



Análisis del mercado potencial de offsets en Chile en el marco de la propuesta de modificación de los Impuestos Verdes

Proyecto N° Ref. 83307193



En septiembre de 2014, como parte de una ley general de reforma tributaria, Chile aprobó la implementación de un impuesto anual a las emisiones contaminantes, mediante el artículo 8° de la Ley 20.780, que grava directamente las emisiones de MP, NOx, SO₂ y CO₂. El impuesto a las fuentes fijas se comenzó a implementar a partir del año 2017 y afecta a establecimientos que cuentan con calderas o turbinas que, individualmente o en su conjunto, sumen una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt (megavatios térmicos), considerando el límite superior del valor energético del combustible.

Durante su primer año de aplicación se gravaron 94 establecimientos, responsables de aproximadamente un 40% de las emisiones de CO₂ del país, recaudando US\$ 191 millones sobre un total de aproximadamente US\$ 300 millones que corresponde al total de las emisiones contaminantes locales y globales. Las emisiones de CO₂ representaron un 88% de la recaudación total de los Impuestos Verdes a las fuentes fijas.

Actualmente, existe un proyecto de ley en discusión en el Congreso que modifica la aplicación de este gravamen. Dentro de estas modificaciones, el artículo 8 se modificaría en el siguiente sentido: “Los contribuyentes afectos al impuesto al CO₂ establecido en el presente artículo respecto al CO₂, podrán compensar sus emisiones de CO₂ gravadas, a través de la implementación de proyectos de reducción de emisiones de CO₂ desarrollados a nivel nacional bajo los estándares y modalidades de participación establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente mediante resolución exenta”¹.

Con el fin de analizar las alternativas y mejores opciones para la implementación de un sistema de compensaciones (*offsets*) en el marco de los Impuestos Verdes, la presente consultoría tiene por objetivo elaborar un diagnóstico del estado actual de compensaciones (*offsets*) de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) existentes en Chile y realizar un análisis de mercado potencial de éstas y otras compensaciones adicionales que podrían viabilizarse en el marco de la propuesta de modificación de los impuestos a fuentes fijas de la Ley 20.780 que actualmente se discute en el Congreso, incluyendo análisis de co-beneficios y desarrollo de servicios asociados a este mercado en el país.

Este informe pretende ser una base de información y análisis para continuar elaborando en torno a la discusión del diseño de un sistema de compensación de emisiones en el marco del impuesto verde, que se adapte a la realidad y objetivos de desarrollo de nuestro país. Contribuye con un ejercicio de estimación del potencial máximo teórico de oferta de *offsets* y propuesta de configuración general de un sistema para Chile, apuntando a equilibrar oferta con demanda para asegurar el correcto funcionamiento del instrumento, que busca incentivar, flexibilizar y escalar la reducción de emisiones.

Los contenidos tratados en el informe son:

1. Levantamiento de los mecanismos de compensación de emisiones GEI aplicados actualmente en Chile.
2. Ventajas y desventajas en el uso de mecanismos de *offsets*.
3. Oferta y demanda de *offsets* en el mercado nacional e internacional.
4. Propuesta de uso de *offsets* a nivel doméstico.
5. Co-beneficios en inversión, empleo y salud asociados al uso de *offsets* en un mercado doméstico.
6. Estudio de validadores y verificadores existentes y potenciales en Chile y existentes en el mundo.
7. Revisión de distintos sistemas de acreditación y aprobación de nuevos proyectos a nivel internacional: Propuesta de lineamientos generales para el caso de Chile.

1. Mensaje 107-366 de S.E. el Presidente de la República dirigido a la honorable Cámara de Diputados con el que inicia el Proyecto de Ley que moderniza la legislación tributaria (23 de Agosto, 2018), inciso vigésimo.

1. Mecanismos de compensación de emisiones GEI aplicados en Chile

En la actualidad, la importancia de reducir emisiones GEI individual o corporativamente es reconocida y valorada tanto a nivel nacional como internacional. Dado el consenso mundial que, aunque estas emisiones se generen en localidades concretas, su capacidad de dispersión en la atmósfera y su acumulación es capaz de generar fuertes impactos a nivel global. Han sido múltiples los esfuerzos que, hasta la fecha, diversas naciones han puesto en práctica para frenar el cambio climático.

Sin embargo, a nivel corporativo, a menudo resulta costoso cumplir con objetivos de reducción de emisiones de carbono a través de iniciativas internas. Para las organizaciones, entonces, surge la opción de invertir en terceros proyectos o programas de reducción de emisiones o de aumento de captura de carbono, los cuales deben asegurar o verificar que las reducciones de emisiones generadas efectivamente ocurran. A este proceso, se le denomina compensación de emisiones (*offsets*).

Para configurar un sistema de compensaciones, es importante realizar un estudio prospectivo de proyectos de reducción de emisiones GEI que cumplan con los estándares internacionales normalmente aceptados. Los *offsets* de estos proyectos que cumplan con estos requisitos pueden contribuir a lograr a reducir emisiones GEI de manera más costo-eficiente y al mismo tiempo, aumentar el ámbito de las reducciones GEI a sectores que actualmente no están cubiertos por el sistema de Impuestos Verdes.

Los mecanismos de reducción de emisiones GEI se clasifican en el marco de dos tipos de mercados de carbono, los cuales cuentan con un marco metodológico y regulatorio robusto, probado y reconocido a nivel internacional:

- Programas de compensaciones empleados en el mercado regulado: Sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases efecto invernadero, certificadas y contabilizadas bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, siglas en inglés). Actualmente existen dos mecanismos: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) e Implementación Conjunta (IC).
- Programas de compensaciones empleados en el mercado voluntario: Sistemas que incluyen todas las transacciones de créditos de carbono que no están regidas por una obligación regulatoria de cumplir con una meta de reducción de emisiones de GEI. Con el objeto de otorgarle mayor credibilidad y uniformidad, se crearon una serie de programas, estándares y herramientas de cálculo orientados a garantizar la calidad de las reducciones de emisiones GEI asociadas o “Verified Emission Reductions” (VERs, siglas en inglés). Actualmente los estándares más importantes son el VCS (Verified Carbon Standard) y el GS (Gold Standard). Existen otros estándares como el VER+, Green-e, CCB Standard, Social Carbon, Carbon Fix, entre otros, cuyo uso está menos extendido a nivel internacional.

El objetivo de los mecanismos, ya sean regulados o voluntarios, es asegurar que las reducciones sean reales, adicionales y permanentes, otorgar transparencia sobre los resultados esperados y nivel de riesgo, evitar la doble contabilidad y, en algunos casos, incluir la verificación de otros posibles co-beneficios asociados a los proyectos. Los mecanismos más utilizados en Chile: MDL, VCS y GS, cuyo estado actual se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1: Desempeño de mecanismos de reducción de emisiones GEI en Chile²

	MDL ³	VCS ⁴	GS ⁵
N° de proyectos registrados a la fecha	103	21	5
Tipología de proyectos registrados	Energías renovables (72%). Cambio de combustible fósil (2%). Forestación y reforestación (1%). Manejo de residuos (21%). Reducción de gases de alto poder de calentamiento global (2%).	Energía (76%). Manejo de residuos (10%). Agrícola-Forestal (14%).	Energía (4 proyectos). Manejo de residuos (1 proyecto).
Total de créditos emitidos a la fecha	29.953.600 (tCO ₂ e)	1.189.564 (tCO ₂ e)	1.147.279 (tCO ₂ e)
Total de créditos emitidos, cancelados y voluntariamente informados. ⁶	747.190 (tCO ₂ e)	631.337 (tCO ₂ e)	795.217 (tCO ₂ e)
Total de créditos emitidos y no cancelados a la fecha	29.206.410 (tCO ₂ e)	558.227 (tCO ₂ e)	352.062 (tCO ₂ e)
Potencial emisión de créditos anuales de acuerdo con periodo de acreditación vigente	12.302.921 (tCO ₂ e/año)	3.948.988 (tCO ₂ e/año)	674.804 (tCO ₂ e/año)

Fuente: Elaboración propia, junio 2019.

2. Esta tabla no considera el mecanismo JCM pues a la fecha de cierre de este informe no existen proyectos en el mecanismo que hayan certificado emisiones.

3. Análisis a partir de información obtenida en <http://www.cdmpipeline.org/overview.htm>

4. <https://www.vcsprojectdatabase.org/#/vcs>. Actualizado a noviembre de 2018.

5. <https://registry.goldstandard.org/projects>

6. Los créditos emitidos que no han sido cancelados pudieran ya haber sido transados en el mercado y no encontrarse disponibles para su uso en Chile.

2. Ventajas y desventajas en el uso de los mecanismos de *offsets* internacionales más utilizados en Chile

En este segundo capítulo se analizaron las ventajas y desventajas en el uso de los mecanismos de *offsets* anteriormente expuestos en el capítulo anterior, sus características principales y la experiencia de los participantes de proyectos en estos mecanismos.

Desde un punto de vista cualitativo, se elaboró una tabla comparativa de mecanismos y estándares para acreditar/certificar reducciones de emisiones GEI usados en Chile, utilizando una serie de atributos desarrollados por el equipo consultor basado en su experiencia, los cuales son calificados de la siguiente manera:

- Alta: El atributo se encuentra de manera relevante en el mecanismo.
- Media: El atributo se encuentra presente en el mecanismo. En este nivel es posible diferenciar en Media-Alta (atributo se encuentra presente de manera destacable sin llegar a ser relevante) o Media-baja (atributo se encuentra por debajo de lo esperable).
- Bajo: El atributo carece de la relevancia necesaria a criterio del equipo consultor o no se encuentra.

Los programas de compensaciones evaluados en esta sección fueron 4: MDL, VCS, GS y JCM. Los atributos considerados para la evaluación fueron los siguientes:

1. Alcance geográfico,
2. Integridad medioambiental,
3. Grado de simplicidad,
4. Flexibilidad,
5. Expectativas de uso en el tiempo (corto, mediano y largo plazo),
6. Solidez de los preceptos de auditoría,
7. Consistencia con los principios y metodologías de la UNFCCC y el Acuerdo de París,
8. Compatibilidad potencial con esquemas fuera del Acuerdo de París y
9. Valoración de co-beneficios.

A través de este análisis fue posible identificar atributos deseables y no deseables para un sistema de *offsets* doméstico.

Con el objeto de realizar un levantamiento de las experiencias y expectativas de los participantes de proyectos de reducción de GEI en los principales estándares y sectores relevantes, se organizaron actividades de consulta mediante un proceso participativo a través de talleres y entrevistas semi-estructuradas. En estas instancias se logró recolectar información general y específica de la experiencia de los participantes de proyectos de *offsets* y captar la opinión de representantes de potenciales sectores desarrolladores de nuevos proyectos de *offsets*.

Los resultados permiten concluir que los mecanismos de compensación internacionales evaluados son percibidos con un elevado nivel de complejidad, lo cual se debe principalmente al alto nivel de esfuerzo asociado al uso de los mismos. No obstante, se mantiene la percepción de que estos mecanismos constituyen una alternativa atractiva para llevar a cabo mitigación climática de manera costo-efectiva, generan valor en la comunidad en donde se realizan los proyectos y mejoran la imagen de la empresa frente a sus *stakeholders*. Así, y pese a la complejidad asociada al uso de estos mecanismos, existe consenso de los beneficios que brindan y el rol que cumplirán en el logro de las metas de mitigación de GEI futuras.

También fue posible concluir que es probable que las organizaciones que ya cuentan con los conocimientos para el uso de un programa de compensaciones internacionales como el MDL, VCS o GS, estén dispuestos y en condiciones de retomar su uso, en tanto sea posible asegurar reglas claras y un precio del carbono estable y de largo plazo que minimice riesgos e incertidumbres. Las barreras de entrada como procesos de acreditación complejos, costos elevados de certificación, falta de guía técnica, información pública de difícil acceso y respaldo, idioma de las metodologías, entre otros, son factores relevantes al momento de promover el ingreso de nuevas tecnologías y/o tipos de proyectos a los mecanismos.

3. Oferta y demanda de *offsets* en el mercado

3.1 Demanda de *offsets* a nivel nacional

Según lo establecido en el proyecto de reforma tributaria en relación con los Impuestos Verdes, la demanda de *offsets* de carbono provendría de los sujetos gravados por el impuesto, los cuales estarían determinados por un umbral de emisiones anuales de dióxido de carbono (25.000 o más toneladas de CO₂) o material particulado (100 o más toneladas) en vez del actual criterio tecnológico de calderas y turbinas con capacidad térmica igual o superior a 50 MWt⁷.

Aplicando el nuevo criterio para determinar el sujeto gravado en la reforma tributaria y usando la estadística de emisiones de fuentes puntuales del 2017⁸, es posible estimar el número de establecimientos y sectores que estarían sujetos al pago del Impuesto Verde a las fuentes fijas, como asimismo, la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que finalmente tendrían que pagar el impuesto, después de considerar las exenciones correspondientes⁹. Esta estimación se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 2: Tipos de establecimientos y cantidad de emisiones sujetas al Impuesto Verde modificado (CO₂).

Rubros	N° establecimientos (N°)	Emisiones CO ₂ (Ton CO ₂)	% CO ₂ (%)	Emisiones MP (Ton MP)	% MP (%)	Emisiones CO2 gravadas (Ton CO2)
Generación de energía	31	32.301.580	64%	1.864	11%	31.625.909
Industria del papel y celulosa	11	11.589.956	23%	3.204	19%	874.769
Combustibles	4	1.504.318	3%	679	4%	1.504.318
Industria manufacturera	10	1.379.178	3%	1.533	9%	879.293
Construcción e inmobiliarias	3	986.568	2%	1.393	8%	986.568
Producción de metal	8	970.113	2%	7.810	45%	970.113
Extracción de minerales	6	896.609	2%	103	1%	896.609
Industria agropecuaria y silvicultura	6	675.097	1%	352	2%	196.393
Otros	10	466.201	1%	292	2%	466.201
Total	89	50.769.619	100%	17.230	100%	38.400.172

Comparación	N° establecimientos	Emisiones CO2	Emisiones MP	% emisiones gravadas
Total reportado el 2017 (ton)	7.217	53.320.562	19.957	53.320.562
Porcentaje sobre el total reportado 2017	1,2%	95%	86%	72%

Fuente: Elaboración propia a partir de la información "Emisiones Fuentes Puntuales 2017", 28 de marzo 2019, RETC Open Data.

Los campos sombreados en color gris en la tabla muestran los sectores definidos por el RETC como más relevantes en cuanto a cantidad de emisiones, tanto de dióxido de carbono como de material particulado, donde se aprecia que, con el nuevo criterio de determinación del sujeto gravado, habría 89 establecimientos sujetos al Impuesto Verde a las fuentes fijas, los cuales tendrían que pagar impuesto por la emisión de 38,4 millones de toneladas de dióxido de carbono anuales y que, según como se determine en un reglamento, podrían ser compensadas en parte o en su totalidad con *offsets*.

3.2 Oferta de *offsets* a nivel nacional

El cálculo de la oferta potencial de *offsets* a nivel nacional, que representa el máximo potencial de los proyectos correspondientes, considera proyectos existentes (MDL, VCS y GS) y nuevos.

7. Modificación según proyecto de ley "Modernización Tributaria", Ministerio de Hacienda.

8. Emisiones Fuentes Puntuales 2017, 28 de marzo 2019, Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) Open Data.

9. Las emisiones de dióxido de carbono provenientes de calderas de biomasa están exentas del pago del impuesto a dicho contaminante.

Respecto a los créditos emitidos efectivamente por los proyectos existentes (stock actual de créditos MDL, VCS y GS) se estima aproximadamente en 8 millones de toneladas, mientras que la emisión potencial de créditos de estos mismos proyectos que pudiera emitirse a diciembre de 2018 asciende a 63 millones de toneladas.

Tabla 3: Potencial de emisión de créditos antiguos de proyectos MDL, VCS y GS registrados.

Tipos de proyecto / (Miles tCO ₂)	2003 a 2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	(%)	(%)
Energía renovable: Hidro	2.253	1.878	2.438	2.735	3.239	4.707	17.250	27%	72%
Energía renovable: Eólica	1.208	1.906	3.279	3.599	3.599	3.599	17.189	27%	
Energía renovable: Biomasa	548	277	649	1.097	1.224	1.224	5.019	8%	
Energía renovable: Solar-fotovoltaica	6	633	930	930	930	930	4.361	7%	
Energía renovable: Geotérmica	0	0	375	375	375	375	1.502	2%	
Residuos: rellenos sanitarios	2.242	1.051	1.051	1.051	1.051	2.299	8.746	14%	23%
Residuos: Purines y compost	2.192	722	722	722	722	722	5.804	9%	
Gases industriales: N ₂ O	44	75	75	75	75	1.108	1.452	2%	5%
Proyectos forestales	186	90	148	148	148	148	869	1%	
Cambio de combustibles	177	44	44	44	44	197	550	1%	
Otros	96	93	91	91	91	91	551	1%	
Total	8.953	6.770	9.803	10.868	11.499	15.400	63.293	100%	100%

Total porcentual	14%	11%	15%	17%	18%	24%	100%
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Fuente: Elaboración propia a partir de las páginas web oficiales de los mecanismos MDL, VCS y GS.

En el caso de los proyectos nuevos, se consideraron tipologías que históricamente han sido relevantes y/o comunes en la generación de *offsets* en Chile: ERNC, manejo de residuos, forestales, etc. Adicionalmente se consideraron proyectos que utilizan nuevas tecnologías, siendo algunos económicamente viables en el corto plazo, mientras que otros son viables en el más largo plazo¹⁰.

10. De esta manera es posible visualizar ejemplos de tecnologías (y *offsets*) que se podrían generar a futuro, con precios del carbono mayores al observado actualmente (5 US\$/tCO₂).

Tabla 4: Potencial total de la oferta de offsets de carbono a nivel nacional

Sector	Subsector	Tipo de proyecto	Potencial actual	Potencial futuro
			(Miles tCO ₂ /año)	(Miles tCO ₂ /año)
Créditos provenientes de proyectos nuevos				
Energía	Industrias de la energía	Generación con biogas	65	
		Cogeneración con biomasa	930	
		Geotermia	604	
		Mini hidro de pasada	1.482	
		Bombeo	473	
		Concentración solar (CSP) con almacenamiento	11.318	
		Solar CSP (Energ. Térmica)	7	
		Termosolar con almacenamiento	4.667	
		Captura y almacenamiento de carbono (CCS) en CCGN		4.418
		Marina, undimotriz (olas)		14.421
	Marina, mareomotriz (mareas/corrientes)		4.807	
	Otros de eficiencia energética, esquemas domésticos	189		
	Transporte	Recambio taxis básicos y colectivos a eléctricos	469	
		Recambio buses eléctricos Transantiago	439	
		Recambio buses eléctricos transporte colectivo a nivel nacional (*)	3.066	
Recambio automóviles y station wagons eléctricos en el país			4.530	
Uso de hidrógeno en camiones CAEX en la minería		2.500		
LULUCF	Forestal	Proyectos REDD+	6.261	6.261
Residuos	Residuos domiciliarios	Reducción de GEI en proyectos de mejoras de rellenos sanitarios	509	
		Reducción de GEI en nuevos rellenos sanitarios	1.382	1.382
Subtotal			33.921	35.819
Créditos provenientes de proyectos existentes (MDL, VCS y GS)		(Miles tCO₂)		
Créditos emitidos disponibles		8.319		
Créditos por emitirse potencialmente disponibles		63.293		
Capacidad potencial de generación de créditos anuales			15.665	
Subtotal		71.612	15.665	0
Total			49.586	35.819

(*) Incluye buses eléctricos del Transantiago, por esta razón estas reducciones no se consideran en la suma total.

De la tabla anterior es posible identificar proyectos de reducción de emisiones GEI con una capacidad para generar aproximadamente 50 millones de créditos de carbono o toneladas de dióxido de carbono abatidas en forma anual. Del total, 40% provienen de nuevos proyectos de energía renovable no convencional, 32% de proyectos de reducción de emisiones existentes (MDL y VCS principalmente), 12% de proyectos forestales, 12% a proyectos en el sector transporte y 4% de proyectos en el sector residuos.

En general se estima que la oferta de créditos de carbono que sería viable en el rango de 0 a 5 US\$/tCO₂, podría materializarse en el corto plazo (dentro de los próximos 5 años, aproximadamente). También se estimó una potencial oferta futura de créditos de carbono¹¹ de 36 millones de toneladas anuales, la cual sería viable a mayores precios del carbono (> 5 US\$/tCO₂) y a un plazo mayor.

Por otro lado, según los resultados de una modelación econométrica realizada en el contexto del presente estudio para estimar la oferta de *offsets* a nivel nacional, se observa que la sensibilidad de la oferta a mayores niveles de precio del carbono (ej. de 5 a 50 US\$/tCO₂e) es significativamente menor a aquella observada durante la década pasada. Las razones pueden deberse a las favorables condiciones de la economía nacional y mundial (ej. súper-ciclo de los *commodities*) observados durante dicho período en relación con el período actual. Esto significa que posiblemente para que se verifique un incremento más significativo en la emisión de *offsets* al anticipado por el modelo econométrico, posiblemente se requiera no sólo de una institucionalidad clara y apropiada, que facilite la utilización de un programa

11. La oferta estimada para el largo plazo en este estudio no es exhaustiva ni excluyente de otras fuentes de oferta.

de compensaciones, sino también de señales de precio claras que permitan hacer más atractiva la rentabilidad de utilizar este tipo de instrumentos.

A partir de estos resultados, es posible concluir lo siguiente:

1. Existe una cantidad potencial considerable de créditos proveniente de proyectos de reducción de emisiones existentes en los estándares MDL, VCS y GS. Parte de esos créditos estaría disponible de inmediato (créditos emitidos), mientras que el resto probablemente tarde entre 6 meses a 2 años para emitirse y estar disponibles. Esto permitiría al sistema de compensaciones comenzar a operar en el corto plazo.
2. Contando el máximo potencial de los proyectos existentes y los nuevos proyectos identificados, en teoría existiría la capacidad de generar reducciones de emisiones suficientes como para compensar holgadamente el 100% de las emisiones sujetas al impuesto del dióxido de carbono. Sin embargo, es posible que algunos proyectos existentes y, sobre todo, los nuevos proyectos económicamente viables, no se implementen o no certifiquen sus reducciones de emisiones bajo algún programa, y de hacerlo, podrían tardar algunos años en materializarse¹².
3. La distinción que se realiza en la tabla de “Potencial actual” y “Potencial futuro” corresponde a una aproximación. Hay proyectos que se consideran viables en el largo plazo, sin embargo, muchos de ellos corresponden a iniciativas que se están desarrollando en la actualidad sin los ingresos asociados a la venta de carbono. Tal es el caso por ejemplo de la electromovilidad en vehículos livianos (automóviles y *station wagons*). En tales casos, es muy posible que un sistema de compensaciones (*offsets* de carbono) acelere el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones GEI que actualmente son económicamente viables en el largo plazo.

3.3 Demanda de *offsets* a nivel internacional

Para estimar la demanda internacional aproximada de créditos de carbono, se requiere examinar los principales sistemas de transacción de emisiones (ETSs) y programas internacionales que actualmente aceptan o tienen programado aceptar *offsets* en el futuro¹³.

En el mercado regulado, el EU ETS acepta créditos de carbono provenientes de proyectos del MDL con ciertas restricciones: los proyectos deben estar registrados antes del 31 de diciembre de 2012, no admite créditos de proyectos forestales, ni proyectos de reducción de N₂O o HFC y desde 2012 se restringe la entrada de CERs que no provengan de países menos desarrollados (LDC, siglas en inglés). Actualmente las cuotas para uso de créditos de carbono del MDL están prácticamente agotadas para su fase 3 (2013 a 2020), por lo que la demanda actual por créditos es marginal a un precio en torno a los 0,24 €/CER¹⁴. Por el momento, la fase 4 (2020-2030) del EU ETS no considera el uso de *offsets* internacionales.

Por su parte, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) a través del Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), representa un potencial demandante a través del cual las líneas aéreas podrían cumplir con sus obligaciones de reducción de emisión de gases de efecto invernadero. El esquema operaría de forma voluntaria a partir del año 2021, para continuar de forma obligatoria a partir del 2027. Se estima que la demanda potencial de créditos de carbono generada por CORSIA podría ser entre 288 y 376 millones de toneladas anuales de CO₂ entre 2021 y 2030 y entre 1.600 a 3.700 millones de toneladas de dióxido de carbono en el período 2021 a 2035¹⁵. La demanda de créditos de carbono en este sistema se irá clarificando conforme avancen las etapas de implementación y se publiquen los programas que serán aceptados bajo el sistema. Sin embargo, debe considerarse que China, que representa un 10% de las emisiones mundiales proveniente de la aviación, se ha retirado de la fase voluntaria.

12. Según la experiencia del equipo consultor, dicho período podría estar en torno a los 5 años aproximadamente.

13. La demanda en el marco del mercado voluntario no se analiza ya que es insignificante en relación a la del regulado.

14. En este caso se consideró el precio futuro del CER, disponible en el European Energy Exchange (EEX).

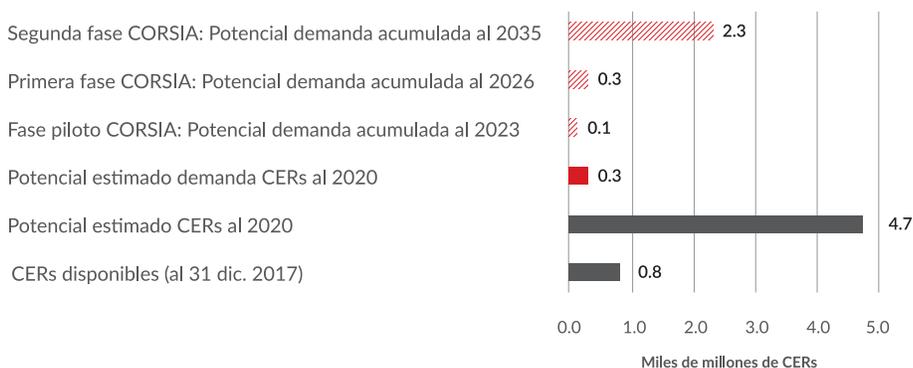
15. “Linking the ICAO Global Market-Based Mechanism to REDD+ in Peru”, Policy Analysis, marzo 2017.

3.4 Oferta de *offsets* a nivel internacional

A nivel internacional, se estima una oferta pre-2020 de aproximadamente 4,7 mil millones de créditos, la cual sobrepasa holgadamente la demanda estimada al 2035 de aproximadamente 2,3 mil millones de créditos. De no generarse nuevas fuentes de demanda en los próximos años, es posible que esta sobreoferta de créditos de carbono se mantenga durante varios años. Esta situación hace aconsejable considerar el establecimiento de restricciones cualitativas y/o cuantitativas al uso de *offsets* internacionales en el contexto de un programa de compensaciones doméstico, en caso de que se decida dar esta posibilidad.

En el siguiente gráfico se muestra la oferta y demanda potencial de créditos del MDL junto con las principales fuentes de demanda de créditos identificadas en la actualidad: EU-ETS y CORSIA.

Ilustración 1: Estimación oferta y demanda de *offsets*, mercado regulado.



Fuente: Draft: Analysing key technical issues for markets negotiations under Article 6 of the Paris Agreement. OECD e IEA.

Como es posible apreciar, es claro que incluso considerando la potencial demanda de CERs al 2020, es muy probable que en los próximos años exista un excedente significativo de *offsets* de carbono en el mercado internacional, a no ser que surjan nuevas fuentes de demanda de créditos. Esto podría ocurrir a partir de compromisos de reducción de emisiones más alineados con las metas del Acuerdo de París, que los países suscriptores deberán presentar el 2020. Los volúmenes del mercado voluntario son significativamente menores a los del mercado regulado, por lo que no son incidentes respecto a la conclusión del análisis de oferta y demanda del presente estudio.

4. Propuesta de uso de *offsets* a nivel doméstico

En esta sección se presentan los proyectos evaluados anteriormente que presentan viabilidad en el corto, mediano y largo plazo, junto a una propuesta de un plan de compensaciones para los próximos 5 años, describiendo sus especificaciones y analizando las principales razones de su conveniencia. La propuesta se elaboró considerando la información de los programas de *offsets* internacionales actualizada a la fecha.

A los tres horizontes de tiempo definidos se le ha asociado un rango de precio al carbono doméstico de manera creciente en el tiempo¹⁶ a modo de simplificación

1. Corto plazo: Período de tiempo no superior a los 5 años, en el cual es posible que el precio doméstico del carbono (P) se mantenga en torno a los 5 US\$/tCO₂.
2. Mediano plazo: Período de tiempo de 5 a 10 años, en el cual el precio doméstico del carbono tendería a alinearse con mercados regionales: P > 5 US\$/tCO₂ y P < 10 US\$/tCO₂.
3. Largo plazo: Período de tiempo superior a 10 años, en donde el precio doméstico del carbono estaría en vías de alinearse con las metas del Acuerdo de París: P > 10 US\$/tCO₂.

Tabla 5: Tipología de proyectos de reducción de emisiones doméstico en el corto, mediano y largo plazo

Tipología de proyectos	Corto plazo P en torno a 5 US\$/tCO ₂	Mediano plazo 5 < P < 10 US\$/tCO ₂	Largo plazo P > 10 US\$/tCO ₂
1. Proyectos bajo los programas internacionales reconocidos MDL, VCS, GS y SDM (Art. 6.4 del Acuerdo de París) eventualmente.	Proyectos existentes: Estos proyectos requieren un precio del carbono muy bajo para reactivarse. Considerar créditos emitidos y por emitir (ej. pre-2020). Privilegiar los siguientes proyectos: <ul style="list-style-type: none"> • Altamente dependientes de los ingresos del carbono. • Alto potencial de desarrollo (y reducción de GEI) en el país, pero con poca penetración. 	Privilegiar nuevos proyectos de reducción de emisiones.	Ídem anterior.
2. Nuevos proyectos ERNC en carpeta, con los permisos ambientales aprobados o en tramitación, que no estén en construcción.	En su mayoría estos proyectos son rentables, sin la necesidad de los ingresos del carbono: <ul style="list-style-type: none"> • Mini hidroeléctrica de pasada, • Cogeneración con biomasa renovable, • Concentración solar (CSP) con almacenamiento, • Termosolar con almacenamiento, • Bombeo, • Otras tecnologías con alto potencial de desarrollo y baja participación en el sistema eléctrico nacional. 	Es posible que algunos proyectos o tecnologías de generación requieran un precio del carbono mayor a 5 US\$/tCO ₂ para ser viables.	Es posible que algunos proyectos o tecnologías de generación requieran un precio del carbono mayor a 10 US\$/tCO ₂ para ser viables. Ejemplos. Energía marina undimotriz, Energía marina mareomotriz.

16. En este supuesto se consideran emisiones globales actuales crecientes y metas de reducción de emisiones cada vez más ambiciosas, según los objetivos establecidos por el Art. 2 del Acuerdo de París.

Tipología de proyectos	Corto plazo P en torno a 5 US\$/tCO ₂	Mediano plazo 5 < P < 10 US\$/tCO ₂	Largo plazo P > 10 US\$/tCO ₂
3. Electromovilidad y transporte sustentable	Muchos de estos proyectos son rentables actualmente sin los ingresos del carbono: <ul style="list-style-type: none"> • Electrificación del Transantiago, • Recambio de taxis y colectivos a vehículos eléctricos, • Recambio de buses colectivos a buses eléctricos a nivel nacional. • Uso de hidrógeno en camiones de alto tonelaje (CAEX) en la minería. • Electrificación de otros medios de transporte, marginalmente rentables. 	Proyectos que requieran un precio del carbono mayor a 5 US\$/tCO ₂ para ser viables: <ul style="list-style-type: none"> • Electrificación del parque vehicular privado: automóviles y station wagons, • Electrificación de otros medios de transporte. 	Proyectos que requieran un precio del carbono mayor a 10 US\$/tCO ₂ para ser viables: <ul style="list-style-type: none"> • Electrificación del parque vehicular privado: automóviles y station wagons, • Electrificación de otros medios de transporte.
4. Proyectos asociados al tratamiento y disposición de residuos.	Es posible que parte de los proyectos de captura y destrucción de metano en rellenos sanitarios nuevos y existentes sean rentables con precios inferiores o iguales a 5 US\$/tCO ₂ .	Proyectos de captura y destrucción de metano en rellenos sanitarios nuevos y existentes que requieran precios superiores a 5 US\$/tCO ₂ para ser viables.	Proyectos de captura y destrucción de metano en rellenos sanitarios nuevos y existentes que requieran precios superiores a 10 US\$/tCO ₂ para ser viables.
5. Proyectos forestales (REDD+)	Es posible que algunos proyectos forestales sean viables con precios del carbono menores o iguales a 5 US\$/tCO ₂ .	Existen proyectos forestales que serían viables en este rango de precio del carbono.	Ídem anterior.
6. Proyectos asociados a esquemas domésticos	Actualmente los proyectos de mitigación (HuellaChile), eficiencia energética (ASE) y aquellos asociados a los APL (ASCC) no requieren de los ingresos del carbono para ser viables. Podrían ser una fuente interesante de créditos de carbono a bajo costo.	Es posible que surjan nuevos proyectos de este tipo que requieran un precio del carbono superior a 5 US\$/tCO ₂ para ser viables.	Es posible que surjan nuevos proyectos de este tipo que requieran un precio del carbono superior a 10 US\$/tCO ₂ para ser viables.
7. Proyectos de captura y almacenamiento de carbono en ciclos combinados a Gas Natural	Inviabile	Viabilidad improbable.	Viabilidad probable en algunos casos. Es posible que la tecnología evolucione en los próximos años y se viabilice a precios del carbono menores.

La propuesta para un plan de compensaciones a desarrollar en los próximos cinco años considera el uso de créditos históricos de los programas MDL, VCS y GS en tanto sigan vigentes a futuro y proporcionen las garantías de calidad e integridad medioambiental adecuadas.

En cuanto a la antigüedad de emisión de los certificados (vintage) que se acepten utilizar, se sugiere un año de corte no tan antiguo como para inundar el mercado con créditos existentes, ni tan reciente como para tener falta de liquidez al poner en marcha el sistema. Por ejemplo, el año 2012 podría ser una alternativa factible dado que el stock de créditos (emitidos y disponibles) sumado a los créditos históricos acumulados potenciales a emitirse de los proyectos existentes, se acercan al monto de la demanda potencial máxima bajo el impuesto verde. Además, este año constituye un hito para los mercados de carbono a nivel mundial ya que coincide con el año de término del primer período de compromiso del Protocolo de Kioto y se daría la oportunidad de vender sus certificados a los proyectos que quedaron sin mercado luego de las nuevas condiciones restrictivas del principal demandante de *offsets* hasta ese entonces: el EU ETS.

Para no poner en riesgo el funcionamiento del mercado doméstico, ni la estabilidad del precio del carbono ni la falta de incentivo para nuevos proyectos, se podría dar un período de gracia para agotar los certificados antiguos a contar de la fecha de inicio del programa de compensaciones del sistema de Impuestos Verdes, por ejemplo 3 años, que permitiría la reactivación de los proyectos existentes y el uso de créditos en un período en el que probablemente los proyectos nuevos no estarán operativos.

También se propone aceptar el uso de créditos internacionales en una baja proporción para no inundar el mercado, como por ejemplo hasta un máximo del 10% de las emisiones sujeta a compensación, siempre y cuando provengan de proyectos consistentes y afines con los principios de desarrollo sustentable e integridad ambiental reconocidos a nivel internacional. Esto podría facilitar la vinculación con otros mercados del carbono en el futuro.

Finalmente se propone la posibilidad de desarrollar un estándar doméstico de reducción de emisiones GEI, con el objeto de facilitar la realización de proyectos de reducción de GEI a nivel nacional, sobre todo a nivel de pequeñas y medianas empresas. Dicho programa puede desarrollarse a partir de los actuales programas nacionales de HuellaChile, ASE y la ASCC, junto con algunos elementos de los programas de *offsets* internacionales tales como el MDL, VCS y GS. El diseño de dicho estándar debe ser más simple que el de los programas internacionales, para lo cual se plantea facilitar el acceso a las principales metodologías de línea base, herramientas metodológicas y elementos de MRV.

Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda que el programa nacional respete los mismos principios de adicionalidad e integridad medio ambiental usados por los programas internacionales, de manera de asegurar el reconocimiento y fungibilidad de los créditos a nivel internacional en el futuro. Debe considerarse que esta información es dinámica y es probable que cambie en los próximos años conforme se defina la manera en que estos programas operarán bajo el nuevo régimen climático del Acuerdo de París.

5. Co-beneficios asociados a la propuesta de uso de *offsets* a nivel doméstico

La realización de proyectos de reducción de emisiones GEI tiene asociado la generación de co-beneficios económicos y sociales, estos últimos principalmente asociados a beneficios en la salud de la población.

El desarrollo de proyectos de reducción de emisiones está asociado a la introducción y desarrollo de nuevas tecnologías inteligentes e innovadoras, además del aumento en la eficiencia del uso de los recursos, el que tendrá un impacto positivo en la competitividad de la economía, proyectando una reducción de los costos. La introducción y desarrollo de nuevas tecnologías bajas en emisiones GEI requerirá de nuevas capacidades, lo cual se traducirá en la creación de nuevos empleos “verdes”.

Uno de los mayores beneficios en transitar hacia una economía baja en carbono tiene relación con una mayor resiliencia contra shocks de precios y escasez de recursos, lo cual genera inestabilidad social y económica. En el caso de Chile, la transición hacia una matriz energética renovable y baja en carbono, tendría un efecto evidente por cuanto eliminaría o reduciría significativamente la dependencia en los combustibles fósiles, los cuales el país debe importar prácticamente la totalidad.

Una parte importante de los proyectos de reducción de emisiones identificados en el presente estudio están relacionados con la generación y uso de energías limpias, neutras en carbono, para las cuales Chile posee un gran potencial. El desarrollo de estos proyectos de reducción de emisiones GEI en este ámbito tendría un impacto positivo en el fomento y aceleración del desarrollo de estas tecnologías en el país. De la misma manera, el desarrollo de proyectos que incentiven la eficiencia energética a nivel nacional contribuiría a la seguridad energética del país.

Los proyectos de reducción de emisiones GEI también reportan múltiples efectos positivos para la salud, de los cuales destacan los asociados a la disminución de enfermedades respiratorias, principalmente derivadas de la menor contaminación por emisión de material particulado.

5.1 Co-beneficios en inversión y empleo de los proyectos de reducción de emisiones GEI

La aplicación de cualquier política pública implicará modificaciones y requerirá llegar a un nuevo equilibrio del sistema, por lo tanto la introducción y desarrollo de nuevas tecnologías bajas en carbono tendrá efectos en el empleo e inversión debido al reemplazo de las tecnologías existentes, más intensivas en emisiones de GEI. Para efectos de este estudio sólo se consideraron los efectos considerados como co-beneficios asociados a los nuevos proyectos.

En el análisis cuantitativo de los co-beneficios en inversión, se determinó que los proyectos de reducción de emisiones económicamente viables bajo las condiciones actuales (ej. 5 US\$/tCO₂e definido por el Impuesto Verde), representan un potencial de reducción de 34 millones de toneladas de CO₂e anuales, reportando aproximadamente MMUS\$ 62.000 en inversión adicional directa y 516.000 empleos directos adicionales en un horizonte de tiempo de 5 años aproximadamente. La siguiente tabla muestra los impactos en inversión y creación de empleo asociados a los proyectos de reducción de emisiones GEI identificados en el estudio.

Tabla 6: Co-beneficios en inversión y empleo, para los nuevos proyectos de reducción GEI

Sector	Subsector	Tipo de proyecto	"Inversión (directa)"	Creación de empleos (directos e indirectos)
			(US\$ / tCO ₂ e reducida anual)	(N° empleos / Miles tCO ₂ e reducidas anuales)
Créditos provenientes de proyectos nuevos				
Energía	Industrias de la energía	Generación con biogas	557	10,9
		Cogeneración con biomasa	587	15,1
		Geotermia	878	9,6
		Mini hidro de pasada	808	14,4
		Bombeo	815	1,7
		Concentración solar (CSP) con almacenamiento	1.379	9,5
		Solar CSP (Energ. Térmica)	2.076	105,7
		Termosolar con almacenamiento	3.321	10,5
		Captura y almacenamiento de carbono (CCS) en CCGN	86	14,5
		Marina, undimotriz (olas)	5.542	14,2
		Marina, mareomotriz (mareas/corrientes)	4.918	14,2
		Otros de eficiencia energética, esquemas domésticos	1.222	56,8
	Transporte	Recambio taxis básicos y colectivos a eléctricos	7.376	79,7
		Recambio buses eléctricos Transantiago	6.461	69,8
		Recambio buses eléctricos transporte colectivo a nivel nacional	6.828	73,8
		Recambio automóviles y station wagons eléctricos en el país	26.023	281,3
Uso de hidrógeno en camiones CAEX en la minería		1.148	12,4	
LULUCF	Forestal	Proyectos REDD+	51	1,2
Residuos	Residuos domiciliarios	Reducción de GEI en proyectos de mejoras de rellenos sanitarios	28	1,3
		Reducción de GEI en nuevos rellenos sanitarios	28	1,3

Fuente: Elaboración propia a partir de información del SEA, UNFCCC y resultados de análisis previos en este informe. Los valores en rojo corresponden a estimaciones en las que se usó un multiplicador promedio o de una tecnología similar.

Desde un punto de vista macroeconómico, estas cifras se traducen en un crecimiento del PIB tendencial anual medio punto porcentual más que en el escenario base, establecido por el Banco Central, que no considera la realización de los proyectos de reducción GEI. Lo anterior, da cuenta de que estos proyectos podrían incrementar en algo más de 2/3 por año la tasa de crecimiento del PIB tendencial anual. Al sensibilizar este análisis para distintos niveles de precio del carbono (5 - 50 US\$/tCO₂e), su efecto podría adicionar entre 0,02 y 0,05 puntos porcentuales al crecimiento del PIB tendencial anual.

5.2 Co-beneficios en salud de los proyectos de reducción de emisiones GEI

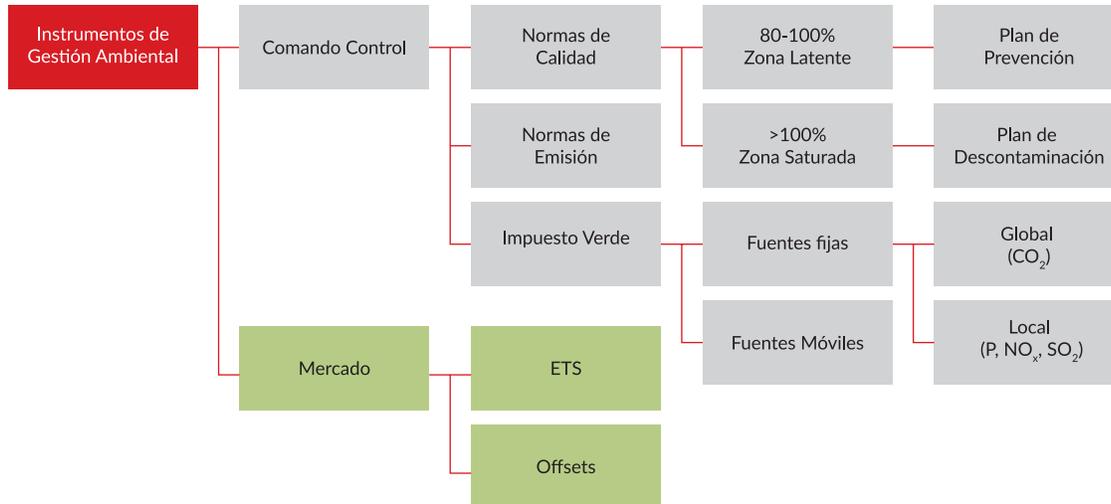
El consumo de combustibles fósiles es la principal fuente de contaminación del aire a nivel mundial. Dado que la principal estrategia para combatir los efectos del cambio climático se traducen en un menor uso de combustibles fósiles¹⁷, existen claras sinergias entre la implementación de proyectos de reducción de emisiones GEI y los esfuerzos por reducir la contaminación del aire.

Los esfuerzos de un mismo proyecto por reducir consumos de combustibles fósiles, por una parte presentan los co-beneficios de un proyecto de reducción de emisiones al largo plazo, mientras por otro, la reducción de contaminantes atmosféricos obtendrá beneficios al corto plazo, que son más perceptibles por la población.

El modelo de gestión ambiental de la contaminación del aire en Chile (ver siguiente figura) incluye esfuerzos para disminuir la contaminación atmosférica local –el principal problema ambiental de Chile– así como mitigar los gases de efecto invernadero al mismo tiempo, consiguiendo tener una acción más costo efectiva y con mayores beneficios.

17. Cambio en el uso de combustibles más intensivos a menos intensivos en emisiones, promoción de las energías renovables, reducción en los consumos, entre otros tipos de proyectos.

Ilustración 2: Instrumentos de gestión de la contaminación atmosférica en Chile



Ejemplos de políticas que pueden mitigar cambio climático y contaminación del aire son: reducir consumos totales de energía, cambiar a fuentes de energía más limpias y bajas en carbono, reducir emisiones de contaminantes aéreos que también son GEI (precursores de ozono), fomentar el aumento de superficies de forestación, entre otras. Particular atención requiere la limitación de emisiones causadas por el sector transporte, el cual está relacionado con severos impactos en la salud.

La reducción del uso de combustibles fósiles disminuiría las emisiones de material particulado, SO₂, NO_x y compuestos organo-volátiles precursores de ozono, generando co-beneficios en salud, ecosistemas y economía, entre los cuales se cuentan:

- Menor incidencia de muertes prematuras y enfermedades al corazón, pulmón y cáncer,
- Reducción en los costos de salud y tiempos de trabajo perdidos debido a enfermedades relacionadas a contaminación aérea,
- Bosques más sanos, cuerpos de agua y otros ecosistemas, incluyendo los costos de reparación debido a la reducción del daño ácido,
- Reducción del daño a edificaciones causadas por lluvia ácida y hollín,
- Aumento en los rendimientos de cultivos debido a la reducción de la concentración de ozono,
- Ahorros en costos económicos y ambientales en la instalación de equipos de control de contaminación (Por ejemplo: extracción de carbonato de calcio por desulfurización).

Evaluar cuantitativamente los co-beneficios de proyectos de reducción de emisiones GEI asociados a salud resulta una compleja labor que requiere el levantamiento de múltiples datos asociados no solo a una correcta recolección y respaldo, sino también a la percepción social de bienestar que la sociedad tenga de ellos.

Los co-beneficios en salud han sido evaluados por numerosos estudios, en los cuales se adoptan enfoques que consideran pérdidas de productividad social¹⁸ o la percepción social de potenciales co-beneficios. En general, los estudios han preferido utilizar tasas de co-beneficios en mortalidad versus costos en vez de morbilidad versus costos, debido al mayor valor que las personas otorgan a una disminución en el riesgo de la mortalidad. En la tabla 7 se muestran distintos factores de relación entre vidas salvadas por cantidad de carbono mitigadas, lo que denota claramente la dificultad de calcular el potencial de reducción de mortalidad en función de la reducción de emisiones de CO₂ al año por tecnología o por sector industrial agregado, ya que depende fuertemente del contexto donde se desarrolle cada proyecto para conocer los co-beneficios de éste. Lo que afecta la salud es la concentración del contaminante

18. Costos que significan para la economía las enfermedades respiratorias, muertes prematuras, daños en las cosechas, infraestructura y ecosistemas.

local y por tanto las principales variables que afectan serán las condiciones de ventilación para la dispersión, población expuesta, etc.

Tabla 7: Factores de relación entre vidas salvadas por cantidad de Carbono mitigadas

Estudio	Vidas a salvo por MtC* mitigada
Cifuentes et al (1999)	89
Dessuss y O’Connors (1999)	100
Garbaccio et al (2000)	430

Table 1 Comparison of mortality benefits estimates of CO₂ reductions
O’Connor, David. Ancillary benefits estimation in developing countries: A comparative assessment.

*Factor de equivalencia CO₂/C¹⁹ 3.67 tCO₂ = 1 tC

Como referencia, en el año 2016 Chile registra un total de defunciones de 104.026 personas, de las cuales el 63% murieron por causas potencialmente derivadas de la contaminación aérea²⁰ y un 28% del total murieron antes de los 65 años. Suponiendo una relación lineal entre las defunciones por grupo etario y la causa de defunción, se calcula que un 18% de los fallecidos, aproximadamente 18.500 personas, se encuentran dentro de las causas originadas potencialmente por agentes contaminantes aéreos.

Es importante destacar que existen algunos estudios específicos de contaminantes locales en los cuales es posible relacionar mediante factores las reducciones de material particulado con las reducciones de emisiones de GEI. Sin embargo, estos factores no son extrapolables a otras jurisdicciones. Si bien la Organización Mundial de la Salud ha publicado en variados estudios los efectos del material particulado en la población²¹, la forma en la cual el PM_{2,5}, PM₅ y PM₁₀ puede relacionarse con los GEI presentes en la atmósfera, dependen de múltiples factores²². O’Connor plantea que como un contaminante global, el dióxido de carbono puede ser estudiado utilizando modelos a nivel nacional indiferenciados, sin embargo, este tipo de modelo no logra incluir la variedad de condiciones que afectan la concentración de contaminantes locales, así como la magnitud de los impactos que pudieran causar en la población.

En Chile, alrededor del 70% de los proyectos de reducción de emisiones de GEI llevados a cabo en los últimos 15 años son proyectos de energía renovable, que contribuyen a desplazar los contaminantes locales de NOx y SO₂ generados anteriormente por la producción y el uso de energía basada en combustibles fósiles. Del mismo modo, los nuevos proyectos de reducción de emisiones de GEI actualmente viables identificados en este estudio (principalmente proyectos de energía renovable y transporte sostenible) contribuirán obviamente a mitigar los efectos nocivos de los contaminantes y, especialmente, de las partículas materia en la población. Como ya se ha discutido, los estudios han cuantificado medidas para reducir las partículas, determinando que las más rentables son las estrategias integradas para hacer frente al cambio climático y la contaminación del aire. Sin embargo, teniendo en cuenta las condiciones de limitación energética y el nivel de desarrollo del país, se deben considerar acciones que contribuyan en asuntos de crecimiento ambiental, social y económico.

19. La fracción de carbono en dióxido de carbono es la relación de sus pesos. El peso atómico del carbono es de 12 unidades de masa atómica, mientras que el peso del dióxido de carbono es de 44, ya que incluye dos átomos de oxígeno que pesan 16. Cada uno, para cambiar de uno a otro, se usa la fórmula: 1 ton C es igual a 44/12 = 11/3 = 3,67 toneladas de CO₂.

20. Estadísticas INE, 2016. Las causas de defunción consideradas son: C00-C97 Tumores malignos, D00-D48 Tumores In situ, benignos y comportamiento incierto o desconocido, I00-I99 Enfermedades de sistema circulatorio, J00-J99 Enfermedades del sistema respiratorio, P00-P96 Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal. Disponible en: <https://redatam-ine.ine.cl/redbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=EV&lang=esp>

21. A modo de ejemplo: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/index6.html

22. A modo de ejemplo, ubicación geográfica de las emisiones, composición de combustibles fósiles empleados localmente, características atmosféricas influyentes en la dispersión de contaminantes (ventilación, temperatura, humedad, radiación solar, etc.), indicadores de salud de la población expuesta, distribución de la población, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, un esfuerzo interministerial conjunto en cooperación con el sector privado (MMA, MINSAL, Universidades y sector privado) orientado a la determinación de modelos que estimen la relación entre la mitigación de GEI y material particulado, permitiría profundizar y cuantificar los potenciales beneficios en la población y el medio ambiente en el país.

6. Estudio del mercado de validadores y verificadores existentes y potenciales en Chile y existentes en el mundo.

El papel de la verificación por una tercera parte independiente resulta fundamental a la hora de fijar los requisitos operativos de los sistemas de comercio/compensación de emisiones (*offsets*). La verificación constituye el eje articulador que permite, entre otros aspectos, dotar a los esquemas de rigor técnico y económico.

La manera en que los diferentes esquemas articulan sus procesos de monitoreo; reporte y, muy especialmente, verificación, tiene repercusiones no sólo sobre los costos potenciales de las unidades objeto de análisis (reducción de emisiones, emisiones y *offsets*) sino también sobre la propia viabilidad del esquema, en términos de eficacia y eficiencia.

En el presente capítulo se analiza la presencia de validadores y verificadores en el marco nacional y en el mundo, considerando las principales tipologías de proyectos desarrolladas y por desarrollar en el país. Las conclusiones de este análisis permiten formular las siguientes recomendaciones:

1. A fecha de redacción de este informe no existen en Chile opciones significativas de entidades operativas (organización y auditores) acreditadas en el escenario internacional. Por el contrario, existe un número significativo de oficinas locales de Entidades Operacionales Designadas (DOEs), que, si bien no pueden actuar de manera independiente, están en posición de adquirir el *expertise* necesario de una manera rápida y ejecutiva en la materia.
2. El entorno institucional de Chile es lo suficientemente robusto como para desarrollar una oferta de entidades auditoras de tercera parte independiente. Sin embargo, se recomienda evaluar desde un punto de vista costo-beneficio la viabilidad de realizar acreditaciones locales versus reconocer entidades pre-acreditadas.
3. Chile dispone de los recursos técnicos y humanos suficientes como para incorporar perfiles técnicos locales como validadores y verificadores, en especial los perfiles de auditoría procedentes de la gestión medioambiental.
4. Es importante considerar las diferencias específicas entre procesos de verificación de emisiones (informes de emisión vinculados generalmente a instalaciones) y procesos de validación/verificación de proyectos de reducción de emisiones GEI. La existencia de ambas fases constituye un elemento común a todos los esquemas, aunque pueden existir diferencias en su ejecución, como, por ejemplo:
 - Los tiempos que pueden transcurrir entre la validación y la verificación pueden ser muy variables, y estar asociados a los requisitos específicos del esquema.
 - Desde un punto de vista funcional no es imprescindible que exista una gran diferencia de tiempo entre validación y verificación, y en función de la reglamentación, ambas pueden ser desarrolladas de manera secuencial.
 - Algunos esquemas como el desarrollado en España (Proyectos Clima) optan por un año nivel de estandarización (unificación de formatos, metodologías, hojas de cálculo pre-programadas, etc.) y la validación queda en manos del administrador del esquema.
5. El precio del carbono (emisiones, *offsets*) resulta determinante para la expansión del mercado y disponibilidad de entidades de validación/verificación.
6. No establecer una limitación en la actuación de las entidades de tercera parte restringiendo su papel al de validador o verificador en un mismo proyecto.
7. La determinación *ex ante* de tecnologías, metodologías específicas, herramientas de cálculos, listas positivas (ver capítulo 7), etc., puede contribuir a reducir los costos de transacción.

8. El grado de estandarización de un programa de *offsets* es determinante respecto a los costos del proceso de verificación. También tiene un impacto sobre los niveles de precisión y confiabilidad del programa, por lo que en caso de plantearse, es necesario realizar una evaluación de los costos y beneficios asociados.
9. Es importante considerar que los sistemas o esquemas que generan unidades transables GEI (emisiones/reducciones/absorciones) se caracterizan por disponer de entidades de validación/verificación altamente reguladas, con requisitos técnicos muy elevados, control de la actividad permanente, procedimientos o manuales de verificación muy detallados y exigentes. Por el contrario, los esquemas orientados a la imagen reputacional (ej. huella de carbono) tienen requerimientos de auditoría menos exigentes, basados en estándares genéricos (ej. ISO), dando mayores grados de libertad a las entidades a la hora de conformar sus requisitos de calificación y de auditoría.
10. Una de las brechas más significativas detectadas en los procesos de validación y verificación tiene relación con la evaluación de la sostenibilidad y potencialidad de los co-beneficios asociados a los proyectos de reducción GEI. Es posible que el origen de esta brecha se encuentre en el deseo de los reguladores de crear esquemas que garanticen desde un punto de vista metodológico la transparencia y confiabilidad de los créditos verificados, aportando así confianza y transparencia a los mercados GEI. Sin embargo esta situación ha ido cambiando en los últimos años, detectándose una creciente preocupación por la contribución de los proyectos de reducción GEI al desarrollo sostenible.
11. De lo expuesto en este capítulo, se desprende como regla general que la verificación es llevada a cabo por entidades acreditadas (por personas jurídicas). Han existido algunos ejemplos en los que la verificación podía llevarse a cabo por verificadores individuales (personas naturales), sin embargo esta práctica ha cambiado en los últimos años, quedando circunscrita a ámbitos muy específicos. Las razones parecen ser de lógica técnica y económica, al concentrar el control de la acreditación, la comunicación y la derivación de responsabilidades en organismos específicos y no en una pluralidad de individuos.

6.1 Recomendaciones para la constitución de un sistema de acreditación a escala nacional

En el caso en el que se optara por la constitución de un sistema de acreditación a escala nacional, a continuación, se propone un conjunto de elementos fundamentales que deberían ser objeto de desarrollo:

- Criterios para el análisis de la competencia.
- Disponibilidad de conocimientos sobre las tecnologías y/o alcances sectoriales de los proyectos: Forma en la que dicho conocimiento se acredita, formación técnica específica, cuantificación de experiencia sectorial, etc.
- Conocimiento sobre el esquema regulatorio y metodológico que rodea la compensación de emisiones en Chile. En especial atendiendo al papel desempeñado por la adicionalidad y su evaluación en el desarrollo del esquema nacional.
- Conocimiento sobre auditoría (por ejemplo experiencia ISO 14000 o ISO 9001) y esquemas MRV, entre otros aspectos relacionados con escenario de referencia, límite del proyecto, escenario del proyecto, cálculo de las reducciones o absorciones de emisiones de GEI, impacto ambiental y requisitos de seguimiento, técnicas de medición, calibración e incertidumbre en la medición de los parámetros aplicables, e impacto del fallo del equipo de seguimiento en la medición de las reducciones de emisiones, etc.
- Análisis de riesgos, y conocimientos sobre muestreo, inferencia estadística, materialidad, etc.
- Definición de las condiciones de contratación de recursos externos/subcontratación.
- Disponibilidad de sistemas que garanticen el seguimiento permanente de la cualificación del personal.
- Esquema definido por el que un técnico puede acceder a alcances sectoriales nuevos.

- Sistemas corporativos de aseguramiento de la calidad, gestión documental, gestión de registros, confidencialidad, etc.
- Criterios para la definición de al menos cuatro tipos de posiciones: Auditor Líder, Auditor, Experto Técnico (persona que acredita conocimiento específico sobre la tecnología/alcance sectorial y que complementa al equipo auditor en el caso en que el resto de los miembros no pueda acreditar dicha experiencia sectorial), Revisor Técnico.
- Definición de responsables del proceso (*Quality Manager*, representante ante el acreditador, etc.)
- Descripción de controles internos a través de mecanismos de auditoría interna programada, y controles externos, por ejemplo a través de acompañamientos periódicos del acreditador (o alguien designado por este) durante un proceso de validación/verificación.
- Procedimientos precisos de revisión contractual, al objeto de garantizar que la entidad está en disposición de acometer el proceso, cumpliendo los requisitos técnicos para ello. Para esto es necesario disponer de una formulación previa para la obtención de la información sobre la cual realizar la revisión contractual.

7. Revisión de distintos sistemas de acreditación y aprobación de nuevos proyectos a nivel internacional: Propuesta de lineamientos generales para el contexto de Chile

El referente principal para acreditar entidades en este ámbito es la norma internacional ISO 14065, que contiene los requisitos exigibles a las entidades de validación y/o verificación, sobre la naturaleza jurídica de la entidad, sus procedimientos y sistemas de control y gestión, la capacidad técnica de su personal, el tratamiento de la subcontratación y su aseguramiento frente a reclamaciones de terceros. A nivel internacional, hay dos tendencias al respecto: crear un sistema de acreditación propio o reconocer a entidades acreditadas por terceros de reconocido prestigio.

En el caso de Chile, y para el empleo de reducciones de emisiones como compensación al Impuesto Verde, la opción recomendada es reconocer la acreditación bajo esquemas que ya están en marcha, como son el MDL, VCS y GS. Si el tamaño del mercado a futuro es suficientemente grande, podría complementarse con un referencial nacional chileno, basado en la norma ISO 14065.

Bajo un escenario de mayor demanda de reducción de emisiones a nivel internacional ligadas a la compensación del Impuesto Verde, en el cual Chile decidiese desarrollar un programa doméstico de reducción de emisiones, se recomienda alinear el criterio de adicionalidad con las definiciones correspondientes del Artículo 6 del Acuerdo de París. Una forma de simplificar un programa doméstico bajo este marco sería la aplicación de las listas positivas de elegibilidad por tecnología y tamaño, en los sectores de la economía chilena dentro o fuera de su NDC que el Gobierno de Chile considere estratégicos.

Considerando que la adicionalidad no es un concepto aplicable al proceso de verificación, y considerando asimismo los escenarios planteados en el capítulo 4 del presente estudio “Propuesta uso de créditos de carbono en el corto plazo”, la adicionalidad de la gran mayoría de los créditos a emplear está ya determinada en los proyectos ya validados.

Como en el caso de los Proyectos Clima del Gobierno de España, podrían emplearse metodologías simplificadas, bien diseñadas por un organismo técnico del Estado (Oficina Española de Cambio Climático en España) o por los propios desarrolladores de proyecto, con elementos de cálculo estandarizados para cada categoría de proyecto.

Se podrían obviar así las, a veces, complejas pruebas de adicionalidad proyecto por proyecto comunes bajo el MDL y se ajusta a la naturaleza de abajo hacia arriba (*bottom-up*) del Acuerdo de París cuando los países definen sus contribuciones en función de sus contextos nacionales.

Las listas positivas pueden revisarse cuando el atractivo económico de las tecnologías cambie con el tiempo, y así se podría mantener una alta credibilidad del sistema mientras los costos de transacción para los proponentes de proyecto y para el país permanecen bajos.