



INFORME FINAL

ELABORACIÓN DE UN INVENTARIO NACIONAL INDIVIDUALIZADO DE HFC Y SUS ALTERNATIVAS, EN LOS SECTORES DE AIRE ACONDICIONADO MÓVIL, TRANSPORTE REFRIGERADO Y SUPERMERCADOS

Informe preparado para la Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente, bajo contrato CHL/SDP/109/2019 con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, del proyecto "Apoyo a la implementación de la Enmienda de Kigali, para la reducción de los HFC"



Mayo 29 de 2020

Preparado por:

Roberto Santander Moya

Iris Silva Castro

Marcos Gaete

Marcelo Villena Chamorro

ATS Energía

Padre Mariano 391 oficina 904

Providencia

Santiago, Chile

Contacto: Iris Silva Castro

iris.silva@atsenergia.cl

+56 2 294 658 96

RESUMEN EJECTIVO

En la primera sección se entregan los antecedentes generales del estudio, lo que incluye el contexto en el que se realiza el estudio, dando cuenta de las implicancias para Chile de la adhesión al Protocolo de Montreal y a la Enmienda de Kigali. Junto con lo anterior, se presentan los objetivos (general y específicos) del estudio.

En la segunda sección se entrega una revisión de inventarios nacionales previos, identificando la utilización en Chile de: R-22, R-134a, R-404A, R-406, R-407C, R-410A, R-507a, R-1234yf y CO₂. Respecto de los cambios que se consideran en el presente inventario, respecto de la información previa, se destaca la revisión del tamaño de los contenedores en cada una de las sub-aplicaciones, observando más categorías que en versiones anteriores.

En la tercera sección se entrega una caracterización del mercado separada para cada uno de los 3 segmentos de estudio:

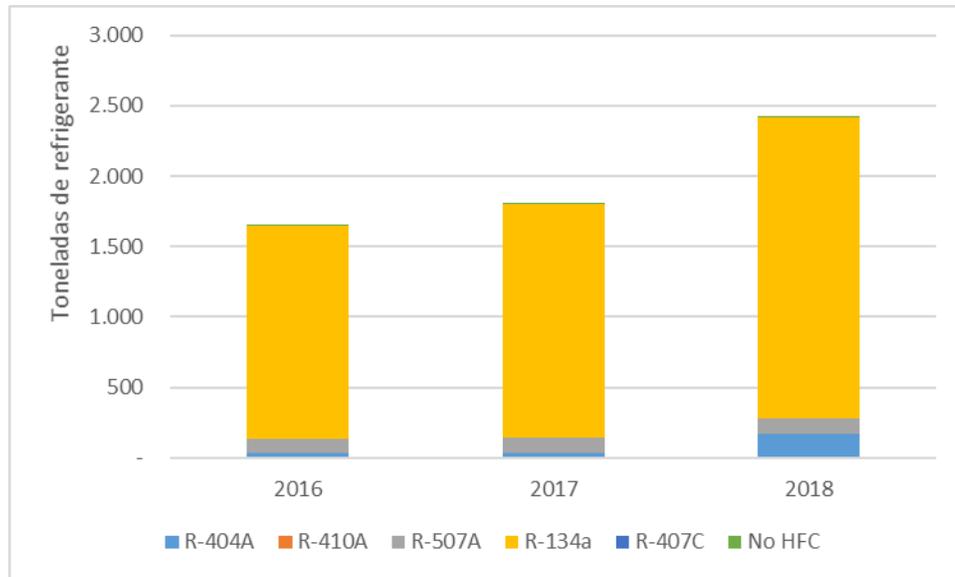
- **Supermercados:** Considerando una revisión en páginas web de supermercados, la web de la Asociación Chilena de Supermercados e información del Servicio de Impuestos Internos, se identificaron 114 supermercados, clasificados por tamaño según ventas y número de empleados. Luego, en base a información del INE se identificó la superficie construida por año y región. Junto con esto, se identificaron 369 empresas prestadoras de servicios a los sistemas de frío en supermercados.
- **Aire acondicionado móvil:** A diferencia de supermercados, la propiedad de los vehículos se encuentra atomizada, pudiendo observarse flotas de vehículos en buses, camiones y vehículos livianos (taxis, colectivos u otros). Se identificó empresas de transporte de carga (24.743 empresas) y de buses (54 empresas). Junto con lo anterior, se identificaron 22 empresas prestadoras de servicios para este segmento. Para la caracterización del segmento, se consideró la primera inscripción de cada vehículo, entregada por el Registro Civil.
- **Transporte refrigerado:** En este segmento pueden observarse flotas de transporte que prestan el servicio al propio negocio o a terceros, siendo las flotas de diversos tamaños. La información para caracterizar a este segmento se obtiene del INE, que presenta estadísticas de transporte de carga refrigerada en el país.

En la sección 4 se presenta el análisis de los datos de aduanas, donde se identifican una serie de limitaciones en la data que no permiten generar conclusiones con ella, respecto del uso de HFC en cada segmento. Estas limitaciones se relacionan con que el servicio no tiene la obligación de caracterizar los registros, indicando el tipo y cantidad de refrigerante contenido, incluso, no tienen la obligación de especificar si, por ejemplo, los vehículos tienen o no incorporados sistemas de aire acondicionado. Esto significa que de considerar únicamente esta información podría generarse una subestimación al no considerar sistemas que sí ingresaron al país (por ejemplo, sistemas de aire acondicionado en un tipo de vehículo particular), o una sobreestimación al realizar supuestos respecto de estos ingresos. Así, esta información es referencial y no se utiliza para la estimación del banco y de las pérdidas.

En la sección 5 se presenta la construcción de inventario, considerando la información recopilada (revisión web, respuestas de las empresas) y los supuestos que se asumen. Para cada supuesto se entregó la fuente del mismo, considerando información internacional, el conocimiento experto del equipo consultor, y opiniones de expertos consultados en el

desarrollo del estudio. Con esto, el tamaño del banco para los años 2016, 2017 y 2018 se muestra en la figura siguiente:

Figura 1. Banco de refrigerantes



Fuente: Elaboración propia

En la sección 6 se entregan 2 infografías, por usos y aplicaciones de refrigerantes en el país, para el año 2018.

Luego, en la sección 7 se entrega una revisión de las alternativas al uso de HFC en los segmentos de estudio, destacándose la incorporación de CO₂ en supermercados y transporte refrigerado, y de R-1234yf en aire acondicionado móvil. Estos resultados son tenidos en cuenta en el desarrollo de proyecciones del consumo al 2050, presentando resultados por segmento, y refrigerante.

En la sección 9 se entrega un manual para la actualización del inventario, indicando las fuentes de la información, los supuestos asumidos y la lógica de cálculo, explicando las planillas y la lógica cálculo del inventario.

En la sección 10 se entregan análisis y conclusiones del estudio, destacando los principales hallazgos del mismo, en términos del uso de refrigerantes y las pérdidas que se liberan al ambiente. Finalmente, se entregan las referencias bibliográficas consultadas en el estudio y el detalle de información relevante que fue entregada como anexo.

Índice de contenidos

RESUMEN EJECTIVO	III
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Objetivos	1
2. IDENTIFICACIÓN HFC UTILIZADOS EN CHILE	3
2.1. Revisión de inventarios nacionales previos	3
2.2. Identificación de posibles cambios respecto a inventario de 2017	4
3. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO	5
3.1. Supermercados.....	5
3.1.1. Metodología de recopilación de información.....	5
3.1.2. Caracterización tecnológica	6
3.1.3. Grandes usuarios	9
3.1.4. Mantenciones y fugas de refrigerantes.....	21
3.2. Aire acondicionado móvil.....	22
3.2.1. Metodología de recopilación de información.....	22
3.2.2. Oferta en el mercado	23
3.2.3. Grandes usuarios	29
3.2.4. Mantenciones y fugas de refrigerantes	31
3.3. Transporte refrigerado.....	32
3.3.1. Oferta en el mercado	32
3.3.2. Grandes usuarios	33
3.3.3. Mantenciones y fugas de refrigerantes.....	33
4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE ADUANAS	35
4.1. Metodología de trabajo	35
4.2. Revisión de las series de tiempo	37
4.3. Análisis y conclusiones.....	38
5. CONSTRUCCIÓN DEL INVENTARIO	40
5.1. Supermercados.....	40
5.1.1. Estimación de la masa de refrigerante	42
5.1.2. Estimación del banco	53

5.2.	Aire acondicionado móvil.....	57
5.2.1.	Buses, vehículos livianos, pesados, fuera de ruta y otros	58
5.2.2.	Ferrocarriles y metro	66
5.3.	Transporte refrigerado.....	67
6.	INFOGRAFÍA.....	76
7.	ALTERNATIVAS PARA EL USO DE HFC	79
7.1.	Supermercados.....	79
7.2.	Aire acondicionado móvil.....	80
7.2.1.	Vehículos livianos	80
7.2.2.	Vehículos pesados y buses.....	81
7.3.	Transporte refrigerado.....	81
8.	PROYECCIÓN DEL BANCO DE REFRIGERANTES	82
8.1.	Discusión metodológica	82
8.2.	Supermercados.....	84
8.3.	Aire acondicionado móvil.....	89
8.4.	Transporte refrigerado.....	100
9.	MANUAL PARA EL DESARROLLO DE UN INVENTARIO DE TRANSPORTE REFRIGERADO, AIRE ACONDICIONADO MÓVIL Y SUPERMERCADOS.....	103
9.1.	Supermercados.....	103
9.2.	Aire acondicionado móvil.....	105
9.3.	Transporte refrigerado.....	107
10.	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	110
11.	REFERENCIAS.....	115
12.	ANEXOS.....	117
12.1.	ANEXO 1. Fichas resúmenes de estudios relevantes.....	117
12.2.	ANEXO 2. Carga y tipo de refrigerante en distintos modelos de vehículos livianos 120	
12.3.	ANEXO 3. Metodología de recopilación de información.....	125
12.3.1.	Propuesta de metodología de recopilación de datos.....	125

12.3.2.	Diseño de herramientas de recopilación de información.....	129
12.4.	ANEXO 4. Consultas para asociados de ANAC	137
12.5.	ANEXO 5. Resúmenes de entrevistas.....	139
12.5.1.	Airex	139
12.5.2.	Wallmart	140
12.5.3.	Palcar	140
12.5.4.	Tren Central	141
12.5.5.	Nuova Service	142
12.5.6.	Thermoking	143
12.5.7.	Transportes Abarca	143
12.5.8.	Regener.....	144
12.5.9.	ANAC.....	144

Índice de tablas

Tabla 1. Refrigerantes utilizados en los segmentos de interés	3
Tabla 2. Sistemas de frío usados en supermercados	7
Tabla 3. Carga de refrigerante por potencia del sistema de refrigeración en supermercados	7
Tabla 4. Carga estimada de refrigerante para sistemas distribuidos	8
Tabla 5. Fugas por tipo de refrigerante en sistemas DX	8
Tabla 6. Cantidad de salas de ventas de las principales cadenas de supermercados, por región	9
Tabla 7. Supermercados identificados en Chile.....	11
Tabla 8. Permisos de edificación de supermercados, superficie en m ²	16
Tabla 9. Prestadores de servicios relacionados con climatización/refrigeración a supermercados	17
Tabla 10. Ventas de vehículos livianos y medianos en Chile.....	24
Tabla 11. Ventas de vehículos pesados en Chile.....	25
Tabla 12. Ventas de buses en Chile	26
Tabla 13. Empresas que prestan servicios a sistemas de aire acondicionado móvil en Chile	29
Tabla 14. Empresas de buses identificadas en Chile	30
Tabla 15. Parámetros considerados para la estimación de fugas y requerimientos de mantenciones en aire acondicionado móvil.....	31
Tabla 16. Longitud de carrocería y volumen de refrigerante en sistemas de transporte refrigerado.....	32
Tabla 17. Ejemplo de datos de Aduanas	36
Tabla 18. Ejemplos de datos de Aduanas.....	36
Tabla 19. Clasificación de datos de Aduanas	37
Tabla 20. Información contenida en el SEA de supermercados.....	42
Tabla 21. Características de la sala de ventas N°1, supermercados	44
Tabla 22. Características de la sala de ventas N°2, supermercados	45

Tabla 23. Características de la sala de ventas N°3, supermercados	46
Tabla 24. Características de la sala de ventas N°4, supermercados	48
Tabla 25. Capacidad de frío en función de la superficie, supermercados	50
Tabla 26. Masa de refrigerante por superficie, supermercados	52
Tabla 27. Participación en el ingreso de refrigerantes en supermercados, por año	54
Tabla 28. Composición del banco de refrigerantes en supermercados al año 2014	55
Tabla 29. Masa de refrigerante ingresada al banco de supermercados por año, en kg	55
Tabla 30. Banco de refrigerantes en supermercados por año, en kg	55
Tabla 31. Emisiones a la atmósfera de refrigerantes por refrigeración en supermercados, en kg	56
Tabla 32. Vehículos inscritos en el Registro Civil, 1990 - 2003	59
Tabla 33. Vehículos inscritos en el Registro Civil, 2004 - 2018	60
Tabla 34. Porcentaje de vehículos livianos vendidos en Chile con AA	61
Tabla 35. Ingresos de refrigerantes en aire acondicionado móvil al banco, año 2001 a 2018, kg de refrigerante	63
Tabla 36. Banco de refrigerantes en aire acondicionado móvil, año 2001 a 2018, kg de refrigerante	63
Tabla 37. Emisiones a la atmósfera de refrigerantes en aire acondicionado móvil, año 2001 a 2018, kg de refrigerante	64
Tabla 38. Refrigerantes utilizados en carros de EFE	66
Tabla 39. Banco de refrigerantes en Metro de Santiago, información parcial	67
Tabla 40. Respuestas a consulta corta de transporte refrigerado	69
Tabla 41. Flota propia reportada al 2017	71
Tabla 42. Flota subcontratada reportada al 2018	71
Tabla 43. Desagregación de camiones según tamaño, año 2017	72
Tabla 44. Carga de refrigerante según capacidad de sistemas de transporte refrigerado	72
Tabla 45. Cantidad de vehículos que realizan transporte refrigerado	73
Tabla 46. Banco de R-134a en kg, transporte refrigerado, al año 2017	74

Tabla 47. Banco de R-404A en kg, transporte refrigerado, al año 2017	74
Tabla 48. Fugas de R-134a en kg al año 2017, transporte refrigerado, por antigüedad y capacidad de carga.....	74
Tabla 49. Fugas de R-404A en kg al año 2017, transporte refrigerado, por antigüedad y capacidad de carga.....	75
Tabla 50. Resultados del modelo econométrico de superficie de supermercados.	86
Tabla 51. Resultados modelo vehículos livianos.	92
Tabla 52. Resultados modelo buses	93
Tabla 53. Resultados modelo camiones	94
Tabla 54. Parámetros necesarios para la estimación del inventario en supermercados....	103
Tabla 55. Parámetros necesarios para la estimación del inventario en aire acondicionado móvil	105
Tabla 56. Parámetros necesarios para la estimación del inventario en transporte refrigerado	108
Tabla 57. Resumen del banco de refrigerante en sectores de estudio, en kilogramos	110
Tabla 58. Banco de refrigerantes en los segmentos de estudio, en kilogramos	111
Tabla 59. Tamaño del banco de refrigerantes, según segmento de estudio, en kilogramos	112
Tabla 60. Pérdidas de refrigerante, en kilogramos.....	113
Tabla 61. Pérdidas de refrigerante por segmento de estudio, en kilogramos	114
Tabla 62. Información de contacto solicitada a las empresas	130
Tabla 63. Formato de solicitud de información para supermercados	131
Tabla 64. Compras de refrigerante en supermercados	131
Tabla 65. Solicitud de información para flotas de buses	132
Tabla 66. Solicitud de información de identificación de la empresa, formulario transporte refrigerado	133
Tabla 67. Solicitud de información de incorporación/retiros de flotas de transporte refrigerado, formulario	133
Tabla 68. Solicitud de información de empresas de servicios.....	134
Tabla 69. Solicitud de ámbito de desempeño, formulario servicios	134

Tabla 70. Solicitud de información de actividad de la empresa, formulario servicios 135

Tabla 71. Propuesta preliminar para sistematización de información 135

Índice de figuras

Figura 1. Banco de refrigerantes	iv
Figura 2. Importaciones de vehículos, 1991-2018.....	38
Figura 3. Compras de refrigerantes de una gran cadena, año 2017 y 2018	41
Figura 4. Capacidad de refrigeración en función de la superficie, supermercados	50
Figura 5. Masa de refrigerante en función de la superficie, supermercados	51
Figura 6. Demanda de climatización en función de la superficie (m ²), supermercados.....	52
Figura 7. Banco de refrigerantes y pérdidas en supermercados, en kg	57
Figura 8. Evolución del banco y las pérdidas de refrigerantes en aire acondicionado móvil, años 2001 a 2018, en toneladas de refrigerante	65
Figura 9. Evolución de la flota de transporte refrigerado	70
Figura 10. Ingresos de refrigerantes al banco en transporte refrigerado	73
Figura 11. Infografía – Consumo HFC	77
Figura 12. Infografía - Usos HFC	78
Figura 13. Supermercados que utilizan CO ₂ como refrigerante al 2017	79
Figura 14. Superficie regional de supermercados, años 2012 y 2017	85
Figura 15. Distribución del incremento en el bando de CO ₂ como refrigerante en supermercados entre 2018-2050	88
Figura 16. Proyecciones de refrigerantes en supermercados a nivel nacional	88
Figura 17. Banco total anual de refrigerante R-507A al año 2050, supermercados.....	88
Figura 18. Banco total anual de refrigerante CO ₂ al año 2050, supermercados	89
Figura 24. Proyección del parque automotriz	95
Figura 25. Distribución Pareto, proyección R-1234yf en AA móvil.....	96
Figura 26. Proyección del banco de refrigerantes AA móviles, en kilogramos de refrigerante	97
Figura 27. Banco de refrigerantes, vehículos livianos R-134a (2050).....	97
Figura 28. Banco de refrigerantes, vehículos livianos R-1234yf (2050)	98
Figura 29. Banco de refrigerantes, buses R-134a (2050)	98

Figura 30. Banco de refrigerantes, camiones R-134a (2050)	99
Figura 31. Banco de refrigerantes, vehículos fuera de ruta R-134a (2050)	99
Figura 32. Banco de refrigerantes, otros vehículos R-134a (2050)	100
Figura 33. Proyección de refrigerantes asociados a transporte refrigerado	100
Figura 34. Cantidad de refrigerante R-134a al año 2050	101
Figura 35. Cantidad de refrigerante R-404A al año 2050, transporte refrigerado	101
Figura 36. Planilla inventario supermercados.....	104
Figura 37. Planilla inventario aire acondicionado móvil, supuestos y parámetros	106
Figura 38. Vehículos inscritos, inventario de aire acondicionado móvil	106
Figura 39. Planilla inventario transporte refrigerado, supuestos	108
Figura 40. Participación de tipos de refrigerantes en el banco total	112
Figura 41. Pérdidas de refrigerantes totales, por año	113
Figura 42. Construcción de inventario	129

1. ANTECEDENTES

El Protocolo de Montreal, establecido para eliminar las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), ha sido objeto de varias enmiendas, la última de ellas es la Enmienda de Kigali, aprobada para reducir el consumo de los hidrofluorocarbonos (HFC), que se utilizan como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.

La Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal fue ratificada por Chile el 19 de septiembre de 2017, está formalizada en el D.S. 32/2018 del Ministerio de Relaciones Exteriores, y entró en vigencia el 1 de enero de 2019.

Si bien los HFC no son sustancias que agotan la capa de ozono, sí son poderosos gases de efecto invernadero que tienen un potencial de calentamiento atmosférico (PCA) importante, con un potencial equivalente de mil veces superior al dióxido de carbono (CO₂). Es por esta razón que, en virtud de la Enmienda de Kigali, el Ministerio del Medio Ambiente a través de la Unidad Ozono de la Oficina de Cambio Climático, se encuentra desarrollando diferentes actividades para su implementación, que incluyen capacitaciones, fortalecimiento normativo e identificación de usos y usuarios de HFC y de sus alternativas disponibles en el mercado. Esta información será fundamental para diseñar políticas que permitan dar cumplimiento a los compromisos contraídos por Chile en el marco de la Enmienda de Kigali.

Como primera medida, el país debe contar con un sistema de licencias de importación y exportación de HFC implementado al 01 enero 2019, que equivale al registro de importadores y exportadores que es administrado por el Servicio Nacional de Aduanas. Luego, se debe elaborar la línea base de consumo de HFC, entre los años 2020, 2021 y 2022. Una vez definida la línea base de consumo, se debe iniciar el cumplimiento de las metas de congelamiento del consumo al nivel de la línea base a partir del 01 de enero de 2024 y luego reducciones del consumo, respecto del valor de la línea base, a partir de los años 2029 (10%), 2035 (30%), 2040 (50%) y 2045 (80%).

En el contexto de las obligaciones adquiridas por Chile, es necesaria la identificación y caracterización de usos y usuarios de HFC, con el fin de contar con información de base para el desarrollo de estrategias y planes de acción que estén alineados con los compromisos del país.

Observando lo anterior por solicitud de la Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente, a través del PNUD, se realizó la convocatoria para el desarrollo de la consultoría "CHL/SDP/109/2019 - *Elaboración de un inventario nacional individualizado de HFC y sus alternativas, en los sectores de Aire acondicionado móvil, Transporte refrigerado y Supermercados*" la que fue adjudicada a ATS Energía el 25 de noviembre de 2019.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio, establecido en los Términos de Referencia (o Bases Técnicas), es el siguiente:

Elaborar un Inventario nacional individualizado de HCF y sus alternativas en las aplicaciones y subaplicaciones de Aire Acondicionado Móvil, Transporte Refrigerado y

Supermercados, que abarque la serie comprendido entre los años 1990 y 2018; y proyectar los consumos y usos de las aplicaciones al año 2050.

Los objetivos específicos que se observarán en el desarrollo de esta metodología de trabajo, son:

- 1. Identificar los HFC (puro y en mezclas) utilizados en el país en las aplicaciones, sub-aplicaciones y usuarios de Aire acondicionado Móvil, Transporte Refrigerado y Supermercados, que abarque el período comprendido entre los años 1990 y 2018, y levantar información específica del uso y bancos de HFC en dichas aplicaciones/subaplicaciones*
- 2. Cuantificar los HFC (puro y en mezcla) utilizados en las aplicaciones y subaplicaciones de Aire acondicionado móvil, Transporte refrigerado y Supermercados, entre los años 1990 y 2018, de acuerdo a las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de 2006, para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL2006) y al Panel de Evaluación Tecnológica y Económica (TEAP) del Protocolo de Montreal.*
- 3. Proyectar los HFC cuantificados al 2050 en al menos dos escenarios para cada una de las tres aplicaciones/subaplicaciones, con base en la información levantada desde los mismos usuarios y otros criterios adicionales entregados por la contraparte técnica.*

2. IDENTIFICACIÓN HFC UTILIZADOS EN CHILE

A continuación, se detalla la revisión de información y las conclusiones generadas por el equipo de ATS Energía, de este proceso.

2.1. REVISIÓN DE INVENTARIOS NACIONALES PREVIOS

Como antecedentes se consideran los siguientes estudios:

- GreenLabUC, Dictuc (2017). Elaboración de Inventario Nacional de Hidrofluorocarbonos (HFC). Desarrollado para la Subsecretaría del Medio Ambiente.
- ATS Energía (2014). Elaboración del Inventario nacional de cámaras frigoríficas y grandes superficies refrigeradas y/o climatizadas con SAO y HFC. Desarrollado para la Subsecretaría del Medio Ambiente.

De la revisión de ambos estudios se considera la identificación de agentes de mercado como puntos de partida para construir las bases de datos de contactos de agentes de mercado, lo que será complementado con el conocimiento experto del equipo consultor y la revisión de información en internet, además de la consulta directa a agentes de mercado.

A modo de resumen, es posible afirmar que las sustancias refrigerantes que se encuentran en los segmentos de estudio son:

Tabla 1. Refrigerantes utilizados en los segmentos de interés

Aplicaciones	Sub-aplicaciones	Refrigerantes
Refrigeración	Comercial	R-22, R-134a, R-404A, R-406, R-407C, R-410A, R-507A
	Transporte	R-134a, R-404A
Aire acondicionado	Transporte	R-134a, R-407C
	Comercial	R-22, R-134a, R-404A, R-507A

Fuente: Elaboración propia en base a (GreenLabUC; DICTUC, 2017) y (ATS Energía, 2014)

Del trabajo previo se obtiene información relevante que se considera al momento de desarrollar este inventario:

- Las mantenciones realizadas a equipos e instalaciones en Chile, tienen una frecuencia menor a la recomendada, y muchas veces no se identifica la fuga dado que no puede interrumpirse el suministro de frío.
- Para el transporte refrigerado, las sustancias son importadas aparte de los sistemas de refrigeración, y son cargados en Chile.
- En transporte refrigerado, los sistemas de menor capacidad suelen usar R-134a y los más grandes, R-404A.
- Se cuenta con buena información técnica de base, la que debe ser verificada (carga anual, vida útil, tamaño del contenedor).

En el ANEXO 1 se encuentran fichas resumidas de los aspectos que a juicio de ATS Energía, son los más relevantes para la construcción de este inventario.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES CAMBIOS RESPECTO A INVENTARIO DE 2017

De la revisión del inventario informado en (GreenLabUC; DICTUC, 2017), es posible identificar potenciales fuentes de mejoramiento de la calidad de la información:

- Verificación de la carga de refrigerante en sistemas de aire acondicionado móvil: De la revisión del inventario anterior, se verifica que se consideró una carga media para vehículos livianos, no incluyendo a vehículos pesados y a buses distintos de los de Transantiago (actualmente Red). La empresa europea Hella entrega información de la carga de refrigerante para distintos modelos de vehículos hasta el año 2015. Esto permitiría cuantificar de mejor manera el banco.
- De la aplicación de la Directiva 2006/40/CE se observa la prohibición de venta, inscripción y puesta en servicio de *“vehículos nuevos equipados con sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados de efecto invernadero con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150”*¹. Esto ha motivado el reemplazo de los refrigerantes R-134a, R-407C por R-1234yf.
- Se buscará contar con información de una mayor cantidad de fuentes para poder obtener una mejor aproximación de la realidad. Así, se realizarán consultas vía ley de transparencia a EFE, Metros de Santiago, Red (ex Transantiago), además de consultar directamente a empresas de transporte interurbano de pasajeros, concesionarios y representantes de marca de vehículos livianos, pesado y buses, revisión de empresas procesadoras de alimentos para solicitar información de flotas propias o prestadores de servicios de transporte refrigerado, entre otros que se especificarán más adelante para cada segmento.
- Agentes pueden haber salido del mercado, o verificarse el ingreso de nuevos actores. Por ejemplo, se ha verificado que Dupont Chile traspasó su propiedad en este segmento a Chemours.

¹ Artículo 4, numeral 5 de la Directiva 2006/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 relativa a las emisiones procedentes de sistemas de aire acondicionado en vehículos de motor y por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE del Consejo.

3. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO

En función de la información recopilada en inventarios anteriores, y a la revisión de información actual, junto con el conocimiento experto del equipo consultor, se procede a la caracterización de los distintos segmentos que son objeto de estudio.

3.1. SUPERMERCADOS

Los supermercados pueden contar con sistemas de aire acondicionado y refrigeración centralizados, o bien distribuidos². Los primeros son del alcance de este estudio.

3.1.1. METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la identificación de los supermercados se recurre a múltiples fuentes, las que son revisadas, se realizan los cruces correspondientes, y los datos son tabulados de manera de obtener una caracterización preliminar de los agentes y los datos de contacto para poder hacer llegar las consultas:

- **Servicio de Impuestos Internos (SII):** El SII entrega un listado de todos los contribuyentes personas jurídicas catalogados como empresas por el SII para los años tributarios 2006 al 2018, entregando información, entre otros, de tramo de venta, número de trabajadores.³ Esta información permite identificar supermercados y empresas prestadoras de servicios de climatización y refrigeración. Cabe destacar que esta información contiene ciertas imprecisiones como presentar a una empresa en un rubro en el que no se desempeña⁴. Además, la identificación de datos de contacto resulta virtualmente imposible para muchas empresas que en el SII se registran como nombres de personas naturales.
- **Información de la Asociación de Supermercados de Chile (ASACH):** Se revisa información de los socios de ASACH para la identificación de agentes de mercado. Sin embargo, no se contó con el apoyo de ASACH para hacer llegar la consulta a sus asociados.
- **Revisión de información corporativa:** Las empresas entregan información en sus anuarios, reportes de sustentabilidad, páginas web, entre otros, que se revisan para completar la caracterización de las empresas como, por ejemplo, marcas asociadas, presencia regional, entre otros. Así, se identificó la cantidad de salas de ventas por comuna para todas las marcas de las 4 grandes cadenas (Walmart, Cencosud, SMU y Tottus).
- **Apoyo de la contraparte técnica del Ministerio del Medio Ambiente (MMA):** El equipo técnico entregó una base de datos de contacto de supermercados y prestadores de servicios para sistemas de refrigeración en los mismos.

² Se refiere a equipos destinados a entregar frío en un espacio reducido, como una oficina, o en una vitrina en particular.

³ Revisado online en http://www.sii.cl/sobre_el_sii/nominapersonasjuridicas.html

⁴ En llamados telefónicos a las empresas identificadas dentro de un segmento, se indicaba que pertenecían a otro, o bien se identificó que correspondían a pequeños comercios o botillerías de barrio, por lo que se encontraban fuera del alcance del estudio.

- **Información de ATS Energía:** Luego de la realización de (ATS Energía, 2014), el equipo consultor cuenta con una base de datos de contactos no actualizada.

Con la información recopilada de las fuentes antes mencionadas, se logró identificar nombres de empresas, su ubicación y datos para la clasificación por tamaño (número de trabajadores y tramo de ventas). Esta información se complementó con la identificación de datos de contacto, desde bases de datos de ATS Energía o desde la búsqueda web de información y llamados telefónicos.

3.1.2. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA

La caracterización de los sistemas de refrigeración utilizados en refrigeración comercial cubre los siguientes formatos de tiendas según (Environmental Investigation Agency, shecco, 2018):

- **Hipermercados:** Con una superficie sobre los 4.500 m².
- **Supermercados:** Con rangos de superficies entre 400 – 2.500 m² o mayores con límite menor a 4.500 m²
- **Tiendas de conveniencia:** Con superficie inferior a 400 m².

Normalmente, la refrigeración en este tipo de tiendas, corresponde a unidades de refrigeración centralizadas donde los equipos se ubican en una sala de máquinas y el proceso de enfriamiento puede ocurrir mediante un sistema directo (DX) o de manera indirecta.

Específicamente, en el caso de un sistema directo, cada una de las vitrinas a refrigerar dispone de evaporadores donde el refrigerante extrae el calor de los productos para ser conducido a la succión del compresor que se encuentra en la sala de máquinas. Éste descarga el refrigerante sobrecalentado hacia los condensadores que se encuentran normalmente en el techo de la instalación.

Para el caso de los sistemas indirectos, la unidad de refrigeración centralizada enfría un fluido denominado secundario, el cual circula por el evaporador y que se encuentra alojado en las respectivas vitrinas de venta del supermercado. El fluido secundario es típicamente una solución de agua, con sales o alcoholes, que disminuyen el punto de congelación del agua muy por debajo de cero.

Otra variable fundamental que define la cantidad de refrigerante para un sistema de refrigeración es la temperatura requerida. En general, se observan los rangos de temperatura definidos en la norma chilena NCh 3241:2017⁵, alta y media temperatura para la conservación de alimentos (-5°C a 9°C en el evaporador) y temperatura baja para productos congelados (-17°C a -23°C en el evaporador). A veces, en ciertos sistemas de supermercados, como una solución integrada, el sistema de refrigeración también está conectado al aire acondicionado de la tienda.

De manera general y de acuerdo a la literatura internacional (Environmental Investigation Agency, shecco, 2018) existen tres tipos de sistemas de refrigeración que permiten identificar, el consumo de energía, el tipo de refrigerante, el impacto ambiental y la carga de refrigerante en los respectivos sistemas de frío.

⁵ NCh 3241, segunda edición, del 28 de noviembre de 2017, Sistemas de Refrigeración y Climatización – Buenas Prácticas para el diseño, armado, instalación y mantenimiento.

Dependiendo del tamaño de las tiendas y del tipo de producto, los sistemas son:

- Sistemas centralizados
- Unidades de condensación
- Unidades individuales

Los tipos y carga de refrigerantes, además de las aplicaciones se muestra a continuación:

Tabla 2. Sistemas de frío usados en supermercados

Tipo de Sistema	Aplicación	Capacidad de Refrigeración (kW)	Refrigerantes Típicos Utilizados	Carga de Refrigerante (kg)
Sistema Centralizado	Supermercados e hipermercados	20 hasta 1000	HCFC-22 R-134a R-404A R-507A	10 hasta 3000
Unidades condensadoras	Estaciones de servicio, almacenes	5 hasta 25	HCFC-22 R-134a R-404A R-507A	1 hasta 5
Unidades enchufables autocontenidas	Estaciones de servicio, almacenes	0,1 - 2	HCFC-22 R-134a R-404A R-507A	0,05 hasta 1

Fuente: (Environmental Investigation Agency, shecco, 2018)

Alternativamente a la caracterización del consumo de refrigerante anterior, es posible definir la carga de refrigerante por unidad de capacidad de frío (kg/kW):

Tabla 3. Carga de refrigerante por potencia del sistema de refrigeración en supermercados

Sistema	Condensador	Carga (kg/kW)	Refrigerante primario	Fuga (%)	Consumo de energía anual (kWh)
Multiplex	Enfriado por aire (línea base)	4,15	R-404A R-22	30 (15)	976.800
	Evaporativo	4,15		30	896.400
Multiplex baja carga	Evaporativo	2,77	R-404A R-22	30 15	863.600
Distribuido	Enfriado por agua, Evaporativo	1,24	R-404A	5	866.100
Circuito secundario	Evaporativo	0,69	R-507A	10 5	875.200
	Enfriado por agua, Evaporativo	0,27	R-507A	5 2	987.900
Autocontenido avanzado	Enfriado por agua, Evaporativo	0,14	R-404A	1	1.048.300

Sistema	Condensador	Carga (kg/kW)	Refrigerante primario	Fuga (%)	Consumo de energía anual (kWh)
Resultados para instalaciones en Washington DC, 15 años de vida de servicio					

Fuente: (Van D. Baxter, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Sin año)

Finalmente, otro indicador importante corresponde a la cantidad de refrigerante por unidad de m². El estudio realizado por (EPA, 2005) para sistemas de expansión directa, con refrigerantes R-22, R-404A y R-507A permite establecer:

Tabla 4. Carga estimada de refrigerante para sistemas distribuidos

Tamaño de la carga como porcentaje de sistemas DX	Tamaño de la tienda (m ²)	Carga estimada (kg)	Comentarios
12%	5.574	272	Usando condensadores enfriados por agua
19%	5.574	436	Usando condensadores enfriados por aire
25%	3.902	408	
25%	3.252	136 a 227	Basado en una muestra de 1.700 supermercados en EEUU y varios países de Europa

Fuente: (EPA, 2005)⁶

Respecto de las fugas, en la misma publicación se indica lo siguiente, considerando que se trata de fabricantes en particular, y no la visión global de mercado estadounidense.

Tabla 5. Fugas por tipo de refrigerante en sistemas DX

	Refrigerante		
	HCFC-22	R-404A	R-507A
Fabricante A	0%	75%	25%
Fabricante B	10%	60%	30%

Fuente: (EPA, 2005)

En este sentido, en (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se indica que para el caso de Chile se considera el rango superior de mantenciones para este tipo de sistemas establecido por el IPCC, que asciende a 35%.

De acuerdo a información obtenida de proyectistas de sistemas de refrigeración de compresión de vapor para refrigerantes sintéticos y al conocimiento del equipo consultor, un sistema de frío se diseña para una vida útil de 20 años con una intervención mayor (overall) a los 10 años de operación. Esto, con un plan de mantenimiento preventivo. No obstante lo anterior, ocurre frecuentemente que al sistema no se realiza el overall esperado por el proyectista y por razones de actualización tecnológica, ampliación de la capacidad de venta de productos de frío el sistema es intervenido a los 8 a 10 años, extendiendo con esto su vida útil. Para efectos de este estudio se considera, por tanto, que no hay una

⁶ En la tabla original el tamaño de la tienda es establecido en pies cuadrados y la carga en libras.

liberación de refrigerante al ambiente a los 20 años, dada la intervención que hace que se mantengan operativos.

3.1.3. GRANDES USUARIOS

En el mercado nacional se encuentran 4 grandes cadenas y otros supermercados de diversos propietarios, con ventas menores en comparación con las 4 cadenas. A continuación, se presenta la cantidad de locales de cada gran cadena por región. En el anexo digital "Sala de venta supermercados cadena.xls" se encuentra el desglose por marca (por ejemplo: Unimarc, Alvi, OK Market y Mayorista 10 de SMU) y comuna de emplazamiento de las salas de ventas.

Tabla 6. Cantidad de salas de ventas de las principales cadenas de supermercados, por región

Región	Cencosud	Wallmart	Tottus	SMU
Arica y Parinacota	4	2		2
Tarapacá	3	4		7
Antofagasta	7	6		14
Atacama	5	3	1	12
Coquimbo	13	15	1	24
Valparaíso	50	47	5	43
Metropolitana	92	181	56	202
Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	11	15	3	21
Maule	12	25	1	24
Ñuble	4	5		13
Bío Bío	21	25		48
Araucanía	12	16		24
Los Ríos	4	13		13
Los Lagos	10	16		26
Aysén				1
Magallanes		1		8
Total	248	374	67	482

Fuente: Páginas web de supermercados⁷

Para identificar supermercados distintos a las grandes cadenas, se procedió, como ya se mencionó, a revisar datos del Servicio de Impuestos Internos (SII) y complementarlos con el conocimiento del equipo, información de la asociación gremial y búsqueda web. Con esto se identificaron 114 supermercados de los cuales se pudo obtener un correo de contacto

⁷ Cencosud: <https://www.jumbo.cl/institucional/locales-jumbo> y <https://www.santaisabel.cl/locales>;
 Wallmart: <https://www.walmartchile.cl/contenidos/locales>;
 Tottus: <https://www.tottus.cl/tottus/storelocations/>;
 SMU: https://www.unimarc.cl/locales_unimarc/,
<https://www.alvi.cl/locales>, <https://www.okmarket.cl/locales-okmarket/> y
<https://www.mayorista10.cl/locales/>

de 43 a las que se envió la carta conductora⁸ y el formulario⁹. Cabe destacar que se volvió a contactar a las empresas identificadas solicitando responder una consulta más corta de manera telefónica, y los contactados indicaron que se reenviara la consulta larga. Se obtuvo respuestas de 5 empresas indicando la información completa y una cadena entregó información solo de las compras de refrigerantes para recarga en sus sucursales.¹⁰

Las 114 empresas identificadas son caracterizadas indicando las regiones en las que están presentes, tramo de ventas, número de trabajadores y datos de contacto. En la Tabla 7 se muestra el tramo de ventas, número de trabajadores y regiones de emplazamiento de supermercados. Los tramos de venta anual que define el SII son:

1. Sin ventas corresponde a contribuyentes cuya información tributaria declarada, no permite determinar un monto estimado de ventas.
2. (Micro) micro 1 0,01 UF a 200 UF.
3. (Micro) micro 2 200,01 UF a 600 UF.
4. (Micro) micro 3 600,01 UF a 2.400 UF.
5. (Pequeña) pequeña 1 2.400,01 UF a 5.000 UF.
6. (Pequeña) pequeña 2 5.000,01 UF a 10.000 UF.
7. (Pequeña) pequeña 3 10.000,01 UF a 25.000 UF.
8. (Mediana) mediana 1 25.000,01 UF a 50.000 UF.
9. (Mediana) mediana 2 50.000,01 UF a 100.000 UF.
10. (Grande) grande 1 100.000,01 UF a 200.000 UF.
11. (Grande) grande 2 200.000,01 UF a 600.000 UF.
12. (Grande) grande 3 600.000,01 UF a 1.000.000 UF.
13. (Grande) grande 4 más de 1.000.000 UF.

⁸ Corresponde a la carta generada por el Ministerio del Medio Ambiente, dando cuenta del desarrollo del estudio y solicitando colaboración con el equipo consultor de ATS Energía. Se entrega como anexo digital “Carta conductora encuestaHFC.pdf”.

⁹ Se entrega como anexo digital “Formulario Supermercados.xls”.

¹⁰ Para más detalles de los supermercados identificados, la información de contacto y las acciones realizadas para contactar a las empresas, en el anexo digital “Contacto Supermercados.xls”.

Tabla 7. Supermercados identificados en Chile

#	Empresa	Región	Tramo según ventas	Trabajadores dependientes informados
1	Supermercado Único	Bío Bío, Araucanía.	1	-
2	Eva Viviana Caballero Salinas Supermercado E.I.R.L.	Valparaíso.	1	-
3	Supermercados Edison Rodrigo Barrales Daza E.I.R.L.	Bío Bío.	1	-
4	Supermercado Luis Venegas Fuentealba E.I.R.L.	Bío Bío.	1	-
5	Supermercado Cugat	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins, Maule, Araucanía, Los Lagos, Biobío.	3	-
6	Supermercados Tass S.A.	Bío Bío.	3	-
7	Supermercado Supersur	Araucanía.	5	-
8	Supermercados Luis Alfredo Cayul Treullan E.I.R.L.	Araucanía.	5	11
9	Inversiones y Desarrollos Inmobiliarios Covarrubias S.A.	Valparaíso.	5	-
10	Gladys Margarita Ampuero Pinochet Supermercados E.I.R.L	Arica y Tarapacá.	6	4
11	Supermercado El 21 Limitada	Valparaíso.	6	2
12	Supermercado Pitrufquen LTDA	Araucanía.	7	-
13	Supermercado Sapofrut Ltda.	Bío Bío.	7	16
14	Supermercado Cerval Ltda.	Araucanía.	7	11
15	Supermercado San Lorenzo	Metropolitana.	7	11
16	Supermercado San José	Metropolitana.	7	16
17	Supermercado San Rosendo Ltda.	Metropolitana	7	35
18	Soc Comercial Aysen Sur Limitada	Aysén.	7	15
19	Supermercado Provipan Ltda.	Valparaíso.	7	16
20	Supermercado La Suiza	Araucanía.	8	37
21	Supermercado Don Homero	Valparaíso.	8	30
22	Ximena Nataly Carmona Aguilera Supermercado E.I.R.L	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	8	16
23	Distribuidora y Comercializadora La Fama Por Diez	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	8	26
24	Roberto Manuel Alarcón Supermercado Terranova E.I.R.L	Araucanía.	8	47
25	Supermercado Asimarket Ltda.	Metropolitana.	8	4

#	Empresa	Región	Tramo según ventas	Trabajadores dependientes informados
26	Sociedad Comercial Supermercado Caracol Ltda.	Valparaíso.	8	90
27	Supermercados Paola Ulloa e hijos Ltda.	Araucanía.	8	22
28	Supermercado Isla Negra	Valparaíso.	8	11
29	Supermercado Katrina Jadue E.I.R.L.	Valparaíso.	8	24
30	Distribuidora Casa Gamovi Limita	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	8	23
31	Supermercado Moreno Gavilan y Cía. Ltda.	Araucanía	9	35
32	Supermecado Da Carla	Metropolitana.	9	57
33	Supermercado La Estrella Ltda.		9	33
34	Supermercado Mei Ltda.	Bío Bío.	9	34
35	Ramirez & Ramirez Limitada	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	9	26
36	Supermercado El Vergel	Bio Bio	9	26
37	Supermercado Los Caseros	Araucanía.	9	34
38	Comercial E Inversiones Puritan Limitada	los Ríos.	9	112
39	Supermercados Los Alpes	Metropolitana.	10	143
40	Supermercado La Colchahuina	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	10	81
41	Supermercado Total Market Ltda.	Aysén.	10	73
42	Supermercado Italia Cía. Ltda.	Valparaíso.	10	45
43	Supermercado Mayorista La Fama Talcahuano Ltda.	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins, Bío Bío.	10	365
44	Supermercado Mayorista La Fama San Vicente Ltda.	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	10	214
45	Supermercado La Caserita	Metropolitana, Valparaíso.	10	467
46	Supermercado EL Cielo	Metropolitana.	10	31
47	Supermercado la Nueva Feria	Araucanía.	10	106
48	Soc. Comercial Los Naranjos Limitada	Coquimbo.	10	97
49	Abastecedora de Supermercados s.a.	Metropolitana	10	71
50	Quitánilla y Otro Limitada	Metropolitana	10	55
51	Soc. Comercial San Roberto Limitada	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	10	52
52	Comercial e Inversiones Barsom Limitada	Los Ríos.	10	117
53	Supermercado Romanini	Metropolitana.	11	130
54	Supermercado Mayorista La Fama Santa Cruz Ltda.	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	11	310
55	Supermercado Diez	Metropolitana.	11	44

#	Empresa	Región	Tramo según ventas	Trabajadores dependientes informados
56	Supermercado Versluys	Bío Bío.	11	445
57	Supermercado La Africana	Metropolitana.	11	1
58	Supermercado Economiko	Valparaíso.	11	99
59	Walter Bascuñan S.A.	Maule.	11	66
60	Soc Comercial Eco Market Limitada	Los Lagos.	11	139
61	Corcoran	Aysén.	12	314
62	Supermercado Eltit	Araucanía.	12	585
63	Cencosud Chile (Santa Isabel, Jumbo)	Todas salvo Aysén y Magallanes.	13	1.629
64	Supermercado Moserrat	Metropolitana, Valparaíso,.	13	2.625
65	SMU (Unimarc)	Todas	13	1.580
66	Supermercado Tottus	Metropolitana, Valparaíso, Lib. Gral. Bdo. O'Higgins, Maule.	13	6.854
67	Wallmart Chile S.A. (Lider, Express de Lider, Super Bodega Acuenta, Ekono, Central Mayorista 10)	Metropolitana.	13	1.875
68	Supermercado La Oferta	Metropolitana.	13	215
69	Supermercado LiLy Ltda.	Araucanía.	13	1.197
70	Cencocal S.A.	Valparaíso.	13	1.205
71	Supermercado Comercial Castro	Metropolitana.	13	605
72	Alvi Supermercados Mayoristas S.A.	Ñuble, Los Lagos, Bío Bío, Maule, Lib. Gral. Bdo. O'Higgins, Valparaíso, Metropolitana, Coquimbo, Araucanía.	13	2.077
73	Abu-Gosch y Cía. Ltda.	Magallanes	13	803
74	Comercial Amar Hermanos y Compañía Limitada	Araucanía	13	2.385
75	Supermercados el 9	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	S.I.	S.I.
76	Berta Del Carmen Chale Vidal	Los Lagos.	S.I.	S.I.
77	Supermercado Peruci	Antofagasta.	S.I.	S.I.
78	Efraín Humberto Barrientos Álvarez	Atacama	S.I.	S.I.
79	Supermercado Iguazu	Valparaíso.	S.I.	S.I.
80	Fernando Hector Ferrada Gonzales	Valparaíso.	S.I.	S.I.

#	Empresa	Región	Tramo según ventas	Trabajadores dependientes informados
81	Supermercado Las Rocas, Emma	Valparaíso,	S.I.	S.I.
82	Pivu Market	Metropolitana	S.I.	S.I.
83	Supermercado Aragon	Valparaíso.	S.I.	S.I.
84	Supermercado Malloco	Valparaíso	S.I.	S.I.
85	Supermercados Limaris	Coquimbo.	S.I.	S.I.
86	Víctor Manuel Corona Alarcón	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	S.I.	S.I.
87	Supermercado Abasto	Metropolitana.	S.I.	S.I.
88	Supermercado La Estrella	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	S.I.	S.I.
89	Supermercado El Olivar	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	S.I.	S.I.
90	El Pequeño Gigante	Coquimbo.	S.I.	S.I.
91	Supermercado Abarttal	Coquimbo.	S.I.	S.I.
92	Supermercado El Piolin	Coquimbo.	S.I.	S.I.
93	Claudia Jimena Villaroel Molina	Valparaíso.	S.I.	S.I.
94	Supermercado Erbi El Aguilucho	Metropolitana.	S.I.	S.I.
95	Supermercado el Cholito	Valparaíso.	S.I.	S.I.
96	Supermercado Acuña	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	S.I.	S.I.
97	Super Mercado El Sultan 2	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	S.I.	S.I.
98	Supermercado La Herradura	Araucanía.	S.I.	S.I.
99	Supermercado JM	Metropolitana.	S.I.	S.I.
100	Supermercados Karla	Valparaíso.	S.I.	S.I.
101	Supermercado El Canario	Valparaíso.	S.I.	S.I.
102	Supermercado Don Damian	Valparaíso.	S.I.	S.I.
103	Supermercado La Familia	Los Ríos.	S.I.	S.I.
104	Supermercados Canete Ltda.	Bío Bío.	S.I.	S.I.
105	Supermercado Tangué Ltda.	Coquimbo.	S.I.	S.I.
106	Supermercado Chuelita	Maule.	S.I.	S.I.
107	Supermercado La Colerica	Ñuble.	S.I.	S.I.
108	Supermercado Plus Ultra	Bío Bio	S.I.	S.I.
109	Super Ganga	Bio Bio	S.I.	S.I.
110	Supermercado San Diego	Araucanía.	S.I.	S.I.

#	Empresa	Región	Tramo según ventas	Trabajadores dependientes informados
111	Mirza Haydee Castillo Norambuena	Araucanía.	S.I.	S.I.
112	Super Fernández	Araucanía.	S.I.	S.I.
113	Ghector Isidoro Aranda Krause	Araucanía.	S.I.	S.I.
114	Alfonso Arturo Harcha Lorca	Los Ríos.	S.I.	S.I.

Fuente: Elaboración propia

S.I.: Sin información

Complementario a lo anterior, para mejorar la caracterización de las instalaciones, se procedió a revisar información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) que da cuenta de los permisos de construcción que se asocian a obras nuevas¹¹. Si bien el alcance de este estudio se centra en el periodo comprendido entre los años 2016 a 2018¹², se considera adecuado, para tener una mejor caracterización, el revisar una ventana temporal mayor. Así, se presentan a continuación, los datos agregados por tipo de recinto para el periodo 2002 a 2018, que es lo que publica el INE¹³. El detalle completo de la información entregada por el INE año a año, se presenta en el anexo digital "Supermercados Inventario.xls".

Tabla 8. Permisos de edificación de supermercados, superficie en m²

	Hipermercado		Supermercado		Conveniencia		Total	
	#	Superficie	#	Superficie	#	Superficie	#	Superficie
2002	7	75.480	19	27.733	22	2.928	48	106.141
2003	8	147.649	15	33.160	30	3.407	53	184.216
2004	9	136.060	11	15.752	7	970	27	152.782
2005	9	101.826	19	25.628	10	1.150	38	128.604
2006	8	71.094	22	41.392	10	1.482	40	113.968
2007	11	115.140	48	93.710	9	1.350	68	210.200
2008	7	91.938	45	62.390	5	1.081	57	155.409
2009	7	43.450	54	68.846	9	1.925	70	114.221
2010	18	165.277	47	101.070	11	1.824	76	268.171
2011	13	116.852	84	178.503	17	3.443	114	298.798
2012	10	73.658	54	128.289	9	1.250	73	203.197
2013	9	98.205	44	103.805	6	990	59	203.000
2014	9	81.479	32	84.234	14	2.186	55	167.899
2015	7	100.545	22	39.356	14	2.215	43	142.116
2016	6	40.088	18	33.970	8	1.418	32	75.476
2017	8	87.834	21	40.100	9	1.695	38	129.629
2018	5	32.239	29	50.317	18	3.176	52	85.732
Total	151	1.578.814	584	1.128.255	208	32.490	943	2.739.559

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

¹¹ No se considera en el análisis la ampliación de instalaciones, dado que éstas pueden corresponder a sitios no alcanzados por el sistema de frío centralizado, como oficinas, locales anexos o estacionamientos. Cabe destacar que si se instala un supermercado en un sitio ya construido, pueden observarse 2 situaciones: 1) el lugar antes operaba como supermercado, por lo que, si la construcción se realizó con posterioridad a 2002, la superficie ya está contemplada como supermercado, y 2) el lugar no operaba como supermercado y se realizó un cambio de destino del inmueble, por lo que la superficie no es incorporada en el análisis. Este segundo caso no puede ser identificado considerando la información existente, por lo que la superficie de supermercados podría estar subestimada. Sin embargo, esto solo podría observarse en pequeñas tiendas, dado que en los grandes, la construcción original y el eventual cambio de dueño estarían incorporadas en los datos del INE.

¹² El periodo 1990 a 2015 es estudiado en (GreenLabUC; DICTUC, 2017).

¹³ Revisado en <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion>

En (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se presenta la superficie de supermercados en el país al año 2015 y asciende a 2.535.687 m². Por su parte, lo identificado a través de los datos del INE, que se muestra en la Tabla 8 asciende a 2.448.772 m² al mismo año. Así, la diferencia entre ambos valores es del 3,43%, por lo que se estima que la aproximación utilizada por ATS Energía responde de manera adecuada al desarrollo del mercado nacional.

Junto con estos agentes, se ha identificado empresas que prestan servicios en el rubro de climatización/refrigeración en este tipo de recintos, con el fin de conocer prácticas de mantención (preventiva y correctiva), fugas, vida útil, entre otras afines. Cabe destacar que la base de datos de contactos se entrega como anexo digital en "Contactos Supermercados.xls", en ella es posible apreciar que se contactaron 387 empresas, de las cuales 18 contestaron encontrarse fuera de alcance y solo 2 enviaron el formulario respondido.

Dentro de estas empresas se pueden mencionar las siguientes:

Tabla 9. Prestadores de servicios relacionados con climatización/refrigeración a supermercados

#	Empresa	#	Empresa	#	Empresa
1	Cd Clima & Energía Spa.	2	Tulio Guevara Lagos y Cía.	3	Jumacoba
4	Inema S.A.	5	Acuña y Leiva Calefacción	6	Equipos y Sistemas Térmicos Ltda.
7	Climapower Ltda.	8	Buenaire Ltda.	9	Instalclima Ltda.
10	Climatop Ltda.	11	Ipc Clima Ltda.	12	Luis Retamales Pizarro
13	Comercial Industrial Market Ltda.	14	Ipc Ingeniería Ltda.	15	Lsclima Spa
16	Servicio de Climatización Integral Ltda.	17	Fleischmann S.A	18	Intergas S.A.
19	Grupo Energetiko Spa	20	Integra Climatización EIRL	21	Cinco
22	Tecno Fast	23	Comercial Patricio Alberto Carreño Rojas EIRL	24	Marcos Searle Neira
25	Climamanager Spa	26	Tecno Galvanizados Sclim Ltda.	27	Marcelino Gerardo Jofré
28	Jh Climatización	29	A & B Servicios E.I.R.L.	30	Miguel Fernández
31	Climatización Dmi Clima Spa	32	Compañía Nacional De Servicios A Edif Ltda.	33	Soc. Mecánica Valdivia Ltda.
34	Haspen Ingeniería	35	Servicios Termocontrol	36	Ramón Muñoz
37	Md Clima Spa	38	Tomas Guzmán Escotorin	39	Nelson Benjamín Cortes Ponce
40	Servicios Laps Climatización Limitada	41	20 Grados	42	Octavio Caro Iturra
43	Climatización Y Construcción Todoclima Ltda.	44	Empresas Térmicas	45	Tecnolac Ltda.
46	Viatherm Limitada	47	Intek Ingeniería Ltda.	48	Clima Optimo Ltda.
49	Gespro Soluciones S.A.	50	Tecnisolar	51	Efiser Spa
52	Boetek	53	Carlos Zamora Y Cía.	54	Inversiones Sofrisur S.A.

#	Empresa	#	Empresa	#	Empresa
55	Gabriel Villa Salgado	56	Cintec	57	P&P Ingeniería Térmica Spa
58	Ing. Y Servicios Climatika Ltda.	59	Climawest	60	Pedro Juan Noll Martínez
61	Interma Climatización Y Multiservicios S.A.	62	Dc Climatización Spa	63	Ricardo Acevedo
64	Moreto Clima Ltda.	65	Emp. de Mont. y Proy. Term. S.A. (Mpt)	66	Reinaldo Cea
67	Soltherm	68	Mimec	69	Eficiencia Energetica
70	Serv. de Climat. Ricardo Gudenschwager E.I.R.L	71	Napa	72	Sociedad Castillo Y Castillo Ltda.
73	Termoservice Spa.	74	Oxifrio Ingenieros Ltda.	75	Reficlima EIRL
76	Acevedo Y Cía.	77	Rodríguez Y Cárdenas S.A.	78	Termiclíma
79	Carlos Humberto Salazar	80	Serv. De Climatiz. Hvacr Chile Y Cía. Ltda.	81	Rimagas
82	Climaven Spa	83	Serviclíma Montajes Ltda.	84	Sociedad De Instalaciones Térmicas Rj Limitada
85	Ecer	86	Sistemas De Energía S.A	87	Roberto Valenzuela
88	Esvac Ingeniería Térmica Ltda.	89	Vegas Climatización	90	Ramiro Poblete
91	José Pino Vergara Y Cía. Ltda.	92	Fluencia Spa	93	Servicasa S.A
94	Mekthor Ingeniería Ltda.	95	Climasolar	96	Ingeniería Y Proyectos Ltda.
97	Méndez Instalaciones Spa	98	Energy Pro Spa	99	Climatización Sergio Lienlaf Contreras EIRL
100	Silvio Scappaticcio Bordon	101	Transoceanica	102	Instaplan Sur
103	Miguel Martínez Troncoso	104	Ecotermica Ltda.	105	Southernmic
106	Termaco Sociedad De Montajes Y Mantenimientos Térmicos Ltda.	107	Mt Ingeniería Ltda.	108	Irene Rondanelli
109	Francisco Soffia	110	Rabbit Servicios S.A.	111	Surcalefaccion E.I.R.L
112	Materco Ltda.	113	Gómez Vergara Y Cía. Ltda.	114	Integrales Tatiana Díaz
115	Ingeniería Servitec Ltda.	116	Violeta Barrientos	117	Teodoro Cañas Bonvallet
118	Climart	119	Rial Climatización	120	Thermo Clima Ltda.
121	Comercial Tecnoaire	122	Aires Chillán	123	Sistemas de Calefacción Víctor Aguilaf EIRL
124	Constructora Su Ksa S.A.	125	Calvent	126	V & Z Climatizaciones Y Construcciones
127	Entermica Ingeniería Ltda.	128	Álvaro Cifuentes Cadena	129	Construmarket Spa
130	Ingeniería Térmica Efficient Heat Spa	131	Ingeniería Amoval Ltda.	132	Microclimas Ltda.
133	Inmobiliaria Grupo Activa	134	Soluciones En Energía Solar Ltda.	135	Alexis Armando Sandoval Cabrera
136	Inprass	137	Comercial E Inversiones Crosur Ltda.	138	Antartic Refrigeración Limitada

#	Empresa	#	Empresa	#	Empresa
139	José Peirano Y Cía. Ltda.	140	D.R Climatización	141	Austral Polaris
142	Leymar	143	Clima Del Desierto	144	Carlos Álvarez Riquelme
145	Ran Clima	146	Mardones Y Alarcón	147	Clima Ambiente Ltda.
148	Soclima	149	Cristian Apablaza Alcantar	150	Climafan Cía. Ltda.
151	Farenhouse Energy Group Spa	152	Ingetal S. A.	153	Climaintegral Bravo Ltda.
154	Calvo Y Cía. S.A.	155	Claudio Alberto Cabrera Ayala	156	Climaintegral E.I.R.L.
157	Budnik Y Laissle Ltda.	158	Zaguirre Y Erione S.A.	159	Climelec Limitada
160	Calefacción Sergio Guzmán Sandoval E.I.R.L	161	Refrigeración Y Climatiz Ind Carlos E Soto EIRL	162	Cold & Heat Ingeniería
163	Centraterm Ltda.	164	Climatizaciones Alberto Chamizo	165	Comercial Pair
166	Luis Oyarce Climatización Ltda.	167	Vme Ingeniería	168	Comercial Refrinet S.A.
169	Redclima Spa	170	Ingetal S.A.	171	Comercial Transter Ltda.
172	Calefacción Urrutia Ltda.	173	Climatizaciones Ltda.	174	Duoclima Y Cía. Limitada
175	Alcaire	176	Clima Aire Ltda.	177	E.S. Climatización Y Servicios Ltda.
178	Casaklima Ingeniería Ltda.	179	De Barker Climatización Ltda.	180	Edinson Burgos Frio 2000 Y Edinson Burgos
181	Gabriel Miranda Correa	182	Climacenter	183	Elmoin Y Cía. Limitada
184	Gesclima Spa	185	Clima Del Aire EIRL	186	Empresa De Montajes Y Proyectos Térmicos (MPT)
187	Harris Y Hugo Compañía Limitada	188	Clima Integral	189	Erick Bernal Soto
190	Incraa EIRL	191	Clima Térmica	192	Frio Master Limitada
193	Luis Pinto Sánchez	194	Juan Martínez	195	Gmpg Ingeniería Y Construcción Ltda.
196	Soluciones Climáticas Bc Ltda.	197	Comercial Kyrios Spa	198	Importadora Y Exportadora Voussi Ltda.
199	Termigas	200	Climatización Y Servicios Climacor Sur Spa	201	Ingeniería y Mantención Ltda. (Ingeman)
202	Juan Cifuentes	203	Conclima Ltda.	204	Ingetermic Ltda.
205	Arrimetal Ltda.	206	Construclima E.I.R.L	207	Interma Climatización Y Multiservicios
208	Inpro - Instalaciones Profesionales Spa	209	Ben Azul Y Compañía Limitada	210	Iván Carrasco Riquelme
211	Climacor	212	E.F.V. Mantenciones Spa	213	J&C Climatización Ltda.
214	Climazero - Comercial Cerro Colorado Ltda.	215	Comercial S&D	216	Jaime Sandoval
217	Cra Ingeniería	218	Redex Ltda.	219	Jaime Sepúlveda Solar
220	Efraín Matus Leal	221	Sociedad Alriba Ing Y Construcción Spa	222	Jorge David Galaz Faúndez (Frigal)
223	Multiclima	224	Gear Proyectos Asociados Ltda.	225	Juan Carlos Bernal Soto Climaref

#	Empresa	#	Empresa	#	Empresa
226	Ryv Ingenieros	227	Tecvel Ingeniería Ltda.	228	Juan Cristian Abello Peña Climatización
229	Sociedad Instalaciones Térmicas S.A.	230	Cq Ltda.	231	Juan Manuel Coña
232	Instalaciones Térmicas Secar Ltda.	233	Daniel Larrondo Y Cía.	234	Julio García Aceituno Reiman
235	Suclima	236	Donoso Ingeniería Ltda.	237	M Y P Climatización
238	Acugas Ltda.	239	Sociedad Comercial Climalider	240	Malbec Comercial Y Repuestos S.A.
241	Climsa Ltda.	242	Ingeniería Y Construcción Ecocil Ltda.	243	Malbec Y Compañía Limitada
244	Isotecnica	245	Oscar Atala Y Ernesto Contreras Ltda.	246	Marcelo Javier Jacobi Siegmund
247	Aedific Limitada	248	Servicios y Proyectos de Climatización y Refrigeración Energy Clima Ltda.	249	Maritza de las Mercedes Palma I. REBOCLIMA
250	Ingeniería y Montajes Industriales Ltda. Sti	251	Electro Frío Ltda.	252	Mas Ingeniería y Montaje Ltda.
253	Climaco	254	Sociedad Muñoz Y Pérez Ltda.	255	Más Uno Servicios Integrales Limitada
256	Cristian Pavez	257	Pellizari	258	Master Clima S.A.
259	Gabriel Carrasco	260	Grupo Singer Y Singer S.A.	261	Master Services S.A
262	Robinson Felipe Matus Leal	263	Inversiones Vibraled Ltda.	264	Megathermic
265	Teclima Ltda.	266	Ecorefrigeracion	267	Mekthor Ing. Ltda.
268	A&P Ingeniería	269	Chiltermic S.A.	270	Miguel Ángel Hernández Maulén
271	Asesorías Y Proyectos Y Montajes Proyecto Clima Spa	272	Servicios de Calefacción F. J. Aguilef Y Cía. Ltda.	273	Nelson González Cárdenas
274	Climatización Agsn	275	Fredy Palavicino	276	Nuevoclima Limitada
277	Climatización Oyanedel Limitada	278	Frío Sur	279	Prestación Serv. Proyectos y Asesorías E CIREDEKSA
280	Ematel S.A.	281	Víctor Otárola Ingeniería Y Const EIRL	282	Proyectos y Montajes de Sistemas de Clim (ANDECLIMA E.I.R.L.)
283	Energía del Sur Ltda.	284	Ingeniería Térmica Climatiza Ltda.	285	Roberto Fernando San Martín Cuello
286	Inproterm	287	Jam Climatización	288	Rodríguez Y Cárdenas S.A.
289	Sociedad De Ingeniería Térmica Solclima Ltda.	290	Cristian Delgado Hernández	291	Samuel Concha Valenzuela
292	Is & C Limitada	293	Hernán Escobar A.	294	Sandra Verónica Urzúa Fuentes
295	Nortem	296	Climatización Isaac Jaramillo Limitada	297	Servicios Técnicos Pablo Carvajal EIRL (Centroaire)
298	Propamat	299	Termodustrial Claudio Andrés Rojas Mangelsdorf E.I.R.L	300	Vcg Chile
301	Rojo Y Azul	302	Tecnoaire	303	Vms Chile

#	Empresa	#	Empresa	#	Empresa
304	Sinerco Spa	305	Proweather Ingeniería Ltda.	306	Ecoklimatización
307	Ebsa S.A.	308	Interclima Ltda.	309	Cool Tec
310	Inproterm	311	Juan Marcos Collipal Jerez	312	Ingeniería VPP
313	Termika S.A. Ingeniería Y Montaje	314	Nelson Lillo Ortega	315	Intercal
316	Pietra S.A.	317	Sociedad De Ingeniería I.S.O. Limitada	318	Pórtan Nuova S.A.
319	Omar Alcorta Mino, Servicio de Instalación de Aire Acond E.I.R.L	320	Jsa	321	Refricentro S.A.
322	Climatermic Ltda.	323	Termovac	324	Gygrefrigeracion
325	Gonzalo Rivas Riffo	326	Mantenimiento e Instalación Calefacción Jaime García	327	Clima Fall
328	21° Climatización Ltda.	329	Geoclima Ltda.	330	Electrónica Industrial
331	Jorge Aranda-Climatización E.I.R.L	332	Juan Arriaza Jago	333	Gas Pro
334	Juan Carlos Barría	335	Javier Soto Bovone	336	Clima Zero
337	Mi clima E.I.R.L	338	Climandef	339	Servifrío
340	Mp Climatización E.I.R.L.	341	Sociedad Araucanía Consultores Ltda.	342	Samsung
343	Arteclima Ltda.	344	Sensaterm	345	Rio Sur Refrigeración
346	Hidrotermo Ltda.	347	Cristian Apablaza Alcantar	348	Refricold Spa
349	Mas Ingeniería Y Montajes Ltda.	350	Maestranza Jaime Hernández EIRL	351	Mayekawa
352	Servicio De Climatización Lpv E.I.R.L.	353	Ingegass	354	Hussmann
355	Termofrío Ltda.	356	José Manuel Cifuentes Cadena	357	Exkal
358	Climatemp Ingeniería Ambiental Spa	359	Orcoplas S.A.	360	Epta Chile
361	Climatizaciones Neoclima Ltda.	362	Clima Bio Spa	363	Cryo Sur
364	Neoclima	365	José Amestica	366	Nuova Service S.A.
367	Drigoandina				

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. MANTENCIONES Y FUGAS DE REFRIGERANTES

Según entrevistas realizadas, en el segmento de supermercados, por la necesidad de mantener la cadena de frío, las mantenciones realizadas se enfocan principalmente a la carga de refrigerante, presentando pérdidas anuales de un 35% del banco, según información entregada por el Sr. Pier Zechetto de Nuova Service, y que es coincidente con lo considerado en (GreenLabUC; DICTUC, 2017).

De acuerdo a información obtenida de proyectistas de sistemas de refrigeración de compresión de vapor para refrigerantes sintéticos, y al conocimiento del equipo consultor, un sistema de frío se diseña para una vida útil de 20 años con una intervención mayor (overall) a los 10 años de operación. Esto, con un plan de mantenimiento preventivo.

No obstante lo anterior, ocurre frecuentemente que al sistema no se realiza el overall esperado por el proyectista y por razones de actualización tecnológica, ampliación de la capacidad de venta de productos de frío el sistema es intervenido a los 8 a 10 años.

Es importante señalar que, la recuperación de refrigerantes, cuando se realizan reparaciones o mantenimientos, es una práctica poco relevante en el segmento, como se recoge de la entrevista realizada a Regener.¹⁴

3.2. AIRE ACONDICIONADO MÓVIL

A continuación, se describe la oferta en el mercado, para luego caracterizar a los grandes usuarios de HFC. Cabe destacar que, por acuerdo con la contraparte, solo se consideran medios de transporte terrestre, lo que es consistente con la definición de IPCC, que incluye: vehículos de pasajeros, cabinas de camiones, buses y trenes.

3.2.1. METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La caracterización del mercado de aire acondicionado en vehículos tiene la particularidad de tratarse de un mercado donde, para vehículos livianos, pesados y buses, pueden observarse múltiples usuarios atomizados, a los cuales resulta virtualmente imposible contactar. Por esto, la fuente de información principal no corresponde a la consulta directa de usuarios o la identificación de los mismos, sino que, se trata de identificar y caracterizar la oferta del mercado nacional. Así, se contemplan las siguientes fuentes de información:

- **Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC):** Se revisaron bases de datos de ANAC, que dan cuenta de las ventas en Chile de vehículos livianos, pesados y buses, junto con información de tenencia de equipos de aire acondicionado en los mismos.
Junto con lo anterior, ANAC ofreció su colaboración para el desarrollo de una consulta a todas las marcas, la que ya fue realizada y las respuestas fueron recibidas por el equipo consultor¹⁵, además de gestionar el desarrollo de reuniones de trabajo entre el equipo consultor, el MMA y concesionarios/representantes de marcas las que no han podido realizarse ni presencial ni virtualmente. (ver ANEXO 4))
Sumado a lo anterior, ANAC ha respondido de manera clara y oportuna de diversas consultas respecto del comportamiento del parque automotriz.
- **Hella:** El proveedor de servicios para vehículos en Europa, Hella, entrega información del tipo y carga de refrigerante contenido en sistemas de aire acondicionado de distintas marcas y modelos de vehículos. Esta información se utiliza para identificar el tamaño del banco.
- **Buses interurbanos:** Para tener información que permita regionalizar el banco asociado a aire acondicionado en vehículos, se consultó por las características de la flota a empresas de transporte de pasajeros. Esto se considera una excepción a

¹⁴ El detalle de los temas tratados en la entrevista se encuentra en el ANEXO 5.

¹⁵ Se entregan las respuestas como anexo digital "Encuesta Refrigerantes 2020 Anac.xls".

la tenencia atomizada de vehículos, que es necesario atender. Para identificar las empresas se solicitó información de los socios de Asociación de Buses Interprovinciales, Internacionales e Industriales, se buscó en distintas páginas web un teléfono de contacto, y luego se llamó para solicitar los datos de contacto de una persona idónea para recibir la consulta.

- **Búsqueda web:** Junto con lo anterior, se buscó información en internet respecto de empresas de transporte, y de prestadores de servicios a los sistemas de acondicionamiento de aire. Como en todos los casos, se toma contacto telefónico para obtener los datos de la persona idónea para recibir la consulta.
- **Registro Civil:** El Registro Civil cuenta con información de inscripción de vehículos motorizados, lo que permite obtener los inscritos por año en el país, distinguiendo distintos tipos de ellos.
- **Ley de transparencia:** vía ley de transparencia se solicitó información a las flotas de Red (ex Transantiago), EFE y Metro de Santiago. Todas ellas rechazaron el envío de información por lo que se toma **contacto directo** con las empresas para solicitar los datos.

3.2.2. OFERTA EN EL MERCADO

La principal fuente de incorporación en el banco nacional de refrigerantes utilizados en equipos de aire acondicionado móvil, corresponde a la importación de vehículos de distinto tamaño (livianos, pesados, buses y trenes).

Según información entregada por la Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G., las marcas vendidas en el mercado son las que se muestran en la Tabla 10 para vehículos livianos, en la Tabla 11 para vehículos pesados y en la Tabla 12 para buses. Cabe destacar que el segmento de vehículos livianos incluye: (ANAC, Anuario Automotriz 2016/2017, Sin año)

- **Autos:** Incluye:
 - **Citycar:** Vehículo de pasajeros de dos volúmenes -capó y habitáculo de pasajeros- que puede tener tres o cinco puertas, considerando el portalón trasero como una puerta de largo menor o igual 360 centímetros.
 - **Hatchback:** Vehículo de pasajeros de dos volúmenes -capó y habitáculo de pasajeros- que puede tener tres o cinco puertas, considerando el portalón trasero como una puerta con un largo superior a 360 centímetros.
 - **Sedán:** Vehículo de pasajeros de cuatro puertas y tres volúmenes -capó, habitáculo de pasajeros y maletero.
 - **Station Wagon:** Vehículo de pasajeros de dos volúmenes -capó y habitáculo de pasajeros de cinco puertas, considerando el portalón trasero- y que cuenta con mayor espacio de carga trasera.
 - **Coupé:** Vehículo de pasajeros de tres o dos volúmenes con dos puertas.
 - **Cabrióle:** Vehículo de pasajeros con techo abatible.
 - **Mini Van:** Vehículo monovolumen con un mínimo de tres corridas de asientos y para un máximo de nueve pasajeros, incluyendo al conductor.
 - **SUV:** Vehículo de dos volúmenes, con tres o cinco puertas, considerando el portalón trasero y con apariencia de vehículo todoterreno.
- **Comerciales livianos:** incluye:
 - **Camioneta:** Vehículo provisto de cabina simple o doble, dotado de dos o cuatro puertas, y con una caja de carga de hasta 2.000 kilos. Es utilizado principalmente en las flotas de minería, agrícolas, pesquera, forestales e

industria y también tienen un importante protagonismo en el comercio urbano.

- **Furgón:** Vehículo compuesto de cabina y caja para el transporte de carga en un solo cuerpo, provisto de dos puertas delanteras; lateral(es) o posterior para el movimiento de la carga. Es principalmente utilizado en actividades de logística urbana y prestación de servicios urbanos.
- **Minibús:** Vehículo compuesto de cabina y caja para el transporte de carga en un solo cuerpo, provisto de dos puertas delanteras; lateral(es) o posterior para el movimiento de la carga. Es principalmente utilizado en actividades de logística urbana y prestación de servicios urbanos.
- **Minitrucks:** Vehículo de carga similar en sus características al segmento de camiones, pero con un peso bruto vehicular menor a 3.860 kilos. Es utilizado en gran medida para el transporte urbano de bienes y servicios.

Tabla 10. Ventas de vehículos livianos y medianos en Chile

2015				2016			
#	Marca	Ventas		#	Marca	Ventas	
		Unidades	Participación			Unidades	Participación
1	Chevrolet	47.054	14,05%	1	Hyundai	31.398	10,28%
2	Hyunday	32.757	9,78%	2	Chevrolet	28.886	9,45%
3	Kia	31.477	9,40%	3	Kia	28.864	9,45%
4	Toyota	23.183	6,92%	4	Suzuki	24.058	7,87%
5	Suzuki	21.723	6,49%	5	Nissan	23.283	7,62%
6	Nissan	20.699	6,18%	6	Toyota	21.282	6,97%
7	Mitsubishi	14.160	4,23%	7	Peugeot	15.193	4,97%
8	Ford	13.606	4,06%	8	Ford	14.757	4,83%
9	Peugeot	11.664	3,48%	9	Mazda	13.060	4,27%
10	Mazda	11.404	3,40%	10	Mitsubishi	11.498	3,76%
11	Ssangyong	9.591	2,86%	11	Renault	9.975	3,26%
12	Great Wall	7.493	2,24%	12	Volkswagen	7.336	2,40%
13	Renault	7.019	2,10%	13	Fiat	6.548	2,14%
14	Subaru	6.037	1,80%	14	Ssangyong	6.296	2,06%
15	Mahindra	5.793	1,73%	15	Subaru	6.059	1,98%
16	Volkswagen	5.476	1,63%	16	Otros	57.047	18,67%
17	Otros	65.824	19,65%				

Fuente: (ANAC, Anuario Automotriz 2015/2016, 2017), (ANAC, Anuario Automotriz 2016/2017, Sin año)

Por su parte, el segmento de vehículos pesados incluye: (ANAC, Anuario Automotriz 2015/2016, 2017)

- **Cargo:** Camiones que llevan la carga sobre el chasis, el cual puede ir abierto o con una carrocería cerrada. Son utilizados para trasladar diferentes tipos de carga, tanto urbana como interurbana, variando su uso de acuerdo al tipo de equipo que monten y a la clasificación antes mencionada de Livianos, Medianos y Pesados. En el caso de los camiones cargo de mayor tonelaje pueden arrastrar un remolque y aumentar la carga.

- **Tracto:** Camiones pesados, que traccionan un semirremolque, no llevan la carga sobre el chasis. Su principal uso es para tráficos de larga distancia o mixtos, minería, graneles, containers.
- **Tolva:** Para transporte de áridos o productos mineros.
- **Forestal:** Camiones especialmente equipados para su uso en faenas forestales.
- **Mixer:** Camiones especialmente equipados para el traslado de hormigón.

Tabla 11. Ventas de vehículos pesados en Chile

2015				2016			
#	Marca	Ventas		#	Marca	Ventas	
		Unidades	Participación			Unidades	Participación
1	Mercedes Benz	1.445	11,37%	1	Mercedes Benz	1.789	15,53%
2	Chevrolet	1.265	9,95%	2	Chevrolet	1.495	12,98%
3	Freightliner	1.113	8,76%	3	Hino	869	7,54%
4	Hino	929	7,31%	4	Scania	842	7,31%
5	Volvo	918	7,22%	5	Volvo	817	7,09%
6	Ford	769	6,05%	6	Ford	749	6,50%
7	JAC	729	5,74%	7	Freightliner	709	6,15%
8	Hyundai	622	4,89%	8	JAC	591	5,13%
9	Volkswagen	596	4,69%	9	Volkswagen	589	5,11%
10	International	585	4,60%	10	Fuso	543	4,71%
11	Scania	579	4,56%	11	Hyundai	492	4,27%
12	Fuso	523	4,11%	12	Otros	2.036	17,67%
13	JMC	507	3,99%				
14	Otros	2.130	16,76%				

Fuente: (ANAC, Anuario Automotriz 2015/2016, 2017), (ANAC, Anuario Automotriz 2016/2017, Sin año)

Luego, en lo que respecta a buses, la información entregada en los Anuarios de ANAC, corresponde a las ventas del año 2014 en (ANAC, Anuario Automotriz 2015/2016, 2017) y las ventas retail por marca de chasis para 2016 en (ANAC, Anuario Automotriz 2016/2017, Sin año), y contiene las siguientes categorías:

- **Minibus pesado:** Con capacidad entre 21 a 26 personas, incluyendo el conductor es utilizado principalmente para transporte público rural, transporte particular y turismo. Es de mayor tamaño y peso bruto vehicular en relación a los minibuses de livianos y medianos.
- **Taxibus:** Con capacidad entre 27 a 35 pasajeros y un largo entre 8 a 9 metros. Es utilizado principalmente para transporte urbano, transporte rural, transporte privado y turismo.
- **Interprovinciales:** Con capacidad entre 36 a 45 pasajeros y entre 10 a 11 metros de longitud. Es usado como servicios de transporte público de corta distancia, rurales o interprovinciales, transporte privado y turismo.
- **Urbano Transantiago:** Con largo entre 8 y 12 metros y de uso exclusivo para transporte público en el Gran Santiago.

- **Bus media distancia:** Con capacidad entre 40 a 45 pasajeros y longitud de 10 a 13,5 metros. Este tipo de bus es utilizado principalmente en el turismo, para el traslado de personal privado y público interregional.
- **Bus larga distancia:** Con capacidad entre 42 a 50 pasajeros, y hasta 64 personas en el caso de buses de dos pisos, y con un largo del carrozado entre 12 y 15 metros, el cual es utilizado para el transporte privado.
- **Chasis de bus:** Existen empresas en Chile que importan solo el chasis que cuenta con motor y que localmente fabrican su correspondiente carrocería.

Tabla 12. Ventas de buses en Chile

2014				2016			
#	Marca	Ventas		#	Marca	Ventas	
		Unidades	Participación			Unidades	Participación
1	Mercedes Benz	1.413	43,87%	1	Mercedes Benz	1.134	46,14%
2	Volvo	291	9,03%	2	Scania	221	8,99%
3	Scania	216	6,71%	3	Volvo	177	7,20%
4	Fuso	210	6,52%	4	Fuso	169	6,88%
5	Volkswagen	155	4,81%	5	Volkswagen	127	5,17%
6	King Long	115	3,57%	6	Sunlong	59	2,40%
7	Hyundai	98	3,04%	7	Yutong	59	2,40%
8	Yutong	75	2,33%	8	Agrale	50	2,03%
9	Dongfeng	75	2,33%	9	Otros	462	18,80%
10	Otros	573	17,79%				

Fuente: (ANAC, Anuario Automotriz 2015/2016, 2017), (ANAC, Anuario Automotriz 2016/2017, Sin año)

En términos de trenes y ferrocarriles, no existe una oferta pública de estos vehículos, por lo que no se realiza esta descripción.

A continuación, se entrega información según modo de transporte, respecto de características relevantes asociadas a los sistemas de aire acondicionado:

- **Vehículos livianos:** Los vehículos actualmente ofrecidos en el mercado pueden o no tener incorporado el sistema de aire acondicionado, y a los que sí, son ingresados al país con el sistema operativo, es decir, con el refrigerante cargado. Dada la modalidad de compra, los dueños de los vehículos son quienes demandan refrigerantes para realizar las mantenciones que los vehículos necesitan, por lo que este segmento, predominantemente está compuesto de usuarios atomizados. Sin embargo, podrían existir flotas de transporte que pueden realizar una demanda relevante de HFC (por ejemplo flotas de transporte privado remunerado).

La vida útil de estos sistemas, según lo declarado en (GreenLabUC; DICTUC, 2017) alcanza los 10 años. Sin embargo, de las respuestas obtenidas de 2 prestadores de servicios a sistemas de aire acondicionado, junto con los indicado por representantes de marca en la consulta realizada por ANAC, la vida útil de estos sistemas es indefinida. Por lo anterior para efectos de este estudio se considera que la **vida útil es indefinida.**

Respecto al **tipo de refrigerante** utilizado, según información de (GreenLabUC; DICTUC, 2017) es el R-134a. Sin embargo, un proveedor internacional de servicios a vehículos, Hella¹⁶, entrega información del tipo de refrigerante y tamaño del contenedor, reportando que, junto con el uso de R-134a, hay modelos que incorporan R-1234yf lo que es consistente con lo impuesto por la normativa europea respecto a *“prohibir, a partir de una fecha determinada, los sistemas de aire acondicionado diseñados para contener gases fluorados de efecto invernadero con un potencial de calentamiento atmosférico superior a 150”*, siendo esta fecha el 1 de enero de 2017. Esto implica que los vehículos provenientes de dicho mercado han ingresado al país con HFO como refrigerante. Sin embargo, esto no significa que todos los vehículos de marcas europeas dejaron de usar R-134a, dado que mantienen líneas de producción fuera de Europa que no han migrado a R-1234yf.

Junto con lo anterior, se consultó a representantes de marcas a través de ANAC, respecto del tipo de refrigerante utilizado, y dan cuenta que se utiliza el R-134a y que desde 2017 se ha incorporado el R-1234yf¹⁷. Según se conversó en reunión con el dueño de Airex, el 0,3% de los vehículos contaría con HFO.

Así, se considera que el **99,7% de los vehículos livianos que cuentan con aire acondicionado corresponde a R-134a** y esta proporción no variará de manera importante en el tiempo dado que el costo de una recarga de HFO es unas 10 veces mayor que el HFC. Para otro tipo de vehículos, se considera que únicamente utilizan R-134a, lo que es consistente con lo indicado por el dueño de Airex.

La evaluación de la masa de refrigerante para el sistema de aire acondicionado, en un automóvil, puede homogenizarse a partir de ciertas variables tales como potencia mecánica, cilindrada, marca del vehículo y año de fabricación.

Respecto de la **vida útil** de los sistemas, representantes de marcas y prestadores de servicios menciona que está puede ser **indefinida** realizando las mantenciones adecuadas.

Sobre los **vehículos que son retirados del parque**, ANAC informa que la salida de vehículos del total del parque ha sido en **promedio de 3,3% en los últimos 4 años**. Se utiliza este valor para todo el periodo.

El tipo de refrigerante y el contenido del mismo se entregan desagregados para distintos modelos de vehículos en el ANEXO 2.

- **Vehículos pesados:** La evaluación de la **masa de refrigerante** para el sistema de aire acondicionado en la cabina de camiones, tiene pocas variables que permitan grandes cambios. En particular, aquellos camiones nuevos vendidos en el país traen incorporados el equipo de climatización con su respectiva carga.

Una de las más prestigiosas y antiguas empresas para diferentes cabinas de máquinas de transporte de tierra, máquinas de construcción y de minería dispone

¹⁶ Revisado online el 17 de diciembre de 2019, en <https://www.hella.com/techworld/au/Technical/Car-air-conditioning/Car-refrigerant-oil-filling-quantities-2114/>

¹⁷ Marcas que utilizan R-1234yf: BMW i3 Electric, Chevrolet Malibu, Spark EV y Trax, Chrysler 300, Dodge Challenger, Honda Fit EV, Hyundai Santa Fe & i30, Ford Transit, Infinity Q50, Jeep Cherokee, Kia Sorento, Mazda CX-5, Mitsubishi Mirage, Range Rover, Subaru Forester e Impreza.

de dos modelos cuya **masa de refrigerante de R-134a varía entre 0,9 a 1,1 kg** de refrigerante en sus unidades.¹⁸

Sobre las **pérdidas**, de las entrevista con Thermoking (ver ANEXO 5) se consideran en un **9%** y la **vida útil es de 9 años**. Esto se sustenta en el análisis realizado por (Asociación Chilena de la Industria del Transporte de Carga por Carretera AG, Sin año), donde se señala que los kilómetros recorridos por un vehículo al año en la distribución urbana son 144.449 km. Como la vida útil de una máquina con motor diésel es de 1.000.000 de kilómetros, con un overall intermedio se estima que un equipo es dado de baja entre 8 a 9 años.

- **Buses:** Según conversación con un representante de la empresa Cool Bus, los buses ingresan al país con la carga de refrigerante incorporada. La **carga media (tamaño del contenedor)** asciende a 1 kg, y corresponde a R-134a. Respecto de la vida útil de los vehículos, se asume similar a la de camiones, dado el uso que se da a los vehículos, estableciéndose en **9 años**, mientras que de los **sistemas de aire acondicionado se asume como indefinida**, por los mismos argumentos mencionados para vehículos livianos. Respecto de las **pérdidas**, dadas las entrevistas realizadas, se establecen en un **20% al año**.
- **Máquinas fuera de ruta:** Este tipo de vehículos, según lo informao por Airex y Palcar, utilizan, aproximadamente, **1,1 kg de R-134a**. Las **pérdidas** se estiman en un **20% al año**, según las mismas empresas consultada. La **vida útil de los sistemas** se considera **indefinida**, bajo los mismos argumentos entregados para vehículos livianos, mientras que la **vida útil de los vehículos** se estima en **18 años**, dado el uso menos intensivo que camiones y buses.¹⁹
- **Otros vehículos terrestres:** Dentro de este grupo se consideran ambulancias, trolebuses, casas rodantes motorizadas y carros bomba. Utilizan en promedio **1 kg de R-134a**, con **pérdidas** estimadas en **20% anual**.²⁰
- **Trenes y ferrocarriles:** El **Metro de Santiago** ha incorporado la demanda de refrigerantes como una de sus necesidades. De (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se obtiene que entre 2012 y 2015 utilizaron 466 kg de R-134a y 2.533 kg de R-407C.²¹ Solo se recibió información parcial de metro que se detalla en la sección 5 de este informe. La información de **EFE** se entrega en la misma sección.

Junto con lo anterior, no como usuario final, pero sí como intermedio²², se consideran las empresas que prestan los servicios de mantención o instalación de sistemas de aire

¹⁸ Revisado online el 27 de diciembre de 2019, en <http://www.thermokingtec.es/truck-air-conditioner/tkt-60t.html>

¹⁹ Miembros del equipo consultor realizaron en 2019 un análisis de máquinas fuera de ruta adquiridas el año 2010, y se verificó que su estado es el adecuado para continuar operación por otros 9 años al menos.

²⁰ Se realizó consulta telefónica a las empresas Vidrio Car, Zona Zero y Movil Service, las que prestan servicios a sistemas de aire acondicionado en este tipo de vehículos.

²¹ Se solicitó información por ley de transparencia para conocer las compras de refrigerantes destinadas a nuevos trenes, o bien para el mantenimiento de trenes antiguos.

²² Se entiende como usuario intermedio aquel que adquiere refrigerantes para prestar un servicio a un tercero que es el usuario final del sistema de refrigeración/climatización, como puede ser el dueño de un vehículo, el dueño de un supermercado, etc.

acondicionado en vehículos, como demandantes de HFC.²³ Se identificaron 22 empresas, de las cuales se sostuvo reuniones con 2, y una envió el formulario de respuestas. La base de datos de contactos se entrega como anexo digital en “Contactos AA Vehiculos.xls”.

Tabla 13. Empresas que prestan servicios a sistemas de aire acondicionado móvil en Chile

Empresa	
1 Airex	12 Total Proaire
2 Mobile Service	13 Archiclíma
3 Climacol	14 Cool Bus
4 Zona Zero	15 Clima Ortega
5 Vidrio Car	16 Chile Frio
6 Fastcar	17 American Air
7 Eco Aire Chile	18 Refri Centro
8 Full Aire	19 Gtair
9 Que Frío	20 Ciredeksa
10 Master Autos	21 Kitcarandtruck
11 Ferripaldi	22 Palcar

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. GRANDES USUARIOS

Como ya se mencionó, según el segmento pueden o no encontrarse grandes usuarios:

- **Vehículos livianos:** No se verifican grandes usuarios finales, sino que usuarios atomizados.
- **Vehículos pesados:** Como en el caso de vehículos livianos, se verifica una propiedad atomizada de vehículos, existiendo, además, grandes flotas. En este estudio no se tomó contacto directo con estas empresas, dado que se revisó la inscripción de vehículos. De todas maneras, se identificaron, en bases de datos del Servicio de Impuestos Internos, 24.743 empresas, cuyos tamaños, según tramo de ventas y número de trabajadores, además de ubicación geográfica de la misma, se entregan en el anexo digital “Identificación empresas de transporte.xls”.
- **Buses:** Si bien puede darse el caso que un particular o una persona jurídica realice la compra de un bus para el desarrollo de un negocio, o el uso que estime conveniente, se estima que la práctica usual es que los buses interprovinciales, de media distancia y larga distancia, sean incorporados como parte de una flota de transporte, por lo que se identificaron las siguientes empresas de este rubro²⁴, a las que se contactó para solicitar información respecto del tamaño y tipo de su flota, obtenido respuesta solo de 1. La base de datos de contactos se entrega como

²³ Las compras de estas empresas se tratan con el debido cuidado para evitar la doble contabilidad. Se distinguen entre los nuevos equipos instalados, que aumentan el banco, y de lo destinado a mantenciones, que no aumenta el banco.

²⁴ Se solicitó la cooperación de la Asociación de Buses Interprovinciales, Internacionales e Industriales (ABI-AG), que facilitó datos de contacto de sus socios, y se complementó con una búsqueda en internet.

anexo digital en “Contacto Buses.xls”, por lo que la identificación del parque se centró en la inscripción de nuevos vehículos.

Tabla 14. Empresas de buses identificadas en Chile

Empresa	
1	Turbus
2	Buses Pacheco
3	Cruz mar
4	Buses Paravías
5	Buses Ríos
6	Buses Pluss Chile
7	Buses Golondrina
8	Buses Pullman Santa Rosa
9	Buses Fierro
10	Buses Romani
11	Pullman Bus
12	Buses Ruta 5
13	Buses Sol del Pacífico
14	Ruta Bus 78
15	Andesmar
16	Buses Serena Mar
17	Buses Ahumada
18	Buses Sol de Lebu
19	Buses Combarlá
20	Buses Tacoha
21	Buses Bio Bio Limitada
22	Buses TJM
23	Buses Jac
24	Buses Trans Chiloe
25	Bus Norte
26	Bus-Sur
27	Buses Becker
28	Buses Cata Internacional
29	Buses BRC
30	Buses Expreso Norte
31	Buses JM
32	Buses Linatal
33	Buses Casther
34	Buses Talmocur
35	Buses Centro Puerto
36	Queilen Buses
37	Buses Cejer
38	Buses Cormar
39	Chile Bus
40	Buses Cruz del Norte
41	Buses Ciktur
42	Buses Cruz del Sur
43	Buses Interbus
44	Buses ETM
45	kenny Bus
46	Buses García
47	Buses Lagosur
48	Buses Geminis
49	Buses Libac
50	Buses Igi Llaima
51	Luna Express
52	Buses María José
53	Nar Bus
54	Buses Nilahue

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se debe mencionar el sistema de transporte en buses de Red (ex Transantiago) que ha incorporado a su flota, buses con aire acondicionado desde 2019, lo que está fuera del alcance de este estudio.²⁵

- **Trenes y ferrocarriles:** La empresa principal en este rubro es la Empresa de Ferrocarriles del Estado, que realiza transporte de pasajeros a través de:
 - Metro Regional de Valparaíso S.A., a través de su servicio Merval,
 - Trenes Metropolitanos S.A., a través de sus servicios Metrotren, TerraSur y Buscarril Talca – Constitución,

²⁵ Se solicitó información por ley de transparencia para conocer las compras de refrigerantes destinadas a nuevos buses, o bien para el mantenimiento de buses antiguos, sin recibir respuesta. Sin embargo, se consultó telefónicamente a las empresas y se obtuvo respuesta de Subusm, que incorporaron aire acondicionado en sus buses recién en 2019.

- Ferrocarriles Suburbanos de Concepción S.A., a través de su servicio Fesub, Corto Laja y Victoria – Temuco.
- **Metro de Santiago:** Se destaca como un usuario relevante, sobre todo considerando que los trenes de nuevas líneas incorporan sistema de aire acondicionado.

3.2.4. MANTENCIONES Y FUGAS DE REFRIGERANTES

Considerando información proporcionada por la empresa Palcar, dedicada a la prestación de servicios a sistemas de aire acondicionado en vehículos, lo que coincide con información reportada por Thermoking y Regener, las mantenciones son preferentemente realizadas ante fallas, reportándose que los sistemas llegan a los servicios de mantención sin carga de refrigerante. Se estima que la situación de camiones es similar al de vehículos livianos. La pérdida de refrigerante y la periodicidad de mantención

Distinta situación ocurre en buses, donde por las características del negocio, es necesario asegurar la correcta operación de los sistemas. Estas empresas realizan mantenciones anuales.

La cantidad de refrigerante contenida en el sistema (tamaño del contenedor), necesidad de recarga (fugas) y la periodicidad de mantención, junto con la fuente de los datos se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 15. Parámetros considerados para la estimación de fugas y requerimientos de mantenciones en aire acondicionado móvil

Tipo de vehículo	Tamaño del contenedor	Necesidad de recarga (fugas)	Periodicidad de la mantención
Livianos	0,514 kg. Estimación en base a datos de Hella	100% del banco cada 10 años. Estimación de Palcar	Cada 10 años. Estimación de Palcar
Buses	7,5 kg. Estimación en base a datos de Thermoking	20% del banco al año. Estimación en base a respuestas de prestadores de servicios	1 vez al año. Estimación de Palcar y Airex
Camiones	3,5 kg. Estimación en base a datos de Thermoking	9% del banco. Estimación en base a datos de Thermoking	1 vez al año. Estimación de Airex
Máquinas fuera de ruta	1,5 kg. Estimación en base a datos de Palcar	20% del banco al año. Estimación en base a consultas a prestadores de servicios	
Otros ²⁶	1 kg. Estimación en base a consultas a Vidrio Car, Zona Zero y Mobile Service	20% del banco al año. Estimación en base a consultas a prestadores de servicios	

²⁶ Se refiere a ambulancias, trolebuses, casas rodantes motorizadas y carros bomba.

3.3. TRANSPORTE REFRIGERADO

A continuación, se describe la oferta del mercado y se indica el procedimiento para la identificación de grandes usuarios.

3.3.1. OFERTA EN EL MERCADO

La caracterización de los sistemas de refrigeración utilizados en el transporte refrigerado, depende fundamentalmente de dos variables: a) la temperatura requerida para el transporte del producto y b) el volumen de la carga a transportar.

No obstante lo anterior, la otra variable secundaria asociada al tamaño del equipo de refrigeración corresponde a la manera de energizar el compresor, lo que puede realizarse mediante una batería o por el propio motor de combustión interna.

Los rangos de temperatura que usualmente son utilizadas en el transporte refrigerado son:

- Transporte refrigerado con temperatura entre -2°C hasta 5°C.
- Transporte de carga congelada con temperatura que va desde los -18°C hasta los -29°C.
- Transporte con multitemperatura donde la carga puede estar afecta a varios valores de temperatura.

Considerando que la capacidad de refrigeración de un sistema de compresión de vapor, de manera indirecta, es la variable que establece la carga de refrigerante, en el transporte refrigerado ésta se encuentra definida por el volumen de carga de cada vehículo. Una revisión técnica de proveedores de estos sistemas, permite establecer que las carrocerías refrigeradas tienen espesores de aislación de 3 pulgadas (7,62 cm), ancho fijo de 96 pulgadas (2,44 metros) y alto de 96 pulgadas. De esta manera, la carga de refrigerante queda definida de acuerdo a la siguiente información:

Tabla 16. Longitud de carrocería y volumen de refrigerante en sistemas de transporte refrigerado

Temperatura	Longitudes de Carrocería	Masa de refrigerante (kg)
Refrigerante: R-134a		
-2°C	6 a 8 pie (1,8 a 2,4 m)	1,2 a 1,4
-2°C	8 a 18 pie (2,4 a 5,5 m)	1,8 a 3,6
Refrigerante: R-404A		
-2°C	20 a 22 pie (6,1 a 6,7 m)	4,7
-2°C	14 a 28 pie (4,3 a 8,5 m)	2,4 a 2,9
-18°C	6 a 20 pie (1,8 a 6,1 m)	1,3 – 2,3 – 4,7
-18°C	14 a 28 pie (4,3 a 8,5 m)	2,4 a 2,9
-29°C	6 a 16 pie (1,8 a 4,9 m)	1,3 a 4,7
-29°C	14 a 28 pie (4,3 a 8,5 m)	2,9

Fuente: Elaboración propia en base a revisión de catálogos²⁷

Conforme se observa en la Tabla 16, las altas longitudes de carrocería se refieren a camiones con tráiler, que a veces, para un mismo tráiler, requieren diferentes temperaturas. En consecuencia, la alta variabilidad de carga de refrigerante es explicada por esa razón.

En relación al mantenimiento de estos equipos, se puede establecer que las marcas de mayor trayectoria (como ThermoKing) establecen **mantenimiento** cada 1.000 horas de funcionamiento o en su defecto cada 1 año para unidades de tráileres y 6 meses o 1.000 horas para camiones más pequeños.

A nivel nacional, las marcas de unidades de refrigeración que están presentes son: Carrier (refrimarket.com), ThermoKing (thksa.cl), Thermal Master (tcc.cl) y Hwasung Thermo (stampaz.cl).

3.3.2. GRANDES USUARIOS

Los sistemas de transporte refrigerado pueden encontrarse en flotas de empresas exclusivamente dedicadas al rubro, o en flotas propias de empresas del rubro alimentario, farmacéutico, u otro que requiera de una cadena de frío.

Es por esto, se solicitó por ley de transparencia, información al SAG, a la Inspección del Trabajo, a SERNAPESCA y al Ministerio de Salud, de las instalaciones de frío (frigoríficos, packing, entre otros) que operan en el país. Luego de recibida la data solicitada, se procedió a buscar datos de contacto de estas empresas y se les envió la consulta respecto de si tenían una flota propia de transporte refrigerado o el servicio era prestado por terceros, solicitando, además en este último caso, el nombre de la empresa transportista y datos de contacto de la misma.

Luego, para empresas identificadas vía ley de transparencia que contaban con flota propia de transporte refrigerado, y para aquellas identificadas según se describe en el párrafo anterior, se procedió al envío del formulario de solicitud de información.

La tasa de respuesta ha sido baja, por lo que no se puede destacar una empresa como un gran usuario.

3.3.3. MANTENCIONES Y FUGAS DE REFRIGERANTES

Según información entregada por Thermoking, se estima que las fugas corresponden al 9% anual de la carga de refrigerante, por lo que se estima que en el proceso de mantención la carga cada año corresponde al 9% de la masa de refrigerante total contenida en el sistema.

Respecto de la vida útil de los vehículos, como se mencionó para el caso de camiones, se consideran 9 años basados en la durabilidad según el uso de un motor diésel.

²⁷ Thermiking serie V y Thermoking Direct Drive Truck Units.

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE ADUANAS

La información del Servicio Nacional de Aduanas para el periodo comprendido entre 1991 y 2018, fue revisada para los códigos arancelarios siguientes:

- 29.03 – Derivados halogenados de los hidrocarburos.
- 38.24 – Preparaciones aglutinantes para moldes o núcleos de fundición; productos químicos y preparaciones de la industria química o de las industrias conexas (incluidas las mezclas de productos naturales), no expresados ni comprendidos en otra parte.
- 84.15 – Máquinas y aparatos para acondicionamiento de aire que comprendan un ventilador con motor y los dispositivos adecuados para modificar la temperatura y la humedad, aunque no regulen separadamente el grado higrométrico.
- 84.18 – Refrigeradores, congeladores y demás material, máquinas y aparatos para producción de frío, aunque no sean eléctricos; bombas de calor, excepto las máquinas y aparatos para acondicionamiento de aire de la partida 84.15.
- 86.01 – Locomotoras y locotractores, de fuente externa de electricidad o acumuladores eléctricos.
- 86.02 – Las demás locomotoras y locotractores; ténderes.
- 86.03 – Automotores para vías férreas y tranvías autopropulsados, excepto los de la partida 86.04.
- 87.01 – Tractores (excepto las carretillas tractor de la partida 87.09).
- 87.02 – Vehículos automóviles para transporte de diez o más personas, incluido el conductor.
- 87.03 – Automóviles de turismo y demás vehículos automóviles concebidos principalmente para el transporte de personas (excepto los de la partida 87.02), incluidos los del tipo familiar («break» o «station wagon») y los de carreras.
- 87.04 – Vehículos automóviles para transporte de mercancías.
- 87.05 – Vehículos automóviles para usos especiales, excepto los concebidos principalmente para transporte de personas o mercancías (por ejemplo: coches para reparaciones (auxilio mecánico), camiones grúa, camiones de bomberos, camiones hormigonera, coches barredera, coches esparcidores, coches taller, coches radiológicos).
- 87.06 – Chasis de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, equipados con su motor.
- 87.07 – Carrocerías de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, incluidas las cabinas.

4.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para poder obtener conclusiones de los datos, en primer lugar, resultó necesario realizar un filtro, dado que dentro de las partidas arancelarias se encuentran elementos que se escapan al alcance de este estudio (por ejemplo: masa para supositorios, aditivos, entre otros). Se optó por realizar el filtro de manera manual dado que, como se aprecia en la tabla siguiente, la manera de presentar un mismo elemento (en este caso un automóvil) presentaba variaciones y errores ortográficos, lo que hacía que en una automatización pudiese perderse información relevante.

Tabla 17. Ejemplo de datos de Aduanas

DNOMBRE	DMARCA	DVARIEDAD
E1283301V ; AUTOVIL ENC.X CHISPA; CHRYSLER;	PTCP44; MODELO PT CRUISER TOUR	ING, AÑO 2004, CILINDRADA 2000
AUTYOMOVIL CH-200100180-2	VOLKSWAGEN	GOLF 1J11C3
AUUTOMOVIL BENCINERO, CHISPA	CHEVROLET	CORSA HATCHBACK EVOLUTION
AUTOMOVVIL	HONDA	PRELUDE
AUTOMPVIL (CHISPA)	KIA	SEPHIA
CG41GP ;	O ACCENT LS CG41GP;AÑO 2004;	DE 1.495 CC;TRANSMISION MECANI
AUROMOVIL ENCENDIDO POR CHISPA	HYYUNDAI	SONATA II
AUOMOVIL MOTOR BENCINERO	HYUNDAI	ACCENT LS
AUOTMOMOVIL BENCINERO, CHISPA	HYUNDAI	ATOZ

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas

Cabe destacar que es posible que algunos registros que correspondan al alcance del estudio no se hayan incorporado a la base de datos dados los problemas en la calidad de la información, donde no en todos se entregan contenidos respecto del uso final, como se puede ver en la tabla siguiente. Para efectos de este trabajo, los registros incorporados corresponden a aquellos donde se indique que el uso final corresponde al alcance de este estudio.

Tabla 18. Ejemplos de datos de Aduanas

DNOMBRE	DMARCA	DVARIEDAD
E2FB120A50 ; EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO; YO	RK; S/S 10T; CON EQUIPO DEENFR	IAMIENTO Y BOMBA DE CALOR
E2FB090A50 ; EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO; YO	RK; 7.5 TON SPLIT 5HP; DE PARE	D, DE UN SOLO CUERPO, DEL TIPO
DSB-091L ; DAEWOO; DSB-091L INTERIOR DOMEST	ICO BTU 9.000 CON CONTROL REMO	TO
AIREPUPD21 ; EQUIPO AIRE ACONDICIONADO; NISSA	N; PARA VEHICULO AUTOMOVIL;	
8830052444 ; ACONDICIONADOR DE AIRE; MITSUI-F	;	
8830052444 ; ACONDICIONADOR DE AIRE; MITSUI-F	; PARA AUTOMOVIL	

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas

Luego de realizado el filtro de datos, se procedió, también de manera manual dados los problemas antes mencionados, a clasificar los registros, distinguiendo si corresponde a vehículos, sustancias, sistemas de refrigeración o aire acondicionado, como se muestra, a modo de ejemplo, en la tabla siguiente:

Tabla 19. Clasificación de datos de Aduanas

DNOMBRE	DMARCA	DVARIEDAD	DOTRO1	Iden 1	Iden 2	Iden 3
1 SIN-CODIGO ~AIRE ACONDICIONADO~WEBASTO-F-82D1	ZSE01512EA~PARA VEHICULOS AUTO	MOVILES, INCLUYE CATALOGOS.		Parte	aire acondicionado	automovil
1 SIN-CODIGO ~AIRE ACONDICIONADO~WEBASTO-F-82D1	ZSE01478EA~PARA VEHICULOS AUTO	MOVILES.		Parte	aire acondicionado	automovil
1 SIN-CODIGO ~AIRE ACONDICIONADO~WEBASTO-F-82D1	ZSE01478EA~PARA VEHICULOS AUTO	MOVILES.		Parte	aire acondicionado	automovil
1 Y216 ~ R-134A~ TETRAFLUORETANO-1,1,1,2~	Z5C~ R134A~ CILINDRO~ 8.6 KN~	GAS REFRIGERANTE~ CONCENTRACC	ION AL 99,94% MINIMO~	Refrigerante		
3 Z18YAV1782. ~ AUTOMOVIL~ CH~ POLARIS~ RZR-18 R	ZR 170~ 2018 COLOR BLANCO/NEGR	OCC169 A02 PBV 410,50		vehiculo	liviano	automovil
2 Z18YAV1782 ~ AUTOMOVIL~ CH~ POLARIS~ RZR-18 R	ZR 170~ 2018 COLOR BLANCO/GRIS	CC169 A02 PBV 410,50		vehiculo	liviano	automovil
3 Z18YAV1788 ~ AUTOMOVIL~ CH~ POLARIS~ RZR-18 R	ZR 170 BLACK~ 2018 COLOR VERDE	/NEGROCC169 A02 PBV 410,50		vehiculo	liviano	automovil
1 Z18YAV1788 ~ AUTOMOVIL~ CH~ POLARIS~ RZR-18 R	ZR 170 BLACK~ 2018 COLOR VERDE	/NEGROCC169 A02 PBV 410,50		vehiculo	liviano	automovil
1 CAMARO-ZLI ~ AUTOMOVIL~CH~ CHEVROLET~ CAMARO	ZLI - 2018 - BLANCO~ AUTOMATIC	O, DE 2 PUERTAS, PBV 2.094 KB.		vehiculo	liviano	automovil
1 SINCODIGO ~ AUTOMOVIL~CH~ CHEVROLET~ CAMARO	ZLI~ 2018~ AMARILLO~ AUTOMATI	CA~ VEHICULO DE TURISMO		vehiculo	liviano	automovil
2 R507 ~ MEZCLA DE HFC-125 (50 %) Y HFC~	ZHEJIANG-F~ REFRIGERANTE R507~	GAS LICUADO EN CILINDROS DE 1	1.3 KG CONCENTRACION 99.9%, PA	Refrigerante		

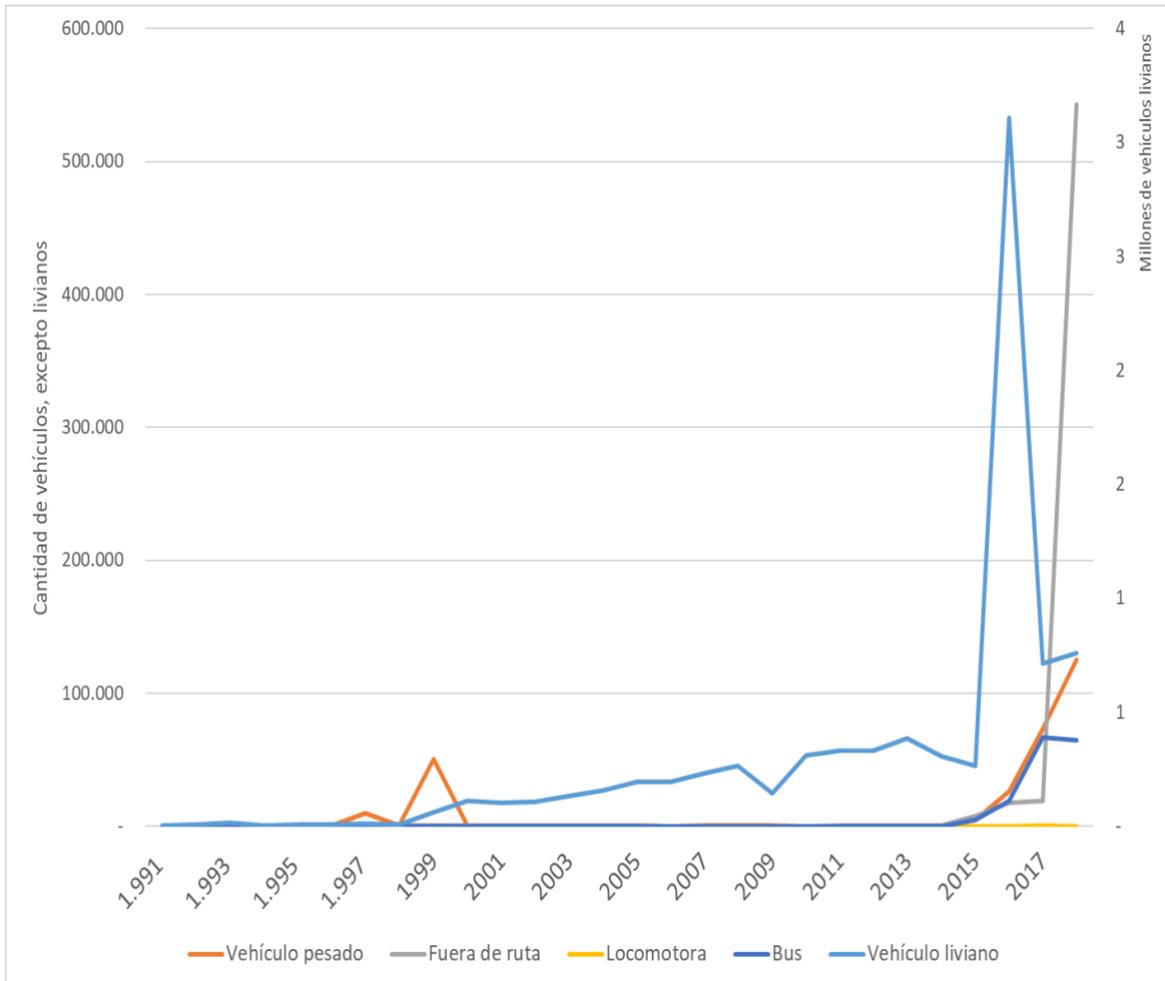
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Servicio Nacional de Aduanas

Con la información clasificada, se procedió a consolidar los datos por año de importaciones en cada uno de los ítems que son objeto del estudio.

4.2. REVISIÓN DE LAS SERIES DE TIEMPO

Se revisaron los datos de importaciones y de exportaciones obtenidos de Aduanas. Se clasificaron los datos según el tipo de vehículo, sustancia, parte u otro afín. Los resultados para importaciones de vehículos se muestran en la figura siguiente, mientras que los datos completos se encuentran en el anexo digital Importaciones – Aduanas.

Figura 2. Importaciones de vehículos, 1991-2018



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Aduanas

4.3. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

De la revisión de los datos de Aduanas, considerando el alcance de este estudio y la aplicabilidad de las mismas para obtener datos o conclusiones relevantes, se puede comentar lo siguiente:

- La información contenida en las bases de datos presenta errores o imprecisiones, en lo que se refiere a la descripción del producto, la cantidad²⁸ y descripción de los mismos, por lo que no es posible obtener conclusiones certeras respecto de las incorporaciones y retiros de refrigerantes en Chile.
- No se consideraron partes y piezas dentro del análisis, dado que no es posible asegurar que corresponden a sistemas nuevos o son repuestos para sistemas existentes.

²⁸ Por ejemplo, se indica que se ingresaron cantidades no enteras de un tipo de equipo, o se mencionan cantidades distintas en diferentes campos de un mismo registro.

- No es posible obtener conclusiones respecto de las compras de refrigerantes y su asociación con los ingresos y fugas de refrigerante en los sectores de estudio. Los registros de Aduanas no distinguen el uso que se les da, por lo tanto no es posible asegurar que los registros correspondan a los sectores de estudio.
- Dado que los registros no son completos y no siempre contienen la misma información, no es posible establecer, en todos los casos, una correspondencia entre equipos ingresados para ser incorporados en transporte refrigerado. Esto porque en una cantidad importante de registros no se indica el uso final del sistema reportado.
- No es posible extraer de las bases de datos, información útil para obtener conclusiones del sector supermercados. Esto dado que, como ya se mencionó, no se establece el uso final de los sistemas, dado que esto no es responsabilidad de Aduanas.

Dado lo anterior, es posible concluir que las bases de datos de Aduanas no pueden utilizarse como única fuente de información, sino que como información referencial que debe ser contrastada con agentes del mercado.

5. CONSTRUCCIÓN DEL INVENTARIO

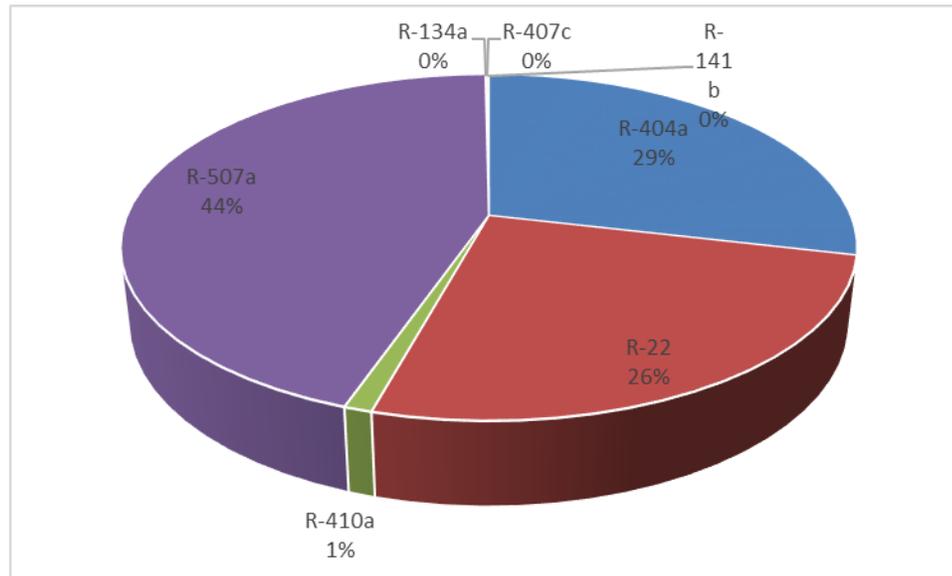
Para la construcción del inventario se realizan consultas directas a diversos agentes del mercado, considerando usuarios finales (dueños de vehículos y supermercados). A continuación, se presentan los resultados para cada segmento.

5.1. SUPERMERCADOS

Como ya se mencionó, se identificaron 144 supermercados, de los cuales se obtuvo datos de contacto de 42 empresas. Se recibieron respuestas de 5 empresas, las cuales se resumen a continuación:

1. Un supermercado cuya sala de venta de 300 m² está ubicada en Santiago, no cuenta con un sistema centralizado de frío ni entrega el detalle de equipos individuales.
2. Una cadena informó al detalle sus instalaciones:
 - a. Sala de ventas 1: 25 kg de R-22, 291,5 m².
 - b. Sala de ventas 2: 558 kg de R-507A, 0,8 kg de R-22 y 49 kg de R-410A, 2.500 m².
 - c. Sala de ventas 3: 180 kg de R-507A, 13,7 kg de R-407, 0,8 kg de R-22 y 1,1 kg de R-410, 906 m².
 - d. Sala de ventas 4: 30 kg de R-410A, 485 kg de R-22, 3.964 m².
 - e. Sala de ventas 5: 11 kg de R-410A, 244 kg de R-507A, 3.262 m².
 - f. Sala de ventas 6: 203 de R-507A, 48 kg de R-410A y 0,6 kg de R-22, 47 m².
3. Una cadena declara usar 584 kg de R-507A entre 2016 y 2018 para mantenciones, reparaciones y nuevas obras, sin entregar información de superficie ni especificaciones de potencia de salas de ventas.
4. Una cadena reportó lo siguiente para sus instalaciones:
 - a. Sala de venta 1: 12 kg de R-410A, 19,2 kg de R-507A 100 m².
 - b. Sala de venta 2: 22 kg de R-410A, 180 m².
 - c. Recinto 3: 2,8 kg de R-507A, sin información de superficie.
 - d. Recinto 4: 16 kg de R-507A, sin información de superficie.
 - e. Recinto 5: 2,1 kg de R-134a, sin información de superficie.
5. Una gran cadena entregó información de compras de refrigerantes por sala de ventas, sin indicar las características (potencia, carga total de refrigerante) por cada una. Las compras agregadas de refrigerante de ambos años tienen la participación siguiente de los distintos refrigerantes:

Figura 3. Compras de refrigerantes de una gran cadena, año 2017 y 2018



Fuente: Elaboración propia en base a información de 2 cadenas de supermercados

Dada la baja tasa de respuesta que, a pesar de los llamados telefónicos, el envío de correos, el ofrecer una consulta corta telefónica no ha podido ser mejorada considerando que, a pesar del compromiso de enviar información las empresas no lo cumplen, se hizo necesario buscar fuentes secundarias para tener una mejor caracterización de la situación del sector supermercados.

Para esto, se revisaron los permisos de edificación entre 2002 y 2018 publicados por el INE para poder caracterizar mejor la situación nacional, presentándose una diferencia del 3,43% respecto de lo presentado en (GreenLabUC; DICTUC, 2017), por lo que se considera una fuente de información adecuada.²⁹

Junto con lo anterior, se cuenta con información del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), que reporta lo mostrado en la Tabla 20, donde se puede apreciar que la información respecto de los sistemas de climatización/refrigeración no es completa, pero sí permite desprender que en los supermercados actualmente se usan diversos refrigerantes, incluso encontrándose R-22, lo que es consistente con lo indicado por el experto consultado y con el conocimiento del equipo consultor.

²⁹ Ver Tabla 8 con el resumen y anexo digital “Supermercados – resumen.xls” con el detalle por año, presentando la comuna de emplazamiento y un nivel de desagregación regional para el manejo de los datos.

Tabla 20. Información contenida en el SEA de supermercados

Titular / Estado	Región	Tipo	Superficie m ²	Refrigerante
Sociedad Supermercados Cugat Limitada / Aprobado	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	Ampliación	4.722,67	R-507A (156.000 BTU), R-22 (2.400.00 BTU en sala de ventas más otros sin especificar) y R-410 (sin especificar)
Sociedad de Inversiones AVR Ltda./ Aprobado	Metropolitana	Nueva	8.964	Sin información
Supermercado Único Pedro Montt Valdivia / No admitidos a tramitación / Desistido	Los Ríos	Sin información		
Supermercado Montserrat Isla de Maipo / Aprobado	Metropolitana	Nuevo	3.867	Sin información
Camping Restorant y Supermercado ubicado en Pucatrihue San Juan de La Costa/ Desistido	Los Lagos	Nuevo	80	Sin información

Fuente: SEA³⁰

5.1.1. ESTIMACIÓN DE LA MASA DE REFRIGERANTE

Para la estimación de la cantidad de refrigerante que utilizan los supermercados se considera la carga térmica para cada sector de frío a satisfacer. Específicamente, los supermercados tienen que satisfacer tres tipos de instalaciones o sectores de frío, los cuales corresponden a:

- Cámaras de Baja Temperatura
- Cámaras de Media Temperatura
- Exhibidores Media Temperatura

Como, principalmente, la capacidad de refrigeración es la que permite calcular la cantidad de refrigerante, para este estudio se realiza un benchmark de cuatro proyectos de construcción de supermercados con el objetivo de establecer parámetros confiables que faciliten el cálculo de la cantidad de refrigerante utilizada en un supermercado.

Técnicamente, es sabido que la capacidad de refrigeración, así como el tipo de refrigerante, son las principales variables que determinan la cantidad de refrigerante a

³⁰ Revisado online en <https://seia.zgob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php>

emplear en una instalación. En este estudio, se asume como hipótesis central que es solo la capacidad de refrigeración la que influye fundamentalmente en el cálculo de la cantidad de refrigerante, más, que el tipo de refrigerante utilizado. El fundamento para esta aseveración corresponde al hecho que los refrigerantes más utilizados en el rubro de supermercados son el R-507A, R-404A (ambos HFC) así como el R-22 (HCFC) y al realizar una comparación de la entalpía de vaporización entre ellos, se aprecia que existe poca diferencia para los diferentes rangos de temperatura de evaporación. De este modo, para el cálculo de la cantidad de refrigerante, la capacidad de frío requerida se torna más importante que diferentes tipos de refrigerantes.³¹

En relación al R-134a, pocas veces es utilizado, a menos que se requieran temperaturas más altas como, por ejemplo, cuando se utiliza una sala de Procesos de Fábrica de Cecinas (Jumbo posee instalaciones de este tipo).

A partir de la hipótesis anterior, a pesar de que existen diferentes tamaños de supermercados (Hipermercados con superficie sobre los 4500 m², Supermercados con rangos de superficies entre 400 – 4499 m² y Tiendas de conveniencia con superficies inferior a 400 m²) la demanda de tipos de servicios es la misma con temperaturas idénticas. Por esta razón, es posible que exista una tasa única de capacidad de demanda de frío por unidad de área de la superficie de venta (kW/m²).

Siendo así, la única diferencia de cantidad de refrigerante estará asociada a los metros lineales de exhibidores en cada tienda. De hecho, el cálculo para determinar la cantidad de refrigeración en los exhibidores viene definido por el número y longitud de éstos. En consecuencia, a mayor número de superficie de ventas, mayor cantidad de metros lineales de vitrinas y murales se instalan.

Por otra parte, cuando se revisan los proyectos de diseño para el frío alimentario de supermercados, todos tienen de base los siguientes componentes en sus cálculos:

Cámaras de Baja Temperatura (-12°C a -18°C):

- Cámara de Congelados
- Cooler Congelados

Cámaras de Media Temperatura (1°C a 14°C):

- Cámara Pastelería
- Cámara de Frutas y Verduras
- Sala Pastelería
- Cámara de Lácteos Cecinas y Quesos
- Cámara Carnes
- Cámara Devoluciones
- Sala Adobo Pollos
- Cámara Media Temperatura

Productos de Exhibición Media Temperatura (1°C a 14°C):

- Mural Tortas
- Mural Lácteos

³¹ Esto es coincidente con la opinión del experto, Sr. Pier Zechetto de Nuova Service.

- Cooler Bebidas
- Vitrinas Carnes
- Vitrinas Cecinas y Quesos
- Mural Carnes
- Mural Frutas y Verduras

Otro importante argumento para demostrar que es factible establecer una correlación kW/m² entre los diferentes supermercados, es el hecho que los servicios prestados en mayor o menor medida son los mismos y con las mismas temperaturas. En particular, aquellos de ciertos estándar, todos tienen cámaras de: Pastelería, Frutas y Verduras, Lácteos Cecinas y Quesos, Carnes, Adobo Pollos y de devoluciones.

Así, con el objetivo de establecer una correlación y fundamentar el cálculo de refrigerante utilizado, a continuación, se presentan cuatro proyectos tipo de supermercados de diferentes marcas y estándares. Los valores reportados en las siguientes tablas, han sido obtenidos y procesados de proyectos de diseño, con información reservada, con planos y especificaciones técnicas.

La información identificada corresponde al año del proyecto, las superficies involucradas, las capacidades de refrigeración utilizada en cada sector de demanda de frío así como el tipo de refrigerante y el sistema de climatización. Adicionalmente, debe señalarse que todos los sistemas de refrigeración corresponden a sistemas centralizados cuyas tuberías con transporte de refrigerante se ubican a cierta distancia de la sala de máquinas.

Tabla 21. Características de la sala de ventas N°1, supermercados

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Año de Puesta en Marcha	2011	
Superficie Total Planta Primer Piso (zona refrigerada, bodegas sin estacionamiento ni administración segundo piso) (m ²).	2.354 m ²	
Superficie refrigerada (m ²)	2.141 m ²	
Relación entre refrigerada y total	0,9095	
Circuito de Baja Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara de Congelados ▪ Cooler Congelados 	6,67 kW
Circuito de Cámaras de Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara Pastelería ▪ Cámara de Frutas y Verduras ▪ Sala Pastelería ▪ Cámara de Lácteos, Cecinas y Quesos ▪ Cámara Carnes ▪ Cámara Devoluciones ▪ Sala Adobo Pollos ▪ Cámara Media Temperatura 	26,73 kW
Circuito de Productos de Exhibición Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mural Tortas ▪ Mural Lácteos ▪ Cooler Bebidas ▪ Vitrinas Carnes ▪ Vitrinas Cecinas y Quesos ▪ Mural Carnes 	51,07 kW

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
	<ul style="list-style-type: none"> Mural Frutas y Verduras 	
Tipo de Refrigerante Sistema Refrigeración	R-404A	
Capacidad de Refrigeración Total Supermercado		84,47 kW
Climatización Supermercado	Sistema bombas de calor	211 kW
Superficie Climatizada	1717 m ²	
Capacidad de Refrigeración Específica (kW/m ²)		0,04 kW/m ²
Cantidad Total de Refrigerante		507 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Características de la sala de ventas N°2, supermercados

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Año de Puesta en Marcha	2017	
Superficie Total Edificación Supermercados (Incluye estacionamientos, locales comerciales jardines, etc.).	9.920 m ²	
Superficie refrigerada (m ²)	2.397 m ²	
Relación entre refrigerada y total	0,2416	
Circuito de Baja Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Cámara de Congelados Cooler Congelados Carnes (6 puertas) Cooler Congelados Pescadería (9 puertas) Walk in Frezzer 	39,227 kW
Circuito de Cámaras de Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Sala Carnes Procesos Fiambres Y Quesos Procesos Adobos de Pollos Cámara Carnes Cámara Fiambres Cámara Vegetales Cámara Pastelería Cámara Pollos 	43,46 kW
Circuito de Productos de Exhibición Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Cooler Cervezas Mural Carnes Vitrina Fiambres-Quesos Mural Fiambres Isla Semi Mural Fiambres-Cecinas (Módulos Centrales) Isla Semi Mural Fiambres-Cecinas (Cabeceras) Vitrina Platos Fríos Mural Pastelería Vitrina Pastelería Mural Frutas y Verduras 	70 kW
Tipo de Refrigerante Sistema Refrigeración	R-507A	

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Capacidad de Refrigeración Total Supermercado		152,7 kW
Climatización Supermercado	Rooftop R-404A – Split (Sala ventas) Split R-404A (Oficinas administrativas)	158 kW 29 kW
Superficie Climatizada	1 689 m ² (Sala Ventas) 56,11 m ² (Oficinas Administrativas)	
Capacidad de Refrigeración Específica (kW/m ²)		0,064 kW/m ²
Cantidad Total de Refrigerante		916,2 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Características de la sala de ventas N°3, supermercados

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Año de Puesta en Marcha	2016	
Superficie Total Edificación Supermercados (Incluye estacionamientos, locales comerciales jardines, etc.).	S/I	
Superficie refrigerada (m ²)	9.578 m ²	
Circuito de Baja Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cabeceras Islas Carnes-Cerdos ▪ Isla Congelados Carnes (Pozo) ▪ Cooler Congelados Helados I ▪ Cooler Congelados Helados II ▪ Cooler Congelados Hamburguesas-Platos Preparados ▪ Cooler Congelados Verduras-Frutas ▪ Cooler Congelados Pescados ▪ Cooler Congelados Panadería ▪ Cabecera Cooler Helados ▪ Cabecera Cooler Hamburguesas-Platos Preparados ▪ Cabecera Cooler Verduras-Frutas ▪ Cámara Congelados Verduras ▪ Cámara Congelados Helados ▪ Cámara Congelados Pescados ▪ Cámara Congelados Panadería 	116,3 kW
Circuito de Cámaras de Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara Producto Terminado (Cecinas) ▪ Cámara Carnes ▪ Cámara Cerdos ▪ Cámara Mermas ▪ Cámara Pollos ▪ Cámara Quesos ▪ Cámara Fiambres ▪ Cámara Lácteos ▪ Cámara Pescados ▪ Cámara Pastas ▪ Cámara Tortas 	108,8 kW

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara Panadería ▪ Cámara Materias Primas ▪ Cámara Producto Terminado ▪ Cámara Insumos ▪ Subcooling Baja Temperatura 	
Circuito de Productos de Exhibición Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vitrina Pastelería ▪ Isla Semi Mural Tortas I (Modulo Central) ▪ Isla Semi Mural Tortas I(Cabecera) ▪ Mural pastelería (Con Puertas) ▪ Vitrina Pescadería ▪ Mural Pescadería ▪ Mural Pastas Frescas (Con Puertas) ▪ Mural Verduras ▪ Mural Orgánicos ▪ Vitrina Fiambres-Quesos ▪ Vitrina carnes ▪ Semi Mural Carnes ▪ Cooler Bebidas ▪ Cooler Vinos ▪ Mural Platos Preparados ▪ Isla Semi Mural Fiambres y Quesos (Modulo Central) ▪ Isla Semi Mural Fiambres Quesos (Cabecera) ▪ Isla media Temperatura Quesos ▪ Isla media Temperatura Carnes ▪ Isla media Temperatura Pollos-Cerdos ▪ Mural Fiambres ▪ Mural Yoghurt y Postres ▪ Cabeceras Mural Yogurt - Fiambres ▪ Mural Mantequillas - Margarinas ▪ Cabecera Mural Mantequillas-Margarinas 	193,05 kW

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Circuito Procesos Fábrica Cecinas Alta Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara Verduras ▪ Sala Laminado ▪ Sala Relleno ▪ Sala Cremas ▪ Sala Pizzas ▪ Sala Carnes ▪ Preparación Pescados ▪ Preparación Verduras ▪ Envasado de Pollos ▪ Sala Desmolde ▪ Sala Envasado ▪ Sala Laminado (Fca Cecinas) ▪ Armado Producto Terminado ▪ Sanitizado Tripas y Materias Primas ▪ Adobo Pollos ▪ Fca. Cecinas ▪ Sala Elaborado ▪ Sala Carnes Especiales ▪ Operación Preliminar 	186 kW
Tipo de Refrigerante Sistema Refrigeración	R-507A Para Cámaras Media Temperatura, Baja Temperatura y Exhibidores Media Temperatura R-134a Para Sala de Procesos Fábrica Cecinas Alta Temperatura	
Capacidad de Refrigeración Total Supermercado R-507A R-134a		418,2 kW 186 kW
Climatización Supermercado	Rooftop R-410A (Sala ventas) estimada 0,02 TR/m ² .	742 kW
Superficie Climatizada	9.578 m ² (Sala Ventas) 56,11 m ² (Oficinas Administrativas)	
Capacidad de Refrigeración Específica (kW/m ²)		0,063 kW/m ²
Cantidad Total de Refrigerante		3625,2 kg (HFC)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Características de la sala de ventas N°4, supermercados

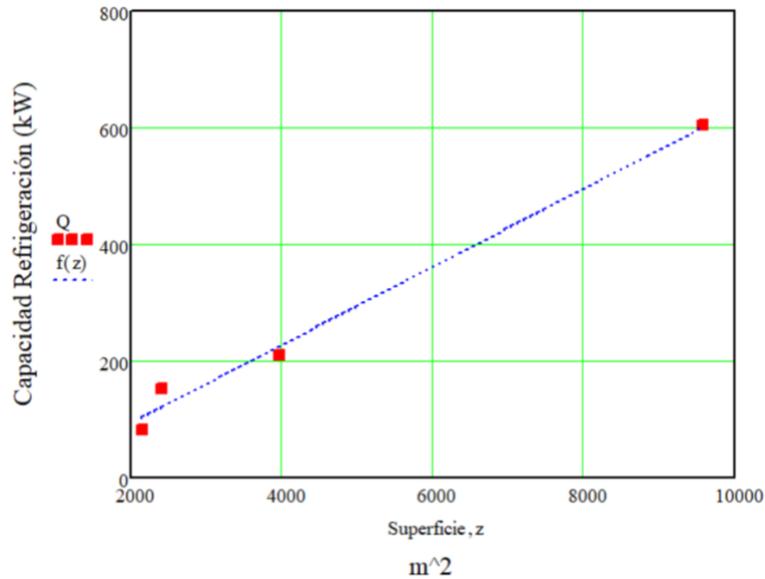
Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Año de Puesta en Marcha	2019	
Superficie Total Edificación Supermercados (Incluye estacionamientos, locales comerciales jardines, etc.).	9.230 m ²	
Superficie refrigerada (m ²)	3.978,44 m ²	
Superficie Supermercado Edificación (Sin estacionamiento)	5.787 m ²	

Antecedentes	Información	Capacidad de refrigeración
Relación entre refrigerada y total	0,6269	
Circuito de Baja Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara de Congelados ▪ Cooler Congelados Carnes ▪ Cooler Congelados Pastelería ▪ Cooler FFVV ▪ Cooler Congelados General 	69 kW
Circuito de Cámaras de Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara Consolidado ▪ Procesos Fiambres Y Quesos ▪ Procesos Adobos de Pollos ▪ Cámara Carnes y Pollos ▪ Sala Procesos Carnes ▪ Sala Procesos Pollos Crudos ▪ Sala Server 	56 kW
Circuito de Productos de Exhibición Media Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cooler Cervezas ▪ Mural Carnes ▪ Vitrina Fiambres-Quesos ▪ Mural Fiambres ▪ Isla Semi Mural Fiambres-Cecinas (Módulos Centrales) ▪ Isla Semi Mural Fiambres-Cecinas (Cabeceras) ▪ Vitrina Platos Fríos ▪ Mural Pastelería ▪ Vitrina Pastelería ▪ Mural Frutas y Verduras 	85,7 kW
Tipo de Refrigerante Sistema Refrigeración	R-507A	
Capacidad de Refrigeración Total Supermercado		210,7 kW
Climatización Supermercado	Rooftop 404A – Split (Sala ventas) Split 404A (Oficinas Administrativas)	
Superficie Climatizada	3978,44 m ² (Sala Ventas) Sistema VRF R-410A Oficinas Administrativas Split	296 kW (R410A) 32 kW
Capacidad de Refrigeración Específica (kW/m ²)		0,053 kW/m ²
Cantidad Total de Refrigerante		1264,2 kg

Fuente: Elaboración propia

A partir de las tablas anteriores, en la siguiente figura se grafica la capacidad de refrigeración total de cada supermercado en función de la superficie de la sala de venta para los cuatro casos estudiados.

Figura 4. Capacidad de refrigeración en función de la superficie, supermercados



Fuente: Elaboración propia

Para este estándar de supermercados, como se observa, es factible establecer una aproximación lineal para ellos. De hecho, la correlación existente es de 0,995 para cuatro tipos de proyectos con proyectistas diferentes.

Dada esta información, es posible obtener la tasa de capacidad de frío por unidad de superficie para cada uno de los supermercados estudiados, lo que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 25. Capacidad de frío en función de la superficie, supermercados

	Tasa (Capacidad de frío/unidad de superficie)
Supermercado 1	0,04 kW/m ²
Supermercado 2	0,0637 kW/m ²
Supermercado 3	0,063 kW/m ²
Supermercado 4	0,053 kW/m ²

Fuente: Elaboración propia

De estos datos se puede obtener una media de **0,055 kW/m²** y verificar que las desviaciones porcentuales de la media para cada uno de ellos es 27%, 15,8%, 14,5% y 3,6% respectivamente.

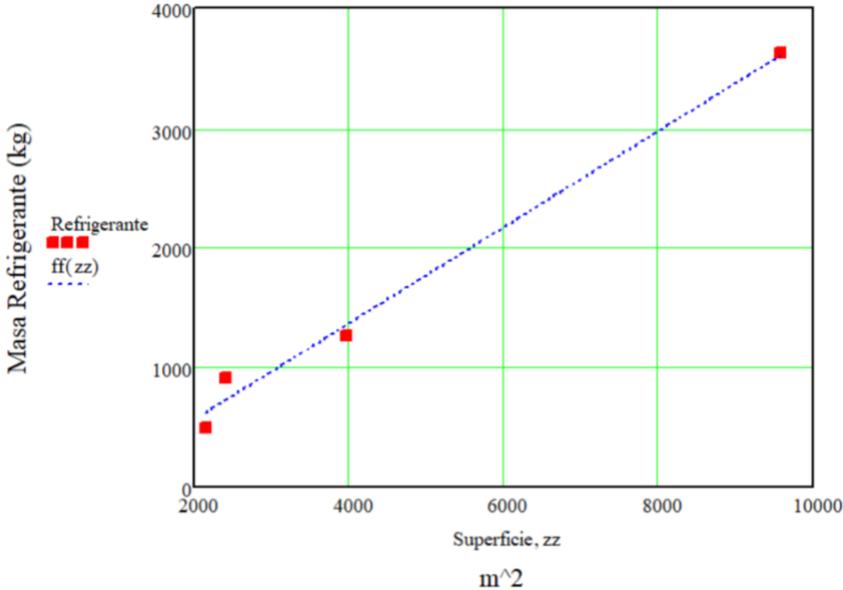
A partir de estos valores, desde que se conoce la superficie de la sala de venta, se puede obtener la cantidad de refrigerante que utiliza una unidad de frío por cada kW de potencia frigorífica.

Realizada la consulta al experto en proyectos y mantenimiento de supermercados, Sr. Pier Zechetto, se ha estimado que la cantidad de refrigerante por unidad de potencia frigorífica

(kW) oscila entre 5,33 kg de refrigerante/kW a 6,66 kg/kW, mientras que en la literatura internacional para casos análogos el valor considerado llega 4,15 kg/kW. Como el valor obtenido de la realidad internacional corresponde a climas con inviernos de baja temperatura, se opta por un valor promedio en el rango de la situación nacional, por lo que en este informe se considera, para todos los cálculos, **6 kg de refrigerante/kW**.

Así, la siguiente curva muestra la relación existente entre cantidad de refrigerante y superficie de un supermercado para la realidad de proyectos a nivel nacional.

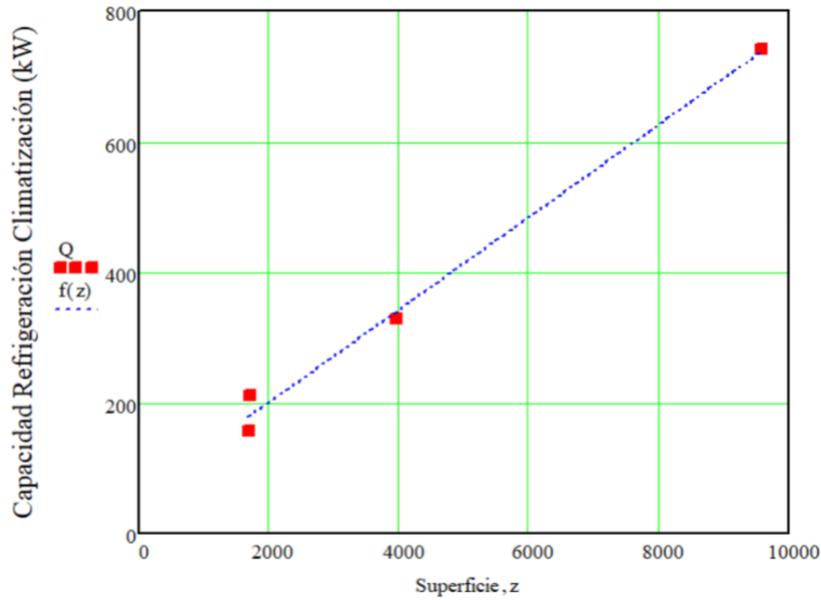
Figura 5. Masa de refrigerante en función de la superficie, supermercados



Fuente: Elaboración propia

Para efectos de climatización de los supermercados, de acuerdo a la experiencia del equipo técnico, se estima una tasa de 0,12 kW/m² (0,022 TR/m²). Para los datos analizados y potencias establecidas, la siguiente figura muestra la relación existente entre la demanda de potencia de climatización en función de la superficie.

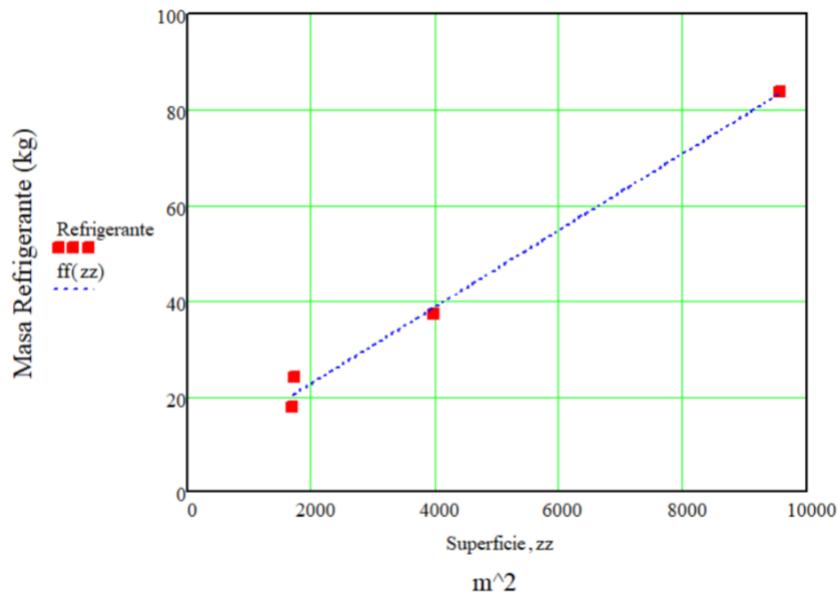
Figura 6. Demanda de climatización en función de la superficie (m²), supermercados



Fuente: Elaboración propia

Atendiendo que el coeficiente de correlación es 0,996 se puede estimar la cantidad de refrigerante que requiere la climatización de los supermercados. Sin embargo, como los equipos de climatización utilizados pueden ser bombas de calor, rooftop, sistemas VRV o aún split para los sectores administrativos, a partir de catálogos de fabricantes se considera que para el refrigerante R-410A una unidad Rooftop de 177 kW utiliza 20 kg de refrigerante. Siendo así, en este estudio se utilizará una tasa de 0,11 kg/kW. La siguiente figura muestra la carga para los diferentes casos de estudio.

Tabla 26. Masa de refrigerante por superficie, supermercados



Fuente: Elaboración propia

Considerando el análisis realizado en esta sección, es posible concluir que el factor para estimar la cantidad de refrigerante contenida en el sistema de refrigeración de un supermercado se obtiene de multiplicar la masa de refrigerante por capacidad de frío (6 kg/kW), por la capacidad de frío por superficie (0,055 kW/m²). Con esto se obtiene que la masa de refrigerante por unidad de superficie es de **0,33 kg de refrigerante/m²**.³²

Cabe destacar que el diseño de un sistema de compresión de vapor, entre otras variables, es realizado considerando las temperaturas requeridas para la refrigeración de los alimentos (temperatura de baja) y las condiciones de presión y temperatura para efectos de rechazo de calor (temperatura de alta). En estas circunstancias, específicamente para el condensador, se considera un rango de temperatura de alta de 45°C y 38°C para la temperatura ambiente. Estas condiciones, satisfacen prácticamente todo el rango de temperaturas para el país, de manera que, ante cualquier escenario de operación del sistema, en términos extremos, el diseño cubre prácticamente todas las opciones. Por el contrario, cuando las temperaturas son más bajas, el sistema operará aún así de mejor manera, con un coeficiente de performance mayor por lo que su único efecto será minimizar el consumo de energía. De esta manera, el cálculo de masa de refrigerante es obtenido para toda la realidad operacional país.

5.1.2. ESTIMACIÓN DEL BANCO

En la sección 3.1 se entrega información respecto de la cantidad de salas de ventas construidas en el país. Sin embargo, los datos entregados corresponden a la superficie total del supermercado, lo que incluye zonas sin refrigerar, como estacionamientos y oficinas.

De la observación de la información del SEA para el supermercado Cugat de Rancagua (Tabla 20) y del conocimiento del mercado de ATS Energía, la superficie de refrigeración es calculada exclusivamente para los sistemas de media y baja temperatura, en consecuencia, para efectos de refrigeración se excluye la climatización de las distintas salas de ventas, oficinas y recintos anexos al supermercado (oficinas, tiendas aledañas).

Para realizar la estimación del banco es necesario, además, contar con una estimación de la relación entre la superficie total de un supermercado y la de la superficie de ventas donde se requiere refrigerante para vitrinas y alimentos refrigerados. Según el criterio experto del equipo consultor³³, los datos mostrados en la Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24, corresponden a una caracterización de cuatro proyectos donde se correlaciona la superficie total del supermercado con la sala de venta la cual requiere de refrigerante. De estos proyectos y otro evaluado en el contexto de la información de estudio de impacto ambiental, se observa que el factor 0,2416 correlaciona sistemáticamente la razón de la superficie total con la superficie de sala de venta que requiere de refrigeración.

El factor constante utilizado se debe a que los proyectos arquitectónicos de las diferentes marcas de supermercados, son diseñados con un mismo padrón, de esta manera el mismo proyecto puede ser utilizado en cualquier ciudad con adaptaciones particulares al Plan

³² (GreenLabUC; DICTUC, 2017) usa un factor de 0,29 [0,27 – 0,31] kg de refrigerante/m², lo que se estima a partir de información de una única cadena (Santa Isabel), mientras que la estimación de ATS Energía contempla el análisis de salas de ventas de distintas cadenas, por lo que se le asigna un mejor grado de representatividad de la situación nacional.

³³ Del conocimiento del equipo consultor de proyectos desarrollados en supermercados, se estima que este es un tipo representativo de proyectos implementados en distintas regiones y por distintas empresas.

Regulador Comunal. No obstante lo anterior, cada proyecto debe cumplir la reglamentación de edificación nacional contenida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.) donde existen dimensiones preestablecidas según el número de clientes a atender. Específicamente, los numerales 4.10.12 y 4.10.13 establecen dimensiones internas para los pasillos de evacuación y mínimos requeridos. Asimismo, dependiendo del Plan Regulador de cada Municipalidad para la zona a utilizar, se establecen factores proporcionales del uso de suelo permitido, número de estacionamientos etc.

De esta manera, existe una proporcionalidad entre la superficie total, la de la edificación y la de la sala de venta. Esta proporcionalidad es la utilizada en el presente proyecto obtenida de datos reales de los respectivos proyectos.

La información recopilada desde el INE permite obtener una aproximación respecto de la evolución del banco de refrigerantes contenido en supermercados en el país, y permite, al mismo tiempo obtener una **regionalización** del mismo. Para la estimación se consideran, además, los supuestos siguientes:

- El ingreso de refrigerantes al banco se obtiene de (Dictuc Greenlab, 2019), donde se entrega, por años, el tipo de refrigerantes que se utilizan en este segmento. La información se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 27. Participación en el ingreso de refrigerantes en supermercados, por año

Período	No HFC	R-404A	R-507A
<2004	100%		
2004-2006	81%	9%	
2007-2009	22%	68%	10%
2010- 2013	8%	11%	81%
2014-2016		4%	96%
>2016			98%

Fuente: (Dictuc Greenlab, 2019)

- Se observan las mismas prácticas de mantención que las identificadas en (GreenLabUC; DICTUC, 2017), por lo tanto, sus pérdidas anuales ascienden a un 35%, lo que es confirmado por el Sr. Pier Zechetto.
- Se sabe que 11 hipermercados cuentan con CO₂ transcrítico como refrigerante. Se estima que la masa total es de 8.699 kg³⁴, repartidos en partes iguales entre 2015 y 2017. Se considera que en el proceso de recambio el refrigerante contenido en los sistemas de frío fue correctamente recuperado y dispuesto, por lo que se resta dicha cantidad del banco de las otras sustancias, en la misma proporción que se muestra en la Tabla 28, que corresponde a la composición del banco al año 2014.

³⁴ Se consideran 11 hipermercados con las características mostradas en la Tabla 22.

Tabla 28. Composición del banco de refrigerantes en supermercados al año 2014

Refrigerante	Participación en el banco
No HFC	35%
R-404A	21%
R-507A	44%

Fuente: Elaboración propia en base a

Con todo lo anterior, en la Tabla 29 se muestra la masa de refrigerante incorporada al banco en cada año, y de manera gráfica, junto con el crecimiento del banco en la Figura 7. Cabe destacar que no se cuenta con información precisa para obtener la penetración de cada refrigerante en un año en específico, por lo que se asumió una participación constante en el periodo.

Tabla 29. Masa de refrigerante ingresada al banco de supermercados por año, en kg

	No HFC	R-404A	R-507A	Total
2002	8.461,9	-	-	8.461,9
2003	14.686,2	-	-	14.686,2
2004	9.866,0	1.096,2	-	10.962,2
2005	8.304,7	922,7	-	9.227,4
2006	7.359,5	817,7	-	8.177,3
2007	3.686,7	11.395,3	1.675,8	16.757,7
2008	2.725,7	8.425,0	1.239,0	12.389,6
2009	2.003,3	6.192,1	910,6	9.106,0
2010	1.710,3	2.351,7	17.317,3	21.379,4
2011	1.905,7	2.620,3	19.295,0	23.821,0
2012	1.296,0	1.781,9	13.121,5	16.199,4
2013	1.294,7	1.780,2	13.108,8	16.183,7
2014	-	535,4	12.850,0	13.385,4
2015	-	453,2	10.876,7	11.329,9
2016	-	240,7	5.776,5	6.017,2
2017	-	-	10.127,7	10.127,7
2018	-	-	6.698,1	6.698,1

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que en la Tabla 29 no se muestra el recambio de refrigerantes ocurrido con el ingreso de CO₂, lo que se refleja en el banco total mostrado en la tabla siguiente.

Tabla 30. Banco de refrigerantes en supermercados por año, en kg

	No HFC - Otros	No HFC - CO ₂	R-404A	R-507A	Total
2002	8.461,9	-	-	-	8.461,9
2003	23.148,1	-	-	-	23.148,1

2004	33.014,1	-	1.096,2	-	34.110,3
2005	41.318,7	-	2.019,0	-	43.337,7
2006	48.678,3	-	2.836,7	-	51.515,0
2007	52.365,0	-	14.232,0	1.675,8	68.272,7
2008	55.090,7	-	22.656,9	2.914,7	80.662,3
2009	57.094,0	-	28.849,0	3.825,3	89.768,4
2010	58.804,4	-	31.200,7	21.142,6	111.147,7
2011	60.710,0	-	33.821,0	40.437,6	134.968,7
2012	62.006,0	-	35.603,0	53.559,2	151.168,2
2013	63.300,7	-	37.383,2	66.668,0	167.351,9
2014	63.300,7	-	37.918,6	79.518,0	180.737,3
2015	62.285,1	2.899,8	38.371,8	89.118,9	192.675,6
2016	61.269,5	5.799,6	38.004,1	93.619,6	198.692,7
2017	60.253,9	8.699,4	37.395,7	102.471,5	208.820,4
2018	60.253,9	8.699,4	37.395,7	109.169,6	215.518,5

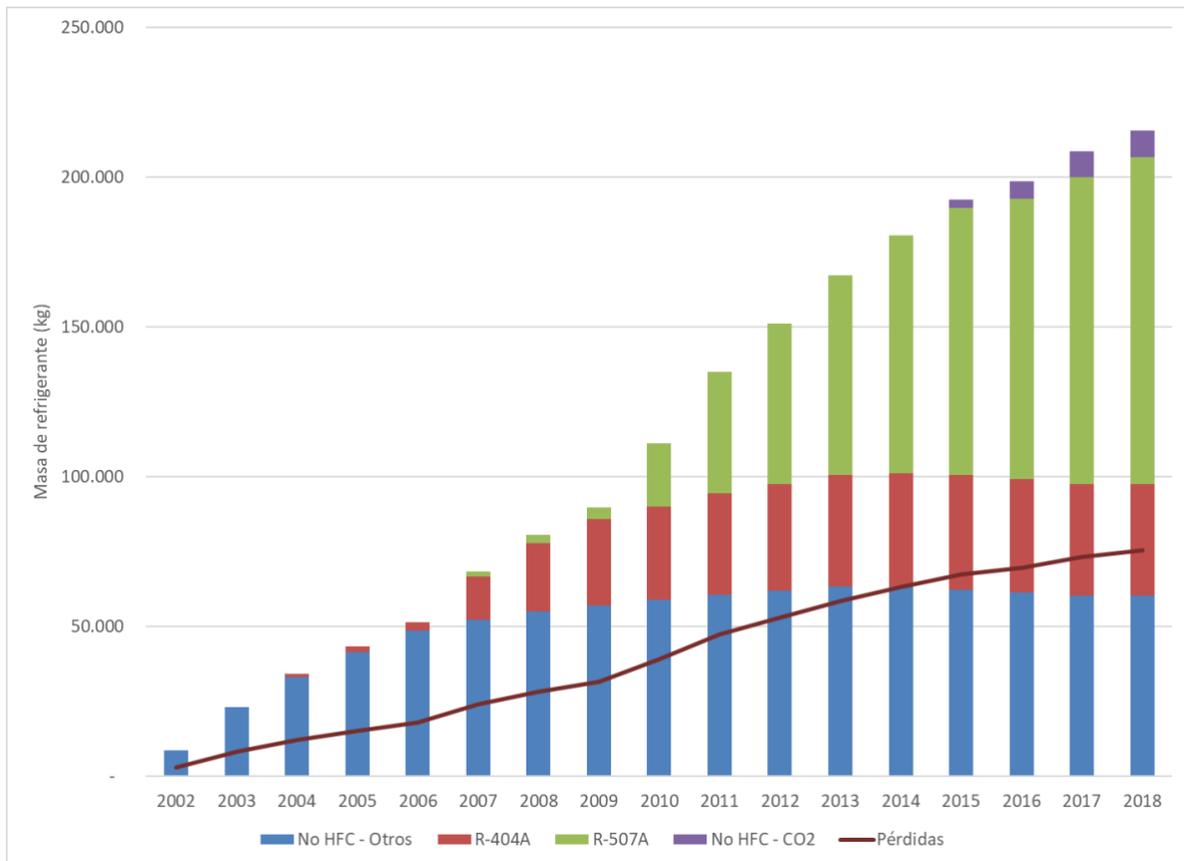
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Emisiones a la atmósfera de refrigerantes por refrigeración en supermercados, en kg

	No HFC - Otros	No HFC - CO2	R-404A	R-507A	Total
2002	2.961,7	-	-	-	2.961,7
2003	8.101,8	-	-	-	8.101,8
2004	11.554,9	-	383,7	-	11.938,6
2005	14.461,6	-	706,6	-	15.168,2
2006	17.037,4	-	992,8	-	18.030,2
2007	18.327,7	-	4.981,2	586,5	23.895,4
2008	19.281,7	-	7.929,9	1.020,2	28.231,8
2009	19.982,9	-	10.097,2	1.338,9	31.418,9
2010	20.581,5	-	10.920,3	7.399,9	38.901,7
2011	21.248,5	-	11.837,4	14.153,2	47.239,1
2012	21.702,1	-	12.461,0	18.745,7	52.908,9
2013	22.155,2	-	13.084,1	23.333,8	58.573,2
2014	22.155,2	-	13.271,5	27.831,3	63.258,1
2015	21.799,8	1.014,9	13.430,1	31.191,6	67.436,4
2016	21.444,3	2.029,8	13.301,4	32.766,8	69.542,5
2017	21.088,9	3.044,8	13.088,5	35.865,0	73.087,2
2018	21.088,9	3.044,8	13.088,5	38.209,3	75.431,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Banco de refrigerantes y pérdidas en supermercados, en kg



Fuente: Elaboración propia

La información recopilada de permisos de construcción y la solicitada a las empresas tiene un nivel de desagregación regional, por lo tanto, **desde el origen el inventario**, ya sea con datos entregados por las empresas o con información del INE, **se construye con un nivel de desagregación regional**, por lo tanto, no es necesario desarrollar una metodología para la regionalización del inventario.

5.2. AIRE ACONDICIONADO MÓVIL

El aire acondicionado móvil, para efectos de este trabajo, es dividido en 2 sub segmentos (1. buses, vehículos livianos, pesados, fuera de ruta y otros; 2. metro y tren), cuyos resultados se muestran a continuación.

5.2.1. BUSES, VEHÍCULOS LIVIANOS, PESADOS, FUERA DE RUTA Y OTROS

Para la construcción del inventario se revisaron los datos de inscripciones de vehículos³⁵ en el Registro Civil, los cuales corresponden a cifras oficiales y los datos se encuentran anualizados. Para obtener información más completa, no solo se consideraron los años 2016 a 2018, que corresponden al alcance de este estudio, sino que se construyó la serie desde 1990:

³⁵ Para cada año se consideraron los inscritos en dicho año, el año anterior (asociados a saldos del año anterior) y del año siguiente (asociados al cambio de modelos que se produce en septiembre). Por ejemplo, para el año 2016 se consideran las inscripciones de vehículos del año 2015, 2016 y 2017.

Tabla 32. Vehículos inscritos en el Registro Civil, 1990 - 2003

Tipo vehículo		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Vehículo liviano	Automóvil	37.602	44.419	59.831	62.117	55.019	81.585	93.348	98.582	78.348	51.939	53.232	48.105	52.259	65.709
	Coche mortuorio	1		-	-	1	-	2	-	-	-	2	1	3	1
	Station wagon	4.662	4.506	6.912	4.825	5.728	6.747	8.086	11.207	14.048	14.249	15.641	14.899	16.316	18.372
	Camioneta	18.230	20.825	31.139	28.188	29.327	34.232	36.410	40.411	36.700	23.784	24.846	21.423	20.171	19.762
	Furgón	3.133	3.207	4.539	6.072	6.483	8.527	8.205	8.612	7.547	5.173	6.592	7.345	6.170	7.021
	Jeep	2.103	2.289	4.416	3.358	3.250	3.608	4.845	6.404	6.610	3.924	3.040	2.993	2.002	1.611
	Limusina													1	
Fuera de ruta	Máquina industrial	366	483	843	1.143	1.115	1.356	1.839	1.803	1.559	727	888	1.051	1.209	1.102
	Tractor	973	837	1.442	1.244	1.267	1.310	1.430	1.229	997	733	761	599	655	908
	Tractor anfibio														
	Maquina agrícola	32	7	14	30	19	30	50	35	37	14	41	26	21	38
Bus	Bus	1.596	1.728	2.181	2.689	2.479	1.746	2.033	2.236	1.793	1.091	1.327	1.646	1.825	2.570
	Taxibús	367	15	6	4	2	-			-					
	Minibús	379	435	935	1.220	1.691	2.495	3.706	3.847	4.828	1.342	2.221	2.167	2.232	2.241
Camiones	Tracto camión	277	463	860	726	806	1.426	1.576	1.494	1.155	525	746	721	693	1.028
	Chasis	206	222	538	554	523	756	648	562	961	179	203	194	180	121
	Chasis cabinado							1	1		1				3
	Camión	2.765	3.161	5.692	6.430	5.545	6.720	7.188	7.721	6.593	2.851	3.561	3.680	3.663	4.118
Otros	Ambulancia	56	158	81	87	56	90	121	118	158	124	109	140	87	123
	Trolebús		-	8	-										
	Casa rodante motorizada	31	14	12	14	14	10	19	19	12	1	10	6	9	6
	Carro bomba	5	5	11	4	7	6	6	9	29	100	54	72	8	55
	Semi remolque														
	Remolque														

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Registro Civil³⁶

³⁶ Obtenido del portal de transparencia: <https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/pdttta/-/ta/AK002/OA/OANT/43548040>

Tabla 33. Vehículos inscritos en el Registro Civil, 2004 - 2018

		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Vehículo liviano	Automóvil	85.937	101.914	102.782	123.248	136.725	78.404	142.019	162.029	163.727	178.503	156.283	125.509	134.412	147.820	161.466
	Coche mortuario	1	11	14	14	20	26	30	17	20	18	9	4	10	6	13
	Station wagon	22.151	29.044	35.806	41.341	47.636	32.249	57.748	64.247	69.950	82.993	86.837	74.728	90.062	117.529	147.112
	Camioneta	23.437	31.724	33.379	37.638	43.894	26.115	53.027	58.385	58.357	68.127	52.272	48.568	56.222	68.382	76.789
	Furgón	8.299	9.955	10.265	10.497	10.275	5.985	11.107	13.943	13.933	16.312	15.068	12.643	14.792	17.037	17.746
	Jeep	1.450	1.492	1.197	1.211	1.774	1.041	1.570	1.346	1.382	1.669	1.172	1.551	1.693	1.302	1.114
	Limusina		2	9	11	4	2	4	-	1	2	3	1	3	4	1
Fuera de ruta	Máquina industrial	2.380	3.290	3.536	4.587	5.443	2.671	4.766	6.384	7.231	6.762	4.957	4.709	5.378	5.098	6.011
	Tractor	1.231	1.484	1.323	1.655	2.067	1.241	1.606	2.095	2.059	2.226	2.276	1.894	2.255	2.030	2.445
	Tractor anfibio									1	3					
	Máquina agrícola	65	44	29	28	63	32	27	41	62	62	48	32	46	41	35
Bus	Bus	2.809	4.698	3.417	2.643	2.784	2.084	3.305	4.480	3.811	5.914	2.160	2.688	2.738	3.457	4.184
	Taxibús															
	Minibús	2.883	3.876	3.657	3.758	3.878	2.352	3.969	4.233	3.135	5.402	3.126	3.436	3.207	3.640	4.536
Camiones	Tracto camión	1.575	2.137	2.853	2.461	2.756	1.614	3.178	6.328	1.734	3.565	2.780	3.348	2.156	3.355	3.495
	Chasis	29	18	10	1	1			1	1		1				
	Chasis cabinado	1.040	1.872	2.691	1.343	1.241	601	944	2.714	662	876	811	2.180	642	754	612
	Camión	4.564	5.682	8.412	5.926	8.489	5.019	8.246	16.295	5.565	8.617	7.659	8.609	5.842	8.081	9.142
Otros	Ambulancia	115	153	194	355	307	249	210	290	206	342	268	357	509	197	227
	Trolebús												-		-	
	Casa rodante motorizada	14	12	12	11	6	5	8	13	10	15	16	16	16	19	22
	Carro bomba	3	59	58	58	73	116	52	42	84	101	52	159	150	241	139
	Semirremolque	2.585	2.496	2.404	2.968	3.174	2.643	3.231	4.479	4.408	4.490	3.982	3.552	3.962	3.816	3.628
	Remolque	1.247	1.086	1.101	982	877	666	760	1.090	1.227	873	792	1.047	1.085	1.048	800

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Registro Civil³⁷

³⁷ Obtenido del portal de transparencia: <https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/pdttta/-/ta/AK002/OA/OANT/43548040>

Para el cálculo del inventario se consideran los siguientes supuestos:

- La carga promedio de refrigerante en equipos de aire acondicionado (AA) de:
 - **Vehículos livianos:** 514 gramos por sistema, según la información mostrada en el ANEXO 2.
 - **Buses:** 7,5 kilogramos de por sistema, según la información recopilada en entrevistas, lo que se muestra en el ANEXO 5 (entrevistas de Airex y Palcar).
 - **Camiones:** 3,5 kilogramos de por sistema, según la información recopilada en entrevistas, lo que se muestra en el ANEXO 5 (entrevista con Thermoking)
 - **Máquinas fuera de ruta:** 1,1 kilogramos de por sistema, según la información recopilada en entrevistas, lo que se muestra en el ANEXO 5 (entrevista de Airex y Palcar).
 - **Otros:** 1 kg según consulta realizada a Vidrio Car, Zona Zero y Movil Service.
- Se considera que a 2017 comenzó a incorporarse el HFO R-1234yf, con una penetración del 0,3% constante en el periodo, utilizando el resto R-134a. (ver ANEXO 5, entrevista a Airex, lo que es coincidente con información entregada por socios de ANAC).
- Las recargas de refrigerante (para corregir fallas o fugas) por tipo de vehículos, según se obtiene de las entrevistas (ANEXO 5, Airex, Palcar, Thermoking), corresponde a:
 - **Vehículos livianos:** carga completa 1 vez cada 10 años, esto significa que las fugas se estiman como el total del banco de refrigerantes existente 10 años antes de la estimación.³⁸
 - **Buses:** 20% al año según indicó un prestador de servicios consultado.
 - **Camiones:** 9% al año.
 - **Máquinas fuera de ruta:** 20% al año, lo que corresponde a una homologación a buses.
 - **Otros:** análogo al caso de buses.
- Según información presentada por Hella, desde 2001 dejó de utilizarse el R-12 en aire acondicionado móvil, por lo que se considera que hasta el año 2000 todos los sistemas utilizaban R-12 y desde 2001, todos R-134a.
- La tenencia de aire acondicionado por tipo de vehículo ingresado es:
 - **Vehículos livianos:**

Tabla 34. Porcentaje de vehículos livianos vendidos en Chile con AA

Año	% Vehículos con AA
1999	32,40%
2000	35,80%
2001	39,20%
2002	42,60%
2003	46,00%
2004	49,40%
2005	52,80%
2006	56,20%
2007	59,60%
2008	63,00%

³⁸ En (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se da cuenta que se considera, para automóviles en general, sin distinción de tamaño, la tasa de mantención más alta recomendada por el IPCC, que corresponde al 20%.

Año	% Vehículos con AA
2009	66,40%
2010	69,80%
2011	73,20%
2012	75,60%
2013	79,50%
2014	83,50%
2015	86,50%
2016	89,40%
2017	90,60%
2018	91,60%

Fuente: ANAC

- **Buses:** 70% de la flota, información entregada por Airex.
- **Camiones:** 60% de la flota, según información entregada por Palcar y Airex.
- **Máquinas fuera de ruta:** 70%.³⁹
- **Otros:** Se homologan a buses.⁴⁰
- En (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se da cuenta que a 1999 el 32,4% de los vehículos eran vendido con sistemas de aire acondicionado instalados. Para efectos del cálculo, se considera un crecimiento lineal hasta los valores establecidos en el punto anterior para todo tipo de vehículo, salvo los livianos, para los cuales ANAC entregó la data.
- Al consultar a 2 empresas del rubro, Palcar y Airex, dan cuenta que, por temas de costos (alrededor de 700.000 clp por sistema), la instalación de sistemas de aires acondicionados en vehículos nuevos es marginal.
- La salida de vehículos del parque se considera 3,3% para vehículos livianos⁴¹, y se considera el retiro de buses y camiones y otros a los 9 años, 18 años para vehículos fuera de ruta. Así, dado que en 2001 comenzaron a ingresar vehículos con HFC como refrigerante en el sistema de aire acondicionado, en 2010 se retira o se libera al ambiente todo el refrigerante ingresado al banco dicho año. Considerado que según la opinión de Regener la recuperación es mínima en los prestadores de servicios para este tipo de sistemas, pero que Airex declara sí recuperar, se asume que el 10% de esos retiros son recuperados y reutilizados.

Considerando los supuestos antes mencionados, a continuación se presenta la cantidad de refrigerante ingresado al banco desde 2001 (Tabla 35), la magnitud del banco en la serie de tiempo (Tabla 36), las emisiones al ambiente (fugas en operación y al final de la vida útil del vehículo, Tabla 37) y la situación se muestra de manera gráfica en la Figura 8.

³⁹ Información entregada como estimación por Finning vía telefónica, respecto a la cantidad de máquinas fuera de ruta que ingresan al país con un equipo de aire acondicionado instalado. Esto es coincidente con lo indicado por el dueño de Airex.

⁴⁰ Se consultó a bomberos e indicaron que los nuevos carros bomba cuentan con aire acondicionado y se realizó solicitud de información más específica sin recibir respuesta. Respecto a casas rodantes, se consultó telefónicamente a varios proveedores y no se obtuvo una respuesta que permita estimar un parámetro para este estudio.

⁴¹ Se considera que el retiro de vehículos es independiente de su año de fabricación.

Tabla 35. Ingresos de refrigerantes en aire acondicionado móvil al banco, año 2001 a 2018, kg de refrigerante

Tipo de vehículo	Liviano		Bus	Camión	Máquina fuera de ruta	Otros	Total	
	R-134a	R-1234yf	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	R-1234yf
2001	19.094	-	10.397	5.678	670	87	35.927	-
2002	21.222	-	11.665	5.836	707	44	39.474	-
2003	26.594	-	14.547	7.048	743	82	49.014	-
2004	35.872	-	18.056	10.006	780	61	64.775	-
2005	47.261	-	28.470	13.972	816	109	90.628	-
2006	52.993	-	24.539	20.808	853	134	99.328	-
2007	65.545	-	23.155	14.993	889	225	104.807	-
2008	77.823	-	25.088	19.874	926	213	123.924	-
2009	49.086	-	17.363	11.881	962	212	79.505	-
2010	95.256	-	29.552	20.942	999	161	146.909	-
2011	112.862	-	36.691	44.192	1.035	213	194.993	-
2012	119.439	-	30.281	14.291	1.072	192	165.275	-
2013	142.050	-	51.011	24.102	1.108	303	218.574	-
2014	133.754	-	24.613	21.339	1.145	229	181.081	-
2015	116.934	-	29.424	27.531	1.181	375	175.446	-
2016	136.565	-	29.447	17.265	1.218	490	184.985	-
2017	163.466	492	36.206	24.979	1.254	342	226.247	492
2018	189.755	571	45.780	27.823	1.291	299	264.948	571

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Banco de refrigerantes en aire acondicionado móvil, año 2001 a 2018, kg de refrigerante

Tipo de vehículo	Liviano		Bus	Camión	Máquina fuera de ruta	Otros	Total	
	Refrigerante	R-134a	R-1234yf	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	R-1234yf
2001	18.464	-	10.397	5.678	670	87	35.297	-
2002	38.377	-	22.062	11.514	1.377	131	73.461	-
2003	62.827	-	36.609	18.562	2.120	213	120.331	-
2004	95.442	-	54.665	28.568	2.900	274	181.848	-
2005	137.993	-	83.135	42.540	3.716	383	267.767	-
2006	184.684	-	107.674	63.347	4.569	517	360.792	-
2007	241.972	-	130.829	78.340	5.458	742	457.342	-
2008	309.242	-	155.917	98.214	6.384	956	570.712	-
2009	346.503	-	173.280	110.096	7.346	1.168	638.393	-
2010	427.180	-	192.435	125.360	7.674	1.242	753.891	-
2011	522.221	-	217.460	163.716	8.003	1.411	912.812	-
2012	620.485	-	233.194	170.960	8.331	1.521	1.034.492	-
2013	737.371	-	266.150	185.056	8.659	1.763	1.198.999	-
2014	842.379	-	262.293	192.423	8.988	1.883	1.307.966	-
2015	927.655	-	267.178	199.147	9.316	2.124	1.405.420	-
2016	1.029.102	-	273.470	201.419	9.645	2.389	1.516.024	-
2017	1.153.213	476	284.588	206.525	9.973	2.518	1.656.816	476
2018	1.298.650	1.028	313.005	222.466	10.301	2.604	1.847.026	1.028

Fuente: Elaboración propia

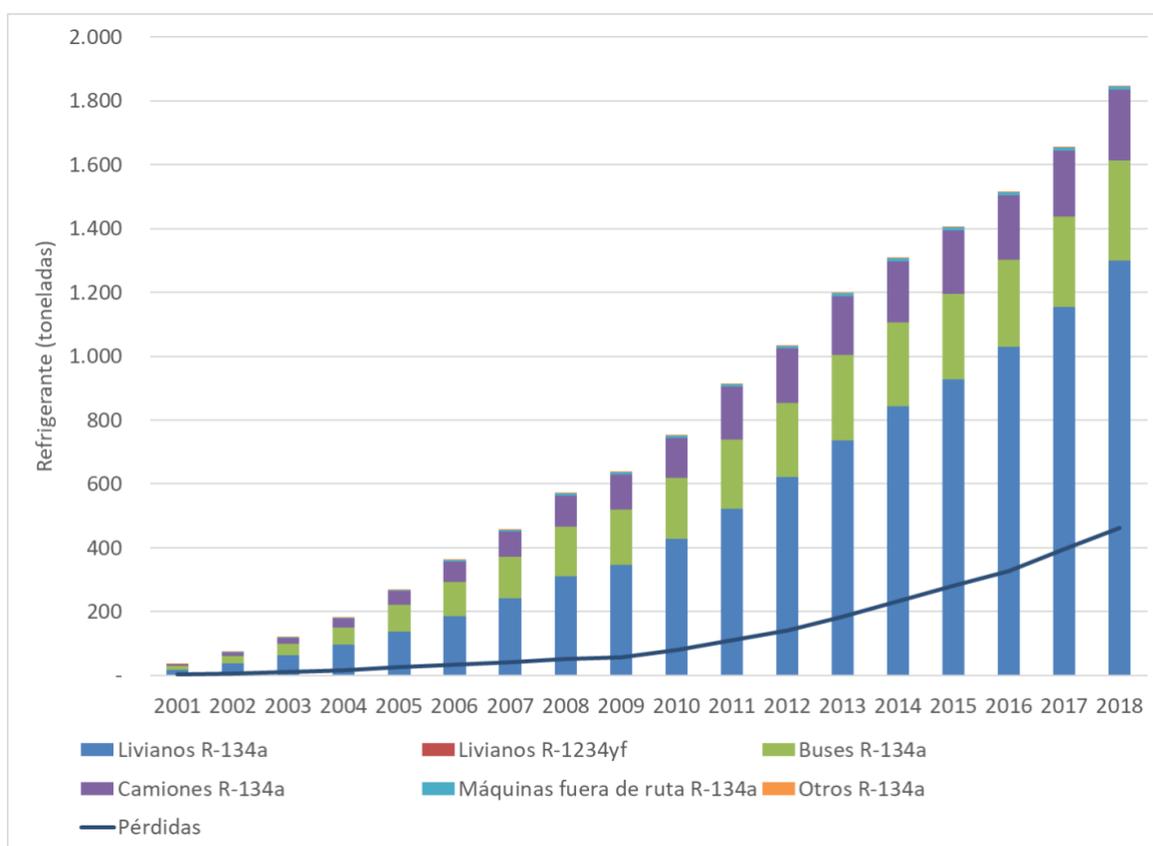
Tabla 37. Emisiones a la atmósfera de refrigerantes en aire acondicionado móvil, año 2001 a 2018, kg de refrigerante

Tipo de vehículo	Liviano		Bus	Camión	Máquina fuera de ruta	Otros	Total	
	Refrigerante	R-134a	R-1234yf	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	R-1234yf
2001	567	-	2.079	511	134	17	3.309	-
2002	1.179	-	4.412	1.036	275	26	6.929	-
2003	1.930	-	7.322	1.671	424	43	11.389	-
2004	2.931	-	10.933	2.571	580	55	17.070	-
2005	4.238	-	16.627	3.829	743	77	25.514	-
2006	5.672	-	21.535	5.701	914	103	33.926	-
2007	7.432	-	26.166	7.051	1.092	148	41.888	-
2008	9.498	-	31.183	8.839	1.277	191	50.988	-
2009	10.642	-	34.656	9.909	1.469	234	56.910	-
2010	13.120	-	47.845	16.393	2.138	327	79.822	-

Tipo de vehículo	Liviano		Bus	Camión	Máquina fuera de ruta	Otros	Total	
	R-134a	R-1234yf	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	R-1234yf
2011	34.503	-	53.991	19.987	2.237	322	111.039	-
2012	57.434	-	59.731	21.730	2.335	378	141.608	-
2013	85.474	-	69.480	25.661	2.434	408	183.456	-
2014	121.314	-	78.082	29.893	2.532	475	232.295	-
2015	166.485	-	75.521	36.650	2.631	546	281.832	-
2016	216.291	-	75.533	31.621	2.729	680	326.855	-
2017	277.391	15	79.497	36.474	2.828	695	396.885	15
2018	349.128	17	78.228	30.715	2.926	712	461.709	17

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Evolución del banco y las pérdidas de refrigerantes en aire acondicionado móvil, años 2001 a 2018, en toneladas de refrigerante



Fuente: Elaboración propia

Es importante realizar las siguientes precisiones:

- Las emisiones al ambiente debido a mantenciones no son descontadas del banco, porque se considera que los sistemas son recargados en servicios técnicos. Sí se descuenta el refrigerante retirado por vehículos que llegan al final de su vida útil.
- En (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se establece un valor único de masa de refrigerante contenido en los sistemas de aire acondicionado móvil. En este trabajo se procedió a realizar una desagregación por tipo de vehículo, por lo que se reconstruyó la serie de tiempo completa.
- Según información de (GreenLabUC; DICTUC, 2017), el banco al 2015 era de alrededor de 1.500 toneladas de refrigerante. Según los resultados de este trabajo, es de 1.556 toneladas de refrigerante al mismo año.
- A juicio del equipo consultor, considerando el mayor nivel de detalle de la información trabajada, ambos resultados son consistentes, y la de ATS Energía, corresponde a una mejor aproximación que la de (GreenLabUC; DICTUC, 2017).
- La información detallada se encuentra en la planilla, entregada como anexo digital, "Vehículos motorizados – Inventario.xls". Esta planilla se encuentra parametrizada, por lo que variaciones en las fugas, cantidad de refrigerante u otros afines, pueden ser fácilmente incorporadas y los datos refinados.

Para la **regionalización** de la información se considera utilizar las estadísticas del INE, respecto de los permisos de circulación por tipo de vehículos y región⁴², revisando datos de los años que son objeto de este inventario. Cabe destacar que se solicitó información vía ley de transparencia al Registro Civil, y esta institución hizo el envío de los datos de primera inscripción de los vehículos regionalizada, lo que no permite conocer la ubicación de los mismos en la actualidad.

5.2.2. FERROCARRILES Y METRO

Respecto de ferrocarriles, la información que se presenta corresponde a 4 filiales de la Empresa de Ferrocarriles del Estado. Los datos totales de EFE, que corresponden a la cantidad total de refrigerante contenida en sus trenes, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 38. Refrigerantes utilizados en carros de EFE

Año incorporación de tren	Año de instalación del sistema de aire acondicionado	Refrigerante	Cantidad refrigerante (kg)
2015	2015	R-134a	18
2014	2014	R-134a	288
2005	2005	R-407C	47,2
1980	1997	R-134a	1750
1955	2019	R-410A	42
Sin información	1997	R-134a	728 ⁴³

Fuente: EFE

Respecto de las compras de refrigerante para mantenciones, se reportan:

- 672,25 kg de R-134a en 2016,

⁴² <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>

⁴³ Se retiró de circulación un tren que contenía 56 kg de refrigerante en sus sistema de aire acondicionado el 2019.

- 624,6 kg de R-134a en 2017,
- 730,5 kg de R-134a en 2018.

Asumiendo que todo el refrigerante es utilizado el año que se compra, las pérdidas anuales, para el periodo 2016-2018, oscilan entre 21,7% y 25,4%.

En lo referente a Metro de Santiago, la empresa envió información parcial, y a la fecha de entrega de este informe no la completó ni indicó la fecha en que lo concretaría.

Tabla 39. Banco de refrigerantes en Metro de Santiago, información parcial

Vehículo			Cantidad de trenes	Refrigerante total	
Año (*)	Marca	Modelo		Tipo	Cantidad (kg)
2018	CAF	NS07	34	R-407C	1.768
2020	CAF	AS14	41	R-407C	2.173
Sin año	Sin información	NS07	33	R-407C	2.554,2
Sin año	Sin información	NS93	14	R-134a	604,8

Fuente: Metro de Santiago

5.3. TRANSPORTE REFRIGERADO

Según la entrevista realizada al Sr. Pablo Paredes de Thermoking, la incorporación de sistemas de transporte refrigerado de tamaño estándar (distintos a proyectos especiales de ventas eventuales) tiene un crecimiento que se correlaciona con el crecimiento de la venta de camionetas y vehículos utilitarios.

La identificación del tamaño de la flota de transporte refrigerado es particularmente compleja dado que se compone de muchas empresas de reducido tamaño, que pueden realizar la incorporación del sistema de refrigeración en Chile o venir de fábrica, incorporándose equipos nuevos o usados.

El resumen de las respuestas obtenidas es el siguiente:

- Empresa 1, 13 camiones que utilizan R-404A,
- Empresa 2, 80 camiones con R-404A (retiraron 30 con R-22 del 2014 a la fecha)
- Empresa 3, 3 camiones con R-404A
- Empresa 4, 23 camiones con R-134a y 19 con R-404A (retiraron 5 con R-404A del 2014 a la fecha)
- Empresa 5, 3 camiones con R-404A
- Empresa 6, 2019 camiones con R-404A (retiraron 49 con R-404A del 2014 a la fecha)

De la información recibida, es posible apreciar que las empresas de transporte refrigerado son de tamaño muy variado, por lo que no resulta posible extrapolar el tamaño de la flota desde una cantidad de empresas.

Considerando la baja tasa de respuesta que se obtuvo, a pesar del envío de la carta conductora en más de una ocasión, y llamados telefónicos recordatorios, se procedió a llevar a cabo una consulta corta telefónica, para conocer la cantidad de camiones, el tamaño (como indicador de la cantidad de refrigerante contenida en el sistema de frío) y

el tipo de carga transportada (congelada o fresca, que da una indicación del tipo de refrigerante. Con este proceso, se obtuvo 21 respuestas adicionales, lo que se muestra en la Tabla 40 a continuación. La información detallada se encuentra en el anexo digital "Transporte refrigerado - consulta corta.xls".

Tabla 40. Respuestas a consulta corta de transporte refrigerado

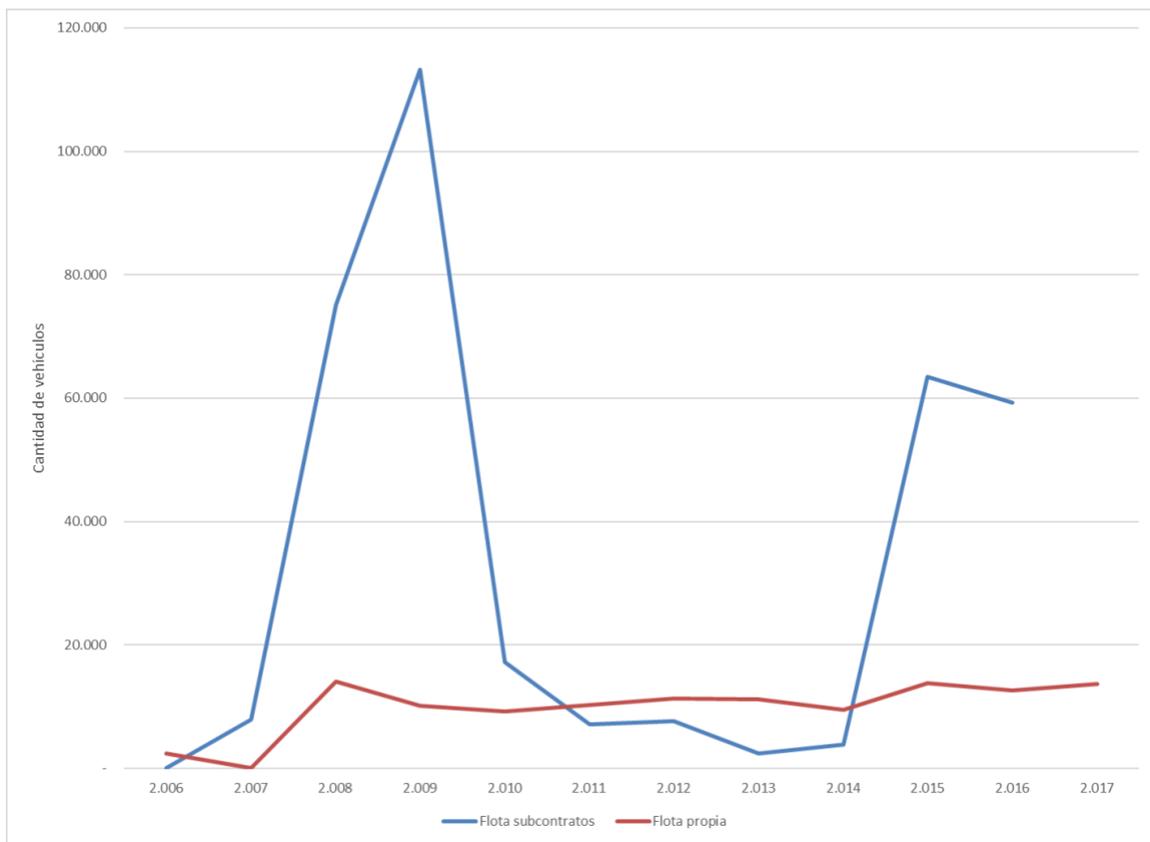
	Nombre Empresa	Región	Cantidad Camiones	Tamaño Camión	Carga	
					Fresca	Congelada
1	Transportes Betta	Metropolitana	2	Medianos	X	
2	Transportes Williams SPA	Bio Bio	2	Grandes	X	x
3	Transportes Con Frío	Metropolitana	3	Medianos	X	x
4	Transportes Hector Riquelme EIRL	Metropolitana	3	Medianos y Grandes	X	x
5	Transportes Alejandro Paredes Cáceres	Maule	3	Todos	X	X
6	Transportes Hector Carreño Valenzuela	Metropolitana	4	Pequeños	X	X
7	Transportes Mario Melo Vallejos	Maule	5	Medianos	X	x
8	Transportes Tlira	Metropolitana	6	Grandes	X	x
9	Transportes G y P	Los Lagos	6	Grandes y Pequeños	X	x
10	Frigotrans	Los Lagos	9	Grandes	X	x
11	Transportes Pafec	Metropolitana	10	Grandes	X	x
12	Transportes Fuchslocher	de los Lagos	10	Grandes y Pequeños	X	x
13	Terrafrío	Metropolitana	11	Todos	X	x
14	Transportes Mardan	Magallanes	16	Grandes	X	x
15	Transportes Maga Ltda.	Metropolitana	20	Medianos y Grandes	X	x
16	Transportes Yañez-Hermanos S.A.	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	40	30 grandes 10 chicos	X	x
17	Transportes Lasama	Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	42	Grandes		x
18	Trans. Casa Blanca	Metropolitana, Valparaíso y Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	120	Todos	X	x
19	Transportes Labbe	Metropolitana	370	Grandes	X	x
20	Transportes D y C	Los Lagos	35	Grandes	X	X
21	Transportes Rleiva	Metropolitana	15	Todos	X	X
Total			732			

Fuente: Elaboración propia en base a consultas telefónicas

Si bien a través de la consulta corta pudo mejorarse la tasa de respuesta, esta sigue considerándose baja, por lo que se desarrolla un método alternativo para llegar a una mejor estimación del banco.

El Instituto Nacional de Estadísticas publica bases de datos de "Estructura del transporte de carga por carretera" ⁴⁴ desde 2006 a 2017, donde pueden encontrarse para empresas de transporte la cantidad de camiones y otros para el transporte separados por capacidad de carga⁴⁵, e indicando el porcentaje que corresponde a carga refrigerada. Con esta información buscó construirse la serie de tiempo de la flota, considerando propios y subcontratos, pero la información obtenida no fue consistente, observándose lo siguiente:

Figura 9. Evolución de la flota de transporte refrigerado



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas

Del análisis de la Figura 9 se puede apreciar que la flota subcontratada (por la misma naturaleza del negocio) muestra una variabilidad muy marcada como para poder obtener conclusiones al respecto.⁴⁶ Se consultó por esta inconsistencia al INE y señaló "El factor de expansión es calculado a partir de las ventas anuales del estrato correspondiente a la

⁴⁴ Revisado online en <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/estructura-del-transporte-por-carretera>

⁴⁵ La información desagregada se entrega desde 2008 en adelante. Para 2006 los datos son entregados de manera agregada y para el 2007 no es posible distinguir la cantidad de ellos que transportan carga refrigerada.

⁴⁶ El detalle de los datos se encuentra en el anexo digital "Transporte de carga INE.xls".

empresa en cuestión y las ventas anuales del estrato efectivamente capturado en la encuesta. Así, la expansión de unidades se da en un universo generado a partir de ventas, no de unidades de vehículo. Por esta razón, la estimación del total de vehículos a nivel nacional a partir de las observaciones muestrales utilizando los factores de expansión dados no necesariamente es consistente con la realidad nacional".⁴⁷ Así, el considerar una serie de tiempo en el análisis del INE no se estima como correcto.

Dado lo anterior, se considerará solo la base de datos de 2017, donde puede encontrarse información de la flota propia y subcontratada según su antigüedad, lo que se muestra a continuación:

Tabla 41. Flota propia reportada al 2017

	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años
Camiones	11.275	7.623	321	336
Tractocamión	28.334	25.773	3.611	350
Remolque	215	212	522	199
Semi remolque	20.832	36.205	16.009	9.542
Otros	99	69	13	17.756
Total	60.656	69.813	20.463	10.427

Fuente: INE

Tabla 42. Flota subcontratada reportada al 2018

	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años
Camiones	6.009	3.638	1.281	333
Tractocamión	6.549	6.217	441	461
Remolque	2.512	5.791	1.456	790
Semi remolque	-	-	-	-
Otros	14.476	647	2.177	-
Total	15.071	15.646	3.178	1.584

Fuente: INE

Se considera que los remolques y semirremolques realizan el transporte de contenedores refrigerados (reefer) y se encuentran fuera del alcance del estudio, por lo que se trabaja con un total de 137.790 camiones refrigerados.

Luego, para poder estimar la cantidad y tipo de refrigerante, es necesario poder desagregar la información por tamaño del camión. Esta información se obtiene de la misma base de datos del INE para el año 2017, y se muestra a continuación:

⁴⁷ La respuesta completa se entrega como anexo digital "Respuesta INE.pdf".

Tabla 43. Desagregación de camiones según tamaño, año 2017

Capacidad en toneladas	Propio		Subcontrato	
	Cantidad	Participación	Cantidad	Participación
1,7 a 3,5	261	1,90%	29.823	48,79%
3,6 a 7	2.012	14,65%	861	1,41%
7,1 a 10	934	6,80%	2.267	3,71%
10,1 a 14	1.461	10,63%	2.267	3,71%
14,1 a 18	280	2,04%	578	0,95%
18,1 a 20	287	2,09%	3.793	6,21%
>20	8.502	61,89%	21.531	35,23%

Fuente: INE

Con esto, para estimar el tamaño del banco, se contempla lo siguiente:

- La carga de refrigerante es distinta según la capacidad de carga en toneladas, como se muestra en la tabla siguiente:

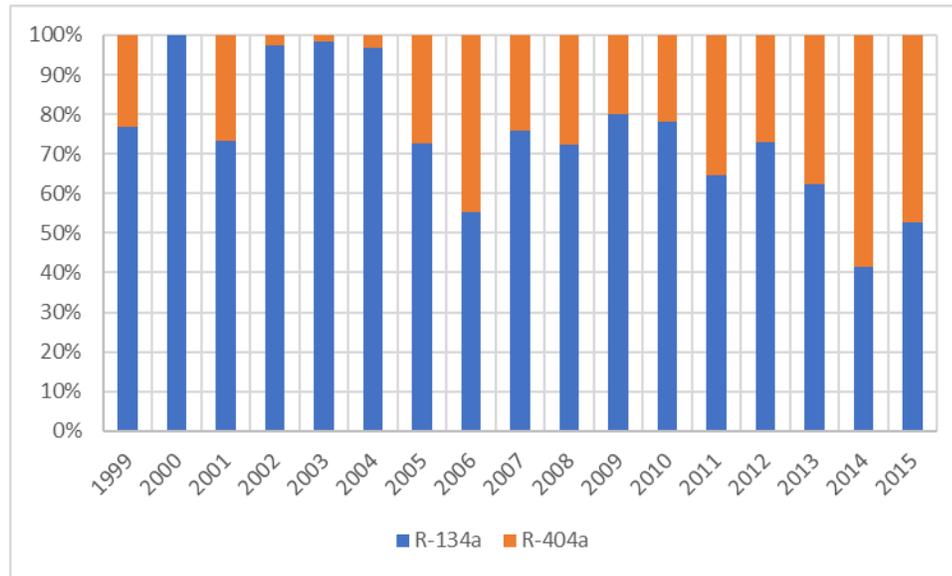
Tabla 44. Carga de refrigerante según capacidad de sistemas de transporte refrigerado

Capacidad en toneladas	Masa Refrigerante R-134a (kg)	Masa Refrigerante R-404a (kg)
1,7 – 3,5	1,2	1,25
3,6 - 7	1,4	1,75
7,1 - 10	1,8	2,3
10,1 -14	3,6	2,4
14,1 - 18	3,6	2,9
18,1 - 20	3,6	3,3
> 20	3,9	4,7

Fuente: Elaboración propia en base a revisión de catálogos de equipos

- Respecto del tipo de refrigerante, se utiliza R-134a y R-404A. Los sistemas que utilizan ambos refrigerantes alcanzan el rango de temperaturas adecuado para el transporte de carga fresca como de congelada. Para la estimación se considera la información de (GreenLabUC; DICTUC, 2017), que no permite extraer una tendencia del comportamiento del ingreso de equipos por tipo de refrigerante, como se ve en la Figura 10. Es por esto que se considera la participación total en el periodo de cada refrigerante respecto de los ingresos al banco. Esto es, el 69,34% de los ingresos corresponde a R-134a y el restante 30,66% corresponde a R-404^a.

Figura 10. Ingresos de refrigerantes al banco en transporte refrigerado



Fuente: Elaboración propia en base a (GreenLabUC; DICTUC, 2017)

- Las fugas de refrigerante se estiman en un 9% por año, de acuerdo a información entregada por Thermoking (ver ANEXO 5). Para efectos de la contabilización del banco, se considera que esta cantidad es repuesta en las mantenciones anuales.

Con esto, para construir el inventario, en primer lugar, es necesario conocer la cantidad de vehículos que prestan el servicio de transporte refrigerado, distinguiendo su antigüedad y tamaño:

Tabla 45. Cantidad de vehículos que realizan transporte refrigerado

Capacidad en toneladas	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años	Total
1,7 a 3,5	13.947	5.761	1.978	739	22.424
3,6 a 7	6.198	5.050	633	2.713	14.594
7,1 a 10	3.703	2.665	413	1.283	8.064
10,1 a 14	5.225	3.948	564	1.991	11.728
14,1 a 18	1.064	780	117	383	2.345
18,1 a 20	2.506	1.350	324	434	4.614
>20	34.100	24.412	3.815	11.694	74.021
Total	66.742	43.966	7.844	19.237	137.790

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

Luego, con esto y considerando la participación de cada refrigerante en el parque, y la masa del mismo contenida según la capacidad en toneladas, es posible conocer el banco de R-134a y el de R-404A, lo que se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 46. Banco de R-134a en kg, transporte refrigerado, al año 2017

Capacidad en toneladas	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años	Total
1,7 a 3,5	11.605	4.794	1.646	615	18.659
3,6 a 7	6.016	4.903	614	2.634	14.167
7,1 a 10	4.622	3.326	515	1.602	10.065
10,1 a 14	13.043	9.855	1.408	4.969	29.275
14,1 a 18	2.656	1.948	293	956	5.853
18,1 a 20	6.256	3.370	810	1.084	11.519
>20	92.214	66.015	10.318	31.625	200.172
Total	136.412	94.211	15.603	43.483	289.709

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

Tabla 47. Banco de R-404A en kg, transporte refrigerado, al año 2017

Capacidad en toneladas	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años	Total
1,7 a 3,5	5.131	2.120	728	272	8.250
3,6 a 7	2.660	2.168	272	1.164	6.264
7,1 a 10	2.044	1.471	228	708	4.450
10,1 a 14	5.767	4.358	623	2.197	12.945
14,1 a 18	1.174	861	129	423	2.588
18,1 a 20	2.766	1.490	358	479	5.093
>20	40.774	29.190	4.562	13.983	88.510
Total	60.317	41.657	6.899	19.227	128.100

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE

Así, el **banco al 2017 asciende a 417.809 kg de refrigerantes**. En (GreenLabUC; DICTUC, 2017) se indica que el transporte refrigerado corresponde al 3,7% del banco total⁴⁸, es decir, 181.016 kg. La diferencia podría explicarse porque en el estudio anterior se consideró como fuente de información los datos de Aduanas, y en este trabajo se consideró como base información del INE. Junto con lo anterior, en el trabajo de Dictuc se considera un único valor de carga de refrigerante, establecido como un promedio, para la estimación del banco sobre una cantidad de sistemas, mientras que ATS Energía incorpora distintos valores según tamaño (ver Tabla 44), por lo que la aproximación sería más exacta.

Luego, las pérdidas asociadas a camiones con R-134a y con R-404A se muestran en las tablas siguientes

Tabla 48. Fugas de R-134a en kg al año 2017, transporte refrigerado, por antigüedad y capacidad de carga

Capacidad en toneladas	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años	Total
1,7 a 3,5	1.044	431	148	55	1.679

⁴⁸ El banco total al 2015 se estima en 4.892.329 kg.

Capacidad en toneladas	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años	Total
3,6 a 7	541	441	55	237	1.275
7,1 a 10	416	299	46	144	906
10,1 a 14	1.174	887	127	447	2.635
14,1 a 18	239	175	26	86	527
18,1 a 20	563	303	73	98	1.037
>20	8.299	5.941	929	2.846	18.015
Total	12.277	8.479	1.404	3.913	26.074

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Fugas de R-404A en kg al año 2017, transporte refrigerado, por antigüedad y capacidad de carga

	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años	Total
1,7 a 3,5	462	191	65	24	743
3,6 a 7	239	195	24	105	564
7,1 a 10	184	132	21	64	401
10,1 a 14	519	392	56	198	1.165
14,1 a 18	106	78	12	38	233
18,1 a 20	249	134	32	43	458
>20	3.670	2.627	411	1.259	7.966
Total	5.429	3.749	621	1.730	11.529

Fuente: Elaboración propia

Para la **regionalización** de la información se considera utilizar las estadísticas del INE, respecto de los permisos de circulación por tipo de vehículos y región⁴⁹, asumiendo que la participación de cada región es proporcional a los permisos de vehículos utilitarios (camionetas y furgones).

⁴⁹ <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>

6. INFOGRAFÍA

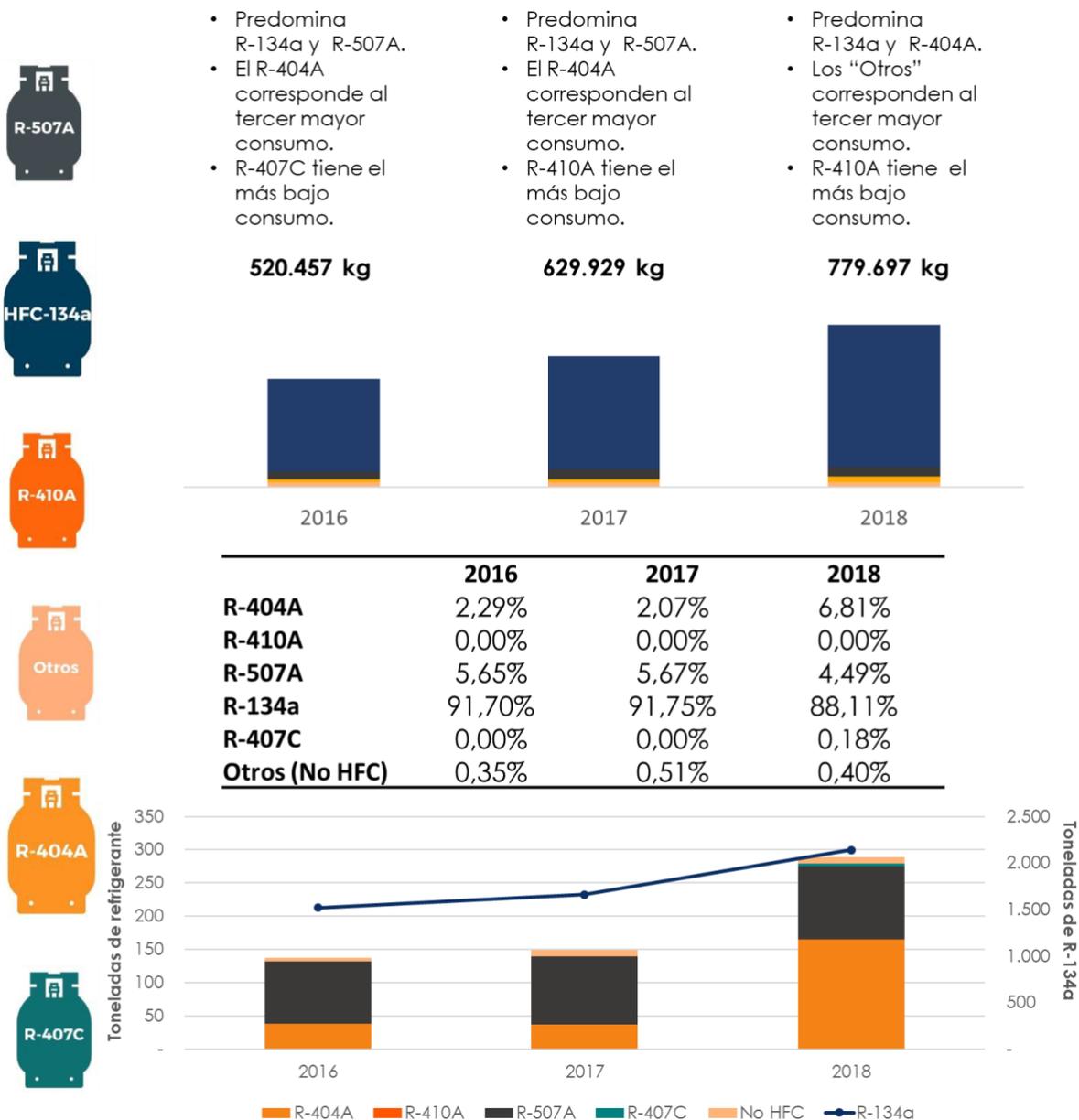
Para la infografía, la propuesta de ATS Energía, corresponde a una donde se resume de manera gráfica, los principales resultados del inventario, destacando los usos y consumo.

Como anexo digital se entrega el diseño de la infografía, para que la contraparte pueda modificarlo como sea su necesidad⁵⁰.

⁵⁰ Ver anexo digital “Infografía.pptx”.

Figura 11. Infografía – Consumo HFC

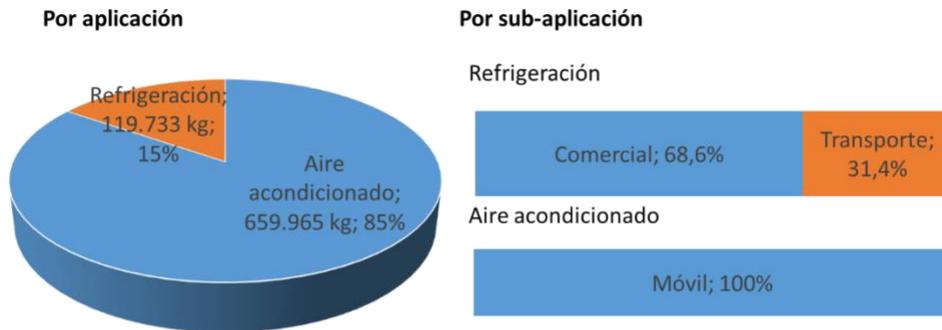
CONSUMO DE SUSTANCIAS PURAS Y MEZCLAS



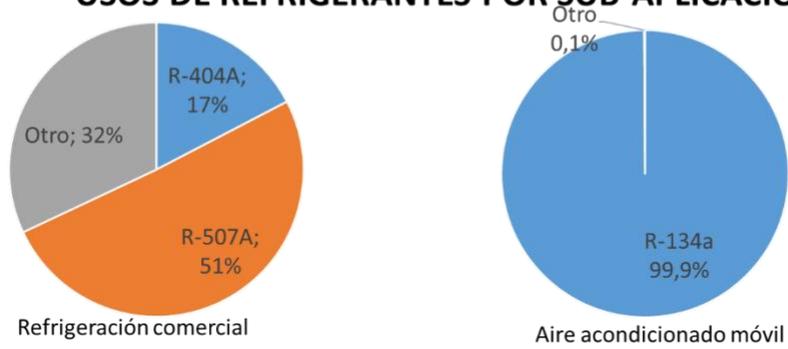
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Infografía - Usos HFC

USOS HFC AÑO 2018



USOS DE REFRIGERANTES POR SUB-APLICACIÓN



Fuente: Elaboración propia

7. ALTERNATIVAS PARA EL USO DE HFC

En el mundo la tecnología evoluciona para entregar soluciones según los requerimientos del mercado. En los tiempos actuales, la sustentabilidad y el desarrollo amigable con el medio ambiente resultan una necesidad. Así como fue reducido el uso y la importación de HCFC, dado el daño que causan a la capa de ozono, se han desarrollado alternativas a los HFC para reducir el impacto sobre el cambio climático global antropogénico.

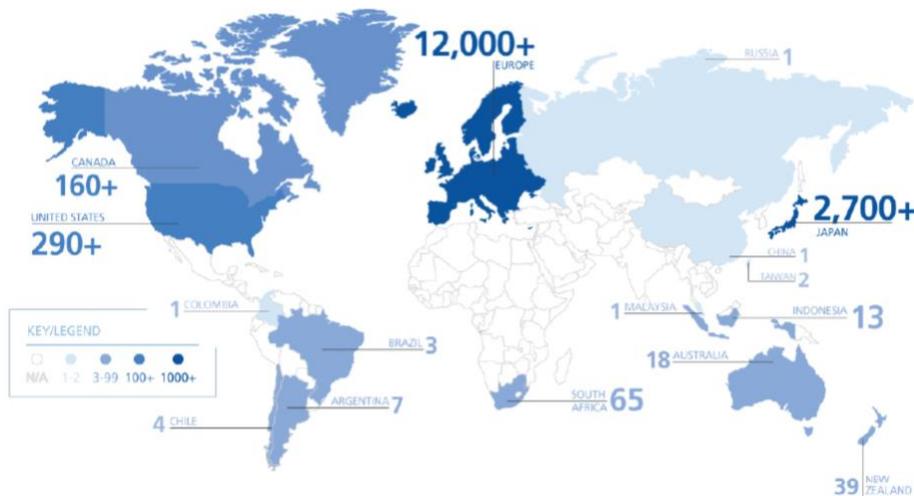
A continuación se detallan las alternativas que se han desarrollado para los distintos usos que son objeto de este estudio.

7.1. SUPERMERCADOS

Un sistema de refrigeración transcrito corresponde, por lo general a sistemas utilizados en plantas frigoríficas con cámaras de mantención de congelados, frescos, salas de procesos y andenes de carga. Técnicamente, la presión de descarga del CO₂ del compresor está por encima de 73,7 Bar, lo que representa un nivel muy alto por encima del punto crítico. Esto hace que el gas se encuentre entre estado líquido y gaseoso, y que se convierta en una especie de vapor nebuloso más denso de lo habitual. Como consecuencia de este proceso, en los circuitos transcritos el fluido comprimido debe enfriarse de manera constante en un enfriador de gas. Como en este proceso, el CO₂ también experimenta una reducción en presión por debajo del punto crítico, el sistema de refrigeración recibe el nombre de transcrito.

Este tipo de sistemas tienen la ventaja de utilizar únicamente refrigerantes naturales y ser altamente eficientes en comparación con otras instalaciones. Sin embargo, debido a los altos niveles de presión utilizada, se requiere de una instalación mucho más compleja que otras alternativas. Sin embargo, uno de los expertos consultados menciona que al 2008 había, en todo el mundo, 50 supermercados utilizando CO₂ transcrito, al 2018 alrededor de 20.000 (ver Figura 13) y se proyecta que al 2050 serán 70.000.

Figura 13. Supermercados que utilizan CO₂ como refrigerante al 2017



Fuente: (Danish Technological Institute; shecco, 2017)

7.2. AIRE ACONDICIONADO MÓVIL

A continuación se analiza la situación por tipo de vehículo:

7.2.1. VEHÍCULOS LIVIANOS

De acuerdo a la Directiva 2006/40 / CE se estableció que a partir del 1 de enero de 2017 los vehículos ligeros se cargarán con refrigerante con un potencial de calentamiento global (GWP) no superior a 150. En aquel entonces, la Directiva, no estableció ningún refrigerante o sistema específico, sin embargo después de evaluaciones exhaustivas de rendimiento y seguridad el HFO R-1234yf fue seleccionado por casi todos los fabricantes de vehículos como refrigerante para reemplazar el HFC R-134a.

En la actualidad, casi el 100% de los vehículos de turismo nuevos vendidos en la UE utilizan R-1234yf como refrigerante. Este refrigerante mantiene un consumo de energía comparable al de los sistemas R-134a pero reduce considerablemente el impacto del calentamiento global de las emisiones de refrigerante con GWP <1.

El R-1234yf tiene propiedades termofísicas muy similares al R-134a permitiendo el uso de sistemas similares a los sistemas R-134a reemplazados. Se pueden introducir algunos cambios en el sistema en comparación con R-134a, para optimizar la eficiencia energética de los sistemas R-1234yf, con un intercambiador de calor interno (IHX) como una opción para mejorar la eficiencia energética. La decisión de seleccionar R-1234yf se basó en evaluaciones de sus efectos ambientales, comparaciones objetivas de su desempeño técnico y una evaluación de su seguridad en el uso, ya que es un refrigerante ligeramente inflamable.

En relación a la opción alternativa del uso de CO₂ como refrigerante en vehículos livianos, de acuerdo a la Asociación de Fabricantes de Automóviles de Japón (JAMA), se ha encontrado que R-1234yf es una mejor alternativa que el CO₂ al considerar todas las emisiones directas e indirectas durante el ciclo de vida. Adicionalmente, cuando se utiliza sistemas de refrigeración con CO₂, entre otras dificultades, se encuentra la confiabilidad operacional debido a la alta presión y al mayor riesgo de fugas en el eje de accionamiento del compresor giratorio.

No obstante la existencia de esta alternativa técnicamente factible, se enfrenta una limitante económica, dado que el precio de una carga es 10 veces superior al precio de una de R-134a. La diferencia en el precio se sustenta en el valor del refrigerante, dado que la maquinaria necesaria para la recuperación, reciclaje y recarga de gases es similar.⁵¹

Cabe destacar que el HFO es una alternativa tanto para los vehículos nuevos que ingresan al país, como para los existentes, dado que es posible realizar la reconversión de los sistemas que operan con R-134a para funcionar con R-1234yf.

Según la proyección de un proveedor de servicios a este segmento, el Sr. Gustavo Navarro, dueño de la empresa Airex, en el futuro los costos del HFO debiesen reducirse, por lo que la incorporación de este refrigerante debiese aumentar en el futuro.

⁵¹ El equipo para la realización de mantenciones de R-134a, en vehículos livianos y pesados tiene un costo de \$4.727.200 + IVA (<https://www.villar.cl/index.php/tienda/product-url-key-39424.html>) y para R-1234yf, \$4.976.000 (<https://www.villar.cl/tienda/quickview/index/view/id/14299>).

7.2.2. VEHÍCULOS PESADOS Y BUSES

Como es bien sabido, los sistemas de aire acondicionado en camiones y/o buses utilizan sistemas con refrigerante R-134a o R-407C, aunque el primero es el identificado como el utilizado en Chile. En la Unión Europea existen algunos fabricantes de buses que han aprobado el uso de R-513A y R-450A los cuales no son inflamables y son una alternativa al R-134a con menor impacto al calentamiento global.

7.3. TRANSPORTE REFRIGERADO

Para el transporte refrigerado, en la UE ya se han implementado medidas para reducir las emisiones de refrigerante, mediante el uso de R-513A y R-452A (mezcla no inflamable de HFC/HFO con GWP de 2140) como reemplazo para el R-134a y R-404A.

Entre otras tecnologías de sistema de transporte refrigerado, que son utilizadas en Europa está la unidad CryoTech que utiliza CO₂ criogénico. Esta aplicación sirve para el transporte de productos a diferentes temperaturas en el mismo trailer sin el uso de sistemas de compresión de vapor.

8. PROYECCIÓN DEL BANCO DE REFRIGERANTES

En el presente capítulo se presentan proyecciones estadísticas de la demanda por bancos de refrigerantes en Chile. Primeramente, se discute el marco metodológico y sus limitaciones, y posteriormente se presentan los resultados de los modelos econométricos y las proyecciones realizadas.

8.1. DISCUSIÓN METODOLÓGICA

Un pronóstico para los próximos veinte o treinta años de la cantidad de bancos de refrigerantes que demandarán a las empresas y personas es una tarea compleja. Desde un punto de vista económico, típicamente la cantidad demandada es función de los precios del bien, sus sustitutos y complementos, del ingreso y de componentes estacionales, u otras variables que afecten su oferta o demanda. La principal virtud de este enfoque consiste en su consistencia con la teoría económica del consumidor, que captura muchos de las conductas que en la práctica mantienen los individuos, como son su utilidad marginal decreciente, sus sensibilidades al precio y al ingreso (elasticidades), entre otras.

Desde un punto de vista predictivo, el estimar elasticidades de largo plazo sin dudas, enriquece las posibilidades del pronóstico al brindar la posibilidad de asumir distintos escenarios contingentes del mundo, y así poder enfrentar de mejor manera los cambios estructurales, como son los ciclos económicos y shocks en precios de los insumos, tal y como los enfrentamos en la actualidad del país.

En términos estadísticos, existen distintos tipos de metodologías y modelos estadísticos diseñados para predecir el comportamiento futuro de variables de series de tiempo. En particular la literatura econométrica distingue dos aproximaciones, las que pueden verse como complementarias: (i) los modelos estructurales o causales, y (ii) los modelos de series de tiempo⁵².

Los primeros se basan en relaciones causales, basados en la teoría económica anteriormente expuesta, e implementados a través de técnicas de regresiones. Éstos consideran variables dependientes (endógenas), y un conjunto de variables exógenas, que intentan explicar estadísticamente a la variable dependiente. El principal supuesto de los modelos estructurales es que el futuro de ciertas series de tiempo puede ser explicado a través de una ecuación, a partir de otras variables relacionadas, que explican el comportamiento de la variable endógena.

Por otro lado, los modelos de series de tiempo, utilizan métodos de estimación más sencillos, sin contenido teórico que los respalde, pero muchas veces con mayor poder predictivo. Entre éstos se cuentan los modelos univariados, como son los modelos ARIMA, desarrollados por (Box & Jenkins, 1970). Estos modelos utilizan, por ejemplo, regresiones lineales sobre el valor actual de una serie temporal, utilizando como variables de lado derecho o explicativas a sus propios valores pasados y los valores pasados de otras series. Así, en estos modelos se intentan capturar los patrones que poseen estas variables a través del tiempo, tal como si fuera una señal de telecomunicaciones. Este tipo de modelos implícitamente asume que es posible conocer lo suficiente acerca de la estructura de un problema u economía como para construir un modelo causal detallado que permita desarrollar pronósticos adecuados.⁵³ Además, entre los modelos de series de tiempo se distinguen los

⁵² Ver (Granger & Newbold, 1986).

⁵³ Ver (Sims, 1980)

modelos univariados y los modelos multivariados,⁵⁴ para una revisión más acabada de este tema.

En general, desde un punto de vista económico, la demanda por consumir cualquier bien normal depende del ingreso y del precio.⁵⁵ Esta aseveración usualmente es derivada a partir de un modelo de maximización de utilidad (felicidad), sujeto a una restricción presupuestaria, donde la suma del consumo agregado de cada bien (xi) multiplicado por su precio (pi), no puede exceder al ingreso (M):

$$\begin{array}{l} \max U(x_i) \\ \text{st} \\ \sum x_i \times p_i \leq M \end{array} \quad \text{Ecuación 1}$$

La variable de decisión del modelo es la cantidad demandada del bien. Finalmente, el consumo óptimo de cada bien, xi*, depende de su precio pi, el precio de sus sustitutos pj, el ingreso, y las preferencias de cada agente, contenidas en los parámetros y forma funcional de su función de utilidad. A pesar de la sencillez de este modelo económico básico, en la práctica ha probado ser muy eficiente en el pronóstico del consumo de distintos tipos de bienes. Por otro lado, a pesar de ser un modelo de consumidores, si los consumidores consumen menos energía eléctrica o bienes cuyo precio depende de ésta, la demanda por estos bienes finales también caerá.

Desde el punto de vista empírico, cuando la función de utilidad es del tipo no lineal, por ejemplo, Cobb-Douglas, la demanda por cada bien también resulta no lineal y del mismo tipo. Así, la estimación empírica econométrica típica de la demanda es:

$$\ln X = \text{cte} + \alpha \ln P + \beta \ln M + \varepsilon \quad \text{Ecuación 2}$$

En otras palabras, se regresa el logaritmo natural del consumo con el logaritmo natural del precio y del ingreso, y se obtienen la elasticidad precio (α) y la elasticidad ingreso (β). En otras palabras, se obtiene la sensibilidad del consumo al precio y al ingreso. La elasticidad precio es negativa, indicando que ante aumentos del precio baja el consumo del bien, y la elasticidad ingreso es positiva indicando que ante aumentos del ingreso aumenta el consumo (esto para bienes normales).

Desde luego, las elasticidades pueden variar por el nivel de ingreso, siendo las personas más pobres más sensibles al precio, ya que ante aumentos de éste bajan rápidamente el consumo, y con una elasticidad del ingreso mayor, indicando que aumentos en el ingreso aumentan fuertemente el consumo del bien.

Como se verá más adelante, la ciencia económica ha corregido múltiples problemas de la estimación anterior, como es el caso del problema de endogeneidad, y a la vez ha sofisticado su cálculo permitiendo estimaciones con distintas estructuras de datos y grados de libertad que permiten entre otras cosas estimaciones más flexibles como, por ejemplo, la estimación de la evolución de elasticidad a través del tiempo. A pesar de lo anterior, el modelo económico permite analizar con fundamentos las perspectivas de consumo de un bien, analizando la evolución del precio, de los ingresos, y las preferencias de los

⁵⁴ Ver (Hamilton, 1994)

⁵⁵ Ver (Varian, 1992)

consumidores. Entonces, para analizar las perspectivas del consumo de bancos de refrigerantes en Chile, como punto de partida se deben analizar estas tres variables.

Como se vio anteriormente en los capítulos precedentes del informe, la demanda por bancos de refrigerantes viene dada por tres fuentes distintas: 1) los supermercados, 2) el aire acondicionado móvil, y 3) el transporte refrigerado. Las demandas de bancos de refrigerantes por cada una de estas tres fuentes son proyectadas a continuación. Es importante señalar que, dada la cantidad de la data recolectada, la metodología anteriormente presentada varía levemente a la luz de cada caso.

En particular, en términos de los modelos desarrollados en este estudio, se utilizan datos de panel, los cuales además de reflejar la variación temporal, permiten modelar las diferencias territoriales de la demanda, en este caso regionales. Entre las ventajas de los datos de panel, se cuenta que son capaces de controlar por la homogeneidad y heterogeneidad de un problema, incluyendo variables inobservables, bajo la condición de que estas cambien poco o nada a través del tiempo. Por ejemplo, en el caso de patrones de consumo de un país, o región como es precisamente este caso. Efectivamente, un modelo de efectos fijos controlaría esta heterogeneidad no observada asumiendo que estos aspectos son invariables en el tiempo.

8.2. SUPERMERCADOS

La información base disponible para llevar a cabo las proyecciones fue la serie de datos anuales, por región, de permisos de edificación correspondientes a supermercados, para el periodo 2002-2018. Dicha información, si bien representa el incremento bruto de la superficie de supermercados, no representa el incremento neto de la superficie, dado que no se pueden contabilizar los cierres de locales de venta.

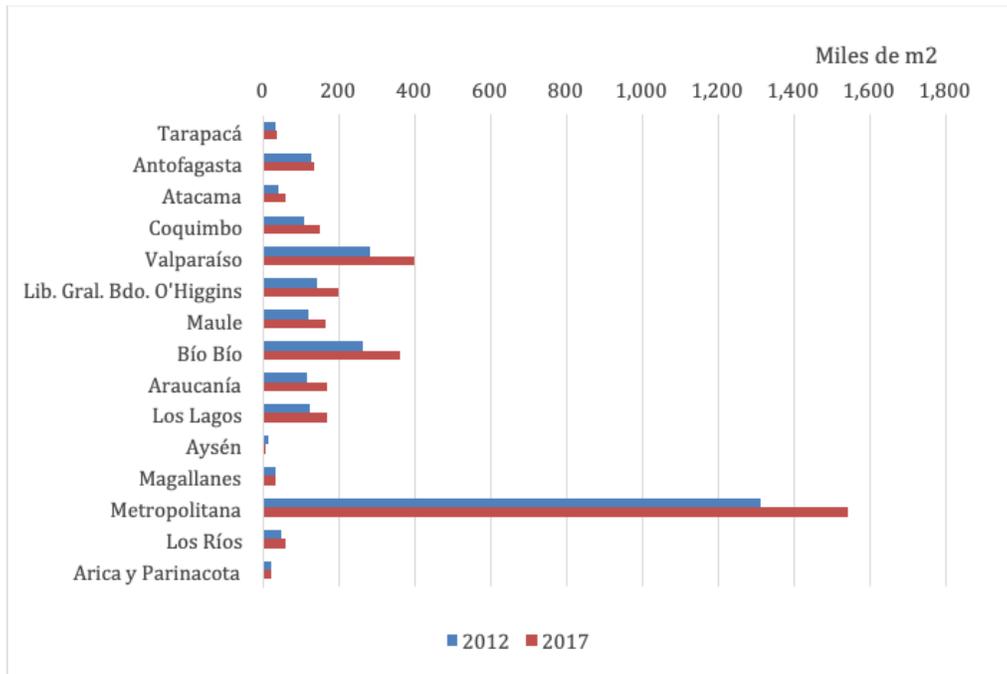
No se encontró información pública sobre superficie de locales de venta de supermercados por región, a excepción de una nota de prensa de El Mercurio⁵⁶, haciendo referencia a un estudio de la consultora GeoResearch, del cual no se hace mayor referencia ni fue posible encontrar, pero que sí entrega información relevante. Específicamente, se presenta una gráfica informando la superficie regional de supermercados en los años 2012 y 2017, la que se muestra en la Figura 14.

Dado que se contaba con información de los permisos de edificación para un periodo más largo de tiempo, se intentó combinar ambas fuentes de información, de modo de obtener una aproximación a una serie de tiempo de superficie por región, usando como pivotes los valores presentados en la Figura 14. Sin embargo, no contar con la información exacta de cierres de local imposibilita construir una serie precisa de superficie anual de supermercados⁵⁷.

⁵⁶ Revisado en <https://digital.elmercurio.com/2017/06/11/content/pages/img/pdf/H535MIQC.pdf>

⁵⁷ Si bien podría inferirse una aproximación de los cierres, al menos para el periodo 2012-2017, no se conoce con exactitud el momento del cierre, por lo cual la única opción sería distribuir esa superficie entre los diferentes años para ese periodo. Para los años anteriores a 2012 se debió haber recurrido a supuestos.

Figura 14. Superficie regional de supermercados, años 2012 y 2017



Fuente: El Mercurio, en base a información de GeoResearch

Así, se consideró que la información de Georesearch, si bien contiene pocas observaciones (30), se considera suficiente para poder realizar inferencia a partir de ellos, correspondiendo a información aparentemente fidedigna⁵⁸. Además, dado que la información corresponde a la superficie en operación en dos periodos determinados (2012 y 2017), ésta incorpora la dinámica ocurrida durante el transcurso de ese periodo por lo que, en un modelo de proyección, es la variable de lado izquierdo adecuada.

Basados en el modelo económico antes presentado, se construyó un set de datos de paneles⁵⁹, incorporando el PIB regional como proxy del ingreso⁶⁰, el IPC como proxy de los precios⁶¹, y la población regional⁶², para así estimar un modelo de demanda con el que se puedan obtener las diferentes elasticidades que son usadas para realizar las proyecciones.

Asumiendo una función de demanda del tipo *Cobb-Douglas*:

$$\ln(X_{i,t}) = \alpha + \beta_1 \ln(M_{i,t}) + \beta_2 \ln(P_{(t)}) + \beta_3 \ln(Pob_{(i,t)}) + \varepsilon_{(t)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- $X_{i,t}$: Superficie de supermercados en la región i en el periodo t
- $M_{i,t}$: Ingreso (PIB) en la región i , en el periodo t
- P_t : Nivel de precios (IPC) en el periodo t
- $Pob_{i,t}$: Población en la región i , en el periodo t

⁵⁸ Dado que no se cuenta con el estudio, no se conocen las fuentes del mismo.

⁵⁹ Ver (Semykina & Wooldridge, 2010)

⁶⁰ Revisado en <http://www.observatorioregional.cl>

⁶¹ Revisado en <https://si3.bcentral.cl/siete/secure/cuadros/home.aspx>

⁶² Revisado en <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>

- β_1 : Elasticidad precio
- β_2 : Elasticidad Ingreso
- β_3 : Elasticidad población
- α : Constante
- $\varepsilon(t)$: Término de error que se supone independiente e idénticamente normal distribuido (IID), lo que significa que la distribución probabilística de los errores presenta una función normal que tiene media cero y varianza constante, esto es, $\varepsilon(t) \rightarrow N(0, \sigma^2)$

Los resultados de la regresión de panel se presentan a continuación:

Tabla 50. Resultados del modelo econométrico de superficie de supermercados.

Dependent Variable: LOG(M2_TOT)				
Method: Panel Least Squares				
Date: 04/29/20 Time: 14:49				
Sample (adjusted): 2012 2017				
Periods included: 2				
Cross-sections included: 15				
Total panel (balanced) observations: 30				
White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)				
WARNING: estimated coefficient covariance matrix is of reduced rank				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PIB)	0.283325	0.027427	10.33004	0.0000
LOG(IPC)	-0.306579	0.112018	-2.736880	0.0108
LOG(POBLACION)	0.829560	0.074731	11.10055	0.0000
R-squared	0.966260	Mean dependent var		11.51330
Adjusted R-squared	0.963761	S.D. dependent var		1.203625
S.E. of regression	0.229129	Akaike info criterion		-0.014422
Sum squared resid	1.417506	Schwarz criterion		0.125698
Log likelihood	3.216325	Hannan-Quinn criter.		0.030404
Durbin-Watson stat	1.554370			

Fuente: Elaboración propia

El modelo presenta los resultados esperados, en cuanto a los signos, significancia y magnitudes de los parámetros encontrados:

- En cuanto a los signos de las elasticidades, la teoría económica señala que, cuando los demás factores permanecen constantes, un incremento en el ingreso debiese afectar positivamente la cantidad demanda en bienes normales, al aumentar el poder de compra de los consumidores, mientras que un incremento en los precios debiese tener el efecto inverso, esto es disminuir la cantidad demanda. Respecto a la población, se espera que un incremento de ésta aumente la demanda.
- En cuanto a la significancia de los parámetros, el estadístico t permite afirmar que éstos son significativos, al menos, con un 95% de confianza.
- En cuanto a las magnitudes de los parámetros, la elasticidad ingreso, al tener un valor entre 0 y 1, se clasifica como un bien básico, mientras que la elasticidad precio en el rango entre -1 y 0 señala la existencia de una demanda relativamente inelástica. En el caso de la población, la elasticidad encontrada señala que un

incremento de un 1% en la población incidirá en un aumento de un 0,83% en la superficie de supermercados, lo que se considera razonable.

Con estos parámetros fue posible realizar las proyecciones de superficie neta que opera en cada una de las regiones. En este punto cabe mencionar que, dado que todas las proyecciones se basan en diferentes parámetros, los cuales casi siempre corresponden a variables aleatorias, se utilizó el método de Monte Carlo. Con este método, se asignan distribuciones de probabilidad a cada una de estas variables aleatorias, de modo de obtener rangos de probabilidad de cada uno de los indicadores calculados (en este caso la cantidad de refrigerantes), al evaluar miles de escenarios (en este caso 10.000 escenarios en cada simulación). Las variables aleatorias simuladas fueron los incrementos del PIB anual, el precio y la población, además de sus elasticidades, la carga de refrigerante por superficie y la relación m² refrigerada/m² total (distribuciones normales).

De modo de simplificar la entrega de resultados, los valores pronosticados con el método de Monte Carlo corresponden a los pronósticos al año 2050. Asimismo, dado que en la mayoría de los casos no se tenían antecedentes sobre la variabilidad de las variables aleatorias que componen el modelo de proyección, ni cómo se distribuyen sus probabilidades de ocurrencia⁶³, se asumió para ello que las variables se distribuyen en forma normal, con una desviación estándar igual a un 10% de su valor esperado.

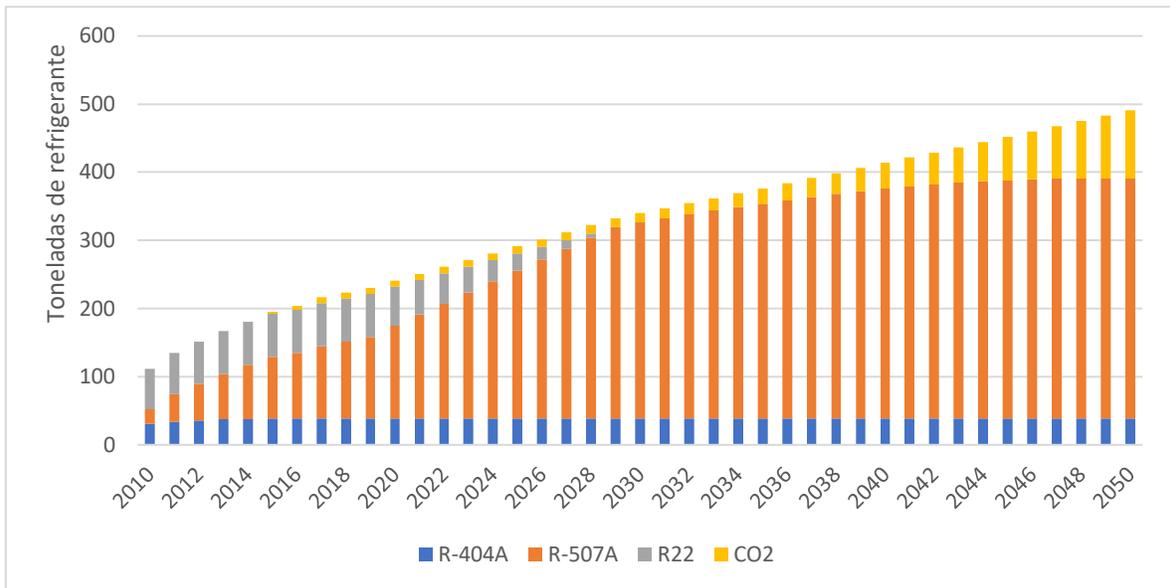
El principal inconveniente encontrado para llevar a cabo las proyecciones correspondió a la incorporación del CO₂ en el pool de refrigerantes a proyectar, debido a los escasos antecedentes disponibles. Así, se tuvo que recurrir a los siguientes supuestos:

- El refrigerante R22 se retira del banco a partir del año 2020 a una tasa anual constante del 10% de su valor base (año 2019) hasta agotarse el año 2029. Estos retiros se asume son reemplazados por R-507A y CO₂ en partes iguales.
- El banco del refrigerante R-404A se mantiene constante, es decir sin nuevos ingresos.
- A partir del año 2029 los nuevos ingresos se reparten entre R-507A y CO₂ con un crecimiento del CO₂ dado por el calendario de Kigali, siendo los restantes ingresos cubiertos con R-507A.
- El calendario de Kigali es el siguiente: 2029 (10%), 2035 (30%), 2040 (50%) y 2045 (80%). Para completar los periodos intermedios, y hasta 2050 se determinó una tendencia lineal entre puntos.
- Para el periodo 2020-2029 se asume una tasa de crecimiento de 1% anual del banco de CO₂.

Los resultados de las proyecciones se presentan en la figura siguiente:

⁶³ Solo en el caso de las elasticidades es posible tener una certeza respecto a su distribución de probabilidad y sus parámetros.

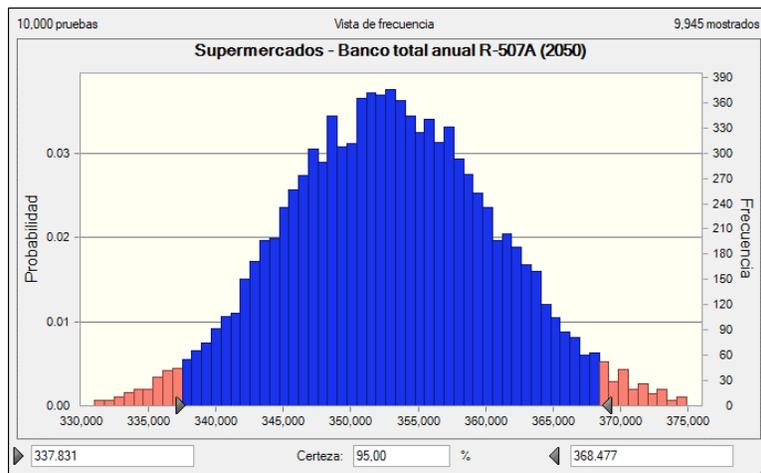
Figura 15. Proyecciones del banco de refrigerantes en supermercados a nivel nacional



Fuente: Elaboración propia

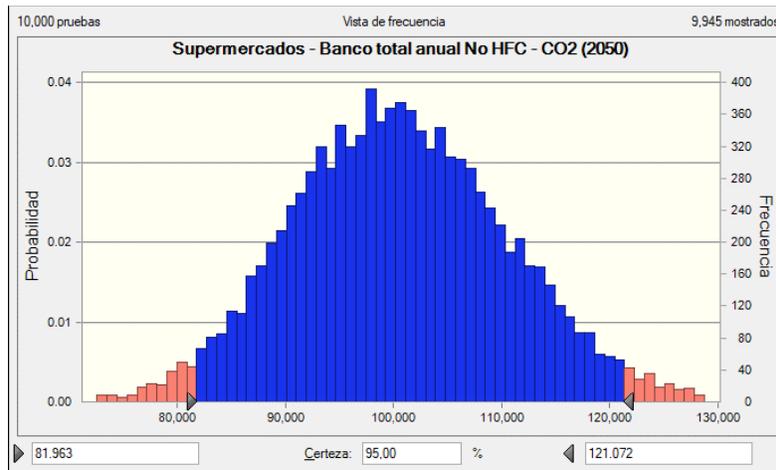
Las salidas de las simulaciones de Monte Carlo, para cada refrigerante, se presentan a continuación. En ellas se presenta, usando un 95% de confianza, el rango de variabilidad en que podría encontrarse el banco de cada uno de los refrigerantes al año 2050, y sus probabilidades de ocurrencia (distribución de probabilidad).

Figura 16. Banco total anual de refrigerante R-507A al año 2050, supermercados



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Banco total anual de refrigerante CO₂ al año 2050, supermercados



Fuente: Elaboración propia

8.3. AIRE ACONDICIONADO MÓVIL

Con respecto al aire acondicionado móvil, se contó como información base las inscripciones de vehículos en el registro civil, sin desagregación regional. No obstante, para la proyección, específicamente para la determinación de las elasticidades, se optó por utilizar la data correspondiente al parque automotriz (permisos de circulación) publicada por el INE⁶⁴, con disponibilidad desde el año 2001 al año 2018. La tarea fue, entonces, determinar qué variables usar como variables explicativas de la demanda. Por el lado del ingreso se contó con las series de PIB regional, además de considerar a la población como variable demográfica relevante. Sin embargo, por el lado del precio no fue posible obtener información histórica nacional. Así, se optó por utilizar como proxy el IPC de automóviles nuevos y usados publicados por el *Bureau of Labor Statistics* (BLS) de los Estados Unidos⁶⁵. Dado que Chile es una economía abierta y de mercado, se asume que los precios de los automóviles reflejan en buena medida los precios internacionales, por lo que se espera que el proxy de precios americanos se ajuste a los nacionales.

Como se señaló anteriormente en la discusión metodológica, un problema econométrico típico para modelar los determinantes del precio, es que la condición de identificación de OLS (ordinary least square, mínimos cuadrados ordinarios) puede fallar por numerosas razones. Primero, los factores no relacionados con los precios del componente no observado que causan la variación de la demanda pueden hacer que los precios del mercado aumenten. De ser así, los “choques de demanda” causarán variación en los precios y, por lo tanto, los choques de demanda y los precios estarán correlacionados. La implicación de tal movimiento se ve más fácilmente considerando lo que sucede cuando se mueve la curva de demanda. En un caso extremo donde la oferta es estable, dicha variación trazará la curva de oferta en lugar de la curva de demanda. En segundo lugar, el modelo puede especificarse erróneamente quizás debido a variables omitidas que están correlacionadas con los precios, de modo que el modelo especificado incorrectamente

⁶⁴ Revisado en <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>

⁶⁵ Revisado en <https://data.bls.gov>

introduce una correlación entre el término de error del modelo y los precios, introduciendo así un sesgo en el parámetro estimado.

Cada caso da como resultado un "problema de endogeneidad" que debe ser abordado. En cada caso, el componente no observado del modelo de demanda y los datos de precios se correlacionarán y, como resultado, es probable que la estimación de OLS del coeficiente de precios esté sesgada.

Es así como la endogeneidad de los precios está bien documentada en economía, y en los libros de econometría. De hecho, (Wright, Phillip G., 1928)enfrentó este mismo problema al estimar las elasticidades de la oferta y la demanda de la linaza. Wright señaló la dificultad de obtener estimaciones robustas de las elasticidades de oferta y demanda, considerando sólo como variables el precio y la cantidad. Wright sugirió que ciertos "curve shifters" (desplazadores de curva), los que ahora conocemos como variables instrumentales, se pueden utilizar para abordar el problema. Él explícitamente sugiere: "Tales factores adicionales pueden ser factores que: (A) afectan las condiciones de demanda sin que afecten las condiciones de costo, o (B) afectan las condiciones de costo sin afectar condiciones de demanda". Una variable que utilizó Wright como proxy para modelar un potencial cambio en la curva de oferta fue el rendimiento por acre, principalmente determinado por las condiciones climática. Finalmente, Wright observó: "El éxito con este método depende del éxito en descubrir factores del tipo A y B".

Un estimador popular que aborda el problema de la endogeneidad es el estimador de "mínimos cuadrados en dos etapas" (2SLS)⁶⁶. Si el precio es la variable endógena, entonces las dos etapas son (1) ejecutar una regresión de precio sobre las variables exógenas en la curva de demanda más el instrumento y (2) usar los precios predichos en lugar de los datos del precio para estimar la curva de demanda. De hecho, la técnica 2SLS toma su nombre del hecho de que el estimador se puede obtener utilizando la variable explicativa predicha de la regresión de la primera etapa en la estimación del modelo en lugar de la variable original.

El estimador 2SLS en sí mismo también se puede obtener en un solo paso, pero generalmente es útil mirar el resultado de ambos pasos por las razones que se explican ahora. Específicamente, tener en cuenta que la primera condición necesaria para que un instrumento sea válido se puede probar ejecutando una regresión de la variable explicativa endógena (aquí precios) en las otras variables incluidas en el modelo de demanda y tratadas como exógenas más el instrumento. Esto se conoce como la regresión de "primera etapa" porque es exactamente la regresión utilizada como el primer paso en la construcción del estimador 2SLS. Si el instrumento parece ser estadísticamente significativo en la regresión de la primera etapa, se concluye que está correlacionado condicionalmente con los precios de una manera que es potencialmente útil para resolver el problema de endogeneidad. La segunda condición para que un instrumento sea válido es que no está correlacionado con el shock de demanda. Por lo general, la evaluación de esta segunda condición es más difícil, pero un enfoque imperfecto es trazar el término de error contra el instrumento para verificar la correlación. Por otro lado, una serie de variables de exógenas también aparecen en las ecuaciones de oferta y demanda. Estas variables exógenas no desempeñan el papel de instrumentos, pero, sin embargo, deben incluirse en las regresiones de la primera y segunda etapa. Los mínimos cuadrados de dos etapas también se pueden usar si hay más de un regresor endógeno en una ecuación, siempre

⁶⁶ Ver (Wooldridge, 2016)

que haya al menos tantos instrumentos como regresores endógenos (Bowden & Turkington, 1990).

Así, para el presente estudio se consideró como variable instrumental la serie de precios del principal driver de costos de la industria automotriz, el precio del acero⁶⁷. El sistema de ecuaciones queda entonces de la siguiente forma:

$$\ln Q_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_{i,t} + \alpha_2 \ln CPI_t + \alpha_3 region + \varepsilon_{1t} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\ln CPI_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_acero_t + \beta_2 \ln tipo_cambio_t + \varepsilon_{2t}$$

En donde:

$Q_{i,t}$:	Parque automotriz en la región i en el periodo t
$Y_{i,t}$:	Ingreso (PIB) en la región i , en el periodo t
CPI_t	:	Nivel de precios (IPC automóviles USA) en el periodo t
P_acero_t	:	Precio del acero en el periodo t
$tipo_cambio_t$:	Tipo de cambio real en el periodo t
α_0, β_0	:	Constantes
α_1, α_2	:	Elasticidades precio e ingreso
$\alpha_3, \beta_1, \beta_2$:	Otros parámetros del sistema
$\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}$:	Errores aleatorios del modelo.

Los cálculos para obtener las elasticidades fueron hechos para vehículos livianos, buses y camiones. Para los vehículos fuera de ruta y otros se consideró como supuesto que tienen las mismas elasticidades que los camiones⁶⁸. Los resultados fueron los siguientes:

⁶⁷ Ver por ejemplo <https://marketrealist.com/2015/02/raw-materials-biggest-cost-driver-auto-industry/>

⁶⁸ Los datos por sí solos no permitieron obtener resultados coherentes, probablemente por inconsistencias en los datos originales para estas categorías.

Tabla 51. Resultados modelo vehículos livianos.

Estimates efficient for homoskedasticity only
 Statistics consistent for homoskedasticity only

		Number of obs =	234
		F(14, 219) =	403.77
		Prob > F =	0.0000
Total (centered) SS =	255.8907385	Centered R2 =	0.9620
Total (uncentered) SS =	32875.05734	Uncentered R2 =	0.9997
Residual SS =	9.734280117	Root MSE =	.204

Lnq_liv	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Lnapi_prom	-3.079713	.8099825	-3.80	0.000	-4.667249	-1.492176
Lnpiib	1.892656	.0805566	23.49	0.000	1.734768	2.050544
region						
2	-2.367588	.1159091	-20.43	0.000	-2.594766	-2.14041
3	-.2071496	.07353	-2.82	0.005	-.3512657	-.0630335
4	.2700669	.0695959	3.88	0.000	.1336615	.4064724
5	-.7865002	.1005162	-7.82	0.000	-.9835083	-.5894921
6	-.3401304	.0724309	-4.70	0.000	-.4820923	-.1981685
7	.4897492	.0681697	7.18	0.000	.3561392	.6233593
8	-.6096476	.0934226	-6.53	0.000	-.7927526	-.4265426
9	.6220469	.0726673	8.56	0.000	.4796216	.7644722
10	-.0871695	.0702132	-1.24	0.214	-.2247848	.0504457
11	1.870527	.1719886	10.88	0.000	1.533436	2.207618
12	.9320705	.1085534	8.59	0.000	.7193097	1.144831
13	-2.426152	.2130543	-11.39	0.000	-2.84373	-2.008573
_cons	10.80866	3.64876	2.96	0.003	3.657219	17.96009

Underidentification test (Anderson canon. corr. LM statistic): 39.980
 Chi-sq(2) P-val = 0.0000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Resultados modelo buses

Estimates efficient for homoskedasticity only
 Statistics consistent for homoskedasticity only

		Number of obs =	234	
		F(14, 219) =	744.11	
		Prob > F =	0.0000	
Total (centered) SS	=	271.2539925	Centered R2 =	0.9793
Total (uncentered) SS	=	14186.25603	Uncentered R2 =	0.9996
Residual SS	=	5.623949214	Root MSE =	.155

Lnq_buses	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Lncpi_prom	-2.220068	.6156649	-3.61	0.000	-3.426749	-1.013387
Lnpib	.9444972	.0612308	15.43	0.000	.8244871	1.064507
region						
2	-.802087	.0881021	-9.10	0.000	-.974764	-.62941
3	-.1039739	.0558899	-1.86	0.063	-.213516	.0055683
4	.3057825	.0528996	5.78	0.000	.2021012	.4094638
5	.4362537	.076402	5.71	0.000	.2865085	.5859988
6	.5485604	.0550545	9.96	0.000	.4406556	.6564651
7	.8214666	.0518155	15.85	0.000	.7199101	.9230232
8	.6340627	.0710102	8.93	0.000	.4948853	.7732402
9	.800287	.0552342	14.49	0.000	.69203	.908544
10	.6264882	.0533688	11.74	0.000	.5218873	.7310891
11	-.0872521	.1307279	-0.67	0.504	-.3434742	.1689699
12	-.1942599	.0825111	-2.35	0.019	-.3559787	-.0325412
13	-.1476747	.1619418	-0.91	0.362	-.4650748	.1697254
_cons	10.1662	2.77341	3.67	0.000	4.730414	15.60198

Underidentification test (Anderson canon. corr. LM statistic): 39.980
 Chi-sq(2) P-val = 0.0000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Resultados modelo camiones

Estimates efficient for homoskedasticity only
 Statistics consistent for homoskedasticity only

		Number of obs =	234
		F(14, 219) =	847.87
		Prob > F =	0.0000
Total (centered) SS =	183.3794545	Centered R2 =	0.9817
Total (uncentered) SS =	19240.4682	Uncentered R2 =	0.9998
Residual SS =	3.347274058	Root MSE =	.1196

Lnq_camiones	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Lncpi_prom	-1.394582	.4749735	-2.94	0.003	-2.325513	-.4636512
Lnpib	1.190452	.0472383	25.20	0.000	1.097866	1.283037
region						
2	-1.187055	.0679691	-17.46	0.000	-1.320272	-1.053838
3	.3027379	.043118	7.02	0.000	.2182283	.3872476
4	.1941623	.040811	4.76	0.000	.1141742	.2741504
5	-.3078821	.0589427	-5.22	0.000	-.4234076	-.1923566
6	.1213224	.0424734	2.86	0.004	.038076	.2045688
7	.8317611	.0399747	20.81	0.000	.7534122	.91011
8	.1363917	.054783	2.49	0.013	.029019	.2437644
9	.5690895	.0426121	13.36	0.000	.4855714	.6526077
10	.3376789	.041173	8.20	0.000	.2569813	.4183764
11	.8734848	.1008541	8.66	0.000	.6758145	1.071155
12	.1754723	.0636557	2.76	0.006	.0507094	.3002352
13	-.9609726	.1249349	-7.69	0.000	-1.205841	-.7161047
_cons	5.586797	2.139631	2.61	0.009	1.393196	9.780398

Underidentification test (Anderson canon. corr. LM statistic): 39.980
 Chi-sq(2) P-val = 0.0000

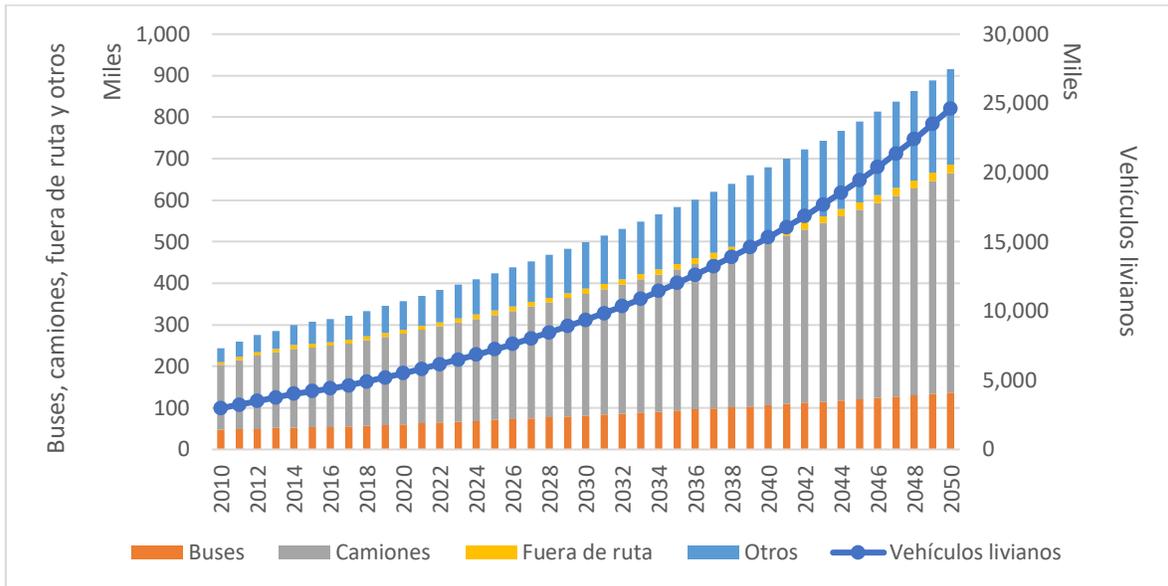
Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, y tal como se puede observar en las tablas anteriores, los modelos dan muy buenos resultados, tanto en el ajuste como en los signos y magnitudes de las elasticidades:

- Mientras las elasticidades ingreso son positivas, las elasticidades precio son negativa, lo que, como se explicó anteriormente, es concordante con la teoría económica.
- En el caso de las elasticidades ingreso, es posible percatarse que, dado que superan la unidad o se acercan mucho, como en el caso de los buses, se consideran como bienes de lujo, o no básicos; en el caso de las elasticidades precio de la demanda, al ser éstas menores a -1, se puede hablar de demanda elástica, es decir el cambio porcentual en la cantidad demandada (parque) es mayor que el cambio porcentual en el precio.

De este modo, con las elasticidades calculadas, fue posible proyectar el parque automotriz y el ingreso de vehículos nuevos, considerando un retiro anual de vehículos de un 3,3%. Como se mencionó anteriormente, para los vehículos fuera de ruta y otros se consideraron las elasticidades de los camiones. La proyección del parque se presenta en la siguiente figura.

Figura 18. Proyección del parque automotriz



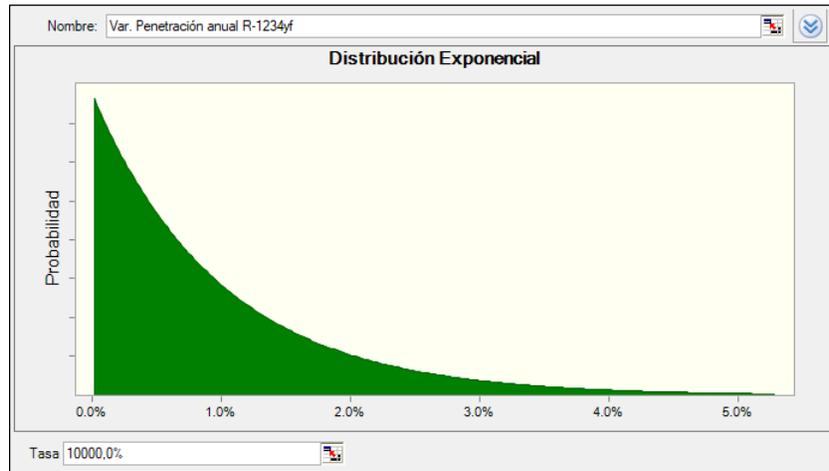
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, con los parámetros presentados anteriormente referidos a carga promedio de refrigerante, recargas de refrigerante, penetración de aire acondicionado⁶⁹ y penetración de R-1234yf, fue posible proyectar la masa entrante al banco, el banco, y las fugas/pérdidas. Todos estos parámetros fueron considerados variables aleatorias en las simulaciones de Montecarlo realizadas.

Con respecto a la penetración de R-1234yf en vehículos livianos se asumió, dado que se espera que exista un recambio gradual desde R-134a a este refrigerante, que ésta irá en aumento, partiendo de un 1% en 2019, incrementándose 1% cada año, considerándose en la simulación de Montecarlo como una variable aleatoria con una distribución exponencial, tal como se muestra en la Figura 19. Es importante mencionar que, al no contar con antecedentes sobre penetración proyectada de este refrigerante, se consideró un supuesto conservador como el señalado. A dicha tasa se le asignó una distribución de probabilidad normal para la simulación de Montecarlo, la que se aplica para todos los años. Ahora bien, para poder controlar de mejor manera la incertidumbre, se considera para cada año una distribución en forma independiente cada año.

⁶⁹ Para vehículos livianos se considera el valor promedio anual de incremento de la penetración durante los últimos 8 años, de acuerdo a la información de ANAC, según los datos de la Tabla 34.

Figura 19. Distribución exponencial, proyección R-1234yf en AA móvil

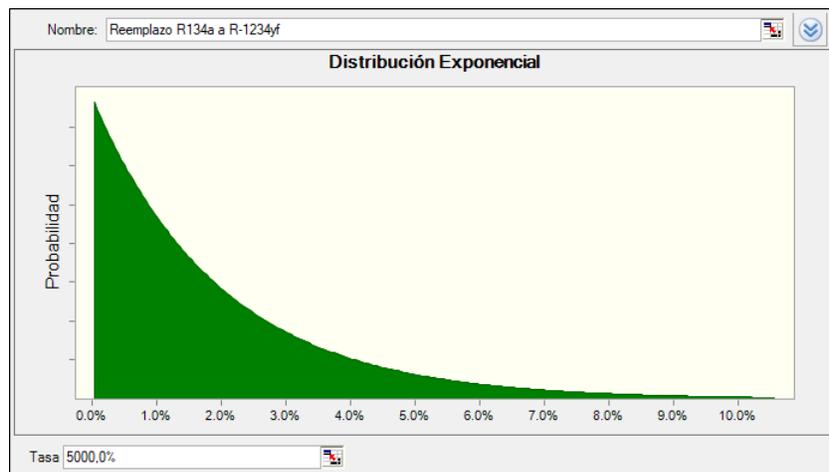


Fuente: Elaboración propia

Este escenario de proyección se mantiene hasta el año 2028. A partir del año 2029, se considera lo estipulado en la Enmienda Kigali, esto es una reducción en el ingreso de R-134a, dada por el siguiente calendario: 2029 (10%), 2035 (30%), 2040 (50%) y 2045 (80%). Para los años intermedios se consideró una proyección lineal. Estas reducciones se compensan con aumentos en el uso de R-1234yf en la misma proporción.

Finalmente, no se consideran reemplazos de los sistemas en vehículos que actualmente están circulando, es decir, se asume que los vehículos al recargar refrigerante utilizan el mismo que ya tenían. De cualquier modo, con el análisis de Montecarlo se simuló, utilizando una distribución exponencial, escenarios en que esta tasa pueda ser mayor que cero.

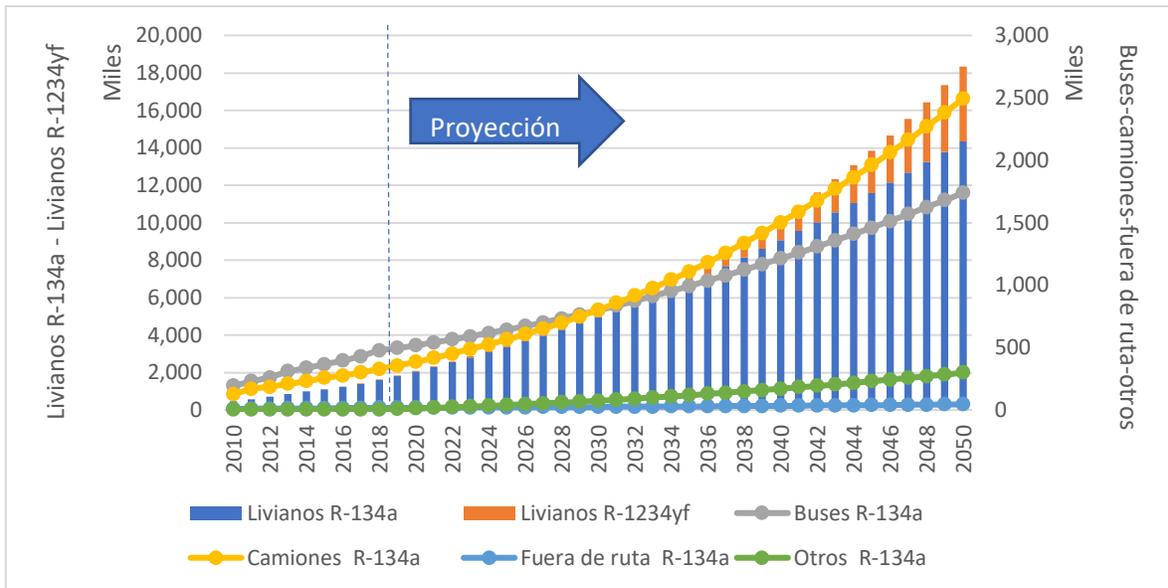
Figura 20. Distribución exponencial, reemplazo de R-134a a R-1234yf en vehículos livianos



Fuente: Elaboración propia

Los resultados se presentan a continuación.

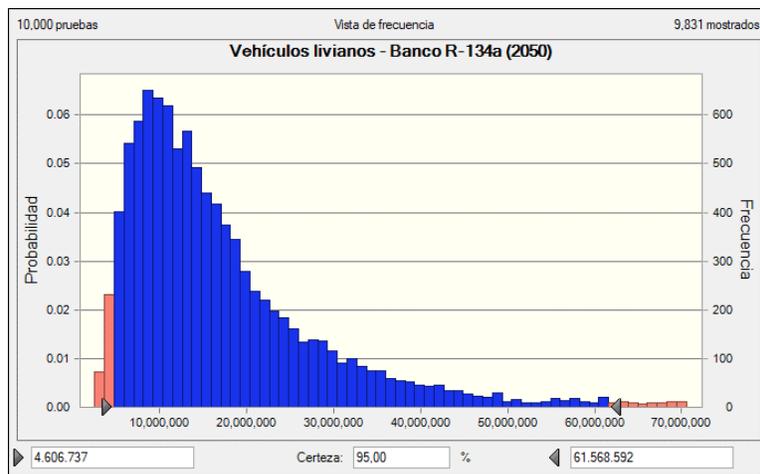
Figura 21. Proyección del banco de refrigerantes AA móviles, en kilogramos de refrigerante



Fuente: Elaboración propia

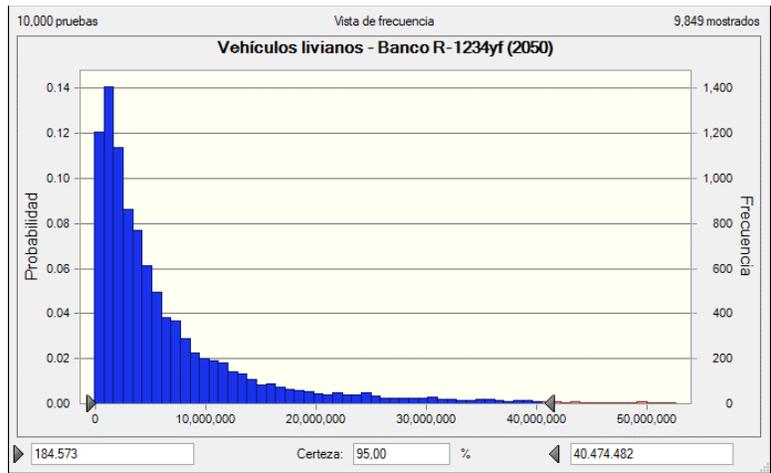
Los resultados de las simulaciones de Montecarlo, para el banco al año 2050, se presentan en las figuras siguientes. Al igual que en el análisis anterior, en los gráficos se presenta, con un 95% de confianza, el rango de variabilidad en que podría encontrarse el banco de cada uno de los refrigerantes al año 2050, y sus probabilidades de ocurrencia (distribución de probabilidad).

Figura 22. Banco de refrigerantes, vehículos livianos R-134a (2050)



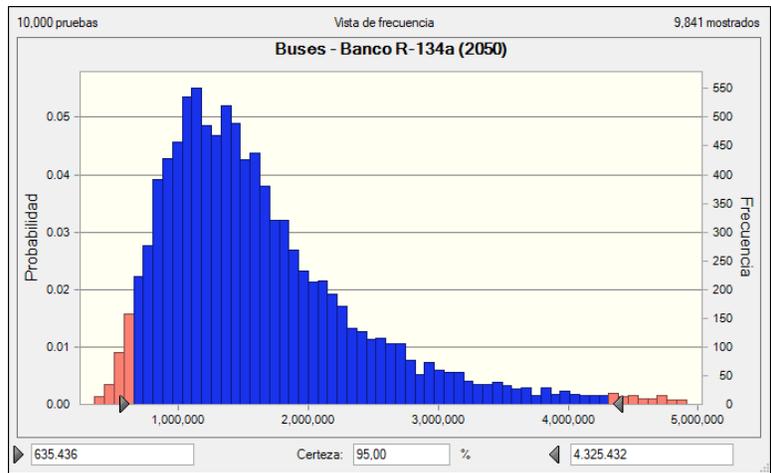
Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Banco de refrigerantes, vehículos livianos R-1234yf (2050)



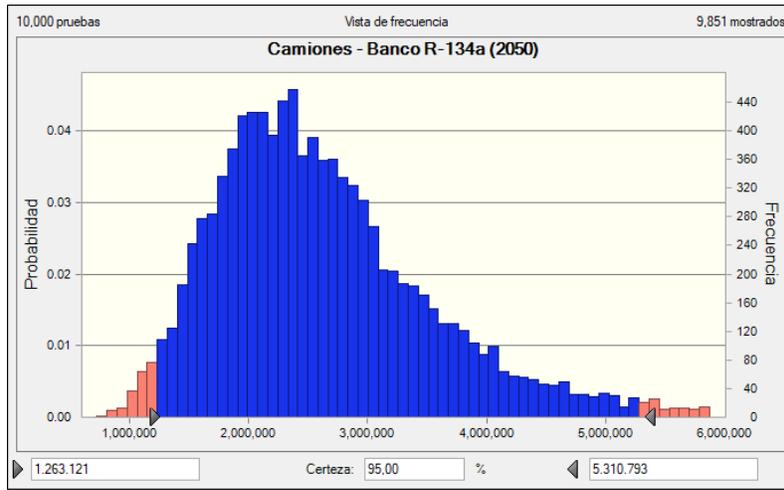
Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Banco de refrigerantes, buses R-134a (2050)



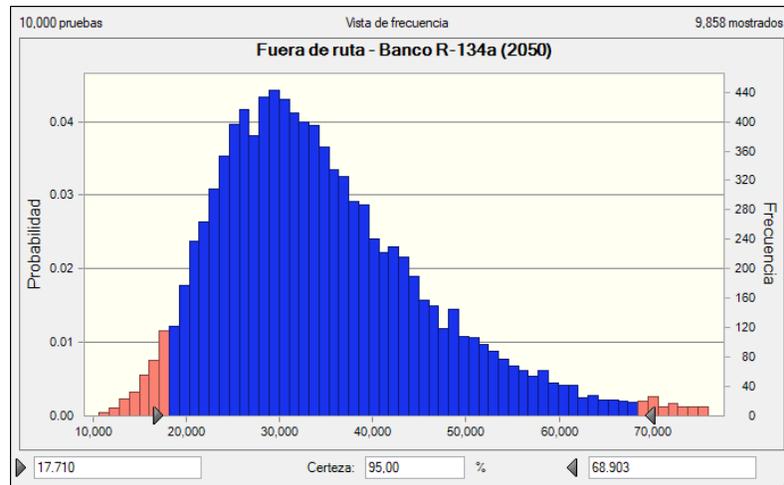
Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Banco de refrigerantes, camiones R-134a (2050)



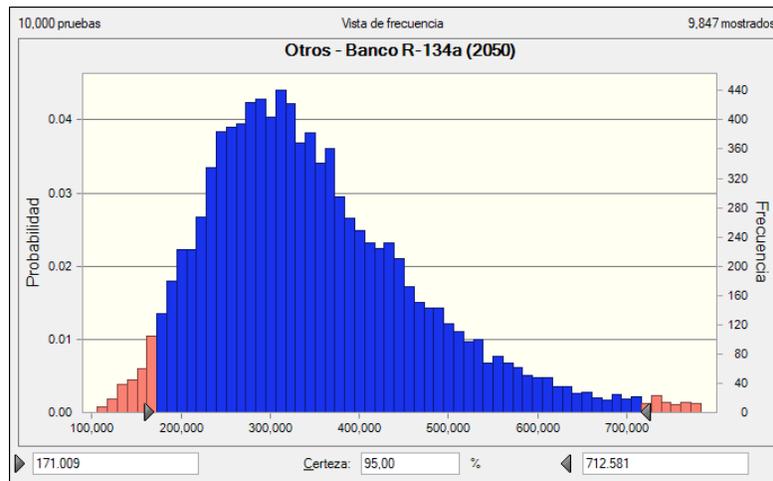
Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Banco de refrigerantes, vehículos fuera de ruta R-134a (2050)



Fuente:Elaboración propia

Figura 27. Banco de refrigerantes, otros vehículos R-134a (2050)

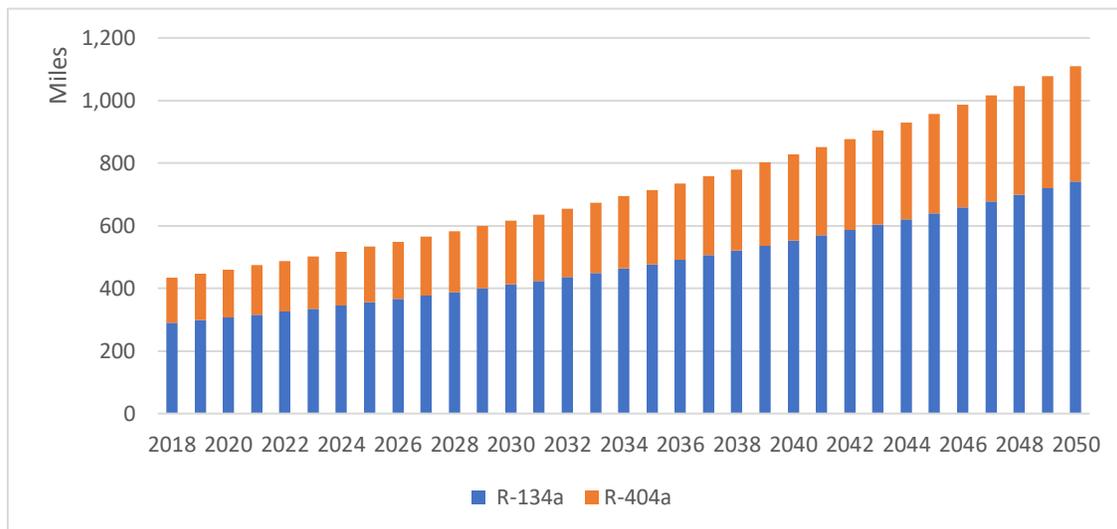


Fuente: Elaboración propia

8.4. TRANSPORTE REFRIGERADO

Finalmente, el transporte refrigerado fue proyectado utilizando la elasticidad precio e ingreso correspondiente a los camiones, y que fue estimada anteriormente. Para ello, originalmente se contó con información que permitió construir un inventario para un año base (2018). Luego, dado que los parámetros para estimar la cantidad de refrigerantes por tipo son fijos (participación por refrigerante y masa refrigerante), entonces es posible utilizar directamente las elasticidades sobre el inventario base, y así poder construir escenarios de proyección. Los resultados se presentan en la figura siguiente:

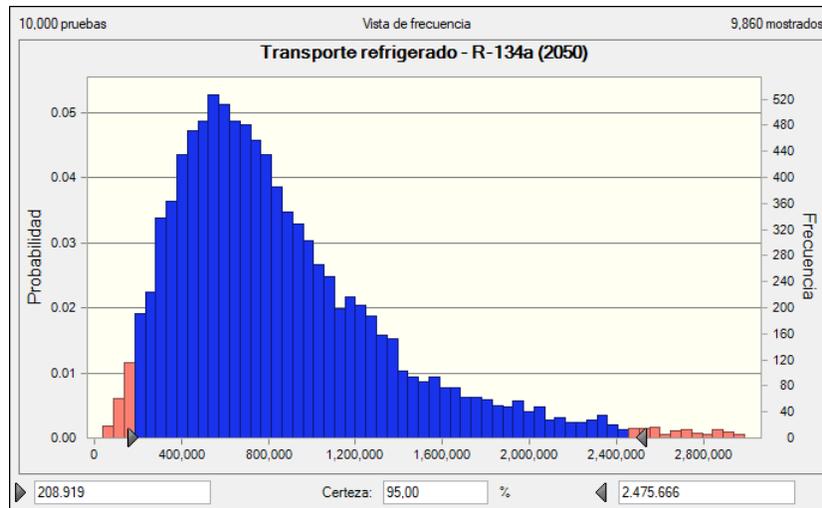
Figura 28. Proyección de refrigerantes asociados a transporte refrigerado



Fuente: Elaboración propia

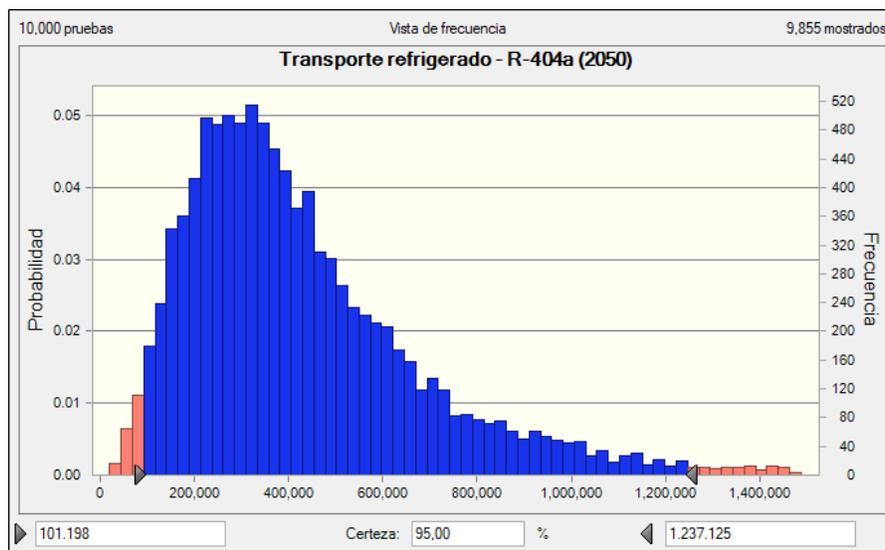
Las variables aleatorias a las cuales se les asignó distribuciones de probabilidad fueron, además de las elasticidades, el porcentaje de fugas y la participación por refrigerante. Las salidas correspondientes a la proyección al año 2050 se presentan en las figuras siguientes.

Figura 29. Cantidad de refrigerante R-134a al año 2050



Fuente:Elaboración propia

Figura 30. Cantidad de refrigerante R-404A al año 2050, transporte refrigerado



Fuente:Elaboración propia

Avances del uso de CO₂ en transporte refrigerado

De acuerdo a los estudios presentados por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, en el año 2010, se estimaba que vehículos refrigerados en el mundo eran alrededor de 4 millones de unidades, incluyendo un 40% de van, 30% de camiones, 30% de semi trailers o

trailers.⁷⁰ Estos mismos estudios han mostrado que para el año 2030 el crecimiento del transporte refrigerado será de un 2,5% anual.

A nivel comercial, Thermo King desarrolló el sistema CryoTech CO₂ que lo implementó en los Estados Unidos a nivel piloto resultando no comercial.⁷¹ Por otra parte, solo en el año 2014, Carrier Transicold logró presentar una unidad de remolque con refrigerante natural CO₂ en la feria comercial de Hannover (Salón Internacional del Automóvil – IIA). La unidad destaca por el uso de dióxido de carbono (CO₂) R-744, en un sistema de circuito cerrado alimentado por la misma tecnología totalmente eléctrica patentada E-Drive™ junto a la probada gama de unidades Vector™ de Carrier Transicold.⁷²

Al año 2017, el uso de esta unidad se encontraba a nivel piloto, según información de Carrier. Específicamente Simon Loos, un proveedor líder de servicios logísticos holandeses, se convirtió en el primer cliente en los Países Bajos en recibir la entrega de la unidad de remolque prototipo de refrigerante natural de Carrier Transicold. El sistema fue ganador de la categoría de medio ambiente en los prestigiosos premios Trailer Innovation Awards 2017. La prueba de esta nueva unidad, corresponde a unidad prototipo en una prueba de campo para ensayo de tres años con esta tecnología, no obstante le sigue a otras dos unidades prototipo de remolque de refrigerante natural en el Reino Unido y Alemania que entraron en pruebas similares en el año 2016.

Según estimaciones de Carrier, la unidad marca una nueva generación de sistemas de refrigeración de transporte Carrier Transicold para remolques que operan exclusivamente con refrigerante de dióxido de carbono en un sistema de circuito cerrado, donde el refrigerante natural de CO₂, que se extrae de la atmósfera, permanece dentro del circuito de refrigeración para entregar enfriamiento sostenible.⁷³

Como se observa esta tecnología se encuentra en fase de prototipo y es posible que solo para el año 2025 se encuentre totalmente consolidada. Sin embargo, esto no significa una adopción inmediata, dado que ésta dependerá del precio de los sistemas, de la mantención y repuestos de los mismos, la robustez percibida, entre otros afines. Junto con lo anterior, es importante mencionar que el que la tecnología esté disponible en el mundo no significa que se adopte en Chile de manera automática, dado que se observa un retraso en la adopción de unos 20 años, tomando como ejemplo lo ocurrido con los convertidores catalíticos.

En virtud de lo anterior, no es posible establecer la manera en que el CO₂ reemplazaría a los HFC en este segmento, y por lo tanto, aun cuando Kigali impone restricciones en el ingreso, al no identificarse sustitutos técnico y económicamente factible, no se consideran cambios en la distribución del inventario.

⁷⁰ Ver (Artuso, Marinetti, Minetto, Del Col, & Rossetti, 2020)

⁷¹ Revisado online en https://r744.com/articles/7263/will_co2_be_used_in_us_refrigerated_transport

⁷² Revisado online en <https://www.carrier.com/truck-trailer/en/eu/>

⁷³ Revisado online en www.carriertransicold.nl y https://www.carrier.com/carrier/en/worldwide/news/news-article/carrier_transicold_natural_refrigerant_trailer_mobiliteitsrai_show_simon_loos.html

9. MANUAL PARA EL DESARROLLO DE UN INVENTARIO DE TRANSPORTE REFRIGERADO, AIRE ACONDICIONADO MÓVIL Y SUPERMERCADOS

A continuación se detalla la metodología de trabajo, que permite la actualización, o bien el ajuste en base a nueva información, del inventario realizado en este trabajo. Se trata por separado cada uno de los segmentos que son objeto de este estudio.

9.1. SUPERMERCADOS

En primer lugar, es necesario establecer las **fuentes de información** de los parámetros asociados a los cálculos realizados:

Tabla 54. Parámetros necesarios para la estimación del inventario en supermercados

Parámetro	Fuente	Comentarios
Carga de refrigerante por superficie	Análisis experto de proyectos reales desarrollados en Chile. Se considera una constante para el periodo	Este parámetro podría ser mejorado con la revisión de una mayor cantidad de proyectos. Para esto sería necesario solicitar directamente los proyectos a distintas marcas de supermercados, con el fin de tener una muestra representativa.
Relación m ² refrigerada/m ² total		
Pérdidas de refrigerantes anuales	Experiencia de experto en prestación de servicios en sistemas de frío en supermercados. Se considera una constante para el periodo	Este parámetro se ha mantenido constante respecto de lo informado en (GreenLabUC; DICTUC, 2017). No se consideran pérdidas al ambiente (fugas) en la instalación, mantención o fin de la vida útil.
Participación por refrigerante	Estimado en base a datos de 2 grandes cadenas de supermercados. Se obtuvo la participación en un año y se asumió constante para el periodo	Podrían refinarse estos datos con información de Huella Chile, o logrando que otras cadenas entreguen su información.
Superficie construida de supermercados	Base de datos de Permisos de Edificación, publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas. Estadísticas anuales.	Se considera la superficie total construida, dado que no se entrega data sobre la superficie refrigerada/climatizada.

Fuente: Elaboración propia

Todos los valores que se indican en la tabla anterior se ingresan a la planilla “Supermercados – Inventario.xls”, que se entrega como anexo digital, destacándose en verde los parámetros que deben ser ingresados para hacer los cálculos, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 31. Planilla inventario supermercados

Supuestos							
	Carga de refrigerante por superficie	0,33	kg refrigerante/m2				
	Relación m2 refrigerada/m2 total	0,2416					
	Pérdidas de refrigerantes anuales	35%					
	Participación por refrigerante	Refrigerante	Participación				
		R-404a	23,03%				
		R-22	26,82%				
		R-410a	0,83%				
		R-507	49,19%				
		R-134a	0,04%				
		R-407c	0,09%				
Superficie							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
m2 construidos	106.141	184.216	152.782	128.604	113.968	210.200	155.409

Fuente: Elaboración propia

Luego, para estimar el ingreso anual al banco de refrigerantes en supermercados, se considera la ecuación siguiente:

$$Ing_i = Superficie_i \cdot carga \cdot R_{sup} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- Ing_i : Ingreso de refrigerantes al banco para el año i, en kilogramos
- $Superficie_i$: Datos superficie total construida en supermercados en el año i, en m2
- $carga$: Carga de refrigerante por superficie, en kg refrigerante/m2
- R_{sup} : Relación entre la superficie refrigerada y la superficie total construida, en m2 refrigerados/m2 total

Luego, el banco al año i del total de refrigerantes ($Banco_i$) se estima como sigue:

$$Banco_i = \sum_{k=0}^i Ing_k \quad \text{Ecuación 6}$$

Luego, para estimar la composición del banco, es decir, la cantidad de cada refrigerante que lo compone, se calcula:

$$Ref_i^j = Part_j \cdot Banco_i \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

- Ref_i^j : Cantidad del refrigerante j que es parte del banco en el año i, en kg
- $Part_j$: Participación del refrigerante j en el banco total, en %

Luego, para estimar las pérdidas al ambiente, se considera:

$$Fuga_i^j = Ref_i^j \cdot Fuga \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$Fuga_i^j$: Pérdidas al ambiente (fugas) del refrigerante j en el año i, en kg

$Fuga$: Pérdidas de refrigerante por año, en %

Los resultados se entregan en tablas y de manera gráfica, las que fueron entregadas en este informe cuando se presentaron los resultados del inventario.

9.2. AIRE ACONDICIONADO MÓVIL

En primer lugar, es necesario establecer las fuentes de información de los parámetros asociados a los cálculos realizados:

Tabla 55. Parámetros necesarios para la estimación del inventario en aire acondicionado móvil

Parámetro	Fuente	Comentarios
Vehículos inscritos	Obtenidos desde el Registro Civil, con periodicidad anual	Se consideran la primera inscripción. Contempla los vehículos del año, el anterior y el siguiente. Así, si se analiza el año N, se contabilizan los inscritos del año N-1 (remanente stock año anterior), año N, y año N+1 (cambio de modelo en septiembre del año N)
Tenencia de aire acondicionado	Para vehículos livianos, la información fue entregada por ANAC. Para el resto, se consultó a expertos.	Se asumió una evolución lineal desde un 32,4% de vehículos con aire acondicionado en 1999, hasta los valores indicados por los expertos. Se consideró que desde 2001 comenzó a utilizarse R-134a.
Carga de refrigerante contenida	Para vehículos livianos se obtiene de Hella, mientras que para el resto, de la consulta a expertos en la materia.	
Necesidad de recargas (fugas)	Información recopilada en su totalidad, por la consulta directa a prestadores de servicios.	
Fin de vida útil de vehículos	Para vehículos livianos se obtiene de Hella, mientras que para el resto corresponden a estimaciones propias basadas en la vida útil del motor.	Se asumió una tasa de recuperación del gas considerando las opiniones de expertos consultados

Parámetro	Fuente	Comentarios
Refrigerante en vehículos livianos	Se considera solo para vehículos livianos, dado que prestadores de servicios señalan que solo en aquel segmento ha penetrado el R-1234yf.	

Fuente: Elaboración propia

Todos los valores que se indican en la tabla anterior se ingresan a la planilla "Vehículos motorizados – Inventario.xls", que se entrega como anexo digital, destacándose en verde los parámetros que deben ser ingresados para hacer los cálculos, como se muestra en las figuras siguientes:

Figura 32. Planilla inventario aire acondicionado móvil, supuestos y parámetros

Tenencia de aire acondicionado al ingreso															
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
V. Livianos	32.40%	35.80%	39.20%	42.60%	46.00%	49.40%	52.80%	56.20%	59.60%	63.00%	66.40%	69.80%	73.20%	75.60%	79.50%
Buses	32.40%	34.38%	36.36%	38.34%	40.32%	42.29%	44.27%	46.25%	48.23%	50.21%	52.19%	54.17%	56.15%	58.13%	60.11%
Camiones	32.40%	33.85%	35.31%	36.76%	38.21%	39.66%	41.12%	42.57%	44.02%	45.47%	46.93%	48.38%	49.83%	51.28%	52.74%
Máquinas fu	32.40%	34.38%	36.36%	38.34%	40.32%	42.29%	44.27%	46.25%	48.23%	50.21%	52.19%	54.17%	56.15%	58.13%	60.11%
Otros	32.40%	34.38%	36.36%	38.34%	40.32%	42.29%	44.27%	46.25%	48.23%	50.21%	52.19%	54.17%	56.15%	58.13%	60.11%
Año que comenzó la utilización de R-134a															
Carga de refrigerante contenida (banco)															
V. Livianos	0,514	kg													
Buses	7,5	kg													
Camiones	3,5	kg													
Máquinas fu	1,1	kg													
Otros	1	kg													
Necesidad de recarga (fugas)															
V. Livianos	100%	del banco	10 años antes de la estimación (por ejemplo, las fugas de 2016 corresponden a 100% del banco de 2006)												
Buses	20%	del banco													
Camiones	9%	del banco													
Máquinas fu	20%	del banco													
Otros	20%	del banco													
Fin de vida útil de vehículos															
V. Livianos	3,30%	del parque anual	Recuperación de gas	10%											
Buses, cami	9	años													
Máquinas fu	18	años													
Otros	9	años													
Refrigerante vehículos livianos															
Se considera que a 2017 comenzó a incorporarse el HFO R-1234yf en vehículos livianos, con una penetración del 0.3%. En el resto de vehículos, todos utilizan R-134a															
R-134a	99,7%														
R-1234yf	0,3%														

Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Vehículos inscritos, inventario de aire acondicionado móvil

Camiones		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vehículo liviano	AUTOMOVIL	37.602	44.419	59.831	62.117	55.019	81.585	93.348	98.582	78.348	51.939	53.232
	COCHE MORTUORIO	1				1		2				2
	STATION WAGON	4.662	4.506	6.912	4.825	5.728	6.747	8.086	11.207	14.048	14.249	15.641
	CAMIONETA	18.230	20.825	31.139	28.188	29.327	34.232	36.410	40.411	36.700	23.784	24.846
	FURGON	3.133	3.207	4.539	6.072	6.483	8.527	8.205	8.612	7.547	5.173	6.592
	JEEP	2.103	2.289	4.416	3.358	3.250	3.608	4.845	6.404	6.610	3.924	3.040
Fuera de ruta	LIMUSINA											
	MAQUINA INDUSTRIAL	366	483	843	1.143	1.115	1.356	1.839	1.803	1.559	727	888
	TRACTOR	973	837	1.442	1.244	1.267	1.310	1.430	1.229	997	733	761
Bus	Tractor anfibio											
	MAQUINA AGRICOLA	32	7	14	30	19	30	50	35	37	14	41
	BUS	1.596	1.728	2.181	2.689	2.479	1.746	2.033	2.236	1.793	1.091	1.327
	Taxibus	367	15	6	4	2						
Camiones	MINIBUS	379	435	935	1.220	1.691	2.495	3.706	3.847	4.828	1.342	2.221
	TRACTOCAMION	277	463	860	726	806	1.426	1.576	1.494	1.155	525	746
	Chassis	206	222	538	554	523	756	648	562	961	179	203
	CHASIS CABINADO							1	1		1	
	CAMION	2.765	3.161	5.692	6.430	5.545	6.720	7.188	7.721	6.593	2.851	3.561
Otros	AMBULANCIA	56	158	81	87	56	90	121	118	158	124	109
	TROLEBUS			8								
	CASA RODANTE MOTORIZADA	31	14	12	14	14	10	19	19	12	1	10
	CARROBOMBA	5	5	11	4	7	6	6	9	29	100	54

Fuente: Elaboración propia

Luego, para estimar el ingreso por año de refrigerantes al banco en sistemas de aire acondicionado móvil, se considera la ecuación siguiente:

$$Ing_i^j = Insc_i^j \cdot R_{sup} \cdot carga^j \cdot \%_i^j \cdot Ref_k^j \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde

- Ing_i^j : Ingreso de refrigerantes al banco para el año i del tipo de vehículos j (livianos, pesados, buses u otros), en kilogramos
- $Insc_i^j$: Vehículos inscritos por tipo, para el año i
- $carga^j$: Carga de refrigerante (tamaño del contenedor) del tipo de vehículo j, en kg de refrigerante
- $\%_i^j$: Porcentaje de vehículos de tipo j, que ingresan con aire acondicionado al año j
- Ref_k^j : Porcentaje de de vehículos del tipo j que ingresan con el refrigerante k. Aplica solo a vehículos livianos, dado que en el resto solo se utiliza R-134^a.

Luego, el banco al año i del refrigerante j se estima como sigue:

$$Banco_i^j = \sum_{k=0}^i Ing_k^j \quad \text{Ecuación 10}$$

Luego, para estimar la composición del banco total al año i (B_i), debe sumarse sobre el banco de cada refrigerante, considerando los 2 utilizados (R-134a y R-1234yf):

$$B_i = \sum_{k=1}^2 Banco_i^k \quad \text{Ecuación 11}$$

Luego, para estimar las pérdidas al ambiente, se considera:

$$Fuga_i^j = Banco_i^j \cdot Fuga \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- $Fuga_i^j$: Pérdidas al ambiente (fugas) del refrigerante j en el año i, en kg
- $Fuga$: Pérdidas de refrigerante por año, en % o cantidad de refrigerante, según corresponda

Los resultados se entregan en tablas y de manera gráfica, las que fueron entregadas en este informe cuando se presentaron los resultados del inventario.

9.3. TRANSPORTE REFRIGERADO

En primer lugar, es necesario establecer las fuentes de información de los parámetros asociados a los cálculos realizados:

Tabla 56. Parámetros necesarios para la estimación del inventario en transporte refrigerado

Parámetro	Fuente	Comentarios
Tamaño del parque	INE, Estructura del transporte de carga por carretera de publicación anual	Se utiliza la estructura de un solo año, sin considerar la serie de tiempo que se aprecia con inconsistencias.
Capacidad del parque		
Fugas (emisiones al ambiente)	Consulta a oferente de tecnología	
Masa de refrigerante	Consulta a catálogos varios	Se distingue según el tipo de refrigerante y la capacidad de carga
Participación por refrigerante	(GreenLabUC; DICTUC, 2017)	Se obtuvo del promedio del banco en todo el periodo de estudio (1990-2015)

Fuente: Elaboración propia

Todos los valores que se indican en la tabla anterior se ingresan a la planilla "Supermercados – Inventario.xls", que se entrega como anexo digital, destacándose en verde los parámetros que deben ser ingresados para hacer los cálculos, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 34. Planilla inventario transporte refrigerado, supuestos

Tamaño del parque					Masa de refrigerante en sistema				
Subcontratos					Propios				
	Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años		Menos de 5 años	Entre 5 y 10 años	Entre 11 y 15 años	Más de 15 años
Camiones	6.009	3.638	1.281	333	Camiones	11.275	7.623	321	336
Tractocamión	6.549	6.217	441	461	Tractocamión	28.334	25.773	3.611	350
Remolque	2.512	5.791	1.456	790	Remolque	215	212	522	199
Semi remolque	-	-	-	-	Semi remolque	20.832	36.205	16.009	9.542
Otros	14.476	647	2.177	-	Otros	99	69	13	17.756
Total	29.547	16.293	5.355	1.584	Total	60.656	69.813	20.463	10.427

Capacidad del parque					Masa de refrigerante en sistema		
Capacidad en toneladas	Propio		Subcontrato		Capacidad en toneladas	Masa Refrigerante	
	Cantidad	Participación	Cantidad	Participación		R-134a (kg)	R-404a (kg)
1,7 a 3,5	261	1,9%	29.823	48,8%	1,7 - 3,5	1,2	1,25
3,6 a 7	2.012	14,6%	861	1,4%	3,6 - 7	1,4	1,75
7,1 a 10	934	6,8%	2.267	3,7%	7,1 - 10	1,8	2,3
10,1 a 14	1.461	10,6%	2.267	3,7%	10,1 - 14	3,6	2,4
14,1 a 18	280	2,0%	578	0,9%	14,1 - 18	3,6	2,9
18,1 a 20	287	2,1%	3.793	6,2%	18,1 - 20	3,6	3,3
>20	6.502	61,9%	21.531	35,2%	> 20	3,9	4,7

Fugas	Participación por refrigerante
9% al año	R-134a 69,34%
	R-404a 30,66%

Fuente: Elaboración propia

Luego, para estimar la cantidad de vehículos por capacidad de carga y antigüedad, se considera lo siguiente:

$$Camión_i^j = \%_j \cdot Parque_i \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

$Camión_i^j$: Cantidad de camiones de antigüedad en el rango i, con una capacidad j

- $\%_j$: Participación según capacidad en toneladas en el rango j del parque propio y del subcontratado
- $Parque_i$: Cantidad de vehículos de transporte refrigerado de antigüedad en el rango i

Luego, la cantidad de vehículos que usan un tipo de refrigerante (R-134a o R-404A), según capacidad de carga y antigüedad, se estima como sigue

$$Camión_{Ref}^{i,j} = Camión_i^j \cdot \%^{ref} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

- $Camión_{Ref}^{i,j}$: Cantidad de camiones de antigüedad en el rango i, con una capacidad j que utilizan el refrigerante ref
- $\%^{ref}$: Participación del refrigerante ref

Luego, para estimar la cantidad de un tipo de refrigerante en el parque de transporte refrigerado, según capacidad de carga y antigüedad de antigüedad en el rango i, con una capacidad j:

$$Ref_i^j = Camión_{Ref}^{i,j} \cdot Carga_j^{Ref} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

- Ref_i^j : Cantidad del refrigerante Ref, en camiones de la capacidad j en el rango de antigüedad i, en kg
- $Carga_j^{Ref}$: Carga (tamaño del contenedor) para un transporte de capacidad j, que utiliza el refrigerante Ref

Luego, para estimar las pérdidas al ambiente (fugas), se considera:

$$Fuga_{Ref}^{i,j} = Ref_i^j \cdot Fuga \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

- $Fuga_{Ref}^{i,j}$: Pérdidas al ambiente (fugas) del refrigerante Ref, en camiones de capacidad j en el rango de antigüedad i, en kg
- $Fuga$: Pérdidas de refrigerante por año, en %

Los resultados se entregan en tablas y de manera gráfica, las que fueron entregadas en este informe cuando se presentaron los resultados del inventario.

10. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La época del año en la que se desarrolla este inventario no es la más adecuada para la realización de consultas directas a agentes del mercado. En muchos casos las respuestas se retrasaron o no se obtuvieron dado que las personas idóneas para responder se encontraban haciendo uso de su feriado legal. Luego de transcurrido el periodo de verano, la contingencia por la pandemia de COVID-19 impidió el desarrollo de más entrevistas y dificultó la materialización de contactos, por lo que se procedió a estimar el inventario en base a información secundaria que se obtuvo de fuentes oficiales, como el Registro Civil o el Instituto Nacional de Estadísticas.

Para el caso de **supermercados**, el equipo consultor pudo tener acceso a información de proyectos reales desarrollados, lo que junto con el conocimiento experto del equipo en este ámbito permitió obtener la información necesaria para realizar una estimación que fue testeada y se probó que es una buena aproximación de la realidad.

Para el caso de **aire acondicionado móvil**, se desarrolló consultas telefónicas específicas a proveedores de vehículos y, prestadores de servicios, además de consultas por correo electrónico a ANAC, para recopilar la información necesaria y suficiente para generar una estimación robusta. A esto se suma la información obtenida desde EFE y la información parcial que fue enviada por Metro de Santiago.

En lo que respecta a **transporte refrigerado**, el acceso a información resultó aun más complejo dada la falta de información respecto a un subsegmento del rubro transporte por carretera. Sin embargo, con información del Instituto Nacional de Estadísticas y datos entregados por agentes del mercado, sumado al conocimiento del equipo consultor, se logró una caracterización acabada del sector, considerando la antigüedad del parque y la capacidad de carga de los vehículos.

Luego de procesada la información considerando el proceso metodológico descrito en la sección 5, se obtuvo el tamaño del banco de refrigerantes y se estimaron las fugas al ambiente para los 3 segmentos que son objeto de este estudio. Estos resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 57. Resumen del banco de refrigerante en sectores de estudio, en kilogramos

Tipo de producto	Refrigerante	Banco		
		2016	2017	2018
Sistema de frío en supermercados	R-404A	38.004	37.396	37.396
	No HFC - Otros	61.269	60.254	60.254
	R-507A	93.620	102.471	109.170
	Otros - CO2	5.800	8.699	8.699
Vehículo liviano	R-134a	1.029.102	1.153.213	1.298.650
	R-1234yf	-	476	1.028
Bus	R-134a	273.470	284.588	313.005
Vehículo pesado	R-134a	201.419	206.525	222.466
Vehículo fuera de ruta	R-134a	9.645	9.973	10.301
Otros vehículos	R-134a	2.389	2.518	2.604
Metro de Santiago	R-134a			605
	R-407c			4.322

Tipo de producto	Refrigerante	Banco		
		2016	2017	2018
EFE	R-134a	2.784	2.784	2.784
	R-407C	47	47	47
	R-410A	42	42	42
Transporte refrigerado	R-134a			289.709
	R-404a			128.100

Fuente: Elaboración propia

Respecto del banco según tipo de refrigerantes, en la tabla siguiente se aprecia que el más utilizado en los segmentos de estudio es el R-134a:

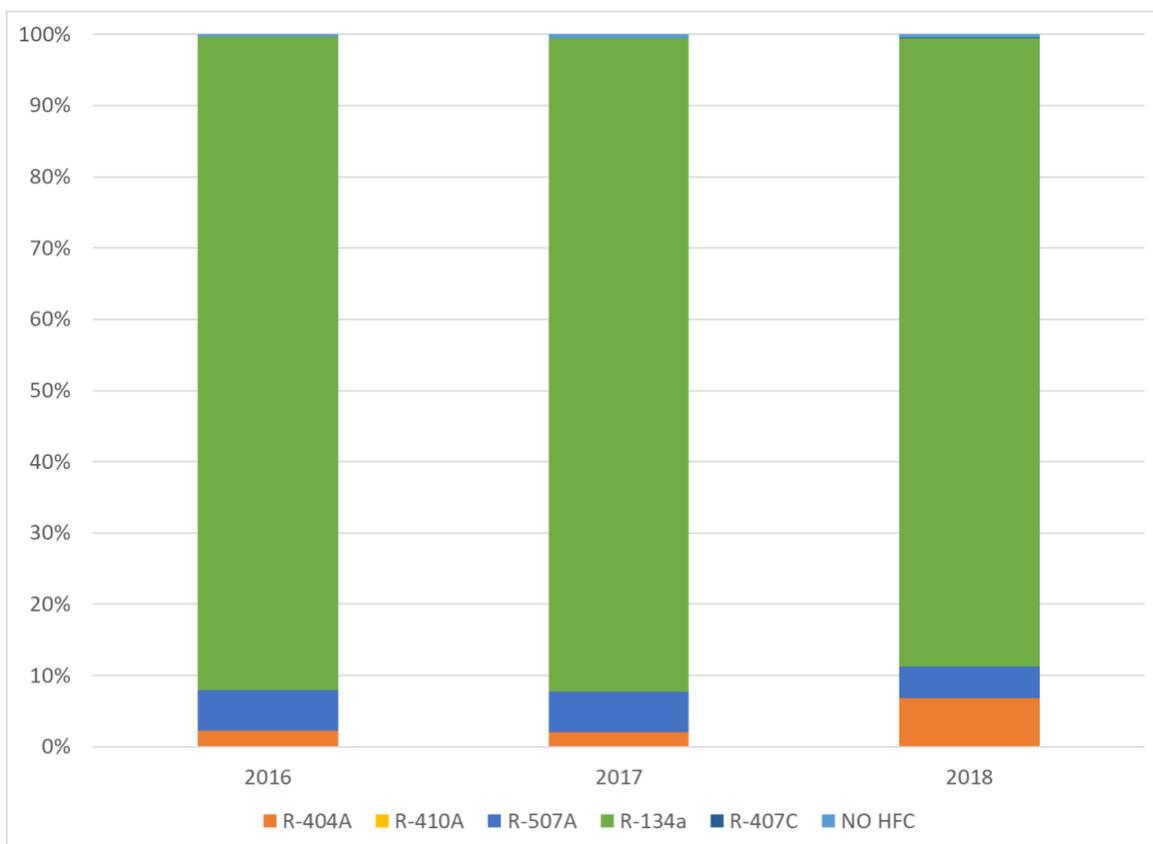
Tabla 58. Banco de refrigerantes en los segmentos de estudio, en kilogramos

	2016	2017	2018
R-404A	38.004	37.396	165.496
R-410A	42	42	42
R-507A	93.620	102.471	109.170
R-134a	1.518.808	1.659.600	2.140.124
R-407C	47	47	4.369
No HFC	5.800	9.175	9.727
Total	1.656.321	1.808.732	2.428.928

Fuente: Elaboración propia

En la figura siguiente es posible apreciar que la participación de los distintos tipos de refrigerantes en el banco total se mantiene relativamente constante en el periodo de estudio.

Figura 35. Participación de tipos de refrigerantes en el banco total



Fuente: Elaboración propia

Luego, dentro de los segmentos de estudio, el más relevante en términos del banco, es el de aire acondicionado móvil (AA móvil), como se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 59. Tamaño del banco de refrigerantes, según segmento de estudio, en kilogramos

Segmento	2016	2017	2018
AA móvil	1.518.897	1.660.165	1.855.854
Supermercados	198.693	208.820	215.519
Transporte refrigerado			417.809

Fuente: Elaboración propia

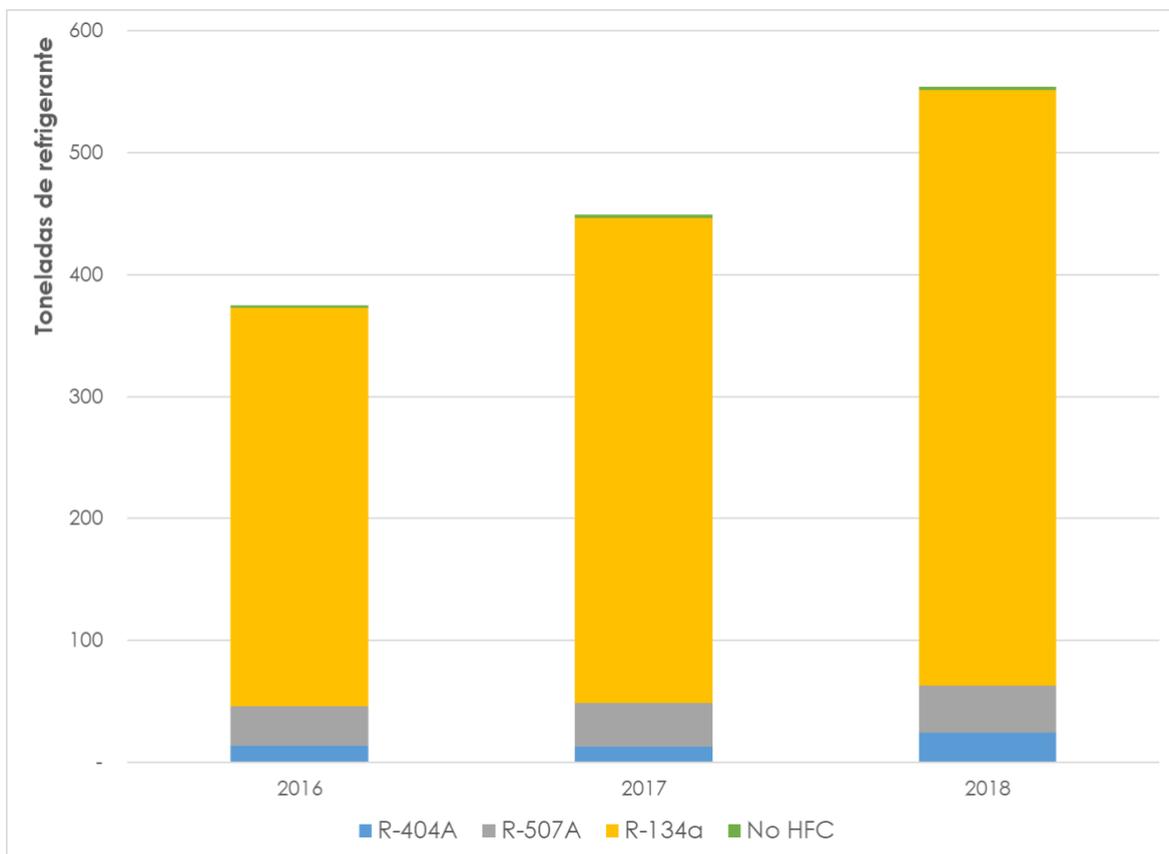
En lo referente a las pérdidas, se aprecia también que la principal fuente es el uso del R-134a, lo que es consistente con que sea el que mayor aporta al banco. Los resultados completos se muestran en la tabla y figura siguiente:

Tabla 60. Pérdidas de refrigerante, en kilogramos

Refrigerante	2016	2017	2018
R-404A	13.301	13.089	24.618
R-507A	32.767	35.865	38.209
R-134a	326.855	397.509	488.513
No HFC	2.030	3.059	3.062
Total	374.954	449.522	554.402

Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Pérdidas de refrigerantes totales, por año



Fuente: Elaboración propia

En lo referente a pérdidas por segmento, se aprecia que el principal emisor es el segmento de aire acondicionado móvil, lo que es consistente con el tamaño del banco del mismo.

Tabla 61. Pérdidas de refrigerante por segmento de estudio, en kilogramos

Segmento	2016	2017	2018
AA móvil	326.855	397.524	462.457
Supermercados	69.542	73.087	75.431
Transporte refrigerado			37.603

Fuente: Elaboración propia

Todos las tablas y figuras mostradas en este capítulo se encuentran en el anexo digital "Resumen Inventario.xls".

11. REFERENCIAS

- ANAC. (2017). Anuario Automotriz 2015/2016.
- ANAC. (Sin año). Anuario Automotriz 2016/2017.
- Artuso, P., Marinetti, S., Minetto, S., Del Col, D., & Rossetti, A. (julio de 2020). Modelling the performance of a new cooling unit for refrigerated transport using carbon dioxide as the refrigerant. *Volume 115, pages 158-171*. International Journal of Refrigeration.
- Asociación Chilena de la Industria del Transporte de Carga por Carretera AG. (Sin año). Diagnóstico Sectorial APL Transporte de Carga por Carretera. Chile.
- ATS Energía. (diciembre de 2014). Elaboración del Inventario nacional de cámaras frigoríficas y grandes superficies refrigeradas y/o climatizadas con SAO y HFC. Santiago, Chile: Desarrollado para la Subsecretaría del Medio Ambiente.
- Bowden, R. J., & Turkington, D. A. (1990). Instrumental variables (Vol. 8). Cambridge University Press.
- Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1970). Time series analysis: Forecasting and control. San Francisco, Estados Unidos: Holden-day.
- Danish Technological Institute; shecco. (9 de noviembre de 2017). Global Market Trends for Natural Refrigerants in commercial refrigeration. *Refrigeration in the supermarket sector*. Taastrup, Dinamarca.
- Dictuc Greenlab. (16 de diciembre de 2019). Elaboración de inventario nacional individualizado de hidrofluorocarbonos (HFC). Chile.
- Environmental Investigation Agency, shecco. (2018). Climate. *Technical report on energy efficiency in HFC-free supermarket refrigeration*. Londres, Reino Unido.
- EPA. (30 de noviembre de 2005). Revised Draft Analysis of U.S. Commercial Supermarket Refrigeration Systems. Preparado por ICF Consulting para la División de Protección Estratosférica de la EPA.
- Granger, C. W., & Newbold, P. (1986). Forecasting economic times series. Orlando, Estados Unidos.
- GreenLabUC; DICTUC. (22 de mayo de 2017). Elaboración de Inventario Nacional de Hidrofluorocarbonos (HFC). *Informe Final*. Santiago: Estudio solicitado para la Unidad Ozono de la Subsecretaría del Medio Ambiente.
- Hamilton, J. D. (1994). Time Series Analysis (Vol. 2, pp. 690-696). New Jersey: Princeton, Estados Unidos.
- Semykina, A., & Wooldridge, J. M. (2010). Estimating panel data models in the presence of endogeneity and selection. *Journal of Econometrics* 157.2: 375-380.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: journal of the Econometrics Society*, 1-48.

Van D. Baxter, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge. (Sin año). Advances in supermarket refrigeration systems. TN 37831-6070.

Varian, H. R. (1992). Microeconomic analysis (Vol. 3). Nueva York, Estados Unidos: Norton.

Wooldridge, J. M. (2016). Introductory econometrics: A modern approach. Nelson Education.

Wright, Phillip G. (1928). The Tariff on Animal and Vegetable Oils. New York, Estados Unidos: MacMillan.

12. ANEXOS

12.1. ANEXO 1. FICHAS RESÚMENES DE ESTUDIOS RELEVANTES

Título	Elaboración de Inventario Nacional de Hidrofluorocarbonos (HFC)
Fecha	22 de Mayo del 2017
Autor	GreenLabUC, Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A. Ingeniería DICTUC, Energía Sustentable
Alcance temporal	1999 - 2015
Alcance de gases	Todas las sustancias, puras o en mezclas.
Áreas de aplicación	Refrigeración, Aire acondicionado, Solventes, Extinción de fuego
Descripción de la metodología	Se realizó el análisis de la importación/exportación de sustancias (puras y mezclas) y equipos que las contienen. Se consultó a agentes de mercado y se utilizaron supuestos generales que permitieron estimar tamaños de banco (considerando las aplicaciones que son objeto de este estudio de ATS Energía), estandarizando por parámetros típicos de los distintos segmentos.
Fuentes primarias y secundarias de información	Se consideraron datos de Aduanas, de consultas a agentes del mercado y asociaciones gremiales.
Lecciones aprendidas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La caracterización del mercado es compleja por la reticencia de los agentes a responder consultas. ▪ El trabajo con datos de Aduanas es complejo y los datos no permiten conocer la carga de refrigerante. ▪ El modelo se basa en supuestos que simplifican la realidad.
Análisis crítico	<p>Para este análisis se considera un escenario deseable. Si en la práctica no es posible obtener información con un mayor nivel de detalle, podría asumirse supuestos similares a los de este inventario en el desarrollo del trabajo de ATS Energía.</p> <p>Aire acondicionado en vehículos: Se considera Que la carga de refrigerante por tipo de vehículo, podía ser estimada con un mejor nivel de detalle, usando información del refrigerante contenido por tipo de vehículo.</p> <p>Supermercados: La estimación se realizada basada en los datos de una única cadena. Conceptualmente esto se3 juzga como</p>

	<p>incorrecto, porque es posible asumir que cadenas/recintos pequeños tienen prácticas de mantenimiento de sus equipos y de eficiencia de sus instalaciones no óptimas, mientras que grandes cadenas podrían ser más eficientes en el diseño y mantenimiento, por lo que debiese al menos distinguirse en 2 categorías. Sin embargo, se entiende la reticencia de los agentes a entregar información, lo que condiciona la refinación y exactitud de la información.</p> <p>Transporte refrigerado: Considera una carga promedio por equipo, según tipo de refrigerante. Esta estimación es gruesa y podría refinarse según rangos de temperatura de trabajo u otros parámetros.</p>
Otros	<p>La información de agentes identificados se toma como punto de partida para la construcción de la base de datos de agentes de mercado.</p> <p>Se contrastarán los resultados obtenidos en el trabajo de ATS Energía con aquellos de este inventario, con el fin de verificar consistencia, o bien actualizar la información del pasado.</p>

Título	Elaboración de inventario nacional de cámaras frigoríficas y grandes superficies refrigeradas y/o climatizadas con SAO y HFC
Fecha	Diciembre de 2014
Autor	ATS Energía
Alcance temporal	2014
Alcance de gases	HFC y SAO
Áreas de aplicación	Cámaras frigoríficas y grandes superficies refrigeradas y/o climatizadas con SAO y HFC
Descripción de la metodología	En lo que respecta a la determinación del inventario, se buscó información en distintas bases de datos de organismos públicos (SERNAPESCA, SAG, SEREMIS de Salud) y de asociaciones gremiales (ASACH, Faenacar, etc.) para identificar los agentes de mercado, para luego identificar sus datos de contacto y solicitar información, a través de una consulta web o una planilla Excel.
Fuentes primarias y secundarias de información	La información del inventario fue solicitada directamente a las empresas dueñas u operadoras de las instalaciones.
Lecciones aprendidas	Resulta relevante tener múltiples canales de solicitud de información (planilla Excel, consulta telefónica, visitas a terreno) para mejorar la tasa de respuesta.
Análisis crítico	Si bien no se encontraba dentro del alcance, una manera de verificar la información, podría haber sido la entrevista a las

	empresas que les prestan servicios a aquellas en el alcance del estudio, con el fin de verificar la información de fugas.
Otros	<p>La información de agentes identificados se toma como punto de partida para la construcción de la base de datos de agentes de mercado.</p> <p>Se contrastarán los resultados obtenidos este el trabajo de ATS Energía con aquellos de este inventario, con el fin de verificar consistencia, o bien actualizar la información del pasado.</p>

12.2. ANEXO 2. CARGA Y TIPO DE REFRIGERANTE EN DISTINTOS MODELOS DE VEHÍCULOS LIVIANOS

Marca	Modelos	Años	Refrigerante			Cilindrada	
			Tipo	Mínimo (g)	Máximo (g)	Mínimo (cc)	Máximo (cc)
Hyundai	Genesis Coupe	2010	R134a	570	570	3778	
Hyundai	Grand Santa Fe	2013	R134a	600	600	2.400	6.000
Hyundai	Grand Santa Fe	2013	R1234yf	550	550	2.359	3342
Hyundai	Grand Santa Fe with air condition at the rear	2013	R134a	800	800	2359	
Hyundai	i10	2008 - 2013	R134a	450	450	1.086	1.200
Hyundai	i10 (BA/IA)	2013	R134a	410	410	1.100	1.200
Hyundai	i20 (GB)	2.014	R1234yf	470	470	1248	7616
Hyundai	i30	2008 - 2012	R134a	500		1.600	1.800
Hyundai	i30 (GD)	2011	R134a	500		1.591	
Hyundai	i40 1,6GDi/2,0GDi/1,7CRDi	2011	R134a	550		1685	
Hyundai	ix20	2010	R134a	550		1.397	
Hyundai	ix35	2010	R134a	510		1.998	
Hyundai	Santa Fe (CM)	2006 - 2012	R134a	600		2.200	
Hyundai	Santa Fe (CM) con AA en la parte trasera	2006 - 2012	R134a	850		2188	
Hyundai	Santa Fe (DM)	2012	R134a	600		2,349	
Hyundai	Santa Fe (DM)	2012	R1234yf	600		2,349	
Hyundai	Santa Fe (DM) with air condition at the rear	2012	R1234yf	750		2.359	3.342
Hyundai	Tuscon con motor de gasolina	2004 - 2010	R134a	490	530	1.975	
Hyundai	Tuscon con motor diesel	2004 - 2010	R134a	490	530	1.991	
Hyundai	Veloster 1,6GDi	2011	R134a	420		1.591	
Chevrolet	Aveo con Diesel engine	2011	R134a	580		1.248	
Chevrolet	Aveo con petrol engine	2011	R134a	500		1598	
Chevrolet	Aveo/Kalos (volante a la derecha) Delphi SP10 compresor	2005 - 2011	R134a	570		1.399	
Chevrolet	Aveo/Kalos (volante a la izquierda) Delphi SP10 compresor	2005 - 2011	R134a	520		1.399	
Chevrolet	Malibu 2,4i/2,0D VCDi	2012	R1234yf	600		2.231	

Marca	Modelos	Años	Refrigerante			Cilindrada	
			Tipo	Mínimo (g)	Máximo (g)	Mínimo (cc)	Máximo (cc)
Chevrolet	Malibu 2,4i/2,0D VCDi	2012	R134a	680		2.231	
Chevrolet	Matiz (volante a la derecha)	2005 - 2010	R134a	380		796	
Chevrolet	Matiz (volante a la izquierda)	2005 - 2010	R134a	330		796	
Chevrolet	Orlando 1,8i / 2,0D	2011	R134a	650		1998	
Chevrolet	Spark (M300)	2010	R134a	450		995	
Chevrolet	Spark (volante a la derecha)	2005 - 2010	R134a	380		796	995
Chevrolet	Spark (volante a la izquierda)	2010	R1234yf	330		995	
Chevrolet	Trax	2012	R1234yf	950		1.598	
Chevrolet	Volt	2011	R134a	950		1.398	
Suzuki	Baleno (FW/EW)	2016	R1234yf	500	400	1.242	
Suzuki	Ignis (MF) Calsonic CR08D Compressor	2016	R134a	390		1.242	
Suzuki	Ignis (MF) Calsonic CR08D Compressor	2016	R1234yf	400		1197	
Suzuki	Kizashi	2010	R134a	530		2393	
Suzuki	Swift (AZ)	2017	R134a	390		1.242	
Suzuki	Swift (AZ)	2017	R134a	390		1.242	
Suzuki	Swift 1,3D Sanden compresor	2004 - 2010	R134a	370		1.328	
Suzuki	Swift 1,3i/1,5i/1,6i	2004-2010	R134a	370		1328	
Suzuki	SX4 1,5i/ 1,6i	2006 - 2013	R134a	430		1.586	
Nissan	e-Evalia	2016	R1234yf	450		1461	
Nissan	Evalia	2010	R134a	450		1461	
Nissan	Evalia	2016	R1234yf	450		1.461.	
Nissan	Evalia with air conditioning at the rear	2010	R134a	650		1461cc.	
Nissan	Evalia with air conditioning at the rear	2016	R1234yf	650		1461cc.	
Nissan	Micra (K13) 1,2i	2010	R134a	400		1.198	
Nissan	Micra (K14) 0,9i/1,0 IGT/1,0 DIG-T	2017	R1234yf	430		998	
Nissan	Note 1,4i	2013	R134a	450	500	1.198	
Nissan	Note 1,5DdCi	2006-2013	R134a	550		1.198	
Nissan	Note 1,6i	2006-2013	R134a	475		78mm3.07in	

Marca	Modelos	Años	Refrigerante			Cilindrada	
			Tipo	Mínimo (g)	Máximo (g)	Mínimo (cc)	Máximo (cc)
Nissan	NV200 (M20) 1,5DdCi	2010	R134a	450		1461	
Nissan	NV200 (M20) 1,5DdCi con aire acondicionado en la parte trasera	2010	R134a	650		1461	
Nissan	NV200 (M20) 1,6i	2010	R134a	450		1598	
Nissan	NV200 (M20) 1,6i con aire acondicionado en la parte trasera	2010	R134a	650		1461	
Nissan	NV400	2011	R134a	580		2298	
Nissan	Pulsar	2014	R1234yf	450		1.199	
Nissan	Qashqai (J11)	2014	R1234yf	500		1997	
Nissan	Qashqai / Qashqai +2	2007-2013	R134a	450		1997	
Nissan	X-Trail (T31) 2,0i/ 2,5i/ 2,0DdCi	2007-20014	R134a	450		2488	
Nissan	X-Trail (T32) 1,6 DdCi	2014	R1234yf	500		2488	
Kia	Carens IV	2013	R1234yf	550		1991	
Kia	Carens IV	2013	R134a	550		1991	
Kia	Ceed / Pro Ceed	2012	R134a	500		1.582	
Kia	Ceed / Pro Ceed (JD)	2012	R1234yf	500		1582	
Kia	Ceed / Pro-Ceed	2012	R134a	500		1.591	
Kia	Cerato II	2013	R1234yf	500		1.591	
Kia	Niro	2016	R1234yf	550		1.580	
Kia	Optima	2012	R134yf	570		1.999	
Kia	Optima	2012	R134a	470		1.999	
Kia	Optima Hybrid	2012 - 2015	R1234yf	550		1999	
Kia	Optima Hybrid	2016	R1234yf	550		1.999	
Kia	Picanto	2004 - 2011	R134a	425	475	1.086	
Kia	Picanto (JA)	2017	R1234yf	400		998	
Kia	Picanto (TA)	2011	R134a	370		998	
Kia	Rio III (UB)	2011	R134a	420		1.399	
Kia	Rio IV (YB)	2017	R1234yf	450		1.368	1.591
Kia	Sorento (XM)	2009 - 2015	R134a	600		2497	

Marca	Modelos	Años	Refrigerante			Cilindrada	
			Tipo	Mínimo (g)	Máximo (g)	Mínimo (cc)	Máximo (cc)
Kia	Sorento (XM) con AA en la parte trasera	2009 – 2015	R134a	750		6000	
Kia	Sorento 3,3i/ 2,5CRDi	2007	R134a	540		2497	
Kia	Sorento III (UM)	2015 -	R134a	700		2.199	
Kia	Sorento III (UM)	2015	R1234yf	650		2199	
Kia	Sorento III (UM) with air condition at the rear	2015	R1234yf	800		2.359	3.342
Kia	Sorento III (UM) with air condition at the rear	2015	R134a	825		2.200	
Kia	Soul EV Electric	2014	R134a	550			
Kia	Soul EV Electric	2014	R1234yf	550			
Kia	Soul EV Electric with heat pump	2014	R134a	900			
Kia	Soul EV Electric with heat pump	2014	R1234yf	900			
Kia	Soul II	2014	R1234yf	550		1.591	
Kia	Soul II	2014	R134a	550		1591	
Kia	Sportage (SL)	2010 – 2012	R134a	510		1.999	
Kia	Sportage drive belt 4PK	2004 – 2010	R134a	485	535	1999	
Kia	Venga	1009-1015	R134a	550		998	1.248
Toyota	Auris	2007-2012	R134a	450		1197	1598
Toyota	Auris Hybrid	2010	R134a	475		1.798	
Toyota	Aygo	2005-2014	R134a	500		998	
Toyota	Aygo (B4)	2014	R134a	390		998	
Toyota	Aygo (B4)	2014	R1234yf	350		998	
Toyota	C-HR	2016	R134a	450		1.798	
Toyota	C-HR	2016	R134a	400		2487	
Toyota	Camry (XV50/51)	2011 – 2017	R134a	500		2.487	
Toyota	Corolla (E18) 1,3 i + 1,4D	2013-2018	R134a	450		1598	
Toyota	Corolla (E18) 1,3 i + 1,4D	2013 – 2018	R1234yf	420		1598	
Toyota	Corolla (E18) 1,6 i	2013 – 2018	R134a	450		1598	
Toyota	Corolla (E18) 1,6 i	2013 – 2018	R1234yf	420		1598	
Toyota	Corolla (E21)	2018	R123yf	475		1798	

Marca	Modelos	Años	Refrigerante			Cilindrada	
			Tipo	Mínimo (g)	Máximo (g)	Mínimo (cc)	Máximo (cc)
Toyota	Corolla (E21) Hybrid	2018	R1234yf	475		1798	
Toyota	GT 86	2012	R1234yf	350		1.998	
Toyota	GT 86	2012	R134a	390		1998	
Toyota	Highlander	2014	R134a	820		2995	
Toyota	Prius + (ZVW4)	2011	R134a	470		1798	
Toyota	Prius + (ZVW4)	2011	R123yf	470		1798	
Toyota	RAV 4 III (ACA/ACE)	2006-2012	R134a	400	460	1987	
Toyota	RAV4 IV (A4)	2013	R134a	500		1.998	
Toyota	RAV4 IV (A4) Hybrid	2013	R134a	550		1998	
Toyota	RAV4 IV (A4) Hybrid	2013	R1234yf	500		1998	
Toyota	Verso	2009-2012	R134a	440		1998	
Toyota	Verso S	2011	R134a	360		1998	
Toyota	Yaris (P13)	2011	R134a	360		1998	
Toyota	Yaris Hybrid	2011	R134a	435		1798	
Peugeot	107 1,4 Hdi	2005-2012	R134a	480	520	1.399	
Peugeot	107 motor: 1,0i	2005-2012	R134a	450		998	
Peugeot	3008 (1,6Hdi/2,0Hdi)	2009-2013	R134a	450		1598	
Peugeot	3008 (1,6THP/1,6Vti)	2009-1013	R134a	450		1598	
Peugeot	407 1,8i/2,0i/2,2i/3,0i/1,6Hdi/2,0Hdi	2004-2012	R134a	600	650	2.933	
Peugeot	407 2,2Hdi/2,7Hdi/3,0Hdi	2004-2012	R134a	525		2933	
Peugeot	5008 (1,6Hdi/2,0Hdi)	2013	R134a	450		1.560	
Peugeot	5008 (1,6THP/1,6Vti)	2013	R134a	450		1560	
Peugeot	508	2011-2013	R134a	525		1997	2179
Peugeot	RCZ 1,6THP/2,0Hdi	2010	R134a			1598	

Fuente: Hella

12.3. ANEXO 3. METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

A continuación, se describe con mayor nivel de detalle, la metodología para la recopilación de información desarrollada por ATS Energía.

12.3.1. PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Considerando que el objetivo es construir un inventario del tipo bottom-up, individualizando a la mayor cantidad de usuarios que sea posible, con mecanismos de verificación, y que existen usuarios que por su nivel de atomización no es posible contactar (por ejemplo, los particulares dueños de vehículos livianos), se consideran distintos niveles y enfoques de recopilación de información.

En primer lugar, es importante mencionar que, como no se producen HFC en Chile, todas las sustancias que se encuentran en el país, corresponden a importaciones que alguna vez se realizaron. Luego, el balance de sustancias en el país, debe considerar los ingresos y egresos, incluyendo, además, el reciclaje, recuperación o destrucción de sustancias, esto último destinado a conocer la variación del banco en el periodo de estudio debido al retiro de sustancias.

Con lo anterior, se consideran distintas fuentes de recopilación de información, siendo la base para la identificación de agentes la del Servicio Nacional de Aduanas, que da cuenta de las sustancias que ingresan y salen del país, y de los agentes que las traspasan a través de las fronteras nacionales. Sin embargo, para tener una visión completa de la situación nacional, es necesario contemplar lo que ocurre dentro de las fronteras, que no es detectado por la información de Aduanas. Así, se contempla la recopilación/revisión/validación y eventual corrección, donde se contrasten las importaciones y exportaciones reportadas, con los usos locales que se dan de los HFC (puros o en mezcla) y la recuperación, destrucción y reciclaje, incluyendo múltiples fuentes:

- **Datos del Servicio Nacional de Aduanas:** Este organismo público es el responsable de registrar los ingresos y egresos de productos, sustancias, artefactos, equipos y distintos bienes a través de las fronteras del país. Por lo anterior, se considera que la fuente primaria de información corresponde a sus bases de datos. Se solicitó, vía ley de transparencia, información asociada a las partidas arancelarias siguientes, para los años 2016 a 2018:
 - 8418.69 -- Los demás:
 - 8418.6910 --- Instalaciones frigoríficas
 - 8418.6921 ---- Equipos de producción frío para incorporar en contenedores
 - 8418.6922 ---- Unidades condensadoras (conformadas por un compresor y un condensador como mínimo), con carga de refrigerante
 - 8418.6929 ---- Las demás
 - 8418.6960 --- Equipo frigorífico autocontenido para ser montado sobre pared o techo («tipo mochila»)
 - 8415.2000 - De los tipos utilizados en vehículos automóviles sus ocupantes
 - 8415.8110 --- De los tipos autocontenidos con distribución de aire mediante ductos («Roof-top»)
 - 8415.8190 --- Los demás
 - 8415.82 -- Los demás, con equipo de enfriamiento:
 - 8415.8210 --- De los tipos autocontenidos con distribución de aire mediante ductos («Roof-top»)

Es importante destacar que la información obtenida de importaciones/exportaciones, corresponden a un mecanismo de identificación de agentes relevantes en el mercado, así como un indicador de los ingresos de sustancias/equipos/vehículos ingresados al país.

- **Datos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles:** la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) posee bases de datos con características relevantes de equipos y artefactos que se comercializan en Chile. Entre estas se destacan:
 - a. **Importaciones de equipos con sello de EE:** de la experiencia del equipo consultor, la SEC posee bases de datos de importaciones y fabricación de equipos que están sujetos al etiquetado de eficiencia energética. Entre estos equipos se encuentran los de aire acondicionado doméstico. Esta información servirá para contrastar antecedentes con las bases de datos de Aduanas y complementarlas.
 - b. **Otras bases de datos SEC:** se consultará a la SEC por la existencia de bases de datos de importaciones/exportaciones y/o fabricación en Chile, de equipos que estén dentro del alcance del estudio, y que requieran una certificación de seguridad previa a la comercialización en el país. Esta información también podrá ser contrastada con los datos de Aduanas.

Se realizó la solicitud vía ley de transparencia y se está a la espera de los datos, para verificar si son de utilidad para este estudio.

- **Datos de agentes del mercado nacional:** para el caso de recicladores, mantenedores nacionales de artefactos y equipos, se tomó como punto de partida la información del inventario anterior, y se verificó si estos agentes aún participan del mercado y si se han sumado otros. Para la identificación de nuevos agentes se considera el criterio experto del equipo consultor y los contactos dentro de la industria que éste posee. Junto con lo anterior, se procedió a realizar búsquedas en internet, portales con datos de empresas (como mercantil, páginas amarillas), agrupaciones de empresas afines (como la Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización, Asociación Nacional Automotriz de Chile, Asociación de Supermercados de Chile), contacto directo con empresas relevantes⁷⁴, entre otros.
- **Bases de datos de instituciones estatales:** el equipo consultor ha trabajado con bases de datos de empresas que, por la realización de su giro principal, deben refrigerar o climatizar cantidades relevantes de productos o espacios, por lo que hacen uso de HFC. Así, se solicitará información (con el apoyo de la contraparte) a la SEREMIS de Salud, Dirección del Trabajo⁷⁵, entre otras afines, que cuentan con registros de estos agentes.
Se considera, además, identificar instalaciones de almacenamiento de productos en frío (packing, frigoríficos) desde las bases de datos antes mencionadas, adicionando datos de SERNAPESCA y del SAG, con el fin de poder identificar instalaciones y poder realizar la consulta de las empresas que realizan el transporte de sus productos, logrando una mejor identificación de las empresas transportistas. Recibida la información solicitada a las mencionadas instalaciones por la ley de transparencia, se procedió a identificar sus datos de contacto y enviar la consulta

⁷⁴ Como Regener, que realiza en Chile la recuperación de sustancias refrigerantes.

⁷⁵ Registro de cámaras refrigeradas a la Dirección del Trabajo.

respecto de la manera en que realizan su transporte refrigerado, considerándose que si la flota es propia se enviará la consulta para conocer la composición y características de la misma, o bien se le solicita el dato de contacto de la empresa que les realiza el servicio (en caso de usarlo, dado que se ha verificado empresas que realizan el transporte en sistemas aislados y no refrigerados).

A lo anterior se suma el Servicio de Impuestos Internos, que cuenta con información de las personas jurídicas que participan de determinadas actividades económicas. Con esto se complementa la información de recintos que manejan cadenas de frío y podrían requerir de transporte refrigerado, además de supermercados.

- **Asociaciones gremiales:** Se solicitó información a la Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G., Asociación de Buses Interprovinciales, Internacionales e Industriales (ABI-AG) y la Asociación de Supermercados de Chile (ASACH) respecto de ventas de vehículos en Chile (livianos, pesados y buses) e información de sus asociados.
- **Búsqueda amplia en internet:** Se realiza una búsqueda amplia en internet, consultando distintos criterios para identificar empresas que son de interés para este estudio.

Con la información recopilada, se construye una base de datos de contactos para hacer envío de la consulta, o bien agendar reuniones para recopilar información relevante del mercado, como por ejemplo, prácticas de mantenimiento, vida útil real, entre otras que influyen en el comportamiento del banco.

Se considera la recopilación de la información con las siguientes estrategias, que pueden ser aplicadas de manera única o en conjunto para que a quién responda escoja la opción que le resulte más cómoda, aumentando así la posibilidad de obtener una respuesta

1. **Consulta vía correo electrónico,** las preguntas se estructuraron en una planilla Excel, siguiendo un formato de encuesta, sencillo de completar. Se consideran formularios diferenciados según el tipo de agente de mercado. Estos se entregan como anexo digital.⁷⁶
2. **Consulta telefónica,** para agentes que no tengan acceso o no comprendan el funcionamiento de una consulta vía correo electrónico, es posible realizar las consultas de manera telefónica. En una primera llamada se puede indicar la información necesaria, y en una posterior realizar la recopilación de información.
3. **Consulta presencial.** Las visitas presenciales se reservan para casos puntuales que dada la magnitud de las importaciones o del manejo de HFC que realizan o el conocimiento del mercado que el agente pueda tener, resulta conveniente para el correcto desarrollo del estudio la concreción de una reunión presencial. Estas reuniones se realizarán preferentemente en la Región Metropolitana. Para reuniones en otras regiones, se coordinará su desarrollo y los costos de las mismas con la contraparte.

Dado los plazos del estudio, no se considera factible el realizar una visita presencial a todos los agentes del mercado, por lo que se contempla una estrategia mixta, basada en un primer acercamiento telefónico, donde se dará a conocer la realización del estudio y se

⁷⁶ Ver “Formularios Servicios”, “Formulario Supermercados” y “Formulario Transporte refrigerado”.

identificará a la persona idónea para realizar la consulta. Luego, se realizará el envío de un formato en Excel para ser completado entregando un plazo de 2 semanas, y si no se tiene respuesta, se insistirá reenviando la consulta.

El correo electrónico junto con la carta de contacto se envía desde una cuenta de correo desarrollada por el MMA para efectos de la consulta. Esta alternativa permite que la contraparte mantenga un control constante de las acciones tomadas para contactar a los agentes de mercado, pudiendo además obtener como producto de la consultoría este canal de contacto con las entidades consultadas. Adicionalmente, el hecho de enviar un correo desde una cuenta de la Autoridad, mejora la tasa de respuesta. Por lo anterior, esta alternativa es sugerida como la más adecuada.

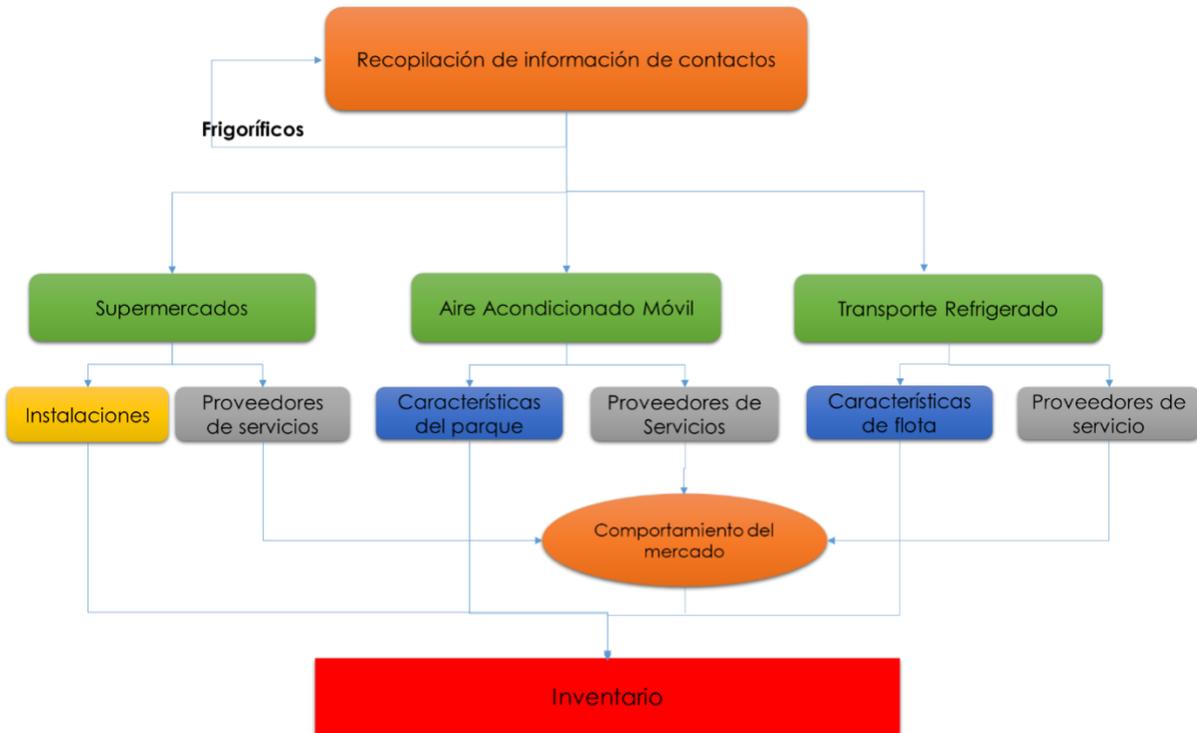
Complementario a lo anterior, para empresas que no sea posible obtener un correo electrónico de contacto, se contempla el envío de cartas por correo solicitando información y contactar al equipo consultor.

El equipo consultor no puede asegurar una tasa mínima de respuesta, pero sí que realizará todos los esfuerzos que estén a su alcance para poder recopilar la mayor cantidad de información posible. Se enviarán correos recordatorios semanales a quienes no hayan respondido la consulta, y se realizarán llamados telefónicos para el mismo fin, y, si la contraparte lo estima conveniente, se puede solicitar el apoyo a asociaciones gremiales. Se mantendrá una base de datos donde se muestren las acciones de contacto tomadas con cada empresa. Esta última será entregada como anexo digital a esta consultoría.

Junto con lo anterior, miembros del equipo consultor pueden realizar video conferencias con agentes de mercado que tengan dudas respecto de cómo contestar la consulta, y también, si se estima conveniente para la consecución de los objetivos, visitar agentes con residencia en la Región Metropolitana.

A modo de resumen, se muestra de manera esquemática la manera en que se conseguirá la información para el inventario, donde en una primera etapa se realiza la recopilación de información de contacto de los agentes del mercado o de otros agentes (frigoríficos y elaboradores de alimentos) que puedan tener flotas o entregar contactos de transporte refrigerado. Luego, el inventario se construye con la información de instalaciones entregada por sus titulares o por quienes realizan las ventas, como el caso de aire acondicionado en vehículos, complementada con los prestadores de servicios, que permiten conocer prácticas de mantenciones y ocurrencia de pérdidas.

Figura 37. Construcción de inventario



Fuente: Elaboración propia

12.3.2. DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Como ya se mencionó, se considera el desarrollo de una consulta en formato Excel para hacer llegar a las empresas que manejan, ingresan o exportan HFC y que se encuentran dentro del alcance de este estudio.

Se considera que, para mejorar la tasa de respuesta, las consultas deben estar específicamente diseñadas para el tipo de actor al que van dirigidas, considerando un módulo común de identificación de quien responde y de la empresa a la que representa.

Es importante destacar que la información a solicitar a cada agente corresponde a una primera aproximación, la que será revisada durante el desarrollo del estudio. Además, como puede observarse de la revisión de la metodología, en varias actividades se menciona que se requerirá solicitar información a agentes de mercado, y se considera relevante solicitar toda la data requerida en una sola consulta. Es por esto que, para evitar el realizar múltiples consultas que pueden molestar a los interlocutores, y hacer que dejen de contestar, se realizará una revisión acabada de los requerimientos para cada uno de los agentes, para condensarlos en una única consulta que podría tener dos partes (una tipo encuesta y otra tipo entrevista).

SUPERMERCADOS

Para aquellos que cuentan con **instalaciones en bienes inmuebles de climatización o refrigeración**, se considera solicitar la información que se detalla a continuación, distinguiendo entre el formulario en Excel y otro como formulario de Google.

Tabla 62. Información de contacto solicitada a las empresas

Identificación Empresa	
Razón Social/ Nombre:	
RUT:	
Dirección:	
Datos de Contacto	
Nombre de Contacto:	
Cargo:	
Teléfono:	
Correo electrónico:	
Datos de la empresa que realiza la mantenciones de los sistemas de refrigeración/aire acondicionado	
Nombre de la empresa:	
Nombre de contacto:	
Teléfono de contacto:	
Email de contacto:	

Fuente: Elaboración propia

Luego, se consulta respecto a las prácticas y usos de refrigerantes en los supermercados:

- ¿Desde qué año sus instalaciones utilizar refrigerantes que no dañan la capa de ozono?, ¿cuáles utilizan?
- ¿Tienen contemplado, en el corto, mediano o largo plazo, realizar un cambio por refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico (reducción de gases de efecto invernadero)?
- ¿Con qué periodicidad realiza mantenciones a los sistemas de refrigeración/climatización en sus instalaciones?
- Respecto de los sistemas de refrigeración/climatización en sus supermercados, ¿cuánto estima que son las pérdidas promedio (en porcentaje) de refrigerante?

Si bien el inventario que se debe realizar en este estudio abarca el periodo 2016-2018, se considera solicitar información respecto del total de instalaciones al 2018 indicando el año de puesta en funcionamiento, con el fin de verificar la consistencia con los datos del inventario anterior y poder realizar el empalme de las series de tiempo, además de identificar lo que se haya incorporado en el periodo de tiempo que es objetivo de este estudio⁷⁷. El formato utilizado es el mostrado en la Tabla 63, que es el mismo considerado para el requerimiento de datos para el periodo que es del alcance de este trabajo.

⁷⁷ Se debe considerar que debe realizarse un empalme entre los resultados de (GreenLabUC; DICTUC, 2017), que comprende los años 1990 a 2015, y los resultados de este estudio, que van desde 2016 a 2018. Para estos efectos, se considera relevante conocer si existen diferencias entre lo recopilado en ambos estudios, con el fin de establecer si es necesario realizar algún ajuste en los datos para que ambas series de tiempo sean compatibles.

Finalmente, se solicita información de las compras de refrigerante que se hayan realizado, en el periodo, y el origen y destino de las mismas, en el mismo formato que para supermercados (ver Tabla 64).

SERVICIOS ASOCIADOS A SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO MÓVIL, REFRIGERACIÓN/CLIMATIZACIÓN EN SUPERMERCADOS, Y TRANSPORTE REFRIGERADO

Para empresas que realizan **servicios relacionados a HFC**, como reciclaje, recuperación, regeneración, destrucción, o carga de equipos (por ejemplo, mantención de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, etc.), se consulta lo siguiente:

Tabla 68. Solicitud de información de empresas de servicios

Identificación Empresa	
Razón Social/ Nombre:	
RUT:	
Dirección:	
Datos de Contacto	
Nombre de Contacto:	
Cargo:	
Teléfono:	
Correo electrónico:	

Fuente: Elaboración propia

Luego, se solicita indicar el o los rubros que son de interés de este estudio, en los que se desempeña la empresa:

Tabla 69. Solicitud de ámbito de desempeño, formulario servicios

<input type="checkbox"/>	Venta de refrigerante a empresas de servicios de climatización/refrigeración
<input type="checkbox"/>	Servicios a clientes finales de aire acondicionado móvil (instalación de nuevos sistemas, mantención de sistemas, entre otros)
<input type="checkbox"/>	Servicios a clientes finales de transporte refrigerado (instalación de nuevos sistemas, mantención de sistemas, entre otros)
<input type="checkbox"/>	Servicios a clientes finales de supermercados (instalación de nuevos sistemas, mantención de sistemas, entre otros)
<input type="checkbox"/>	Otros (especificar)
<input type="checkbox"/>	Otros (especificar)
<input type="checkbox"/>	Otros (especificar)

Fuente: Elaboración propia

Junto con lo anterior, se solicitan información de su proveedor de refrigerante (nombre de la empresa y datos de contacto). Luego, se pide ingresar datos de la actividad de la empresa en los segmentos que son objeto de este estudio, como se muestra en la figura a continuación:

Tabla 70. Solicitud de información de actividad de la empresa, formulario servicios

Actividad del año 2016									
Tipo de refrigerante (*)	Uso en aire acondicionado móvil (**)			Uso en transporte refrigerado (**)			Uso en refrigeración/ climatización de supermercados (**)		
	Retiro/recuperación (kg) (***)	Carga de Sist. Nuevos (kg)	Mantenciones Sist. Existentes (kg)	Retiro/recuperación (kg) (***)	Carga de Sist. Nuevos (kg)	Mantenciones Sist. Existentes (kg)	Retiro/recuperación (kg) (***)	Carga de Sist. Nuevos (kg)	Mantenciones Sist. Existentes (kg)

Fuente: Elaboración propia

SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN RECOPIADA

Luego de definidos los formularios para recopilación de información para agentes de mercado, debe definirse un formato de sistematización de todos los datos recogidos.

Tabla 71. Propuesta preliminar para sistematización de información

Tipo producto de	Refrigerante	Banco			Fugas		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Sistema de frío en supermercados	R-404A						
	R-22						
	R-410A						
	R-507A						
	R-134a						
	R-407C						
	CO ₂						
Vehículo liviano	HFC-134a						
	HFO-1234yf						
Bus	HFC-134a						
Vehículo pesado	HFC-134a						
Vehículo fuera de ruta	HFC-134a						
Otros vehículos	HFC-134a						
Metro de Santiago	R-407c						
EFE	R-134a						
	R-407c						
	R-410						

Tipo producto	de Refrigerante	Banco			Fugas		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Transporte refrigerado							

Fuente: Elaboración propia

12.4. ANEXO 4. CONSULTAS PARA ASOCIADOS DE ANAC

- Identificación de la empresa:
- Identificación y datos de contacto de quién responde
- Cantidad de modelos vendidos actualmente en Chile con/sin aire acondicionado, distinguiendo según segmento:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- Refrigerante utilizado, distinguiendo según segmento:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- Cantidad de refrigerante en kg (promedio o por modelo, según disponibilidad de información), distinguiendo según segmento:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- Vida útil de los sistemas de AA, distinguiendo según segmento:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- Periodicidad de la mantención **recomendada** para los sistemas de aire acondicionado, distinguiendo según segmento:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- Periodicidad de la mantención **observada** en la práctica, distinguiendo según segmento:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- Prestación de servicios: Indicar si realizan lo siguiente (sí/no):
 - Incorporación de sistemas de AA en vehículos que no los poseen, distinguiendo los siguientes segmentos:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
 - Mantención de sistemas de AA en vehículos, para:
 - Vehículos livianos
 - Vehículos pesados
 - Buses
- La Directiva 2006/40/CE impone la prohibición de comercialización de vehículos con sistemas de aire acondicionado que contengan refrigerantes del tipo HFC.
 - ¿Su empresa ofrece vehículos en el mercado nacional con refrigerantes alternativos (por ejemplo: R-1234yf)?
 - ¿Cómo proyecta que se refleje en el mercado nacional las imposiciones de la mencionada Directiva? En particular, ¿su empresa considera dejar de comercializar modelos que incluyan HFC?, ¿cuándo comenzará (o

comenzó) el cambio?, ¿en qué año se estima que ningún modelo incorporará HFC como refrigerante del sistema de aire acondicionado?

12.5. ANEXO 5. RESÚMENES DE ENTREVISTAS

A continuación se presentan los elementos más relevantes tratados en cada una de las reuniones sostenidas.

12.5.1. AIREX

La reunión se llevó a cabo en las oficinas de la empresa, con el Sr. Gustavo Navarro, dueño de la compañía. A la reunión también asistió el Sr. Nelson Carvajal, Jefe de Abastecimiento de la misma empresa.

Los principales temas tratados fueron:

- Respecto del refrigerante utilizado, se indica que predominantemente es el R-134a y se proyecta que la situación no cambiará en el corto plazo. El costo de una recarga del mencionado HFC es de 30.000 clp aprox., mientras que la recarga de R-1234yf es de 400 USD. Añade que la bombona de HFO tiene un costo de aprox. 800.000 clp y alcanza para 3 o 4 recargas.
- Por la diferencia de costos antes mencionada, la participación actual en el mercado de vehículos con HFO se estima en el rango entre 0,2% y 0,5%.
- Respecto del precio futuro del HFO, se menciona que es fabricado por Dupont y es muy costoso. Menciona que en China se están manufacturando alternativas, lo que debiese significar una caída en los precios y un eventual aumento en la participación de este refrigerante.
- Sobre las prácticas en el manejo del gas dentro de la empresa, indican que cuando un vehículo ingresa con una falla eléctrica o mecánica en el sistema, cuentan con una máquina para recuperar el refrigerante. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los vehículos ingresan al servicio técnico sin carga de refrigerante.
- Respecto del mercado en general, indica que se aprecia mucha ignorancia y un bajo nivel de profesionalismo (muchos de los que trabajan en el rubro lo hacen como un oficio, sin estudios formales en la materia), que en los últimos años se ha ido revirtiendo.
- Al ser consultado respecto de parámetros relevantes por tipo de vehículo se obtuvo lo siguiente:
 - Vehículos livianos: la vida útil de los sistemas es indeterminada. Es posible realizar la reconversión migrando desde R-134a a R-1234yf siendo necesario el cambio de filtros y válvulas. En furgones existen versiones con un sistema de aire acondicionado para el piloto, y otro separado para los pasajeros, utilizando un promedio de 800 gr de R-134a.
 - Camiones: se realizan mantenciones anuales y vienen sin carga de refrigerante. Estima que en Santiago en 40% de los camiones tiene aire acondicionado, y que en la minería alcanza al 80%, obteniendo un promedio general de entre 50 y 60% de camiones circulando con sistema de climatización en la cabina.
 - Buses: los sistemas son más robustos que los de camiones.
 - Máquinas fuera de ruta: utilizan entre 800 y 1.500 gr de R-134a. Se estima que el 70% de ellas tiene sistemas de aire.
- Al ser consultado respecto de las pérdidas en el proceso de instalación o de mantención de los sistemas, indica que éstas solo ocurren cuando el proceso no es llevado a cabo de manera correcta.

- El Sr. Navarro manifiesta su disposición a sostener una reunión con el Ministerio del Medio Ambiente para contar de su experiencia y conocimiento del mercado, lo que permitiría identificar oportunidades de mejora de procesos y dirigir líneas de acción.

12.5.2. WALLMART

La reunión se llevó a cabo en la Escuela de Servicios de la empresa, y los asistentes fueron la Sra. María Dolores Gonzáles por parte del Ministerio de Medio Ambiente y la Srta. Iris Silva por parte de ATS Energía, mientras que por Walmart asistieron:

- José Pablo Villouta - Gerente Logística
- Sergio Cebrero – SubGerente Mantenimiento Logística
- Boris Contreras – SubGerente Mantenimiento Locales
- Camilo Montefusco – Jefe Mantenimiento Logística
- Esteban Soto – Jefe Medio Ambiente Logística
- Loreto Prado – SubGerente Food Safety / Compliance

Los principales temas tratados fueron:

- Walmart realiza consultas respecto del alcance del estudio, obligatoriedad de respuesta, eventuales fiscalizaciones asociadas entre otros afines.
- Menciona que por política de la empresa deben tener 0 emisiones al 2025 y esperan encontrar oportunidades de colaboración y trabajo con el Ministerio.
- Mencionan que en centros de distribución utilizan amoniaco.
- Comprometen el envío de información regionalizada de tiendas y flotas de transporte.
- Comprometen el desarrollo de una reunión posterior para conocer la realidad de la cadena respecto de estos temas.

12.5.3. PALCAR

La entrevista se llevó a cabo el día lunes 18 de febrero de 2020, con el Sr. Ismael Tillerías, Técnico en Climatización, en las oficinas de la empresa.

- A sistemas de aire acondicionado en vehículos livianos se recomienda la primera mantención a los 4 años y luego anualmente. En la práctica llegan a taller cuando hay falla, y pueden pasar hasta 10 años (entre 7 y 10 años) para que esto ocurra e ingresan sin carga de refrigerante. Para vehículos utilitarios la situación es similar.
- Los buses se preocupan más. Realizan mantenciones anuales y los principales problemas son de sellos. Usan entre 2 y 3 kg de R-134a.
- No trabajan con vehículos que contengan HFO.
- Los vehículos fuera de ruta usan entre 1 y 2 kg de refrigerante.
- Sobre los camiones, indica que, para aire acondicionado, la carga es de 700 gr de R-134a. Estima que en el mercado el 70% de los camiones tiene aire acondicionado, viniendo algunos instalados de fábrica y el resto de instalación nacional.
- Cuando realizan la instalación en camiones, éstos no vuelven para las mantenciones recomendadas y llegan a taller cuando hay fallas (sin refrigerante).
- Respecto de la instalación de sistemas de aire acondicionado en vehículos livianos, cuando no lo tienen incorporado de fábrica, estima es un promedio de 8 vehículos mensuales en la empresa, con una alta estacionalidad. Estima que la cifra a nivel nacional es baja.

- Respecto de las bombonas, declara que extraen el total del gas de ella, por lo cual no generan residuos peligrosos.

12.5.4.TREN CENTRAL

La entrevista se llevó a cabo el día jueves 13 de febrero de 2020, con el Sr. Pablo Tabilo y la Sr(t)a. Roxana Ormeño, en las oficinas de la empresa. En la visita se sostuvieron reuniones con personal de mantención de Alstom y Temoinsa. En general se destaca lo siguiente:

- No existen planes de expansión aprobados actualmente, por lo que no es posible proyectar un crecimiento de trenes.
- Actualmente no existe un plan de recambio de trenes.
- En licitaciones el tipo de refrigerante de los trenes no se ha incorporado como variable de decisión.

Alstom

En la reunión participaron, además de las personas de Tren Central, Miguel Bello (Jefe de Operaciones) y Felipe Pacheco. Los principales hallazgos de la reunión se presentan a continuación:

- Los trenes son propiedad de Tren Central y Alstom realiza las mantenciones.
- Cada tren tiene 2 coches y cada coche tiene un sistema de 35 kW con 9 kg de R-134a.
- En el plan de mantenimiento preventivo no se encuentra la recarga de refrigerante. Esto es realizado por una empresa externa como mantenimiento correctivo, y se realiza unas 3 a 4 veces al año.
- Alstom compró 5 bombonas de 13 kg cada una. Desde 2017 solo completaban lo que faltaba a los sistemas y solo en una oportunidad se realizó una carga completa.
- Cuando realizan reparación extraen el gas, hacen prueba de vacío y recargan con el mismo.
- Air Expert Climatización limitada es la empresa que realizó las mantenciones. Internamente Tren Central solicitará la magnitud de las recargas para el periodo de estudio.
- Alstom se encarga de 16 trenes de 2 coches.
- La vida útil de los trenes se estima en 30 años, pero no hay proyecciones de obsolescencia, dado que actualmente circulan trenes con antigüedad superior a 30 años.
- Tienen un contrato de manejo de desechos peligrosos, por lo que se realiza la correcta disposición de los refrigerantes.

Temoinsa

En la reunión participó, además de las personas de Tren Central, Cristian Espinosa Gerente Operaciones y RRHH. Los principales hallazgos de la reunión se presentan a continuación:

- A trenes de la década de 1980 se incorporó entre 2002-2004 sistemas de aire acondicionados nuevos.
- Usan R-134a y trenes nuevos que llegarán en el corto plazo usan R-404A.
- Tienen 2 tipos de trenes. Uno tiene 3 coches indivisibles y usan 50 kg de R-134a. Otro modelo más nuevo usa 100 kg de un refrigerante por confirmar (puede ser R-404A o R-444).

- A los equipos de aire acondicionado se realiza diariamente una inspección visual. Son comunes los golpes por piedras o animales en las vías.
- Tienen máquinas recuperadoras de refrigerantes para las mantenciones, que realiza la misma empresa (no un tercero). Así, cuando hay fallas en un compresor realizan la extracción del refrigerante, la reparación y luego lo reinyectan.
- Las pérdidas de refrigerante se estiman en un 30% por año.
- Cuando un tren es retirado de circulación por un accidente, se recupera todo lo que sea posible, incluyendo el refrigerante. Si se retiran por una decisión comercial, el tren queda en Stand-by, pudiendo volver a operar.
- Los trenes nuevos cumplen con la normativa europea, y tienen un refrigerante distinto al R-134a.
- Tienen un contrato de manejo de desechos peligrosos, por lo que se realiza la correcta disposición de los refrigerantes.

12.5.5. NUOVA SERVICE

La entrevista se llevó a cabo el día miércoles 12 de febrero de 2020, con el Sr. Pier Zeccheto, Gerente General, en las oficinas de la empresa. Los principales elementos de la conversación son:

- La empresa trabaja con CO₂, principalmente migrando desde freón.
- Respecto del consumo específico de refrigerante, no es posible obtener un estándar en (kg de refrigerante)/(superficie refrigerada), dado que existe una gran dispersión, dada la influencia del clima del lugar, el tipo de productos ofrecidos y la configuración del sistema. No obstante lo anterior, hay formatos tipos que se repiten en muchas salas de ventas.
- En climatización la dispersión es más acotada y es más confiable tener aproximaciones. Así, es posible afirmar que por cada HP se cuenta con 4-5 kg de refrigerante, independiente del tipo de éste.
- Independiente de la temperatura de evaporación, podría estimarse que hipermercados (como hiper Líder, Jumbo y el 10% de los Tottus) tienen una capacidad de frío de entre 300 y 400 kW, los supermercados medianos (90% de los Tottus, y otros como Santa Isabel, Mayorista, etc.) 150 kW de frío y los pequeños 50 kW de frío.
- El supermercado es el que tiene la información de la pérdida de refrigerante.
- Según estimaciones del entrevistado, en refrigeración las pérdidas ascienden a un 35% y en climatización es menos.
- Actualmente los refrigerantes predominantes son el R-507A y el R-22, reportándose, incluso, tiendas nuevas con este último tipo de refrigerante.
- La tendencia en el desarrollo del sector dependerá de los patrones de consumo. Si los clientes prefieren el despacho a domicilio el desarrollo será de centros de distribución y aumentará el número de camiones en circulación de camiones. Sin embargo, el consumo de frío va a seguir alimentando de la mano de la demanda por alimentos frescos y congelados.
- El CO₂ como reemplazo entra con fuerza. El 2008 en todo el mundo había 140 supermercados usando este refrigerante y al 2018 eran 20.000. Actualmente en Chile 11 tiendas lo usan.
- El CO₂ también se utiliza en centros de distribución.
- Se proyecta una baja de los precios de sistemas con CO₂, de la mano de la masificación de la tecnología. Adicionalmente, el evaporador utilizado es más barato que para sistemas con otros refrigerantes.
- El CO₂ también se utiliza en contenedores, buses eléctricos, cruceros.

12.5.6.THERMOKING

La entrevista se llevó a cabo el día lunes 17 de febrero de 2020, con el Sr. Pablo Paredes, en las oficinas de la empresa.

- La empresa tiene liderazgo en la venta de equipos de refrigeración nuevos (comprometió envío de información de participación de mercado y de datos de contacto de empresas que trabajan con equipos usados, que son los predominantes en el mercado), distinguiendo lo siguiente:
 - Sistemas con 1 kg de refrigerante: son armados en Chile y las pérdidas de refrigerante se estiman entre un 8 y 10%.
 - Sistemas de 3 kg de refrigerante, vienen armados de fábrica y las pérdidas se estiman en un 3% anual.
 - Sistemas de 6 kg de refrigerante, vienen armados de fábrica y las pérdidas se estiman en un 3% anual.
- La venta de sistemas pequeños (1 kg) se alinea con la venta en Chile de camiones y camionetas. Para sistemas más grandes, las ventas son variables y corresponden a negocios específicos.
- En camiones el refrigerante más usado es el R-404A y en buses el R-134a.
- Se proyecta que el R-134a será reemplazado por R-1234yf y el R-404A por R-452.
- En la fábrica se ajustan a la normativa europea.
- Cuando llegan equipos a mantención generalmente perdieron todo el refrigerante, por lo que no realizan recuperación.
- Se comprometen al envío de información e la actividad de la empresa para el periodo de estudio en las próximas semanas, dado que la persona a cargo se encuentra de vacaciones. Este compromiso no se cumplió.

12.5.7.TRANSPORTES ABARCA

La reunión fue realizada en las oficinas de la empresa con don Fernando Abarca, dueño de la empresa, el día 7 de febrero. Los principales hallazgos se muestran a continuación.

- Potencia térmica depende del equipo, los de Transportes Abarca son Thermoking.
- Tipo de refrigerante de los camiones es R-404A, cantidad media por equipo 1,8; 2,5 a 1,2 dependiendo del modelo.
- Los vehículos grandes usan R-404A o R-507A un vehículo mediano (carrocería 5,5 x 10) usa 2,4 kg de refrigerante.
- Unidad más grande 7 kilos equipo autónomo Trailer.
- Fugas totales 5% del mercado, la mayoría es eléctrico.
- La mayoría furgones usa R-134a.
- Usan refrigerante Wasum, que es bueno y barato.
- Siempre la temperatura de sus camiones es de -25°C.
- Entregan en mercados, mall, supermercados, negocios, entre otros afines.
- Tienen 22 camiones refrigerados.
- Tiene 60 camiones con sistema de placas que se cargan, llegan a los -40°C.
- Ramplas y equipo autónomo ThermoKing.
- Motores Ino y Kia
- Crecimiento de la flota propia de 2012 a 2018 80%.
- Nazar es contratado por Savory y Nestle. Transportes Abarca son subcontratados por empresa Nazar.

12.5.8. REGENER

La reunión fue realizada el día 21 de enero de 2020, con el Sr. José Luis Rojas, director de la empresa. Los principales temas tratados en la reunión se resumen a continuación:

- Entre el 5 y el 10% del gas contenido en una bombona no es extraído de las mismas y generalmente no se dispone de manera correcta, siendo esta cantidad liberada al medioambiente para evitar el tener que disponerlo como residuo peligroso.
- En prestación de servicios a sistemas de aire acondicionado en vehículos, el 80% de las fallas es fuga y no se realiza recuperación de refrigerantes.
- Según el conocimiento del entrevistado, la situación de supermercados en Chile es la siguiente:
 - Algunos grandes han comenzado el cambio a CO₂.
 - Predomina el R-507A y R-404A. En algunos locales aún se usa R-22.
 - La tasa de recuperación (desde sistemas o bombonas) es muy baja.
- No hay trazabilidad de las grandes empresas que realizan recuperación de refrigerantes. Es información que manejan las mismas empresas o sus prestadores de servicio técnico.
- En prestadores de servicio para aire acondicionado móvil, en la mayoría de los casos, sobre todo en talleres pequeños, no se realiza recuperación de gases y aunque el sistema ingresado por falla contenga refrigerante, éste se libera al medio ambiente y la carga se realiza completa.
- Proyecto un crecimiento del 15% anual en la tasa de recuperación, lo que podría aumentar al doble con regulación adecuada.

12.5.9. ANAC

- La reunión se llevó a cabo en las oficinas de ANAC el día 6 de enero, con el Sr. Daniel Nunes, Gerente de Operación y el Sr. Diego Mendoza, Secretario General. Los principales temas tratado fueron los siguientes:
 - Entregan información del porcentaje de vehículos livianos que son vendidos con sistemas de aire acondicionado incorporados.
 - Comprometen el envío de información de ventas de vehículos por marca y modelo para el periodo de estudio.
 - Comprometen colaboración con la realización de una consulta a sus asociados. ATS compromete el envío de las preguntas (validadas por la contraparte técnica) para que ANAC realice la consulta, dado que se estima que esta estrategia entregará una mejor tasa de respuesta.
 - Se acuerda realizar una reunión entre ANAC, ATS y el Ministerio del Medio Ambiente, además de representantes de las principales marcas en Chile, la que será gestionada por ANAC.