

Apoyo a la incorporación de criterios de sostenibilidad en documentos estratégicos en materia de sostenibilidad del Ministerio de Obras Públicas, Chile

Reporte Final (E3.2)

Desarrollo de recomendaciones de sostenibilidad para el Plan Nacional de Infraestructura y Movilidad 2020 - 2050 (PNIM 2050)

Cooperación Técnica #: RG-T2183

Desarrollado por:
GeoAdaptive LLC

Desarrollado para:
El Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
Washington DC. USA

28 de enero, 2020

LIMITACIONES DEL ESTUDIO:

La incorporación de criterios de sostenibilidad en documentos estratégicos en materia de sostenibilidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP) de Chile están expuestas a limitaciones por el alcance, información, y contexto del proyecto. Específicamente, las principales limitaciones en el caso del **Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050 de Chile (PNIM 2050)**, son las siguientes:

Limitaciones de alcance

- El alcance del presente informe se enfoca en el **PNIM 2050**, como parte de los esfuerzos de integración de criterios de sostenibilidad en el documento.
- El alcance incorpora solo las reuniones de coordinación telefónicas entre el equipo técnico del MOP, el equipo BID, y el consultor establecidas como parte de la coordinación de esta consultoría.
- Se realizaron un total de tres reuniones, tipo video conferencias, en la que se discutió en profundidad la aproximación a la elaboración del PNIM 2050 con las direcciones del MOP. Además, se contempla la realización de un taller final para recibir comentarios que serán integrados en el informe final.
- Las comunicaciones con los equipos técnicos MOP – BID y el consultor, están acotadas a los miembros identificados por ambos equipos desde el inicio del proceso de la consultoría.
- En las reuniones técnicas con el equipo del Plan, participó un representante de cada uno de los servicios involucrados en el Plan (Vialidad, Aeropuerto, Obras Portuarias y Concesiones).

Limitaciones de información

- El informe para la integración de criterios de sostenibilidad se basó en la última versión del documento PNIM 2050, en septiembre del 2019, que fue entregado por el MOP al equipo consultor a la fecha de inicio de esta etapa de la consultoría.
- A la fecha, el PNIM 2050 incluye la comprensión del concepto de sostenibilidad para el Plan. La definición del concepto está acompañada por 4 dimensiones claves de la sostenibilidad. Esto se encuentra alineado con las dimensiones y criterios de sostenibilidad establecidos en el Marco de Infraestructura Sostenible del BID.
- En cuanto a las fuentes primarias utilizadas para la inclusión de criterios de sostenibilidad, estas incluyen:
 - Los documentos estratégicos MOP definidos en el Plan de Trabajo de esta consultoría.
 - La experiencia de la firma utilizando el Sistema de Evaluación de la sostenibilidad en infraestructura, Envision Versión 3, desarrollado por la Universidad de Harvard y el Instituto para la Infraestructura Sostenible.
 - Indicadores globales reconocidos y utilizados por organismos internacionales en relación con la planificación de infraestructura sostenible (ODS y OECD).
 - Documentos producidos dentro del marco de la Cooperación Técnica Regional “Marco para fomentar la sostenibilidad en proyectos de infraestructura” entre el BID y el MOP.
 - El Marco de infraestructura sostenible del BID, documento que establece las bases del concepto de la infraestructura sostenible y de los criterios aplicables a su desarrollo.

Limitaciones de contexto

- Dado que el proyecto se enmarca en el Marco de infraestructura sostenible del BID, la comprensión del concepto de la infraestructura sostenible, y los criterios aplicables, están alineados con lo señalado en dicho documento.
- Los criterios de sostenibilidad en infraestructura sugeridos en esta consultoría contienen un conjunto limitado de criterios de agrupados en áreas temáticas.
- Existe un acuerdo limitado en la literatura existente en la definición y organización más adecuada de estas temáticas, por lo tanto, nuevos criterios o ámbitos podrían ser agregados si se consultan otras fuentes o de acuerdo con lo que MOP considere más pertinente de acuerdo a sus necesidades específicas.

Este reporte fue preparado por:

Maria Ignacia Arrasate

Coordinadora Área de Infraestructura Sostenible

Leonardo Cavalcanti

Analista en Desarrollo y Planificación

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer al equipo del Ministerio de Obras Públicas (MOP) por su apoyo durante el desarrollo de esta consultoría. Especialmente a la Dirección de Planeamiento, su director Pablo Álvarez Tuza, María Pía Rossetti Gallardo Jefa División Planificación Estratégica y Presupuesto, y a la arquitecta del Departamento de Inversiones, Mónica Baeza Condori, quien fue la coordinadora del proyecto. También a otros miembros del equipo MOP que contribuyeron con sus comentarios, incluyendo a Marcial Echenique, Vianel González Parra, Felipe Livert Aquino, Cristina Contzen Viloz; Evelyne Medel Vera; Fernando Aldea Godoy; Mauricio Carrasco Gonzalez; Mauricio Lavin Valenzuela; Patricia Henríquez Orellana; Rene Ruíz Vergara; Víctor Reyes González. Y a los representantes de diversas jefaturas del ministerio, tales como Evelyn Reid Vera; Renán Fuentes; Arancibia; Ruth Pérez Pezoa; William Faulconer Pettit (DGC).

Por parte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) contamos con el apoyo de María Cecilia Ramírez, gracias a quien fue posible el desarrollo de este reporte.

INDICE DE CONTENIDOS:

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	6
1.1. ANTECEDENTES	6
1.2. APROXIMACIÓN	10
2. SOSTENIBILIDAD EN EL PNIM 2050	12
2.1. SOSTENIBILIDAD Y PLANIFICACIÓN	13
2.2. FUTURO DEL TRANSPORTE SIN PLAN	14
3. METODOLOGIA SIMPLE DE EVALUACION	15
PASO 1: COMPRESIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD	17
PASO 2: DESARROLLO DE METAS Y OBJETIVOS PARA EL TRANSPORTE SOSTENIBLE	18
PASO 3: DESARROLLO DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO PARA LA PLANIFICACION ESTRATEGICA	20
PASO 4: IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE LAS MEDIDAS DE DESEMPEÑO	28
PASO 5: REFINANDO EL MARCO Y APLICANDO COMENTARIOS	29
4. RECOMENDACIONES	30
4.1. IMPLEMENTACION DE LA EVALUACION DEL PNIM 2050	30
4.2. UNA VISION A FUTURO DEL TRANSPORTE	31
REFERENCIAS	33
GLOSARIO	34
A. CONCEPTOS CLAVES	34
B. DEFINICIONES DE TÉRMINOS DEL MARCO DE EVALUACIÓN	37
ANEXOS	38

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS:

Tabla 1: Impactos negativos asociados al transporte.....	8
Tabla 2: Relación entre el transporte sostenible y los ODS.....	9
Tabla 3: Resumen de los aspectos vinculados al concepto de la sostenibilidad en el borrador del PNIM 2050.	11
Tabla 4: Definiciones claves para el marco de evaluación.	16
Tabla 5: Metas de sostenibilidad y transporte.....	18
Tabla 6: Dimensiones, metas, y objetivos sugeridos para el PNIM 2050.....	19
Tabla 7: Dominios y áreas funcionales en la planificación del transporte	21
Tabla 8: Resumen de indicadores priorizados para Planificación Estratégica sostenible del PNIM 2050 (ExAnte).....	26

FIGURAS:

Figura 1: Metas de la sostenibilidad aplicadas al transporte	13
Figura 2: Futuro del transporte sin Plan y efectos en las metas claves de la sostenibilidad a nivel país.....	14
Figura 3: Desarrollo del marco de evaluación propuesto para el PNIM 2050	16
Figura 4: Prisma de indicadores de la sostenibilidad	17
Figura 5: Diagrama de sostenibilidad y objetivos para el PNIM 2050.....	24
Figura 6: Herramienta de visualización del índice de sostenibilidad para apoyar la toma de decisiones	29

ANEXOS:

ANEXO 1: PROPUESTA INICIAL DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PARA EL PNIM 2050
ANEXO 2: TABLA ORIGINAL DE INDICADORES PROPUESTOS PARA LA PLANIFICACION ESTRATEGICA
ANEXO 3: PROPUESTA DE INDICADOR DE EQUIDAD TERRITORIAL

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Este informe tiene como objetivo principal asegurar la inclusión de criterios de sostenibilidad en el Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020 – 2050 (PNIM 2050) impulsado por el Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP). Para esto se identifican un conjunto de criterios de sostenibilidad para ser considerados en la fase de planificación estratégica del PNIM. Los criterios propuestos se integran en una metodología simple de evaluación que sigue metas, objetivos, indicadores y recomendaciones.

Para apoyar al MOP en su búsqueda para incrementar la sostenibilidad de sus inversiones, se inició en 2017 una colaboración entre el BID y el Ministerio, en el marco de la Cooperación Técnica Regional “Marco para fomentar la sostenibilidad en proyectos de infraestructura”. En esa oportunidad se utilizó el Sistema Envision como el principal marco de trabajo para avanzar en la integración de criterios de sostenibilidad en el quehacer del Ministerio¹.

Para continuar con la inclusión de una aproximación más sostenible a los proyectos de transporte del MOP, a finales del 2018 se acordó contar con el apoyo técnico del BID para la actualización del Volumen 9 del Manual de Carreteras (V9MC) y la formulación del Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050 (PNIM 2050). Al momento de iniciarse esta consultoría, a mediados del 2019, la Dirección de Vialidad del MOP se encontraba en la última etapa de actualización del V9MC y la Dirección de Planeamiento en pleno proceso de elaboración del PNIM 2050.

El PNIM 2050 se enmarca en los esfuerzos del MOP para continuar desarrollando la infraestructura de apoyo a la movilidad a nivel nacional. El Plan tiene un horizonte al año 2050 y se concentra en la conectividad interurbana. Esta iniciativa de planificación reconoce que la movilidad está estrechamente relacionada con el desarrollo económico del país, y que su correcta planificación contribuye a avanzar en un mayor bienestar social (MOP, 2018).

1.1. ANTECEDENTES

Desarrollo económico y movilidad

El desarrollo del Plan se encuentra apoyado por el informe “Hacia un Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050” elaborado por el arquitecto Marcial Echenique (Echenique, 2018). Este informe presenta una primera aproximación para la elaboración del Plan Nacional de Infraestructura, focalizado en la movilidad de carga y pasajeros con el objetivo de coordinar las iniciativas públicas y privadas en el mediano y largo plazo (2050). En este documento se analizan las tendencias de movilidad junto con desarrollo económico y se proyecta el futuro de las demandas de movilidad basadas en la experiencia de otros países, los cuales ya pasaron por un proceso de desarrollo económico similar al que se estima para Chile en los próximos 30 años.

A grandes rasgos, se espera que al año 2050 el Producto Interno Bruto (PIB) se duplique, así como que la movilidad también se duplique. Entonces, como respuesta a la demanda futura se propone una red multimodal integrada, que debe ser acompañada de regulaciones y una correcta política de precios para su correcto funcionamiento.

Entonces el Plan reconoce en su formulación que la movilidad es una condición determinante para el desarrollo

¹ Envision es un marco que proporciona la orientación necesaria para iniciar este cambio sistémico en la planificación, diseño y entrega de infraestructura sostenible y resiliente. El sistema fue desarrollado por el Programa Zofnass de la Universidad de Harvard y el Instituto para la Infraestructura Sostenible (ISI) basado en Washington, DC.

económico. Sin embargo, el largo tiempo de vida y las amplias consecuencias espaciales de los activos de infraestructura significa que los proyectos, que componen y determinan las inversiones contempladas en el plan, generen externalidades tanto positivas como negativas que son difíciles de capturar y manejar (Bak et al. 2017).

Por ejemplo, en relación con la dimensión social, se espera que el desarrollo de la infraestructura para la movilidad contribuya al desarrollo inclusivo, al permitir el acceso más amplio posible a los servicios de calidad que esta debe proporcionar. Pero, a la vez, sin una adecuada planificación, se reconoce que esta puede contribuir a acentuar la segregación social y territorial.

En cuanto a la dimensión medioambiental, la infraestructura también puede contribuir a preservar y restaurar ecosistemas, además de avanzar en un desarrollo con bajas emisiones. Sin embargo, también puede interactuar de forma negativa con el medio ambiente, contribuyendo a su deterioro, fomentando rápidos cambios en el uso del suelo, contaminación, y pérdida de recursos naturales.

Con estas consideraciones, el desafío principal para integrar la sostenibilidad en el PNIM 2050 es cambiar el paradigma unidimensional de contribuir a aumentar el ingreso per cápita. El PIB nos informa sobre nuestra productividad económica, pero no permite conocer la calidad de vida de nuestra gente, nuestro medioambiente, nuestra democracia u otros aspectos del bienestar que los chilenos valoran. Por supuesto, el PIB sigue siendo un elemento muy importante, pero la integración de otros factores que responden a las principales preocupaciones actuales en torno a la equidad e integración social y la calidad del medioambiente, incluyendo la reducción de emisiones, son determinantes en el futuro patrón de civilidad que tendrá el país.

Red multimodal integrada

El informe presentado por Echenique (2018) es un antecedente clave para la definición de la red multimodal integrada que se encuentra sintetizada en una imagen objetivo con los elementos que conforman el plan. El plan considera una red de transporte multimodal, la cual integra los distintos modos de transporte: vial, ferroviario, aéreo, marítimo y por ductos, para facilitar el movimiento a través de diferentes modos de transporte. Sin embargo, esta intención se encuentra limitada por los objetivos disímiles entre los distintos sectores, instituciones, proveedores de infraestructura, y los servicios de transporte involucrados.

El plan tiene un carácter estratégico, con un horizonte al año 2050, y se concentra en la conectividad y movilidad interurbana. Se enfoca en la infraestructura de competencia ministerial, incluyendo vialidad interurbana, aeropuertos y puertos. Se plantea como una estrategia de acción que apunta a resolver los desafíos de futuro en cuatro áreas: Conectividad y movilidad Interurbana para pasajeros; Infraestructura Vial Interurbana para transporte de carga nacional y de comercio exterior; Conectividad a Pasos Internacionales y a Puertos; Infraestructura aeroportuaria. Además, en concordancia con el informe señalado, en el Plan se establecen tres instrumentos: Inversiones, (referidas a la construcción de infraestructura); Regulaciones y Precios (referidos al uso y operaciones de la red).

Al momento de elaboración de este informe, ya existe una cartera de proyectos de inversiones definida, además de un conjunto de regulaciones y precios para apoyar el uso eficiente de la red, y apoyar la operación sostenible de esta misma. Sin embargo, la relación entre estos distintos instrumentos aún debe desarrollarse e implica un importante desafío de coordinación multisectorial que es determinante para la sostenibilidad de esta iniciativa de planificación en el largo plazo.

A modo de resumen, se reconoce que la multimodalidad del plan, su carácter estratégico, y la integración de los instrumentos que lo componen, son todas condiciones muy relevantes que presentan oportunidades y también limitaciones, las cuales determinan este informe y las recomendaciones contenidas en este para avanzar en un enfoque sostenible al PNIM 2050.

Impactos del transporte

Existe una extensa literatura sobre los impactos negativos del transporte que ha llevado a la identificación de una variedad de problemas, resumidos en la Tabla 01. Si bien algunos de estos impactos han surgido como parte del debate sobre el desarrollo sostenible, como, por ejemplo, el cambio climático global y daños al ecosistema, otros como los accidentes, la contaminación del aire local y la congestión son anteriores a estos debates.

A continuación, se identifican los principales impactos negativos del transporte. Es relevante reconocer estos impactos negativos ya que se vinculan directamente con las nociones de desarrollo sostenible para la movilidad. Se considera que, una vez identificadas estas problemáticas, es posible plantear estrategias para abordarlas con el objetivo de maximizar los impactos positivos del transporte y minimizar los negativos.

Tabla 1: Impactos negativos asociados al transporte

Impactos negativos asociados al transporte		
Medioambiental	Social	Económico
Contaminación del aire (expansión urbana)	Accidentes	Costos de transporte para consumidores / usuarios
Consumo de suelos	Segmentación de las comunidades	Costos vinculados a accidentes
Agotamiento de la capa de ozono	Menor calidad de vida	Agotamiento de recursos no renovables (también parte de los impactos medioambientales y sociales)
Destrucción de ecosistemas y hábitats	Impactos en la salud física y psicológica	Congestión de tráfico
Cambio climático global	Inequidades asociadas a impactos medioambientales	Costos de instalaciones de transporte
Impactos en ciclos hidrológicos	Barreras de movilidad	Costos vinculados a problemas de salud pública
Introducción de especies exóticas	Barreras para grupos más vulnerables y con discapacidades	
Contaminación auditiva y visual (también vinculado a impactos sociales)	Tiempo perdido en viaje	
Derrames de sustancias tóxicas	Contaminación visual	
Falta de manejo de residuos		
Contaminación del agua		

Fuentes: Gudmundsson, H (2016), basado en Black (2005), Button (1993), Maddison et al. (1996), Rothgatter (2003), Spellerberg (2002), TRB (1997), Wachs (2005), Whitelegg (1993, 1997), Whitelegg and Haq (2003), VTPI (2005), and Zietsman and Rilett (2002).

Aumento de la movilidad y emisiones

Para comprender la importancia del sector transporte, se reconoce que en la región de América Latina este es responsable del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero, GEI (IEA 2015). Entonces la implementación de medidas que mitiguen estas emisiones es muy necesaria para lograr mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C. Por supuesto estas medidas deben ser acompañadas con las de otros sectores asegurando una aproximación transversal multisectorial para lograr los objetivos propuestos en el mediano y largo plazo.

En América Latina la tasa de motorización en la región sigue siendo muy baja, comparada con la de países de Europa y Norteamérica, pero está creciendo con rapidez, por lo que además de los esfuerzos para frenarla, es

importante tomar medidas para mejorar la eficiencia de los vehículos nuevos que llegarán a nuestros países, y así **reducir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones** que ésta genera.

En Chile, entre el año 1990 y el 2000 las emisiones totales de GEI, tuvieron un aumento del 83.5% (Ministerio del Medio Ambiente 2014). Al 2013 Chile emitió un total de 82MtCO₂ por consumo de combustibles, siendo el sector transporte responsable del 30.4% de las emisiones (IEA 2015). Chile es un país altamente urbanizado y en los últimos 10 años la venta de vehículos ha crecido en un 127%, trayendo importantes impactos en la calidad del aire en las grandes ciudades, así como un aumento en el consumo de productos energéticos importados, principalmente el petróleo (Martínez y Castellanos, 2019).

Además, el incremento de vehículos SUV, y la participación constante en las ventas del segmento de camionetas en el parque vehicular, ha provocado que Chile presente emisiones promedio de CO₂, de todo el parque automotor, similares a las observadas en países como Corea del Sur, y cercanas a los promedios de Australia y de los Estados Unidos de América. Otro aspecto relevante en Chile es la tecnología diésel que ha ido ganado participación en el mercado automotriz. Esto ha generado impactos en la reducción promedio de emisiones de CO₂, sin embargo, ha incrementado las emisiones de contaminantes locales como los NO_x y el material particulado.

Entonces, el constante incremento tendencial de vehículos da cuenta de la necesidad de mejorar la infraestructura asociada, de manera de evitar la congestión y seguir potenciando el crecimiento del país mediante un transporte eficiente. Sin embargo, el dilema es cómo lograr mejorar la infraestructura y a la vez potenciar una movilidad más sostenible. En este sentido, las políticas públicas y precios que regulen el uso eficiente de la red propuesta en el PNIM 2050 sumadas a las innovaciones que logren aumentar la tasa de penetración de la electro movilidad, serán factores determinantes para lograr sostenibilidad del plan en el largo plazo.

Impactos del transporte sostenible para lograr los ODS.

A pesar de las complejidades y desafíos que el desarrollo sostenible conlleva, a nivel global, existe un amplio consenso de que es una temática importante para abordar en los múltiples sectores vinculados al desarrollo y que vale la pena perseguir sus objetivos. Estos han sido plasmados en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas firmados por los Estados Miembros el 2015 (PNUD, 2015) y reforzados por el Acuerdo de París firmado el 2016, en el marco de la Conferencia del Cambio Climático (COP21).

Considerando una visión sectorial, se reconoce que parte de los avances y logros de los ODS dependerán de la transición a un transporte más sostenible. El progreso global en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero no pueden realizarse sin acción decisiva en transporte sostenible. Las oportunidades de empleo y desarrollo inclusivo están determinadas por la accesibilidad entregada por el transporte. La seguridad de los pasajeros es un aspecto crítico. Metas en relación con la biodiversidad y preservación ecológica también se vinculan a modelos y prácticas de transporte más sostenibles. La Tabla 02 conecta los aspectos claves del transporte sostenible para las Naciones Unidas (ONU) con los ODS.

En este ambicioso contexto de transformación impulsado a nivel global, se considera que es deseable lograr una movilidad sostenible, sin embargo, aún son muchos los desafíos para lograrlo. En el caso de Chile, el desarrollo de sistema de transporte a nivel nacional en las últimas décadas ha acompañado, y probablemente impulsado, el desarrollo económico del país, así lo refleja la correlación entre los diversos indicadores económicos y el aumento de la movilidad. En términos sociales, esto se ha traducido en mejoras a la calidad de vida de los chilenos, al proveer mayor accesibilidad a una variedad de bienes y servicios, incluyendo salud, educación, empleo, recreación, entre otros. Pero es importante reconocer que estos beneficios, no han sido logrados sin costos, y aún persisten importantes desequilibrios sociales, económicos, y ambientales (MOP, 2016). La reciente contingencia nacional, hoy reconocida como 'crisis social', que comenzó en octubre del 2019, bien refleja el precario balance en relación con la distribución equitativa de los beneficios que se han generado a partir del crecimiento económico del país en las últimas décadas.

Tabla 2: *Relación entre el transporte sostenible y los ODS*

De acuerdo con las Naciones Unidas, el transporte sostenible es:	
SEGURO	ODS 3: BUENA SALUD Y BIENESTAR
	Meta 3.6: Reducir en la mitad el número de muertes y heridos en accidentes de tráfico a nivel mundial
	Meta 3.9: Reducir muertes y enfermedades de la contaminación
ASEQUIBLE	/
ACCESIBLE	ODS 2: ACABAR CON EL HAMBRE
	Meta 2.3: Duplicar la productividad agrícola e ingresos de pequeña escala de los productores de alimentos (acceso a los mercados)
EFICIENTE	ODS 7: ACCESIBLE Y ENERGÍA LIMPIA
	Meta 7.3: Doblar la tasa global de mejora en eficiencia energética
	ODS 12: CONSUMO Y PRODUCCIÓN RESPONSABLE
	Meta 12.c: Racionalizar los subsidios ineficientes a los combustibles fósiles
RESILIENTE	ODS 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA
	Meta 9.1: Desarrollar infraestructura sostenible y resiliente
MINIMIZA EMISIONES E IMPACTOS AMBIENTALES	ODS 13: ACCION CLIMATICA
	Meta 13.1: Fortalecer la resiliencia
	Meta 13.2: Integrar medidas de cambio climático en planes nacionales
	ODS 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
	Meta 11.2: Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos
	Meta 11.6: Reducir el impacto ambiental adverso de ciudades

Fuente: Elaboración propia en base a reporte UN “Mobilizing Sustainable Transport for development”

1.2. APROXIMACIÓN

Sostenibilidad en el MOP

En el MOP existen varios instrumentos de evaluación de aspectos vinculados a la sostenibilidad en la infraestructura y, específicamente, el transporte. Entre ellos se encuentran: Evaluaciones de transporte y movilidad para la evaluación de proyectos y planes; Revisión e informes de políticas ambientales; Gestión del desempeño, con indicadores de rendimiento para informar sobre los resultados con respecto a los objetivos y metas. Estos instrumentos ilustran que la práctica convencional del Ministerio ya permite, en cierta medida, la medición de algunos de los aspectos vinculados a la sostenibilidad en el transporte. Sin embargo, estos instrumentos abordan las dimensiones de la sostenibilidad por separado, con una limitada integración entre ellos, u omiten ciertos aspectos relevantes a considerar.

La necesidad de integrar una perspectiva sostenible, que promueva una visión holística multidimensional y multisectorial, para evaluar e integrar tanto los impactos positivos como los negativos vinculados al transporte es un desafío reconocido a nivel global. Para abordar este vacío, y en las últimas dos décadas, se han puesto a disposición múltiples herramientas y métodos de evaluación de la sostenibilidad, o se han revisado o ampliado los anteriores programas ambientales para abordar la sostenibilidad. Estos esfuerzos dan cuenta de la complejidad que conlleva la integración de una visión sostenible al desarrollo de la infraestructura ya que el concepto presenta múltiples facetas que interactúan entre ellas.

Las evaluaciones de la sostenibilidad disponibles aun ofrecen una serie de marcos heterogéneos que están menos integrados que los marcos oficiales para la evaluación del transporte y la revisión de políticas ambientales. Por lo tanto, existe un acuerdo limitado sobre la lógica general e incluso la terminología básica para usar en esta área (Gudmundsson et al. 2016). La revisión de la literatura seleccionada indica que, a pesar de la variedad existente en las definiciones operativas de la sostenibilidad del sistema de transporte, en general, estas capturan al menos los siguientes aspectos: los atributos de eficacia y eficiencia del sistema, los impactos del sistema en la economía, el medio ambiente y la calidad de vida social, apoyada por un marco de gobernanza adecuado.

Para el desarrollo de este informe se considera la definición de la evaluación de la sostenibilidad propuesta por la OECD (2010), que señala de manera general, que **‘es una aproximación para explorar de manera integrada los impactos económicos, sociales, y medio ambientales de una variedad de políticas públicas, incluyendo programas, estrategias, y planes de acción’**. En base a esta definición inicial, para abordar la diversidad de dimensiones que componen una aproximación sostenible, con sus sinergias e intercambios, se hace necesario establecer un marco de trabajo general que permita organizar y sistematizar el enfoque propuesto para que el MOP aborde la red multimodal integrada que conforma el PNIM 2050 desde una visión sostenible.

Enfoque sistémico y sostenibilidad en el PNIM 2050

El **enfoque sistémico del PNIM 2050** permite considerar la naturaleza dinámica del proceso de movilidad, en que las acciones que se realizan en un momento dado modifican el sistema de actividades futuras en el territorio. La concepción sistémica multimodal del Plan se resume en la integración de los siguientes aspectos: Todos los modos de transporte (multi modal); Elementos que componen el sistema; Modelación de totalidad de viajes (origen y destino) / Patrones de demanda; Opciones de intervención para la oferta y demanda e instrumentos sectoriales; Atributos y limitaciones territoriales.

El Plan se plantea entonces en base a un enfoque sistémico basado principalmente en cumplir con el objetivo de contribuir al desarrollo económico a futuro a partir de la modelación de las demandas de movilidad previstas. En este contexto, la necesidad de una visión sostenible se propone como un conjunto de aspectos complementarios a esta formulación inicial de manera de evaluar los efectos multidimensionales del plan en su fase de planificación estratégica. Se espera que la integración de un conjunto más amplio de consideraciones permita abordar anticipadamente los efectos adversos en el medio ambiente, en la calidad de vida y equidad social, además de promover el uso más eficiente de los recursos naturales, que el desarrollo de la infraestructura que constituye la red propuesta, conlleva en su desarrollo. De esta manera se pretende considerar un espectro más amplio de las externalidades tanto positivas como negativas vinculadas a esta iniciativa nacional.

En relación con los antecedentes considerados por el MOP para integrar una visión sostenible al plan, el punto de partida utilizado son las consideraciones formuladas por el Consejo de Transportes de la Unión Europea (IDAE, 2006) para la elaboración e implantación de planes de movilidad urbana sostenible. Además, el MOP integra a esta propuesta europea las condiciones alineadas a los fundamentos de política pública en que se enmarca este plan y se enumera un listado de aspectos vinculados al concepto de sostenibilidad. También se hace referencia a las cuatro dimensiones de la sostenibilidad en concordancia con el marco de evaluación de infraestructura sostenible del BID (BID, 2018).

En base a estas consideraciones iniciales presentes en el documento borrador del plan, la Tabla 03 presenta un resumen de la primera aproximación a la sostenibilidad del PNIM 2050 por parte del equipo MOP, la cual constituye la base de la propuesta de este informe para la integración de criterios de sostenibilidad en el plan y que se complementa con la revisión de la literatura internacional vinculada a la movilidad sostenible.

Tabla 3: Resumen de los aspectos vinculados al concepto de la sostenibilidad en el borrador del PNIM 2050.

Dimensiones MOP / BID	Consideraciones UE (IDAE) + MOP	Dimensiones y temáticas (MOP)	Aspectos PNIM2050 (MOP)
Sostenibilidad social	- Satisface necesidades básicas de acceso y desarrollo	/	/
	- Promueve acuerdos amplios y participativos	- Participación ciudadana e integración de actores	/
	- Compatible con la salud humana	- Respeto a los derechos humanos y laborales	/
	- Fomenta la igualdad social	- Inclusión social y de género	- Equidad social y territorial
Sostenibilidad económica y financiera	- Apoya una economía competitiva	- Asegurar retornos económicos	- Eficiencia económica
	- Apoya un desarrollo territorial equilibrado	- Disminuir la pobreza y combatir la inequidad	- Mayor rentabilidad social
	- Es multimodal y eficiente	- Adecuada distribución de riesgos	/

Sostenibilidad ambiental	- Compatible con el medio ambiente	- Conservación del entorno natural	- Resguardo del entorno ambiental
	- Limita las emisiones y los residuos	- Resiliente ante desastres naturales (funcionalidad)	- Minimiza los impactos en el medio ambiente
	- Consume y fomenta el uso de energías renovables	- Uso eficiente de recursos naturales	/
	- Minimiza el impacto sobre el uso del suelo y generación de ruidos.	- Disminución de la contaminación	/
	- Resiliente ante desastres naturales (funcionalidad) y - Reduce vulnerabilidades de la población	/	- Considera el cambio climático
Sostenibilidad institucional	/	- Integración de planes, metas, marcos normativos	- Asegurar el cumplimiento de la normativa

Fuente: Elaboración propia en base a Borrador del PNIM 2050, MOP. Agosto 2019.

2. SOSTENIBILIDAD EN EL PNIM 2050

Para identificar los componentes que se incluirán en el marco de sostenibilidad propuesto para el PNIM 2050, la pregunta que se debe responder es "¿Qué necesita una institución, - específicamente en el sector transporte- para abordar con éxito los problemas de sostenibilidad utilizando mediciones de desempeño?"

Como se señaló anteriormente, hay muchas definiciones de sostenibilidad, desarrollo y transporte sostenibles. A veces se define de manera limitada como simple sostenibilidad ambiental, preocupada principalmente por la reducción de la contaminación y la preservación del hábitat, pero cada vez se define más ampliamente para incluir otros objetivos. El marco presentado en este informe apoya al MOP en la adopción de un enfoque sostenible más amplio e integral para el PNIM 2050. Esto se hace través de una aproximación jerárquica, a partir de la comprensión de los principios generales de sostenibilidad, para luego avanzar hacia las metas y objetivos de sostenibilidad específicos de transporte, y para finalmente sugerir un conjunto de medidas de desempeño específicas que se podrían utilizar para comparar alternativas y medir avances

Al sistematizar la definición planteada en el Informe Brundtland (1987) - la sostenibilidad conlleva satisfacer las necesidades humanas para el presente y el futuro – y con los aspectos vinculados al concepto de la sostenibilidad presentes en el borrador del PNIM 2050 se señala el siguiente listado de principios guía a considerar:

- **Proveer de infraestructura para promover la prosperidad y el desarrollo económico**
- **Promover una mayor equidad social al otorgar conectividad para el desarrollo e integración de las regiones extremas**
- **Minimizar impactos medioambientales al reducir emisiones y proteger ecosistemas**
- **Otorgar resiliencia a la red ante situaciones extremas**
- **Contribuir a la generación de empleos en la ejecución de las inversiones y operaciones de la red además de potenciar nuevas posibilidades en el territorio**

Con esta noción multidimensional como premisa, se confirma que la sostenibilidad del transporte para el MOP no solo se refiere a las cifras que miden las emisiones y energía vinculados al sector, sino que también a sus impactos sociales y medio ambientales más amplios y relevantes dentro del contexto nacional y compromisos del país. Esto debería complementarse con una visión prospectiva, planteada por el Informe Brundtland,

considerando los efectos de las acciones actuales en las próximas generaciones, especialmente en relación con el uso inadecuado de recursos finitos y sus repercusiones en distintos niveles.

2.1. SOSTENIBILIDAD Y PLANIFICACIÓN

La creciente importancia de la integración del desarrollo sostenible como un objetivo de política pública ha iniciado un debate sobre los marcos de trabajo más apropiados, así como de las herramientas vinculadas a ellos, para proveer una guía para una sostenibilidad que pueda ser medida y los avances monitoreados en el tiempo. Sin embargo, se reconoce que este es un desafío complejo ya que deben integrarse múltiples dimensiones y disciplinas, tales como la economía, sociología, ecología, ingeniería, y planificación urbana, entre otras. Además, de esta condición multidisciplinar, parte de sus objetivos son difíciles de cuantificar, lo que conlleva incertidumbres a la hora de medir avances y resultados.

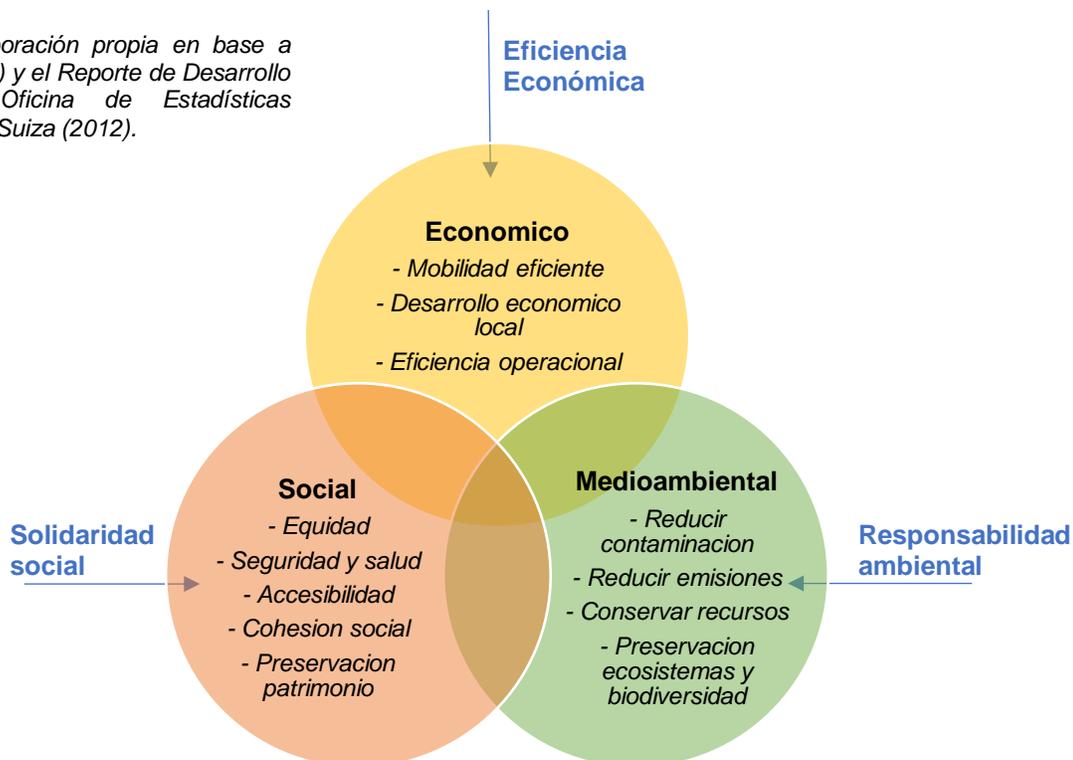
A pesar de que la definición del desarrollo sostenible es dinámica, por lo que se ha ido actualizando y modificando con el tiempo, la mayoría de las definiciones abarcan el concepto de Brundtland con tres componentes fundamentales claves en la conceptualización del concepto: la economía, el medio ambiente y la sociedad. Este trío también se conoce como el triple balance del desarrollo sostenible. Los tres pilares son todos de igual importancia, están vinculados entre sí y dependen del uno al otro. Esto significa que, a largo plazo, ninguna de las metas ambientales, económicas y sociales pueden ser alcanzadas a expensas de las otras metas. La aplicación exitosa de los principios del desarrollo sostenible radica en traducir esta valiosa idea en una guía práctica para tomar decisiones: es decir, establecer objetivos, implementar prácticas y medir resultados.

Los pilares se pueden representar utilizando tres círculos superpuestos. Las intersecciones de estos círculos simbolizan la necesidad de un desarrollo sostenible para unificar metas y objetivos que son a veces contradictorios. Entonces, el concepto de sostenibilidad últimamente refleja el balance entre las metas fundamentales de solidaridad social, responsabilidad ambiental, y eficiencia económica.

La Figura 01 ilustra el balance entre los tres pilares de la sostenibilidad aplicados al transporte. Para cada dimensión se plantea un objetivo principal de planificación y se señalan aspectos claves a integrar.

Figura 1: Metas de la sostenibilidad aplicadas al transporte

Fuente: Elaboración propia en base a Litman (2019) y el Reporte de Desarrollo Sostenible Oficina de Estadísticas federales de Suiza (2012).



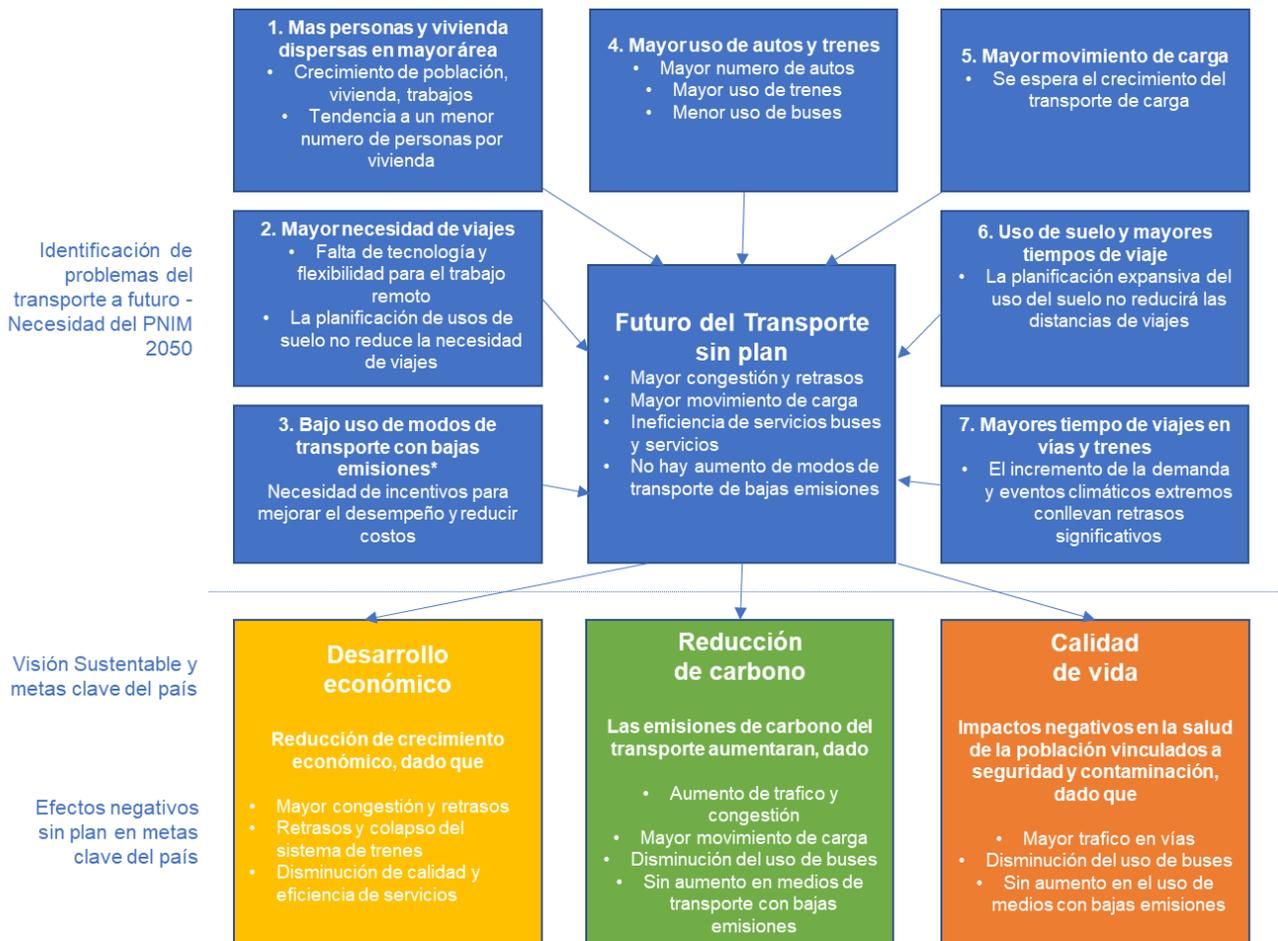
2.2. FUTURO DEL TRANSPORTE SIN PLAN

Las tres dimensiones o pilares que conforman la sostenibilidad dan cuenta de una diversidad de metas que responden a los principales impactos del transporte. En el caso de Chile, el informe presentado por Echenique (2018) sintetiza las principales problemáticas asociadas al aumento de la demanda en transporte, demostrando la necesidad del Plan.

La Figura 02 visualiza algunos de los principales hallazgos del reporte de Echenique en siete puntos clave y se conectan con las principales metas del Plan en relación con los pilares de la sostenibilidad. Primero, el desarrollo económico en un escenario sin plan se vería reducido considerando que existiría una mayor congestión y retrasos, dada la disminución de la calidad y eficiencia de los servicios prestados por el sistema. Segundo, las emisiones de carbono del sector transporte aumentarían por el aumento del tráfico y congestión, aumento de carga, disminución de uso de buses, sin mejoras o incentivos al transporte con bajas o cero emisiones. Tercero, la calidad de vida se vería afectada por el mayor tráfico en vías, impactando en los estándares de seguridad, y emisiones de contaminantes.

Este análisis preliminar y su conexión con las grandes metas país en relación con los pilares de sostenibilidad contribuyen a comprender que el futuro sin plan compromete avanzar en alcanzar las metas de la sustentabilidad. Además, la definición de los efectos negativos sin plan, señalan cuales son los principales desafíos a los que debe responder al formular una visión sostenible para esta iniciativa. Se destacan los siguientes aspectos: Baja productividad; Congestión y emisiones; Salud y Contaminación; Baja calidad y eficiencia de servicios.

Figura 2: Futuro del transporte sin Plan y efectos en las metas claves de la sostenibilidad a nivel país



Fuente: Elaboración propia en base a informe elaborado por Marcial Echenique (2018)

3. METODOLOGIA SIMPLE DE EVALUACION

*Al monitorear el desarrollo sostenible en el PNIM 2050, ¿qué es lo que debería ser medido?
¿Qué temas, qué problemáticas y por lo tanto qué indicadores deben incluirse?
¿Y cómo saber si lo que se mide es bueno o malo para el desarrollo sostenible del plan?*

El papel fundamental del sistema de transporte es facilitar la movilidad, por lo cual, la atención y esfuerzo tradicionalmente se ha centrado en mejorar la velocidad de operación. Una perspectiva sostenible debería buscar cambiar el énfasis de perseguir una mayor velocidad de operación hacia la búsqueda de objetivos más integrales en las dimensiones económica, social y ambiental. Hay varios marcos o sistemas de indicadores en la literatura existente para medir la sostenibilidad en el sistema de transporte o en un cierto nivel regional, pero no existe un estándar y parece poco probable debido al desacuerdo sobre la definición de sostenibilidad y los diversos propósitos de establecer un marco único. Esta falta de acuerdo exige a las instituciones consensuar una visión sostenible que refleje sus prioridades.

A pesar de la falta de acuerdos en la definición del transporte sostenible y, por lo tanto, de los aspectos o atributos para su evaluación, es posible distinguir algunos de los atributos esenciales para la propuesta de un marco de evaluación robusto:

- 1. Integrar una visión balanceada de todos los aspectos que componen la sostenibilidad**
- 2. Conectar el marco propuesto con las metas y objetivos del MOP**
- 3. Capacidad de capturar la interacción entre variables**
- 4. Flexibilidad y adaptabilidad (autoaprendizaje)**

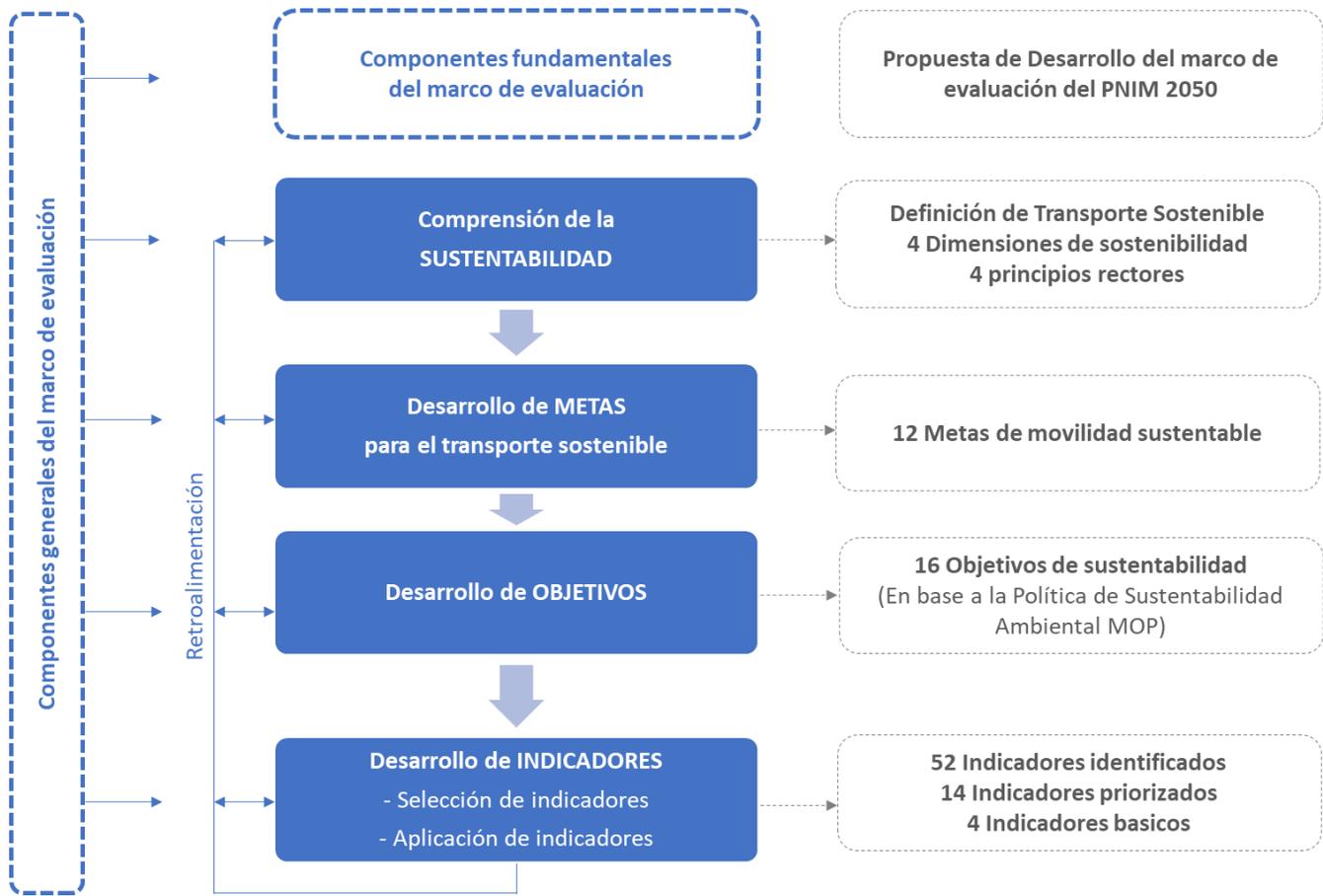
Fuente: Elaboración propia en base a los atributos para un sistema de evaluación robusto definidos por Pei (Pei et al. 2010)

El marco de evaluación presentado en la Figura 03 y las definiciones clave presentes en la Tabla 04 apoyan al MOP en la adopción de un enfoque jerárquico para que los principios generales de sostenibilidad logren trasladarse a objetivos de sostenibilidad para el sector transporte, y luego a medidas de desempeño específicos para evaluar los avances de la institución en el área.

El diagrama resume los principales componentes de un marco de evaluación para integrar y medir la sostenibilidad en relación con el transporte. Este marco conforma una estructura base para organizar la información de este informe. Los principios, metas y objetivos se desarrollan en este informe y conforman una guía referencial para que el MOP aborde desde una perspectiva sostenible el desarrollo del Plan.

La característica principal del marco es que es un procedimiento general y una guía sobre cómo combinar y aplicar los diferentes elementos para pasar de los principios a la práctica, como se muestra en la Figura 03. El marco fue diseñado para permitir abordar la sostenibilidad en el amplio espectro de áreas de enfoque de las agencias de transporte, incluida la planificación. Otras etapas, como la programación, desarrollo de proyectos, construcción, operaciones y mantenimiento también podrían ser evaluadas utilizando la misma estructura organizacional.

Figura 3: Elementos del marco de evaluación propuesto para el PNIM 2050



Fuente: Basado en “Marco general para el transporte y la sostenibilidad” (Zietsman et al. 2011)

Tabla 4: Definiciones claves para el marco de evaluación.

Definiciones clave:	
Línea base (referencia):	Condiciones existentes, proyectadas o de referencia si el cambio no se implementa.
Meta:	Lo que finalmente se quiere lograr.
Objetivo:	Acciones que ayudan a alcanzar las metas.
Target (logro):	Un objetivo específico, realista y medible.
Indicador:	Una variable seleccionada y definida para medir el progreso hacia un objetivo.
Datos del indicador:	Valores utilizados en los indicadores.
Marco de indicadores:	Estructura conceptual que vincula los indicadores a una teoría, propósito o proceso de planificación.
Conjunto de indicadores:	Un grupo de indicadores seleccionados para medir el progreso integral hacia las metas.
Índice:	Un grupo de indicadores agregados en un solo valor.
Sistema de indicadores:	Un proceso para definir indicadores, recopilar y analizar datos y aplicar resultados.

Fuente: Basadas en Gudmundsson 2001; Shaheen, et al. 2016; USEPA, 2008

A continuación, se sugieren cinco pasos para desarrollar el marco de evaluación de la sostenibilidad del PNIM 2050 y abordar con un orden secuencial todos los elementos propuestos en la Figura 03:

Paso 1— Comprensión de la sostenibilidad para el MOP

Paso 2— Desarrollo de metas y objetivos para el transporte sostenible

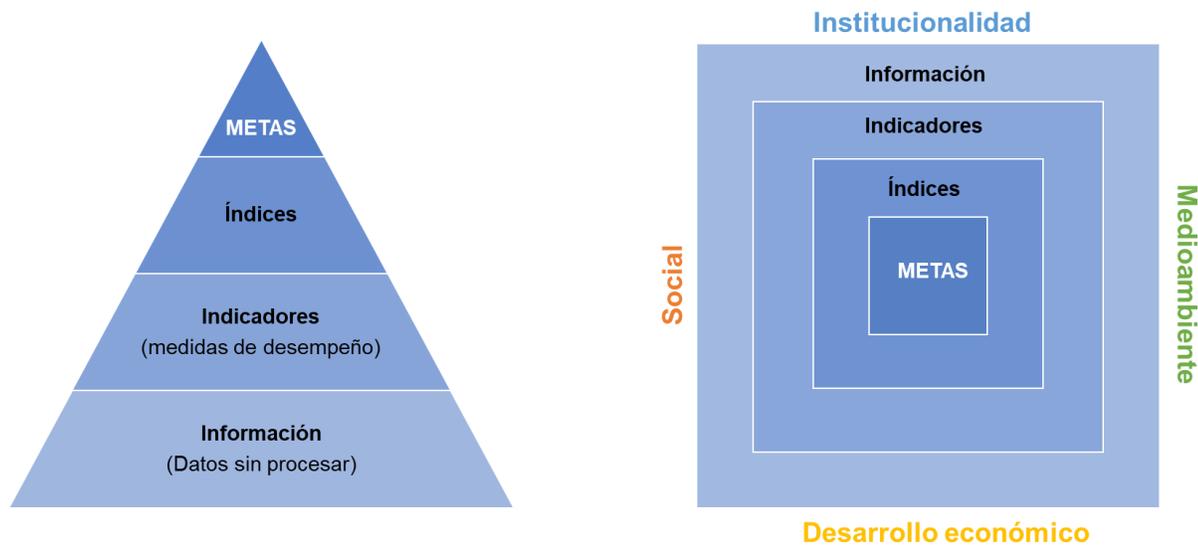
Paso 3— Desarrollo de medidas de desempeño

Paso 4— Implementación y monitoreo de las medidas de desempeño

Paso 5— Refinando el Marco y Aplicando Comentarios

La Figura 04 ilustra como estos pasos se condicen con marcos sugeridos por otros autores. Abajo se ilustra en una pirámide los pasos y niveles de información requeridos.

Figura 4: Prisma de indicadores de la sostenibilidad



Fuente: Prisma de indicadores de sostenibilidad de Zegras (adaptado de Hart, 1998).

PASO 1: COMPRENSIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

Existe un interés creciente en aplicar el concepto de la sostenibilidad a distintos sectores, incluido al transporte y movilidad. Como se explicó anteriormente, la sostenibilidad enfatiza la naturaleza integrada de las actividades humanas y, por lo tanto, la necesidad de planificación coordinada entre diferentes sectores, grupos, y jurisdicciones. Por lo tanto, este concepto implica expandir los objetivos, impactos, y opciones que deben ser considerados en el proceso de planificación. Esto contribuye a que las decisiones en el corto plazo sean consistentes con las decisiones estratégicas y metas de largo plazo.

Muchos expertos utilizan la definición formulada por el Centro de Transporte Sostenible de Canadá (CST)² porque es integral e indica que el transporte sostenible debe equilibrar los objetivos económicos, sociales y ambientales, (triple balance). De acuerdo con el CST un sistema de transporte sostenible es aquel que:

- **Sociedad:** Permite que las necesidades básicas de acceso de los individuos y las sociedades se

² El Centro para el Transporte Sostenible (CST) (www.centreforsustainabletransportation.org) es un instituto de investigación canadiense dedicado a fomentar una política de transporte más sostenible.

satisfagan de manera segura y de manera consistente con la salud humana y del ecosistema, y con equidad inter e intergeneracional.

- **Economía:** Es asequible, opera de manera eficiente, ofrece opciones de modo de transporte y es compatible con el desarrollo económico.
- **Medioambiente:** Limita las emisiones y los desechos dentro de la capacidad del planeta para absorberlos, minimiza el consumo de recursos no renovables, limita el consumo de recursos renovables, reutiliza y recicla sus componentes, y minimiza el uso de la tierra y la contaminación (lumínica, visual, y ruidos).

El enfoque del CTS, combina los tres pilares de la sostenibilidad, sin embargo se plantean aspectos que están incluidos en las distintas fases de desarrollo que componen el plan en la medida que se avanza en su implementación. Para los efectos de esta consultoría, se solicita un enfoque en la sustentabilidad específicamente para la fase de planificación estratégica. Con este objetivo, la definición ofrecida por la ONU presenta una visión más amplia, la cual contiene los aspectos señalados por el CTS, pero es posible vincularla de manera más directa a la planificación estratégica del plan.

El transporte sostenible es la prestación de servicios e infraestructura para la movilidad de personas y bienes - avanzando en el desarrollo económico y social para beneficiar a las generaciones actuales y futuras - de manera segura, asequible, accesible, eficiente, y resiliente, al mismo tiempo que minimiza el carbono emitido y otras emisiones e impactos ambientales.

Fuente: Reporte UN "Mobilizing Sustainable Transport for development"

PASO 2: DESARROLLO DE METAS Y OBJETIVOS PARA EL TRANSPORTE SOSTENIBLE

La Tabla 05 sintetiza las metas claves a considerar en la planificación de un sistema de transporte sostenible organizadas de acuerdo con las cuatro dimensiones de la sostenibilidad. Aunque esto implica que cada meta se ajusta a una categoría específica, a menudo se superponen. Por ejemplo, la contaminación generalmente se considera un problema ambiental, pero también afecta la salud humana (un problema social) y las industrias de pesca y turismo (problemas económicos).

En la tabla, se destacan en letra cursiva y celdas coloreadas las metas vinculadas a la habitabilidad. La habitabilidad se refiere a un subconjunto de metas de sostenibilidad y sus impactos que afectan directamente a los residentes de una comunidad. Incluyendo desarrollo económico local y calidad ambiental, equidad, asequibilidad, movilidad básica para no conductores, seguridad y salud pública y cohesión comunitaria. Entonces, en su mayoría, estas metas pertenecen al ámbito de los impactos sociales de la sostenibilidad (Shaheen, et al.2016). Reconocer las relaciones entre metas es clave, dado que a pesar de que las metas estén asociadas a pilares específicos, estas se influyen e interactúan entre ellas.

Además de mostrar una diversidad de metas, la tabla establece que la dimensión institucional de la sostenibilidad se considera como un soporte a los tres pilares dado que esta dimensión es transversal a las otras tres.

Tabla 5: Metas de sostenibilidad y transporte

Económica	Social	Medioambiental
Productividad económica	Equidad / Justicia	Prevención del cambio climático y mitigación

Desarrollo de la economía local	Seguridad y protección	Prevención de contaminación de aire, ruido, y agua
Uso eficiente de los recursos	Desarrollo comunitario	Conservación de recursos no renovables
Asequibilidad	Preservación del patrimonio cultural	Preservación espacios abiertos
Eficiencia operacional	Salud pública y bienestar	Protección de la biodiversidad
Institucionalidad		
Planificación integrada, integral e inclusiva		
Regulación y precios eficientes		

Fuente: Elaboración propia en base a tabla de metas de sostenibilidad para el transporte en Well Measured. VTPI, 2019.

Categorías, metas, y objetivos sugeridos para la sostenibilidad en el PNIM 2050

La Tabla 06 entrega una visión balanceada de distintas metas a considerar, y se plantea como base de desarrollo de esta propuesta. Sin embargo, aún es necesario que el MOP defina las metas y objetivos de sostenibilidad para el PNIM 2050, en función de un proceso que no solamente incluya criterios técnicos sino también políticos.

Para avanzar en la definición de las metas y objetivos MOP, la Tabla 06 (abajo) es una propuesta que contribuye a integrar los objetivos de sostenibilidad del MOP, formulados en su política de Sostenibilidad Ambiental con metas estratégicas para la movilidad sostenible en vista a la revisión de mejores prácticas, libros y artículos científicos, enmarcadas en las 4 dimensiones de la sostenibilidad planteadas en el marco del BID para el desarrollo de infraestructura sostenible.

La tabla se organiza a partir de las 4 dimensiones de la sostenibilidad (en referencia al marco del BID), estas se vinculan con metas estratégicas para la movilidad sostenible y los objetivos generales de sostenibilidad del MOP. Esta aproximación provee un marco de trabajo, relacionando las dimensiones de sostenibilidad, con metas y objetivos específicos para el MOP, con el objetivo de avanzar en la definición de criterios y métricas hacia la sostenibilidad. Se espera que este marco sea adaptado de acuerdo con la visión y priorización del MOP, aplicando criterios tanto técnicos como políticos.

Tabla 6: Dimensiones, metas, y objetivos sugeridos para el PNIM 2050

SOSTENIBILIDAD EN EL SISTEMA DE MOVILIDAD PNIM 2050			
DIMENSIONES DEL BID Y DEL PNIM 2050 ¹	METAS ESTRATÉGICAS PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE ²	#	OBJETIVOS DEL MOP: POLÍTICA DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL
Sostenibilidad Social	Equidad e inclusividad: proveer un sistema con oportunidades de movilidad asequibles y equitativas	1	Mejorar la calidad de vida de las personas
		2	Avanzar en la disminución de desigualdades
	Accesibilidad: proveer un sistema de movilidad que permita a las personas satisfacer sus necesidades básicas	3	Potenciar la integración territorial y social de comunidades y personas con discapacidad
	Seguridad: proveer un sistema de movilidad seguro para las personas	4	Reducir las pérdidas humanas y económicas causadas por accidentes*
	Patrimonio cultural*: resguardar el patrimonio cultural y arqueológico	5	Proteger el valor simbólico de los elementos culturales y patrimoniales para las comunidades
Sostenibilidad Económica	Prosperidad: asegurar que el sistema de movilidad promueva la prosperidad y	6	Implementar servicios de infraestructura que faciliten el desarrollo productivo

	desarrollo económico		
	Viabilidad económica, eficiencia, funcionalidad: asegurar la viabilidad de inversiones en movilidad a lo largo del tiempo	7	Inversión eficiente considerando el ciclo de vida de proyectos y externalidades*
Sostenibilidad Ambiental	Ecosistemas: proteger y mejorar ecosistemas y funciones ecológicas en el ciclo de vida del sistema de movilidad	8	Resguardar el patrimonio ambiental
		9	Establecer la gestión, protección y conservación sostenible del recurso hídrico
		10	Proteger la biodiversidad en el desarrollo de la infraestructura pública
	Usos de recursos y generación de residuos: asegurar el uso de recursos renovables y la reducción de residuos	11	Asegurar el uso sostenible de recursos naturales
	Emisiones y calidad del aire: reducir la emisión de contaminantes y gases efecto invernadero (GEI)	12	Reducir las emisiones de CO ₂ y contaminantes
	Resiliencia: asegurar que el sistema de movilidad esté protegido y sea resiliente a amenazas	13	Proponer a la gestión y minimización del riesgo asociado a eventos naturales y antrópicos en un contexto de cambio climático
Sostenibilidad Institucional	Monitoreo, evaluación y mantención*: implementar un marco de acción con una visión territorial a lo largo plazo	14	Desarrollar e implementar indicadores de construcción sostenible
	Innovación y tecnología: integración de nuevas tecnologías para el uso eficiente de la red	15	Reducir el tiempo de viajes y el total de viajes innecesarios*
		16	Potenciar el uso de nuevas tecnologías y la innovación
Planificación integrada: coordinación con iniciativas institucionales vinculadas a la movilidad y metas país	17	Asegurar avances institucionales coordinados para una movilidad sostenible a nivel nacional*	

Fuente: *Elaboración propia en base a literatura revisada*

¹ Dimensiones de sostenibilidad indicadas en el PNIM 2050 y en el marco de infraestructura sostenible del BID.

² Gudmundsson et al. 2016; Zietsman, J. and Ramani, T., 2011.

* Objetivos complementarios sugeridos por los autores.

PASO 3: DESARROLLO DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO PARA LA PLANIFICACION ESTRATEGICA

Hay dos dominios en el proceso de transporte, los de "planificación" y "entrega", y dentro del marco nos referimos a estos dos como dominios amplios. Estos dominios consideran una serie de áreas funcionales asociadas a ellos, como se muestra en la Tabla 07.

Para cada una de ellas, diferentes indicadores están en juego y son necesarios diferentes marcos de toma de decisiones, dado que tienen funciones distintas. La **Planificación Estratégica**, está interesada en los beneficios a largo plazo de un plan de transporte nacional. El proceso de planificación estratégica ayuda a identificar una gama de necesidades críticas y posibles soluciones para el transporte. Algunas de estas soluciones son implementables a corto plazo mientras que otras pueden tardar décadas en implementarse. Aunque los límites de las diferentes funciones son artificiales y algo difusos, la programación es donde la realidad de la implementación satisface las aspiraciones de la estrategia.

Considerando que, al momento de elaboración de este informe, el PNIM 2050 ya contaba con una cartera de inversiones definida y proyectos identificados, se procedió a una exhaustiva revisión bibliográfica internacional.

En vista del nivel de desarrollo del PNIM 2050 se propuso un compendio inicial de más de **50 indicadores** que se detallan en el Anexo 1. Estos indicadores incluyen todas las áreas funcionales del desarrollo del plan y se organizan en un documento de trabajo que se incluye a modo de antecedente para el MOP.

Los indicadores propuestos inicialmente son relevantes para ser aplicados en relación con todas las áreas funcionales que comprende el dominio de la planificación del transporte sostenible y no solo la planificación estratégica.

Tabla 7: Dominios y áreas funcionales en la planificación del transporte

Áreas Funcionales	Dominio	
	Planificación	Entrega
	Planificación Estratégica	Construcción
	Programación	Operaciones
	Desarrollo de proyectos	Mantenimiento

Fuente: Gudmundsson et al. 2016

Principios de sostenibilidad aplicados a la planificación estratégica

Las metas y objetivos para el transporte sostenible son aplicables a todos los dominios y áreas funcionales en la planificación del transporte. El trabajo de esta consultoría se centró en la integración de criterios de sustentabilidad para la planificación estratégica del PNIM, por lo tanto, a partir de esta consideración se distinguen un conjunto de principios de sustentabilidad aplicables a esta etapa.

Los principios de sostenibilidad de planificación estratégica propuestos a continuación se plantean como conceptos generales de organización que ayudan a organizar metas, objetivos, e indicadores aplicados a esta etapa inicial de desarrollo del plan. En su formulación se considera como guía el principal objetivo planteado por el MOP para el PNIM 2050:

“Doblar el PIB al 2050 con inclusividad social y minimizando los impactos negativos para el medio ambiente” (Echenique, 2019).

DIMENSION ECONÓMICA: RENTABILIDAD SOCIAL

El desarrollo económico se refiere al progreso de una comunidad hacia objetivos económicos tales como mayores ingresos, riqueza, empleo, productividad y bienestar social. El término bienestar (como lo usan los economistas) se refiere al bienestar humano total y la felicidad. Las políticas económicas generalmente están destinadas a maximizar el bienestar, aunque esto es difícil de medir directamente, por lo que se utilizan indicadores como el ingreso, la riqueza y la productividad (PIB). Estos indicadores pueden ser criticados por varios motivos, por lo que es importante complementarlos con indicadores sociales y medioambientales.

Se recomienda una selección de indicadores que, además del aumento del PIB, refleje los siguientes principios vinculados a la planificación estratégica y la dimensión económica del plan:

Eficiencia económica:	Mayor Rentabilidad Social
Eficiencia del sistema:	Aumentar la capacidad del transporte de carga y reducir costos logísticos asociados (costo de viajes y tiempo del transporte de carga)
Inversión en el sistema:	Mayor inversión en el sistema de movilidad (Considerando la inversión pública y privada)

Soporte Institucional – Dimensión Económica:

Existe una necesidad apremiante, de acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Social (MDS) por hacer modificaciones a la metodología utilizada para la evaluación social de los proyectos. Por ejemplo, hoy la evaluación se hace por proyecto, pero en el caso del PNIM 2050 se considera necesario llegar a una evaluación por sistema. Se plantea entonces considerar el efecto red en los valores de precios sociales utilizados por el MDS. Por otra parte, se reconoce que existe una distorsión en el valor social del tiempo en carreteras inter rurales y carreteras urbanas (cambios en los valores de ahorro de acuerdo con urbano – rural). Ambos factores señalados por el equipo MOP durante la realización del taller son limitaciones relevantes para considerar en relación con la evaluación de la rentabilidad social del plan.

DIMENSION SOCIAL: EQUIDAD

Los impactos sociales incluyen la equidad, la salud humana, la habitabilidad de la comunidad (calidad ambiental local experimentada por los residentes y visitantes) y la cohesión de la comunidad (la calidad de las interacciones entre los miembros de la comunidad), los impactos en los recursos históricos y culturales (como los sitios históricos y las actividades tradicionales de la comunidad) y estética. Los accidentes de tráfico pueden clasificarse como un costo social (ya que perjudican a las personas) y como un costo económico (ya que consumen recursos y reducen la productividad).

Se recomienda una selección de indicadores que refleje los siguientes principios sociales vinculados a la planificación estratégica:

Equidad:	Distribución del ingreso e infraestructura
Inclusividad:	Reducción de la pobreza multidimensional
Accesibilidad:	Aumento de población con acceso a servicios básicos
Asequibilidad:	Reducir costos asociados al transporte de pasajeros
Seguridad:	Reducción de los accidentes y fatalidades

Soporte Institucional - Dimensión Social:

Para avanzar en la medición de esta dimensión es necesario integrar indicadores existentes con respecto a la accesibilidad y la provisión de infraestructura. Estos indicadores se encuentran bien definidos a nivel urbano, como por ejemplo en el “Índice de bienestar territorial”. Un plan a nivel nacional requiere agrupar esta información, sin distinciones entre lo urbano y rural para avanzar en la medida de accesibilidad desde una visión estratégica a nivel país. Además, el aumento de la movilidad y nueva accesibilidad generan oportunidades de negocio y desarrollo del territorio en términos estratégicos, por lo tanto, es relevante que estas oportunidades para capitalizar nuevos territorios sean incluidas durante el desarrollo del plan. Análisis existentes de cadenas logísticas o del potencial de productividad territorial, acompañados de indicadores de aumento de empleo o nuevas empresas, son insumos valiosos para detectar estas oportunidades asociadas al desarrollo del plan.

DIMENSION MEDIOAMBIENTAL: EMISIONES

Los impactos ambientales incluyen varios tipos de contaminación del aire (incluidos los gases que contribuyen al cambio climático), ruidos molestos, contaminación lumínica y del agua, el agotamiento de los recursos no renovables, la degradación del paisaje (incluido el pavimento o el daño a tierras ecológicamente productivas, la fragmentación del hábitat, las interrupciones hidrológicas), efectos de isla de calor (aumento de la temperatura ambiente como resultado del pavimento) y muertes de animales salvajes por colisiones. Se pueden usar varios métodos para medir estos impactos y cuantificar sus costos ecológicos y humanos, sin embargo, hay una considerable incertidumbre acerca de la cuantificación de estos (Journard y Gudmundsson 2010).

En relación con el medioambiente y la planificación estratégica del PNIM 2050 se recomienda una selección de indicadores que refleje los siguientes principios:

Emisiones:	Reducir impactos al cambio climático (emisiones de CO2)
-------------------	--

Contaminación:	Reducir emisiones per cápita de gases contaminantes (CO, VOC, NOx, PM2.5, etc.)
Energía:	Reducir consumo de combustibles fósiles y aumentar consumo de energía de fuentes renovables
Uso de suelos:	Reducir los impactos del transporte en el cambio de uso de suelos y mantener o aumentar superficies boscosas y permeables.
Resiliencia:	Reducir la vulnerabilidad de la red y aumentar su resiliencia mediante la redundancia (opciones)

Soporte institucional – Dimensión medioambiental:

Los desafíos medioambientales son transversales y, por ende, multisectoriales. Por lo tanto, en esta dimensión es crítica la integración y coordinación con otras instituciones para así poder evaluar y comprender las implicancias del PNIM 2050 en términos medioambientales. Iniciativas claves en este sentido son las planificaciones del transporte lideradas por Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA) y también la de electromovilidad impulsada por el Ministerio de Energía. En términos de documentos estratégicos de política pública, la Estrategia de Biodiversidad Nacional y la Estrategia de Cambio Climático, particularmente para los servicios de infraestructura, deben ser consideradas en la evaluación del PNIM 2050 para lograr comprender la relación entre los impactos del plan en la movilidad a futuro y el medioambiente.

DIMENSION INSTITUCIONAL

La dimensión institucional de la sostenibilidad se considera que es un soporte clave para avanzar en los objetivos de los tres pilares de la sostenibilidad. A partir de este entendimiento, para la planificación estratégica del plan no se incluye un grupo de indicadores específico para evaluar el desempeño en esta dimensión, sino que se considera como un aspecto transversal para impulsar el desarrollo en todas las dimensiones. Es posible identificar los siguientes principios generales que promueven la gobernanza para el transporte sostenible:

- Debe haber objetivos de política compartidos, preferiblemente desarrollados en diferentes niveles y escalas de gobierno.
- Dentro de los diferentes niveles y escalas de gobernanza, debe haber integración entre sectores / áreas de actividad del gobierno, particularmente entre la planificación del uso de la tierra, la protección del medio ambiente y el transporte.
- Dentro del transporte, la planificación e implementación multimodal es preferible a una estructura modal separada.
- El transporte debe ser visto como parte de una política social y ambiental más amplia de tal manera que las preocupaciones de equidad estén completamente integradas en el paradigma de planificación.
- La coordinación de las partes interesadas y la participación pública deberían reflejarse en todos los elementos del proceso de toma de decisiones sobre el transporte.
- Los incentivos para la innovación en nuevas tecnologías deberían funcionar de manera que se apoyen mutuamente en diferentes sectores, como la energía y el transporte.
- El estado debe tener políticas y / o programas que puedan influir significativamente en la provisión, calidad e integración de todos los modos de transporte.
- Los precios de las externalidades deben aplicarse de manera consistente a todas las formas de actividad.

En síntesis, se sugiere que en relación con la institucionalidad se incluyan en el plan los siguientes principios:

Planificación integrada	Asegurar avances institucionales coordinados para una movilidad sostenible a nivel nacional
Monitoreo, evaluación y mantención	Desarrollar e implementar indicadores de construcción y operaciones sostenibles
Innovación y tecnología	Reducir viajes y tiempos mediante la integración de regulaciones, precios, y nuevas tecnologías e innovación en la operación del sistema

Síntesis de principios de sostenibilidad aplicados a la planificación estratégica

Considerando que cada nivel de toma de decisiones tiene aspectos y métricas asociadas, la Figura 05 presenta un diagrama de síntesis que reconoce y vincula los principios de sostenibilidad más relevantes para la planificación estratégica del PNIM 2050.

Figura 5: Diagrama de principios de sostenibilidad para la planificación estratégica del PNIM 2050



Fuente: Elaboración propia (GeoAdaptive 2019)

Indicadores sostenibles para la planificación estratégica

En vista de las necesidades planteadas por el MOP en relación con el carácter estratégico del PNIM 2050, se priorizó un conjunto de indicadores para la **planificación estratégica** estableciendo que uno de los objetivos de este informe es proponer un conjunto de criterios de sostenibilidad con los indicadores más apropiados, específicos, medibles y alcanzables para el PNIM 2050 durante esta etapa específica de su desarrollo.

A partir de la selección inicial de más de 50 indicadores que abarcan el desarrollo completo del plan (listado adjunto en el Anexo 1 de este reporte), se seleccionó un conjunto de **indicadores sostenibles priorizados** considerando su carácter estratégico y multimodalidad. En esta selección se consideró prioritario alcanzar un balance entre los tres pilares de la sostenibilidad. También se estableció la conveniencia para el MOP de formular un grupo más reducido de indicadores para comunicar la sustentabilidad a los tomadores de decisiones y facilitar su implementación por parte de los equipos técnicos. Entonces, se formuló y priorizó un conjunto más pequeño de indicadores que fuera accionable, escalable y fácil de entender.

Criterios para la selección de indicadores

Para evitar la redundancia, en la selección de indicadores se aplicó los siguientes criterios:

- Equidad: incluyendo efectos negativos y positivos de la movilidad.
- Completitud: el conjunto de indicadores tiene que medir los aspectos más relevantes.
- Tecnología neutral: no favorece una tecnología sobre otra, existente o por venir.
- Modo neutral: no favorece ningún modo de movilidad

El método SMART se utilizó para identificar los indicadores más apropiados a priorizar:

- Específico (Specific): mide lo que debe medirse, según la definición del indicador
- Medible (Measurable): el parámetro puede cuantificarse con suficiente precisión
- Alcanzable (Attainable): utilizando datos que están disponibles o que se pueden recopilar fácilmente
- Relevante (Relevant): orientado a resultados y relacionado con objetivos MOP
- Basado en el tiempo (Time-based): se puede actualizar con frecuencia para monitorear su evolución

Limitaciones importantes para considerar:

- Los **indicadores convencionales** utilizados para evaluar el transporte y condiciones de tráfico tienden a incrementar la tasa de motorización. Por ejemplo, justifican la expansión de la capacidad de las instalaciones de carreteras y estacionamientos que tiende a crear sistemas de transporte y uso de la tierra más orientados a los automóviles, aumentando el viaje per cápita de vehículos y reduciendo otros modos de transporte.
- Esto tiende a contradecir los **objetivos de sostenibilidad** al aumentar el consumo de recursos per cápita, los costos de las instalaciones de carreteras y estacionamientos, los accidentes de tránsito, las emisiones de contaminación y el consumo de tierra, y la reducción de las opciones de viaje para los no conductores, lo que exacerba la inequidad. Sin embargo, la tendencia de incremento de movilidad, particularmente en modos que utilicen combustibles fósiles, conlleva la congestión e ineficiencia de la red que también atenta contra los objetivos de sostenibilidad.
- Existe el peligro de que los esfuerzos para **integrar los indicadores económicos y de sostenibilidad** terminen enfocándose en factores que son más fáciles de medir (como los impactos económicos cuantificados) y pasen por alto los factores que son más difíciles de medir (como los impactos ambientales y sociales cualitativos) y así perpetuar los prejuicios actuales. Por lo tanto, es importante identificar los impactos que pueden ser importantes pero que están excluidos de un sistema de evaluación en particular.

Indicadores por categoría de sostenibilidad

La información que se presenta en esta sección fue actualizada de acuerdo con las sugerencias recibidas durante la realización del Taller de Sostenibilidad celebrado en el MOP en enero del 2020. Durante el taller los participantes del MOP y de otras instituciones convocadas contribuyeron a evaluar la propuesta inicial y sugirieron modificaciones para mejorarla. La realización de este Taller reconoce que se pueden utilizar diferentes indicadores y metodologías para medir los principios de sostenibilidad sugeridos en esta propuesta.

Dadas las variables posibles en las distintas carteras e impactos vinculados al impulso de políticas públicas de movilidad sostenible que se encuentran fuera del ámbito de competencia del MOP³, se sugiere priorizar un grupo

³ Otras instituciones involucradas en la formulación de políticas públicas vinculadas al transporte son el Programa de Vialidad y Transporte Urbano SECTRA, de la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). Este organismo técnico está especializado en planificación de transporte. También se debe considerar el impulso al electro movilidad por parte del Ministerio de Energía.

reducido de indicadores a evaluar y modelar para el PNIM, y se ofrece un conjunto de indicadores complementarios para abordar la sostenibilidad desde una perspectiva más amplia e integral.

En esta sección se destaca **un indicador principal para cada dimensión**, con el objetivo de priorizar un indicador guía que pueda ser utilizado por los tomadores de decisiones. Luego se sugieren indicadores complementarios asociados a los principios de sustentabilidad que se recomienda considerar en la planificación estratégica del plan por parte del MOP para asegurar una visión integral de sus impactos.

Se espera que los indicadores sugeridos para cada principio de sustentabilidad puedan variar y ser modificados de acuerdo con la disponibilidad de datos, capacidades, y prioridades del MOP.

Síntesis de principios de sostenibilidad e indicadores de planificación estratégica sugeridos

La Tabla 8 resume los principios de sostenibilidad e indicadores priorizados para la Planificación Estratégica del PNIM 2050. Esta Tabla integra las sugerencias recibidas por parte del equipo durante el Taller de Sostenibilidad realizado en la institución. La Tabla inicial propuesta se encuentra disponible en el Anexo 3 a modo de antecedente.

Tabla 8: Resumen de indicadores priorizados para Planificación Estratégica sostenible del PNIM 2050 (ExAnte)

Dimensiones de la sostenibilidad	Principios de sostenibilidad	Indicadores	Dirección	Taller MOP
Doblar el PIB: objetivo clave del PNIM 2050	1. Desarrollo económico	Tasa de variación del PIB real	Más es mejor	OK
Dimensión Económica	2. Eficiencia económica	Relación beneficio/costo (rentabilidad social) ¹	Más es mejor	OK
	Eficiencia del sistema	Aumento de carga transportada (ton / km)	Más es mejor	Modificado
		Ahorros logísticos en el transporte de carga (en costos y tiempo)	Menos es mejor	Propuesto
	Inversión en el sistema	Inversión total requerida en el sistema de movilidad	Más es mejor	Modificado
		Inversión privada requerida según las estimaciones de demanda	Más es mejor	Propuesto
Dimensión Social	3. Equidad	Coefficiente de equidad en la distribución de la infraestructura ²	Menos es mejor	Modificado
	Inclusividad	Tasa de pobreza multidimensional (IPM) y pobreza extrema	Menos es mejor	OK
	Accesibilidad	Proporción de población con acceso apropiado a servicios de educación y salud ³	Más es mejor	OK

		Beneficio en el transporte de pasajeros (pasajeros / km)	Más es mejor	Propuesto
	Asequibilidad	Costo generalizado del viaje (\$)	Menos es mejor	Antes económico
		Gasto hogar destinado a transporte (%)	Menos es mejor	Antes económico
	Seguridad	Tasa de heridos y fallecidos por cada 100.000 personas	Menos es mejor	OK

Dimensión Medioambiental	4. Emisiones de GEI	Emisión de GEI (toneladas de CO₂ relacionadas al sistema de movilidad por persona)	Menos es mejor	OK
	Contaminación	Emisión total per cápita de material particulado (PM _{2.5}) ⁴	Menos es mejor	OK
	Combustibles fósiles	Energía consumida para el transporte de pasajeros y toneladas por kilómetro ⁵	Menos es mejor	OK
	Uso del suelo	Superficie total de bosques estimada (captura de carbono) ⁶	Más es mejor	OK
		Impacto de nuevos proyectos en áreas protegidas (área de influencia directa e indirecta según tipo de proyecto) ⁷	Menos es mejor	Propuesto
		Estimación de nueva superficie impermeable (suelo total consumido por la infraestructura de transporte)	Menos es mejor	OK
	Resiliencia ⁸	Redundancia de la red (N de opciones de movilidad en áreas de riesgo)	Más es mejor	Propuesto



Indicadores básicos por dimensión (para tomadores de decisión)



Indicadores complementarios de sostenibilidad MOP

Notas sobre los indicadores priorizados para la planificación estratégica del PNIM 2050:

1. Rentabilidad social: A modo de incorporar las potenciales externalidades y el concepto de la rentabilidad social, se debe priorizar los precios sociales en la contabilización de los beneficios y costos utilizándose precios sociales (es decir, con incorporación de externalidades y la rentabilidad social). Se sugiere la integración de la metodología del MDS.

2. Coeficiente de equidad en la distribución de la infraestructura: Para la evaluación de la equidad territorial el equipo PNIM 2050 propone vincular pavimentos (km) y densidad vial (km/km²) a nivel regional con un índice que dé cuenta de la distribución de ingresos (GINI o Theil). Para que este indicador sea multimodal, se sugiere

relacionar el monto de inversión en infraestructura y población a nivel regional con el índice de distribución de ingresos. Ver propuesta en Anexo 3.

3. Accesibilidad: El objetivo es medir la accesibilidad a través del tiempo total de acceso, es decir tiempo de viaje, entre una unidad territorial y entidades o servicios específicos. A pesar de que el indicador prioriza los servicios de educación y salud, se puede priorizar otros servicios o infraestructuras de transporte. Es necesario definir umbrales específicos o generalizados de tiempo de viaje (ej. 60 minutos) para identificar la población con acceso apropiado.

4. Contaminación: La contaminación por ruidos también es uno de los principales impactos negativos en relación con el aumento de la movilidad. A pesar de las limitaciones vinculadas a la complejidad técnica que requiere realizar una modelación de ruidos de la red nacional se sugiere su consideración a futuro. A partir del Taller MOP, se estableció que SECTRA y el Ministerio de Medio ambiente (MMA), cuentan con modelaciones de ruido para evaluar el impacto del transporte a nivel urbano. Se sugiere avanzar en una colaboración con SECTRA para evaluar impactos vinculados al aumento de ruido en áreas protegidas y ecosistemas priorizados a nivel nacional.

5. Combustibles fósiles: Compromiso país para avanzar en la eficiencia energética y el uso de energías renovables. Requiere coordinación multisectorial (Ministerio de Energía).

6. Uso de suelo – Superficie boscosa: Compromiso país para avanzar en la captura de carbono mediante el incremento de hectáreas de superficie boscosa. Esto es relevante para el PNIM 2050 porque equilibra el deterioro ambiental por cambios en el uso de suelo. Requiere de coordinación multisectorial (Corporación Nacional Forestal, CONAF – MMA).

7. Uso de suelo – Áreas protegidas: El área de influencia directa e indirecta de un proyecto es variable según el tipo de proyecto y las condiciones propias del área protegida afectada. Los ecosistemas son diferentes y tienen distintos grados de sensibilidad, por lo tanto, este indicador puede ser más preciso de acuerdo con los datos disponibles.

8. Resiliencia: Durante el taller se sugirió analizar la superposición de áreas de riesgo con la red. Se considera más relevante evaluar la contribución del plan a redundancia de la red a partir de las nuevas opciones de movilidad en el territorio. Se sugiere cuantificar las opciones de movilidad que entrega la red en relación con las áreas de riesgos, para mantener la conectividad a nivel nacional en caso de desastre. Requiere coordinación con cartografía desarrollada por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Otra opción es medir la longitud total (km) de carreteras diseñadas para mejorar la redundancia de la red, sin embargo, esta medida no da cuenta de la multimodalidad del plan.

PASO 4: IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DE LAS MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Idealmente, la evaluación de la sostenibilidad del PNIM 2050 debería incorporar los impactos más amplios del sistema de transporte e integrar las múltiples dimensiones que lo determinan. Esta visión multidimensional se traduce en la integración de los principios rectores importantes que enmarcan la metodología propuesta para la evaluación de la planificación estratégica del plan, y pueden considerarse también como principios rectores importantes para el desarrollo de herramientas de análisis específicas para la evaluación de la sostenibilidad en las etapas subsiguientes. En este sentido, en el Anexo 1, el cuadro 7, sugiere un conjunto de herramientas específicas e indicadores para el monitoreo de la sostenibilidad a nivel de proyecto.

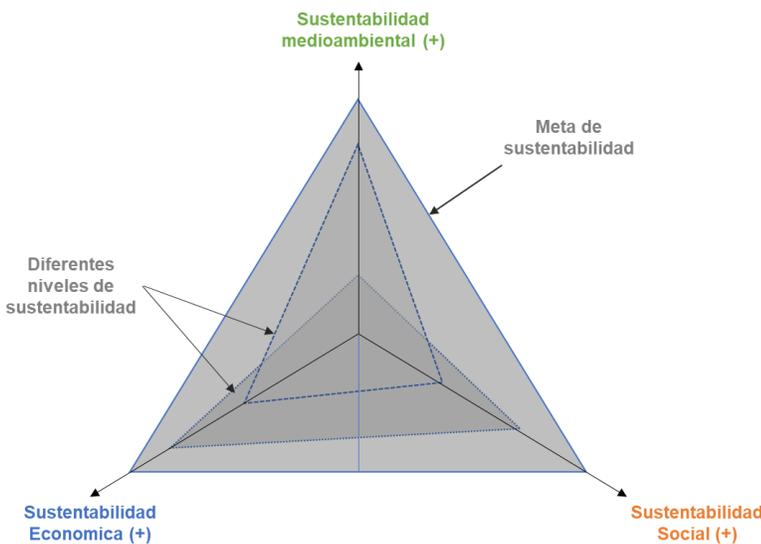
La definición de los indicadores aplicables al PNIM 2050 es solo un componente del proceso de planificación general que también incluye consultar a las partes interesadas, definir problemas, identificar metas y objetivos, identificar y evaluar opciones, desarrollar políticas y planes, implementar programas, establecer objetivos de desempeño y medir los impactos.

Entonces, luego de definir y consensuar los indicadores para el plan, se sugiere:

- (1) **Analizar y cuantificar** los impactos integrales en la sostenibilidad del transporte para el país.
- (2) **Construir un Índice de Sostenibilidad Compuesto (ISC)** utilizando la teoría de la toma de decisiones de criterios múltiples.
- (3) **Visualizar el ISC** y utilizarlo como una herramienta de apoyo a la decisión para identificar el plan más adecuado para los objetivos predeterminados orientados a la sostenibilidad.

La Figura 06 utiliza un índice de sostenibilidad compuesto por una variedad de medidas de desempeño (por ejemplo, utilizando los indicadores priorizados sugeridos en la Tabla 08 de este informe) para claramente identificar alternativas superiores y considerar los “tradeoffs” cuando se comparan distintas alternativas de planes. El objetivo principal es presentar una guía de evaluación que incluya los elementos críticos para sostenibilidad y demostrar como una variedad de medidas de indicadores pueden ser integrados en una evaluación multicriterio.

Figura 6: Herramienta de visualización del índice de sostenibilidad para apoyar la toma de decisiones



Dimensión de Sustentabilidad	Medidas de desempeño (indicador)	Peso ponderado	Valores normalizados
A. Dimensión económica	A.1 A.2 A.3 A.4	(a definir por el MOP)	(de acuerdo a escenarios evaluados)
B. Dimensión Social	B.1 B.2 B.3 B.4		
C. Dimensión medioambiental	C.1 C.2 C.3 C.4		

Índice de Sustentabilidad Compuesto	Línea base Sin Plan (2020)	Intermedio PNIM 2030	Objetivo PNIM 2050
Dimensión económica			
Dimensión social			
Dimensión medioambiental			
Sustentabilidad total (ISC)			

Fuente: Elaboración propia en base a Jean et al. 2012)

PASO 5: REFINANDO EL MARCO Y APLICANDO COMENTARIOS

Los indicadores señalados en este informe son aplicables a la planificación estratégica del transporte en el marco del desarrollo del PNIM 2050. Considerando los importantes impactos que este sistema tiene en la calidad de vida de todos, es necesario continuar con proceso de consulta y priorización que integre a los principales actores para avanzar en el proceso de refinar el marco de acuerdo con los comentarios de los involucrados.

Además, es muy importante definir y conectar la medición de los indicadores a metas y objetivos concretos en distintos umbrales de tiempo. De lo contrario, existe el riesgo de que la sostenibilidad quede marginada dentro de la organización al concentrarse naturalmente en sus objetivos e indicadores de desempeño existentes.

Por último, se considera que, para avanzar en la construcción de un índice de sostenibilidad integrado, compuesto por los indicadores sugeridos, se considera que la ponderación y la definición de su peso relativo es una decisión política y no técnica.

4. RECOMENDACIONES

En la medida que crece el interés en la sostenibilidad, más agencias comienzan a incorporar el concepto en la planificación. Si bien hay varias iniciativas en este ámbito en los países desarrollados, pocos organismos nacionales y regionales han desarrollado herramientas de planificación que incorporen con éxito el concepto integral de sostenibilidad (aspectos económicas, ambientales y sociales de la sostenibilidad) en el desarrollo de planes a largo plazo, programas de mejora del transporte y selección de proyectos.

Por lo tanto, más que una prescripción, la intención principal de este informe es presentar un **documento guía sobre los elementos críticos de la evaluación de la sostenibilidad**, desde el punto de vista de los marcos de evaluación y sus respectivos conjuntos de indicadores, para demostrar cómo se puede usar una amplia gama de medidas de desempeño de manera efectiva en la evaluación de la sostenibilidad dentro de un marco de criterios múltiples, para evaluar las compensaciones e identificar alternativas dominantes al considerar planes alternativos competitivos para el transporte en un escenario sostenible.

Entonces, considerando las fortalezas y limitaciones de alcance de esta propuesta, a continuación, se señalan algunas recomendaciones generales para la integración de la sostenibilidad en el PNIM 2050.

4.1. IMPLEMENTACION DE LA EVALUACION DEL PNIM 2050

En la elaboración de este reporte, se incluyó un número limitado de fuentes de información. Por lo que no se realizó un levantamiento sistemático de las metas y objetivos estratégicos vinculados al sector transporte, por esta razón se recomienda al MOP hacer una revisión multisectorial de los planes pertinentes para identificar metas y objetivos que escapen a este informe. Por ejemplo, en algunos documentos claves de Gobierno que no fueron incluidos para la elaboración de este reporte, se establecen objetivos estratégicos determinantes para la movilidad, en relación directa con los siguientes aspectos:

- **Mitigación Cambio Climático: Eficiencia energética**

La Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, establece que la eficiencia energética es uno de sus ejes centrales y que le permitirá al país enfrentar la creciente demanda de energía. En dicha estrategia se establece una meta de disminuir en 12% la demanda final de energía al 2020. Dentro del Plan de Acción de Eficiencia Energética se establece que para el sector transporte se recolectarán y sistematizarán los datos sobre el uso de energía, incentivando una mayor eficiencia en el transporte de pasajeros y de carga, y promoviendo un sistema de etiquetado de vehículos y de fijación de estándares mínimos de eficiencia energética (EE) para éstos.

- **Mitigación Cambio Climático: Reducción de emisiones de CO2**

En el Plan de Adaptación y Mitigación 2017-2022 de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático, bajo el Acuerdo de París (diciembre 2015), Chile se compromete al año 2030 a reducir sus emisiones de

CO2 por unidad de PIB en un 30% con respecto al valor alcanzado en 2007. Condicionado a la obtención de aportes monetarios internacionales, el país se compromete a ese periodo a aumentar su reducción de emisiones de CO2.

- **Adaptación Cambio Climático: Secuestro de carbono:**

Además de incorporar la medición de la huella de carbono en el mismo plan se añaden elementos de mitigación al Cambio Climático. Chile se compromete al manejo sostenible y la recuperación de 100 mil hectáreas de bosque, principalmente nativo, que representara capturas y reducción de GEI en alrededor de 600 mil toneladas de CO2 equivalente anuales; este compromiso fue condicionado a la aprobación de modificaciones de la Ley sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal.

4.2. UNA VISION A FUTURO DEL TRANSPORTE

El PNIM 2050 tiene una visión prospectiva, por lo que visualizar el futuro de la movilidad es relevante para su planificación estratégica.

A nivel global, el Foro Económico Mundial (WEF) señala que la movilidad es una necesidad humana fundamental y un facilitador esencial de la prosperidad, pero también reconoce que el paradigma de movilidad actual no es sostenible. Los viajes en automóvil causan millones de muertes cada año, una cantidad significativa de emisiones de gases de efecto invernadero están relacionadas con el transporte, y la congestión provoca grandes pérdidas financieras. Sin embargo, el sistema de movilidad global se encuentra en las primeras etapas de una transformación masiva, ya que las nuevas tecnologías permiten negocios relacionados innovadores, y los responsables políticos buscan formas de fomentar una movilidad que sea más inteligente, más limpia e inclusiva. Las empresas también están trabajando para encontrar nuevas formas de mejorar la sostenibilidad de automóviles, barcos y aviones.

Entonces, existe el consenso de que, ya sea a través de avances tecnológicos o la multimodalidad, que llegar de un lugar a otro debe ser más limpio. Sin embargo, las medidas para combatir el cambio climático mediante la adopción de prácticas de movilidad más sostenibles aún son insuficientes para el cambio que es necesario.

Con el objetivo de avanzar en la búsqueda de una movilidad más sostenible, a continuación, se señalan algunas recomendaciones que, más allá de los criterios de sostenibilidad propuestos para evaluar el PNIM 2050, se sugieren como aspectos relevantes para informar las decisiones vinculadas a la planificación de la red multimodal integrada a nivel nacional formulada en el Plan.

- **TRANSPORTE, ACCESIBILIDAD, Y DATOS ABIERTOS**

Los datos abiertos y aplicaciones tecnológicas significan que es mucho más fácil para todos, y especialmente en lugares donde los recursos son limitados, tener acceso a herramientas de planificación y bases de datos. Pero tal vez sea más interesante el hecho de que estas herramientas, construidas con y para el público en general, permiten el acceso a este tipo de análisis de uso de suelos y del transporte para un grupo mucho más amplio del que hubiera estado involucrado anteriormente.

Mediante el uso de métricas de accesibilidad, es posible evaluar el efecto de una nueva inversión en transporte público para brindar, por ejemplo, a los residentes de menores ingresos un mejor acceso a una variedad más amplia de oportunidades de empleo. Por ejemplo, para las ciudades que consideran la ubicación de viviendas sociales, tales herramientas pueden ayudar a priorizar su localización de acuerdo con su accesibilidad a servicios de transporte público. En términos más generales, se ha demostrado que el volumen de actividad económica accesible en un área determinada tiene un impacto importante para estimular el desarrollo económico, destacando las conexiones entre los sistemas de transporte y la salud general de la economía (Salzberg, 2013).

- **COMPLEJIDAD, REDUNDANCIA, Y ADAPTABILIDAD**

Se reconoce que parte de la fortaleza de los sistemas naturales radica en su complejidad⁴. Se reconoce, que la redundancia estratégica es clave para la supervivencia en el mundo natural. De similar manera, las redes de transporte que ofrecen rutas alternativas tienen más posibilidades de seguir funcionando con normalidad en caso de una emergencia o evento catastrófico.

Vinculada a la redundancia se encuentra la adaptabilidad. Sin embargo, en el transporte, con frecuencia los adelantos tecnológicos demoran en integrarse dado que sus particularidades, o las condiciones únicas de nuevas tecnologías, también los hace menos adaptables, y menos capaces de tomar ventaja de los cambios incrementales en tecnologías más convencionales. Por ejemplo, autos, trenes, y embarcaciones, se basan en tecnologías desde hace 50 años, y sus cambios solo se refieren a elementos y mejoras específicas (Tumlin, 2011).

La combinación de complejidad, redundancia, y adaptabilidad, generan: Opciones. En el caso del Plan estas opciones se componen por un abanico de múltiples opciones de modos de transporte integrados en una red nacional de movilidad. Territorios que dependen completamente de una sola opción de transporte, como, por ejemplo, el automóvil, son más vulnerables a las limitaciones de los recursos vinculados a su funcionamiento. Por otra parte, cuando se ofrecen múltiples opciones de transporte, se pueden aprovechar las oportunidades económicas y, al mismo tiempo, reducir los riesgos de dependencia de un solo modo de transporte.

- **CAMBIOS EN LA TECNOLOGIA DE TRANSPORTE**

Durante el siglo XX, ocurrieron varias revoluciones en sistemas de transporte en todo el mundo, especialmente el motor de combustión interna, producción en masa de automóviles, ferrocarril urbano e interurbano de alta velocidad, sistemas y construcción de carreteras principales, y acceso limitado a las redes de autopistas. A la fecha, la mayoría de las personas todavía se movilizan principalmente en vehículos con motores a gasolina o diésel, siempre con conductor, y a menudo con el único ocupante que sirve como conductor. Sin embargo, reportes recientes (ITDP - UC Davis, 2017; OECD, 2016), argumentan que el tránsito tendrá que evolucionar para cumplir con los objetivos climáticos a largo plazo. Avances en nuevas tecnologías que podrían conducir a cambios importantes en los futuros patrones de viajes son:

- Electro movilidad: los vehículos eléctricos y/o con motores híbridos han surgido como una tecnología viable y en alza.
- Vehículos autónomos: vehículos automáticos, que eliminan la necesidad del conductor están en desarrollo y se espera su comercialización en USA durante el 2020 (SAE, 2016)
- Viajes en vehículos compartidos: la nueva tecnología crea el potencial para que casi todos los viajes se compartan fácilmente entre múltiples pasajeros.
- Cambios en el tamaño de las flotas: Aviones, barcos, camiones, bitrenes, etc.
- Dispositivos de cobros automáticos (Free flow)

En relación con el PNIM la relevancia de los potenciales impactos que estos cambios pueden ocasionar dependerá de las sinergias que puedan ocurrir en el futuro entre estos adelantos tecnológicos para lograr avanzar en la conformación de un ecosistema de transporte eficiente y de calidad que contribuya significativamente a lograr los objetivos sociales y medioambientales del plan. Por supuesto, son varios los factores que deberán estar alineados para que esto ocurra, incluyendo no solo inversiones, sino que también las regulaciones y las políticas de precios también juegan un rol muy importante.

Finalmente, el plan es un instrumento que reconoce las mejoras en infraestructura necesarias para la movilidad y el desarrollo a nivel nacional y aborda la sostenibilidad desde una perspectiva de prevención de impactos multidimensionales y con una propuesta multimodal. Sin embargo, la planificación integrada entre la diversidad de instituciones involucradas en la planificación del transporte en Chile, y las distintas agendas de política pública

⁴ La complejidad es la interacción de muchas partes de un sistema que da origen a conductas y propiedades, no encontradas en los elementos individuales del sistema.

impulsadas por ellas, determinará la sostenibilidad del plan en el largo plazo. El cambio climático, incluyendo adaptación y mitigación, es un ámbito transversal que es especialmente sensible a las sinergias que se puedan alcanzar entre las instituciones y sus respectivas agendas.

REFERENCIAS

- Bak, Céline, et al. *Toward a Comprehensive Approach to Climate Policy, Sustainable Infrastructure and Finance*. 2017.
- Echenique, Marcial. *Comentarios Informe Borrador Criterios de sostenibilidad para el PNIM 2050*. MOP, Chile. 2018
- Echenique, Marcial. *Hacia un Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050*. MOP, Chile. 2018
- Fulton, Lew, Jacob Mason, y Dominique Meroux. *Three revolutions in urban transportation. Sustainable transportation energy pathways*. UC Davis, 2017.
- Gudmundsson, Henrik, Andrew Wyatt, and Lucy Gordon. "Benchmarking and sustainable transport policy: learning from the BEST network." *Transport Reviews* 25.6 (2005): 669-690.
- Gudmundsson, Henrik, Greg Marsden, and Zietsman Josias. "Sustainable transportation: Indicators, frameworks, and performance management." (2016).
- Gudmundsson, Henrik. "Making concepts matter: sustainable mobility and indicator systems in transport policy." *International Social Science Journal* 55.176 (2003): 199-217.
- Hart, M., *Sustainable Community Indicators Trainer's Workshop*. Hart Environmental Data, North Andover, MA: 1998.
- Hilda Martínez Salgado y Sebastián Castellanos; *Etiqueta y norma de eficiencia para vehículos livianos*. BID, 2019.
- IDAE. *PMUS: Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible*. 2006
- Jeon, Christy Mihyeon., AdjoA. Amekudzi, RandallL. Guensler. *Sustainability assessment at the transportation planning level: Performance measures and indexes*. Transport Policy 25 (2013): pp10–21.
- Jourard, Robert, and Henrik Gudmundsson. *Indicators of environmental sustainability in transport*. 2010.
- Litman, Todd. "Smart congestion relief: Comprehensive evaluation of traffic congestion costs and congestion reduction strategies." (2019).
- Litman, Todd. *Well measured*. Victoria Transport Policy Institute, 2016.
- Mihyeon Jeon, Christy, and Adjo Amekudzi. "Addressing sustainability in transportation systems: definitions, indicators, and metrics." *Journal of infrastructure systems* 11.1 (2005): 31-50.
- Ministerio del Medio Ambiente Chile, MMA. *Estado del medio Ambiente*. 2014
- MOP, BID, GIZ, Zofnass Program. *Evaluación de la Sostenibilidad de los Proyectos de Infraestructura en Chile por medio de ENVISION*. 2017
- MOP. *Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático*. Chile: 2017 – 2022.
- MOP. *Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050 (PNIM 2050)*. Versión borrador, septiembre 2019.
- MOP. *Política de sostenibilidad ambiental ministerio de obras públicas*. Chile: 2016
- OECD - International Transport Forum. *Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic*. Corporate Partnership Board Report (2015): 1–36.
- OECD. *Environmental indicators—Development, measurement and use*. Reference paper. Paris: 2003
- OECD. *Environmental performance review*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. Japan 2010.

- OECD. *Gaps and Governance standards of public infrastructure in Chile*. Summary. Marzo: 2017.
- OECD. *Guidance on sustainability impact assessment*. Paris: 2010
- Pei, Y. L., Amekudzi, A. A., Meyer, M. D., Barrella, E. M., & Ross, C. L. (2010). Performance measurement frameworks and development of effective sustainable transport strategies and indicators. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2163, 73–80.
- Ramani, Tara Lakshmi, et al. "Framework for sustainability assessment by transportation agencies." *Transportation research record* 2242.1 (2011): 9-18.
- SAE, U.S. Society of Automotive Engineers. 2016.
- Salzberg, Andrew; Richard G. Bullock; Wanli Fang; y Jin, Ying. *High-speed rail, regional economics, and urban development in China*. China transport topics; no. 8. Washington DC: World Bank. 2013.
- Shaheen, Susan, and Nelson Chan. "Mobility and the sharing economy: Potential to facilitate the first-and last-mile public transit connections." *Built Environment* 42.4 (2016): 573-588.
- Shaheen, Susan, and Nelson Chan. "Mobility and the sharing economy: Potential to facilitate the first-and last-mile public transit connections." *Built Environment* 42.4 (2016): 573-588.
- Swiss Confederation. *Reporte de Desarrollo Sostenible Oficina de Estadísticas federales de Suiza*. Neuchâtel, 2012.
- Tumlin, Jeffrey. *Sustainable transportation planning: Tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities*. Vol. 16. John Wiley & Sons, 2012.
- UN. *Reporte: Mobilizing Sustainable Transport for development*. S/F <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2375Mobilizing%20Sustainable%20Transport.pdf>
- WCED. *Informe Comisión Brundtland (1987)*
- World Business Council for Sustainable Development Sustainable Mobility Project 2.0 (SMP2.0) Indicators Work Stream - 2ndEdition. Diciembre 2015
- Zegras P.C., Poduje I., Foutz W., Ben-Joseph E., Figueroa O. Indicators for Sustainable Urban Development. In: Keiner M., Zegras C., Schmid W.A., Salmerón D. (eds) *From Understanding to Action*. Springer, Dordrecht: 2004
- Zietsman, Josias. *A guidebook for sustainability performance measurement for transportation agencies*. Vol. 708. Transportation Research Board, 2011.

GLOSARIO

A. Conceptos claves

- **Agenda 2030:** En el año 2015, luego del cumplimiento del plazo de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), los Estados acordaron una nueva agenda para el desarrollo. La Agenda de Desarrollo 2030 es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. También tiene por objeto fortalecer la paz universal dentro de un concepto más amplio de la libertad.
- **Calidad de vida:** La calidad de vida de una persona (de un grupo de población o de una sociedad) es una medida multidimensional que incluye aspectos importantes de la vida (trabajo, salud, situación financiera, condiciones de vivienda, integración social, etc.). Incluye factores objetivos (condiciones de vida) y subjetivos (nivel de satisfacción, actitudes, valores). En este informe se consideran cuatro dimensiones determinantes de la calidad de vida con relación la planificación estratégica del PNIM 2050: equidad, inclusividad, accesibilidad, seguridad.

- **Captura o secuestro de carbono:** Como resultado de la fotosíntesis, los árboles capturan CO₂ del aire y convertirlo para almacenar carbono durante largos períodos de tiempo en la madera. Actividades agrícolas y forestales influyen en el volumen de carbono capturado en biomasa o emitido y, por lo tanto, puede ayudar a compensar las emisiones de CO₂.
- **Consumo final de energía:** El consumo final es la cantidad de energía entregada por proveedores de energía a consumidores de energía o tomados directamente de la naturaleza o producido (transformado) por los consumidores para sus propias necesidades.
- **Desarrollo económico:** Se refiere al progreso de una comunidad hacia objetivos económicos tales como mayores ingresos, riqueza, empleo, productividad y bienestar social. Entonces, el desarrollo económico se puede definir como la capacidad de los ingresos de los países o regiones para crear riqueza a fin de mantener la prosperidad o bienestar económico y social de sus habitantes. En este informe se consideran cuatro dimensiones determinantes de la calidad de vida en relación con la planificación estratégica del PNIM 2050: Eficiencia económica; Movilidad Eficiente; Asequibilidad; Inversión.
- **Desarrollo sostenible:** El desarrollo sostenible satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. Estos objetivos se traducen en un conjunto de principios para guiar el desarrollo y mantener el triple balance.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** Gas incoloro, no inflamable, presente en el aire y en fuentes minerales. Producto principal de cualquier tipo de combustión. Es el gas artificial que más contribuye al efecto invernadero.
- **Efecto invernadero:** El efecto invernadero es el resultado de varios gases presentes en la atmósfera (vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, etc.) que reflejan parte del calor emitido por la tierra. El aumento de la concentración de estos gases de efecto invernadero provocan el calentamiento de la superficie del planeta.
- **Electromovilidad:** Se refiere a los vehículos eléctricos y/o con motores híbridos que han surgido como una tecnología viable y en alza.
- **Energía renovable:** Término genérico para las fuentes de energía que están disponibles en cantidades ilimitadas y cuyas materias primas no se consumen. Por ejemplo: energía hidráulica, energía solar, geotérmica, biomasa, energía eólica, energía producida a partir de residuos domésticos e industriales y energía del agua de plantas de tratamiento.
- **Enfoque sistémico:** Para el PNIM 2050, un enfoque sistémico permite considerar la naturaleza dinámica del proceso de movilidad, en que las acciones que se realizan en un momento dado modifican el sistema de actividades futuras en el territorio. La concepción sistémica multimodal del plan se resume en la integración de los siguientes aspectos: Todos los modos de transporte (multi modal); Elementos que componen el sistema; Modelación de totalidad de viajes (origen y destino) / Patrones de demanda; Opciones de intervención para la oferta y demanda e instrumentos sectoriales; Atributos y limitaciones territoriales.
- **GINI:** Medida que se utiliza para medir la desigualdad en los ingresos, dentro de un país, pero puede utilizarse para medir cualquier forma de distribución desigual. El valor del índice de Gini se encuentra entre 0 y 1. Siendo cero la máxima igualdad (todos los ciudadanos tienen los mismos ingresos) y 1 la máxima desigualdad (todos los ingresos los tiene un solo ciudadano).
- **Impacto ambiental:** El impacto ambiental (también conocido como impacto antrópico o antropogénico sobre el medio ambiente) es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la

alteración en la línea de base ambiental. En este informe se consideran cuatro dimensiones determinantes de la calidad de vida en relación con la planificación estratégica del PNIM 2050: Emisiones; Contaminación; Uso de suelos; Energía (Reducir consumo de combustibles fósiles / Aumentar consumo de energía de fuentes renovables).

- **Institucionalidad:** No existe completo consenso del alcance que se debe otorgar al término, así algunos atribuyen su carácter normativo-administrativo como particularidad determinante, sin embargo, otros la señalan como el apego de la sociedad contemporánea dentro del desenvolvimiento de las atribuciones gubernamentales, administrativas, constituyentes, legislativas y judiciales. En líneas generales e intuitivas, debe entenderse que una sociedad o un Estado tienen su institucionalidad más avanzada y fuerte, cuanto más eficientes sean las normativas y leyes que se aplican, y cuantas menos distorsiones se verifiquen en las regulaciones y resoluciones. Para el PNIM 2050 se señalan dos dimensiones claves de la institucionalidad: Planificación integrada, integral e inclusiva y, Regulación y precios eficientes.
- **Material particulado 2.5:** Material particulado <2.5 micras (PM_{2,5}). Partículas de polvo cuyo diámetro es menor de 2.5 micrómetros. Pueden penetrar en los pulmones. Se considera un mejor indicador de la contaminación urbana que las PM₁₀. Esto es debido a que, por un lado, su origen es antropogénico en una alta proporción, puesto que las PM_{2,5} en buena medida provienen de las emisiones de los vehículos diésel. Por otro lado, los efectos que tienen sobre nuestra salud son muy graves, por su gran capacidad de penetración en las vías respiratorias.
- **Movilidad sostenible:** Según la ONU, la movilidad sostenible es una dinámica clave de la urbanización. Este concepto nace de la preocupación por los problemas medioambientales y sociales ocasionados por la generalización, durante la segunda mitad del siglo XX, de un modelo de transporte urbano basado en el automóvil de uso particular. Se entiende por acciones de movilidad sostenible aquellas que ayudan a reducir dichos efectos negativos de dicho modelo.
- **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Los ODS están formulados para erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el medio ambiente y hacer frente al cambio climático a nivel mundial. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus 169 metas son de carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal, tienen en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo de cada país y respetan sus políticas y prioridades nacionales. El transporte proporciona un entorno crítico que permite apoyar el desarrollo económico y social necesario para alcanzar los ODS.
- **Planificación Estratégica:** Está interesada en los beneficios de desarrollo económico a largo plazo de un plan de transporte nacional. El proceso de planificación estratégica ayuda a identificar una gama de necesidades críticas y posibles soluciones para el transporte. Algunas de estas soluciones son implementables a corto plazo mientras que otras pueden tardar décadas en implementarse.
- **Producto Interno Bruto (PIB):** El PIB es una medida del desempeño de una economía nacional en un año. Mide el valor de los bienes y servicios producidos por el país siempre que no sean utilizados para producir otros bienes y servicios. En otras palabras, define el valor agregado. Se calcula el PIB a precios actuales y constantes durante un año determinado.
- **Sostenibilidad:** Informe Brundtland (1987): la sostenibilidad conlleva satisfacer las necesidades humanas para el presente y el futuro. Entonces, la sostenibilidad se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.
- **Transporte multimodal:** El factor significativo del transporte intermodal es la interacción que se produce entre distintos medios de la cadena de transporte. La intermodalidad permite el transporte de mercancías y personas utilizando varios modos de transporte, con un régimen fraccionado de responsabilidad, ya

que a cada modo de transporte se le aplican las normas que lo regulan. Su correcto funcionamiento implica la articulación entre distintos medios de transporte.

- **Transporte Sostenible:** Existen múltiples definiciones. Según la ONU: El transporte sostenible es la prestación de servicios e infraestructura para la movilidad de personas y bienes – avanzando en el desarrollo económico y social para beneficiar a las generaciones actuales y futuras - de manera segura, asequible, accesible, eficiente, y resiliente, al mismo tiempo que minimiza el carbono emitido y otras emisiones e impactos ambientales.
- **Tres pilares:** El desarrollo sostenible se basa en tres factores: sociedad, economía y medio ambiente. Estos tres componentes conforman el también llamado triple balance para el desarrollo sostenible, el cual implica que la idea de un crecimiento económico sin límites vino a ser reemplazada por una conciencia de esos límites para crear condiciones de largo plazo que hagan posible un bienestar para las actuales generaciones sin comprometer las condiciones de vida futuras de la humanidad.
- **Vehículos autónomos:** Son vehículos automáticos, que eliminan la necesidad del conductor, están en desarrollo y se espera su comercialización en USA durante el 2020 (SAE, 2016).
- **Viajes en vehículos compartidos:** Producto de la aplicación de la nueva tecnología que permite coordinar viajes entre múltiples usuarios.

B. Definiciones de términos del marco de evaluación

- Línea base (referencia): Condiciones existentes, proyectadas o de referencia si el cambio no se implementa.
- Meta: Lo que finalmente se quiere lograr
- Objetivo: Acciones que ayudan a alcanzar las metas.
- Target (logro): Un objetivo específico, realista y medible.
- Indicador: Una variable seleccionada y definida para medir el progreso hacia un objetivo.
- Datos del indicador: Valores utilizados en los indicadores.
- Marco de indicadores: Estructura conceptual que vincula los indicadores a una teoría, propósito o proceso de planificación.
- Conjunto de indicadores: Un grupo de indicadores seleccionados para medir el progreso integral hacia las metas.
- Índice: Un grupo de indicadores agregados en un solo valor.
- Sistema de indicadores: Un proceso para definir indicadores, recopilar y analizar datos y aplicar resultados.

ANEXOS

ANEXO 1: PROPUESTA INICIAL DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PARA EL PNIM 2050

Este documento de trabajo detalla un conjunto de **criterios iniciales propuestos para la evaluación de la sostenibilidad** del Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020-2050 (PNIM 2050). El PNIM 2050 provee una hoja de ruta para las inversiones en movilidad a largo plazo. El objetivo de incluir el presente Anexo fue proveer al equipo MOP de la oportunidad de revisar y discutir las métricas y herramientas propuestas para lograr la sostenibilidad del plan.

Se sugirió un conjunto de indicadores y métricas agrupados en las cuatro dimensiones sostenibles enunciadas en el **PNIM 2050: 1. Social, 2. Económica y Financiera; 3. Ambiental, y 4. Institucional**. Estas dimensiones e indicadores son consistentes con el marco de la infraestructura sostenible del BID, pero su organización puede cambiar de acuerdo con las prioridades y marco de la organización, en este caso el MOP.

Métricas para la evaluación y monitoreo de la sostenibilidad

En vista a los principales impactos negativos vinculados a las obras de transporte y movilidad y los objetivos de sostenibilidad ambiental definidos por el MOP, se sugieren un conjunto de indicadores y métricas para operacionalizar y apoyar el monitoreo y evaluación de la sostenibilidad en el PNIM 2050. Asimismo, se presenta una serie de cuadros, detallados a continuación, para facilitar la revisión del conjunto de indicadores propuestos:

Tablas por dimensión de sostenibilidad

Estas tablas detallan, para cada dimensión de sostenibilidad del PNIM 2050 las métricas y objetivos de sostenibilidad para el MOP con los indicadores y métricas para evaluación de la sostenibilidad en vista. Además, se indica la relación de estas métricas con marcos multilaterales, específicamente la relación con indicadores de rendimiento evaluados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Naciones Unidas (ODS).

Tablas de indicadores

Las métricas propuestas incluyen desde indicadores de rendimiento tradicionales, hasta métricas de proporción entre variables para evaluación de la eficacia del sistema de movilidad. A modo de facilitar el monitoreo y evaluación del PNIM 2050, las métricas propuestas poseen un carácter cuantitativo. En total, se proponen **52** indicadores para evaluación de criterios de sostenibilidad en el ámbito del PNIM 2050 y otros documentos estratégicos del MOP.

Estas tablas presentan un resumen de los indicadores propuestos con la indicación y sugerencia de: (i) los datos o información para cuantificación de las métricas, así como también su unidad de medida cuando aplicable. El objetivo de esta información es apoyar al personal del MOP en la operacionalización de estas métricas para el monitoreo y evaluación de los indicadores de sostenibilidad.

Herramientas sugeridas para el monitoreo de la sostenibilidad

Adicionalmente a la indicación de los datos y unidades de medida en las tablas, también se presentan seis herramientas multicriterio para medir las distintas dimensiones de la sostenibilidad. Estas herramientas pueden facilitar la operacionalización del marco de trabajo propuesto al contribuir a la evaluación y monitoreo de los múltiples indicadores de sostenibilidad sugeridos para el PNIM 2050.

El documento concluye con un listado de 27 referencias, que fueron utilizadas para la definición de las metas, métricas, datos y unidades para cuantificación, y la selección de herramientas.

SOSTENIBILIDAD SOCIAL

SOSTENIBILIDAD APLICADA AL PNIM 2050		INDICADORES		MOP	RELACIÓN CON SISTEMAS MULTILATERALES DE EVALUACIÓN		
METAS ESTRATÉGICAS PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE ²	#	#	Indicadores propuestos	Planificación Estratégica	Indicador OECD ⁵	ODS relacionabl e ⁶	
Equidad e inclusividad	1	Mejorar la calidad de vida de las personas	1	Tasa nacional de pobreza multidimensional ⁷	X	ODS 1	
			2	Número de empleos directos o indirectos en el sector de movilidad		X	ODS 8
			4	Población en el área de influencia ⁸			ODS 9
	2	Avanzar en la disminución de desigualdades	5	Coefficiente desigualdad ingresos (GINI / Theil)	X	X	ODS 10
			6	% de desempleo en regiones con menor inversión y/o proporción de carretas sin pavimentar en el sistema de movilidad		X	
			7	Proporción de mujeres en empleos directos o indirectos en sector de movilidad			ODS 5
			8	Proporción de población con acceso apropiado a		X	ODS 1
Accesibilidad	3	Potenciar la integración					

⁵ Indicadores disponibles en la plataforma [OECD.Stat](#) (temas Características Generales, Medio Ambiente y Transporte) y en el reporte “[Gaps and Governance Standards of Public Infrastructure in Chile](#)” (OECD, 2017).

⁶ La identificación de los ODS relacionables con los indicadores propuestos fue basada en la revisión de las metas e indicadores propuestos por las [Naciones Unidas](#), y las recomendaciones de la [Comisión Económica Europea de las Naciones Unidas](#) respecto a sistemas de movilidad sostenibles.

⁷ En vista a la [metodología del Ministerio de Desarrollo Social de Chile](#) y el levantamiento de la encuesta CASEN. La pobreza multidimensional comprende cinco dimensiones: educación; salud; trabajo y seguridad social; vivienda y entorno; redes y cohesión social.

⁸ Los sistemas de movilidad, como indicado en Gudmundsson et al. (2016) y Zietsman, J. and Ramani, T. (2011), y en vista al Guía para la Descripción del Área de Influencia del Servicio de Evaluación Ambiental de Chile (SEA, 2017), poseen un área de influencia o zona de captación directa e indirecta. Asimismo, se recomienda la evaluación de indicadores en el área de influencia total del sistema de movilidad, en vista a las disposiciones del MOP para definición de la misma.

		territorial y social de comunidades y personas con discapacidad		servicios de educación y salud			
			9	Proporción de la población indígena (número de comunidades o personas) involucrado en procesos participativos que conlleven a la toma de decisión en relación a la población indígena total ⁹			ODS 10
			10	Proporción de mujeres involucradas en procesos participativos que conlleven a la toma de decisión en relación a la población total de mujeres			
Seguridad	4	Reducir las pérdidas humanas y económicas causadas por accidentes*	11	Tasa de heridos y fallecidos por cada 100.000 personas	X	X	ODS 16
			12	Costo económico de accidentes			
Patrimonio cultural	5	Proteger el valor simbólico de los elementos culturales y patrimoniales para las comunidades	13	Número de evaluaciones arqueológicas realizadas en el área de influencia			ODS 1
			14	Número de sitios con medidas de protección aplicadas en el área de influencia			
			15	Número de sitios con medidas de restauración y mejoras desarrolladas en el área de influencia			

⁹ De acuerdo con el INE (2002), la Octava, Novena y Décima regiones suman en conjunto el 52% del total de indígenas. En términos de proporciones, es decir, la relación entre la población indígena respecto de la población total, en las regiones donde esta relación es más alta son: la Novena (23,5%), Primera (11,5%), Décima (9,5%) y Décimo Primera (8,9%).

INDICADORES SOCIALES

INDICADORES		MONITOREO Y EVALUACIÓN	
#	Indicadores propuestos	Datos para cuantificación	Unidad
1	Tasa nacional de pobreza multidimensional	Índice de pobreza multidimensional a nivel de hogares o personas.	%
2	Número de empleos directos o indirectos en el sector de movilidad	Actividades del sector de movilidad en vista al Clasificador Chileno de Actividades Económicas. Total de empleos en las actividades definidas para el sector de movilidad.	Número de empleos
4	Población en el área de influencia	Ha o km2 del área total de influencia. Población total en el área de influencia.	Total de personas
5	Coefficiente desigualdad ingresos (GINI / Theil)	Ingreso por hogar o persona. Ingreso promedio. Número de hogares o personas.	Coefficiente entre 0 y 1
6	% de desempleo en regiones con menor inversión y/o proporción de carretas sin pavimentar en el sistema de movilidad	Total de personas desempleadas. Total de personas económicamente activas. Inversión total en el sistema de movilidad. Longitud total de carreteras (km). Longitud total de carreteras sin pavimentar (km).	%
7	Proporción de mujeres en empleos directos o indirectos en sector de movilidad	Actividades del sector de movilidad en vista al Clasificador Chileno de Actividades Económicas. Total de empleos en las actividades definidas para el sector de movilidad. Total de mujeres en las actividades definidas para el sector de movilidad	%
8	Proporción de población con acceso apropiado a servicios de educación y salud	Tiempo de viaje hacia servicios de educación y salud (min). Población con acceso apropiado. Población total.	%
9	Proporción de la población indígena (número de comunidades o personas) involucrado en procesos participativos que conlleven a la toma de decisión en relación a la población indígena total	Número de comunidades o personas indígenas involucradas en procesos participativos. Número total de comunidades o personas indígenas.	%
10	Proporción de mujeres involucradas en procesos participativos que conlleven a la toma de decisión en relación a la población total de mujeres	Número de mujeres involucradas en procesos participativos. Número total de mujeres.	%
11	Tasa de heridos y fallecidos por cada 100.000 personas	Número de heridos. Número de fallecidos.	Sin dimensión

		Población total.	
12	Costo económico de accidentes	Costo económico promedio o estimado por accidente. Total de accidentes.	\$
13	Número de evaluaciones arqueológicas realizadas en el área de influencia	Número de evaluaciones arqueológicas realizadas en el área de influencia del sistema de movilidad.	N de evaluaciones
14	Número de sitios con medidas de protección aplicadas en el área de influencia	Número de sitios con medidas de protección aplicadas en el área de influencia del sistema de movilidad.	N de sitios protegidos
15	Número de sitios con medidas de restauración y mejoras desarrolladas en el área de influencia	Número de sitios con medidas de restauración y mejoras desarrolladas en el área de influencia del sistema de movilidad.	N de sitios restaurados o mejorados

SOSTENIBILIDAD ECONOMICA

SOSTENIBILIDAD APLICADA AL PNIM 2050		INDICADORES		MOP	RELACIÓN CON SISTEMAS MULTILATERALES DE EVALUACIÓN	
METAS ESTRATÉGICAS PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE ²	#	#	Indicadores propuestos	Planificación Estratégica	Indicador OECD	ODS relacionable

Prosperidad	6	Implementar servicios de infraestructura que faciliten el desarrollo productivo	16	Tasa de variación del PIB real	X	X	ODS 8
			17	Proporción de carreteras pavimentadas		X	
			18	Proporción del intercambio comercial de bienes y servicios en relación al PIB		X	
Viabilidad económica, eficiencia, funcionalidad	7	Inversión eficiente considerando el ciclo de vida de proyectos y externalidades*	19	Relación beneficio/costo	X		ODS 16
			20	Inversión total requerida en el ciclo de vida del sistema de movilidad	X		
			21	Relación entre la inversión total requerida en ciclo de vida del sistema de movilidad y los flujos de capital disponibles			

		22	Relación entre la inversión total requerida en el ciclo de vida del sistema de movilidad y el PIB		X	ODS 9
--	--	----	---	--	---	-------

INDICADORES ECONOMICOS

INDICADORES		MONITOREO Y EVALUACIÓN	
#	Indicadores propuestos	Datos para cuantificación	Unidad
16	Tasa de variación del PIB real	PIB real anual: año base. PIB real anual: años subsecuentes.	%
17	Proporción de carreteras pavimentadas	Longitud total de carreteras (km). Longitud total de carreteras pavimentadas (km).	%
18	Proporción del intercambio comercial de bienes y servicios en relación al PIB	PIB anual. Valor total de exportaciones e importaciones de bienes y servicios.	%
19	Relación beneficio/costo	Costos totales (\$) utilizando precios sociales. Beneficios totales (\$) utilizando precios sociales.	\$
20	Inversión total requerida en el ciclo de vida del sistema de movilidad	Inversión total requerida en el sistema de movilidad (monto de inversión pública y privada).	\$
21	Relación entre la inversión total requerida en ciclo de vida del sistema de movilidad y los flujos de capital disponibles	Inversión total requerida (\$) en el ciclo de vida del sistema de movilidad. Flujos de capital disponibles (\$) para la inversión.	%
22	Relación entre la inversión total requerida en el ciclo de vida del sistema de movilidad y el PIB	Inversión total (\$) en el ciclo de vida del sistema de movilidad. PIB anual.	%

SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL

SOSTENIBILIDAD APLICADA AL PNIM 2050		INDICADORES		MOP	RELACIÓN CON SISTEMAS MULTILATERALES DE EVALUACIÓN		
METAS ESTRATÉGICAS PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE ²	#	OBJETIVOS DEL MOP: POLÍTICA DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	#	Indicadores propuestos	Planificación Estratégica	Indicador OECD	ODS relacionable

Ecosistemas	8	Resguardar el patrimonio ambiental	23	Superficie total de bosques	X		
			24	Área total de suelo restaurado en el área de influencia		X	
			25	Número de árboles plantados en el área de influencia		X	ODS 15
			26	Contaminación acústica en territorios con valor ecosistémico	X		
	9	Establecer la gestión, protección y conservación sostenible del recurso hídrico	27	Cambio neto total en la superficie impermeable en el área de influencia	X	X	ODS 6
			28	% de agua de lluvia y escorrentía de agua tratada y destinada para la recarga total de acuíferos en el área de influencia			ODS 6
				Número de programas de monitoreo y evaluación de la calidad hídrica			
			29	Número de cruces de agua nuevos o rehabilitados en el área de influencia			ODS 14 ODS 15
	10	Proteger la biodiversidad en el desarrollo de la infraestructura pública	30	Área de humedales afectados y área de humedales restaurados en el área de influencia	X		ODS 14 ODS 15
			31	Cambio del uso del suelo en el área de influencia	X	X	
32			Número de cruces y pasos de fauna (tierra y agua) en el área de influencia				
33			Longitud de barreras de protección para fauna en el área de influencia				
Usos de recursos y generación de residuos	11	Asegurar el uso sostenible de recursos naturales	34	Energía consumida para el transporte de pasajeros y toneladas por kilómetro	X		ODS 7
			35	% de agua reciclada en el ciclo de vida del sistema de movilidad		X	ODS 6
			36	% de residuo reciclado en el ciclo de vida del sistema de movilidad		X	ODS 12

Emisiones y calidad del aire	12	Reducir las emisiones de CO ₂ y contaminantes	37	% de uso de materiales reciclados para pavimentación del sistema de movilidad			
			38	Emisión de GEI (equivalentes a toneladas de CO ₂) relacionadas al sistema de movilidad por persona	X	X	ODS 13
			39	Emisión de GEI (equivalentes a toneladas de CO ₂) a la implementación y construcción del sistema de movilidad			
Resiliencia	13	Proponer a la gestión y minimización del riesgo asociado a eventos naturales y antrópicos en un contexto de cambio climático	40	Emisión total per cápita de material particulado (PM _{2.5})	X	X	ODS 3
			41	Costo estimado de pérdidas económicas en el sistema de movilidad debido a amenazas			ODS 3
			42	Proporción de la longitud (km) de carreteras expuestas a amenazas	X		
			43	Longitud (km) de nuevas carreteras para mejorar la redundancia de la red	X		ODS 9

INDICADORES MEDIOAMBIENTALES

INDICADORES		MONITOREO Y EVALUACIÓN	
#	Indicadores propuestos	Datos para cuantificación	Unidad
23	Superficie total de bosques	Ha o km ² de bosques	Ha o km ²
24	Área total de suelo restaurado en el área de influencia	Ha o km ² de suelos restaurados en el área de influencia.	Ha o km ²
25	Número de árboles plantados en el área de influencia	Número total de árboles plantadas em el área de influencia.	Número de árboles
26	Contaminación acústica en territorios con valor ecosistémico	Modelación de ruidos de la red multimodal y superposición de áreas con exceso con áreas protegidas	Ha o km ²
27	Cambio neto total en la superficie impermeable en el área de influencia	Ha o km ² de superficie que se tornará impermeable en el área de influencia. Ha o km ² de superficie que se tornará permeable en el área de influencia.	Ha o km ²

28	% de agua de lluvia y escorrentía de agua tratada y destinada para la recarga total de acuíferos en el área de influencia	Volumen total de agua de la lluvia y escorrentía de agua (m3). Volumen total de agua de la lluvia y escorrentía de agua tratada y destinada a la recarga de acuíferos (m3).	% de agua destinada y tratada para la recarga
	Número de programas de monitoreo y evaluación de la calidad hídrica	Total de programas de evaluación y monitoreo de infraestructuras y calidad hídrica.	Total de programas
29	Número de cruces de agua nuevos o rehabilitados en el área de influencia	Total de cruces en el área de influencia.	Número de cruces hidrológicos
30	Área de humedales afectados y área de humedales restaurados en el área de influencia	Ha o km ² de cuencas hidrográficas.	Porcentaje
31	Cambio del uso del suelo en el área de influencia	Ha o km ² con cambios en el uso del suelo en el área de influencia.	Ha o km ²
32	Número de cruces y pasos de fauna (tierra y agua) en el área de influencia	Total de cruces y pasos de fauna en el área de influencia.	Número de cruces de biodiversidad
33	Longitud de barreras de protección para fauna en el área de influencia	Longitud total (km) de barreras de protección para fauna en el área de influencia.	Km
34	Energía consumida para el transporte de pasajeros y toneladas por kilómetro	Energía total en kWh consumida para el transporte de pasajeros. Energía total en kWh consumida para el transporte de toneladas. Longitud total del sistema (km)	kWh – pasajero – kilómetro / kWh – tonelada - kilómetro
35	% de agua reciclada en el ciclo de vida del sistema de movilidad	Litros de agua utilizados en el ciclo de vida del sistema de movilidad. Litros de agua reciclados en el ciclo de vida del sistema de movilidad.	%
36	% de residuo reciclado en el ciclo de vida del sistema de movilidad	Total de toneladas de residuos producidos en el ciclo de vida del sistema de movilidad. Total de toneladas de residuos reciclados en el ciclo de vida del sistema de movilidad.	%
37	% de uso de materiales reciclados para pavimentación del sistema de movilidad	Total de toneladas de materiales utilizados en la pavimentación. Total de toneladas de materiales reciclados utilizados en la pavimentación.	%
38	Emisión de GEI (equivalentes a toneladas de CO ₂) relacionadas al sistema de movilidad por persona	Tasa de emisiones. Volumen del tráfico de vehículos. Velocidad promedio de vehículos. Población total.	Gramas o toneladas por kilómetro por persona
39	Emisión de GEI (equivalentes a toneladas de CO ₂) a la implementación y construcción del sistema de movilidad	Tasa de emisiones. Volumen del tráfico de vehículos. Velocidad promedio de vehículos. Total de maquinarias y su tiempo de operación.	Gramas o toneladas por kilómetro por persona
40	Emisión total per cápita de material particulado (PM _{2.5})	Tasa de emisiones. Volumen del tráfico de vehículos. Velocidad promedio de los vehículos. Población total.	Gramas o toneladas por kilómetro por persona

41	Costo estimado de pérdidas económicas en el sistema de movilidad debido a amenazas	Costo promedio estimado de pérdidas económicas por tipo de camino. Longitud total (km) y tipo de camino dañado por amenazas.	\$
42	Proporción de la longitud (km) de carreteras expuestos a amenazas	Área total susceptible a amenazas (Ha o km ²). Longitud total (Km) de carreteras. Longitud total de carreteras en áreas susceptibles a amenazas.	%
43	Longitud (km) de nuevas carreteras para mejorar la redundancia de la red	Longitud total (km) de carreteras diseñadas para mejorar la redundancia de la red	km

SOSTENIBILIDAD INSTITUCIONAL

SOSTENIBILIDAD APLICADA AL PNIM 2050			INDICADORES		MOP	RELACIÓN CON SISTEMAS MULTILATERALES DE EVALUACIÓN	
METAS ESTRATÉGICAS PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE ²	#	OBJETIVOS DEL MOP: POLÍTICA DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	#	Indicadores propuestos	Planificación Estratégica	Indicador or OECD	ODS relacionable
Monitoreo, evaluación y mantención	14	Desarrollar e implementar indicadores de construcción sostenible ¹⁰	44	Relación entre los costos de mantención alocados y los costos totales de mantención			ODS 16
			45	Relación entre la inversión para la implementación y la inversión para mantención de carreteras			
			46	Proporción de la longitud (km) de carreteras que utilizan materiales con mayor durabilidad			ODS 12
			47	Proporción de longitud (km) de carreteras que utilizan materiales certificados			
Innovación y tecnología	15	Reducir el tiempo de viajes y el total de viajes innecesarios*	48	Densidad total de carreteras por cada 1.000 habitantes		X	ODS 9
			49	Total de pasajeros y toneladas transportadas por kilómetro		X	
			50	Número de estaciones de recarga de vehículos eléctricos (autos, buses y camiones)		X	ODS 13

¹⁰ Para consolidar y expandir las iniciativas ya desarrolladas por el MOP, como la Actualización del Manual de Carreteras — Volumen 9 y el Índice de Sostenibilidad de Edificios de la Dirección de arquitectura MOP.

		la innovación	51	Número de estaciones de intercambio multimodal (transporte público y transporte cero emisiones) ¹¹		X	
Planificación integrada	17	Asegurar avances institucionales coordinados para una movilidad sostenible a nivel nacional*	52	Número de instituciones involucradas en el proceso y numero planes institucionales integrados	X		ODS 17

INDICADORES INSTITUCIONALES

INDICADORES		MONITOREO Y EVALUACIÓN	
#	Indicadores propuestos	Datos para cuantificación	Unidad
44	Relación entre los costos de mantención alocados y los costos totales de mantención	Total de inversión en mantención alocada para el sistema. Costos totales de mantención.	%
45	Relación entre la inversión para la implementación y la inversión para mantención de carreteras	Total de inversión (\$) para implementación del sistema de movilidad. Total de inversión (\$) para mantención del sistema de movilidad	%
46	Proporción de la longitud (km) de carreteras que utilizan materiales con mayor durabilidad	Longitud total de carreteras (km). Longitud total de carreteras que utilizan materiales con mayor durabilidad (km).	%
47	Proporción de longitud (km) de carreteras que utilizan materiales certificados	Longitud total de carreteras (km). Longitud total de carreteras que utilizan materiales certificados (km).	%
48	Densidad total de carreteras por cada 1.000 habitantes	Longitud total de carreteras (km). Población total.	Km / 1.000 personas
49	Total de pasajeros y toneladas transportas por kilómetro	Total de pasajeros (# de pasaj.) Total de toneladas (toneladas) Longitud total (km).	# de pasaj. / Km Ton. / Km
50	Número de estaciones de recarga de vehículos eléctricos (autos, buses y camiones)	Total de estaciones de recarga de vehículos eléctricos	Número de estaciones de recarga
51	Número de estaciones de intercambio multimodal (transporte público y transporte cero emisiones)	Total de estaciones de intercambio multimodal	Número de estaciones de intercambio multimodal
52	Número de instituciones involucradas en el proceso y numero planes institucionales integrados	Total de instituciones y planes integrados	N de instituciones y planes

¹¹ A modo de evaluar esta métrica de manera más efectiva, se sugiere enfatizar las áreas con una densidad poblacional habitante e (partiendo de un umbral a ser establecido) para este tipo de infraestructura multimodal o las áreas urbanas. Dado que el sistema de movilidad chileno diseñado al 2050 cubrirá partes del territorio que presentarán o no la aptitud para estas estaciones, se sugiere esta distinción.

Herramientas de sostenibilidad aplicables a la cartera de proyectos del PNIIM 2050

Cuadro 7. Herramientas específicas e indicadores para el monitoreo de la sostenibilidad a nivel de proyecto

DETALLE DE LAS HERRAMIENTAS			MONITOREO Y EVALUACIÓN	
#	Herramienta	Objetivo	Indicadores/metapas para evaluación	Unidad
Sostenibilidad social				
1	Rentabilidad Social	Evaluar los costos y beneficios sociales del sistema de movilidad en vista a los precios sociales para incorporar externalidades.	Proporción de proyectos con un Resultado de Análisis Económica: "Recomendado Satisfactoriamente". Rentabilidad social positiva para el sistema de movilidad.	% Sin dimensión
Sostenibilidad económica y financiera				
2	Análisis del Coste de Ciclo de Vida (LCCA)	Asegurar que la evaluación económica y financiera de infraestructuras considere externalidades positivas y negativas para el cálculo de retorno a la inversión.	Proporción de proyectos con análisis y disposiciones LCCA en el sistema de movilidad. Relación beneficio/costo positivo para el sistema de movilidad.	% Sin dimensión
Sostenibilidad ambiental				
3	Huella ecológica	Acotar el área estimada de tierra bioproductiva requerida en el sistema movilidad. Esto incluye el área total requerido para la producción, consumo, y descarte de recursos y desechos en los ciclos de vida del sistema de movilidad.	Proporción de proyectos con análisis de huella ecológica en el sistema de movilidad. Área de tierra bioproductiva necesaria para el sistema de movilidad.	% Ha o km ²
4	Huella hídrica	Acotar el volumen total de agua requerido en el sistema movilidad. Esto incluye el volumen total de agua requerido para la producción, consumo, y descarte de recursos y desechos en los ciclos de vida del sistema de movilidad.	Proporción de proyectos con análisis de huella hídrica en el sistema de movilidad. Volumen total de agua requerida para el sistema de movilidad.	% m ³
5	Análisis de Ciclo de Vida (LCA)	Acotar el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida del sistema de movilidad.	Proporción de proyectos con análisis LCA en el sistema de movilidad. Emisiones de GEI en toneladas de CO ₂ referentes al sistema de movilidad.	% ton-CO ₂
Sostenibilidad institucional				
6	Matriz de Asignación de Responsabilidad (Matriz RACI)	Determinar el papel de actores en el ciclo de vida del sistema de movilidad.	Elaboración de Matriz RACI para los ciclos de vida del sistema de movilidad o proyectos de movilidad.	N/A

Referencias clave

Marcos para la evaluación de Infraestructura Sostenible

1. [Invest, I. D. B., and B. I. D. Invest. ¿Qué es la infraestructura sostenible?: Un marco para orientar la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto. No. IDB-TN-01388. Inter-American Development Bank, 2018.](#)
2. [Institute for Sustainable Infrastructure. Envision: Sustainable Infrastructure Framework Guidance Manual. Third Edition. Institute for Sustainable Infrastructure, 2018.](#)
3. [Astroads. Guidelines for Environmental Reporting. Edition 1. Astroads, 2011.](#)
4. [Greenroads. Greenroads Rating System V2. Greenroads International, 2019.](#)
5. [USGBC. LEED v4.1 Cities and Communities: Plan and Design. U.S. Green Building Council, 2019.](#)
6. [USGBC. LEED v4.1 Cities and Communities: Existing. U.S. Green Building Council, 2019.](#)

Libros y artículos científicos

7. [Gudmundsson, Henrik, Greg Marsden, and Zietsman Josias. "Sustainable transportation: Indicators, frameworks, and performance management." \(2016\).](#)
8. [Ramani, Tara Lakshmi, Josias Zietsman, Henrik Gudmundsson, Ralph P. Hall, and Greg Marsden. "Framework for sustainability assessment by transportation agencies." *Transportation research record* 2242, no. 1 \(2011\): 9-18.](#)
9. [Rioja, Felix. "What is the value of Infrastructure Maintenance? A Survey." *Infrastructure and Land Policies* 13 \(2013\): 347-365.](#)
10. [Chi, Guangqing, and Brian Stone Jr. "Sustainable transport planning: estimating the ecological footprint of vehicle travel in future years." *Journal of urban planning and development* 131, no. 3 \(2005\): 170-180.](#)
11. [Martín-Cejas, Roberto Rendeiro, and Pedro Pablo Ramírez Sánchez. "Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: The case for Lanzarote Island." *Tourism Management* 31, no. 1 \(2010\): 98-103.](#)
12. [Gasparatos, Alexandros, Mohamed El-Haram, and Malcolm Horner. "A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability." *Environmental Impact Assessment Review* 28, no. 4-5 \(2008\): 286-311.](#)
13. [Hoekstra, Arjen Ysbert. "Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis." *Ecological Economics* 68, no. 7 \(2009\): 1963-1974.](#)

Ministerio de Desarrollo Social de Chile (MDS)

14. [Metodología de medición de pobreza multidimensional con entorno y redes](#)
15. [Normas, instrucciones y procedimientos para el proceso de inversión pública \(NIP\)](#)

Transportation Research Board (TRB)

16. [Zietsman, Josias, and Tara Ramani. "Sustainability performance measures for state DOTs and other transportation agencies." *FINAL REPORT. Project 08-74* \(2011\).](#)
17. [Ramani, Tara, Josias Zietsman, William Eisele, Duane Rosa, Debbie Spillane, and Brian Bochner. *Developing sustainable transportation performance measures for TXDOT's strategic plan: technical report*. No. FHWA/TX-09/0-5541-1. Texas Transportation Institute, 2009.](#)

Victoria Transport Policy Institute

18. [Litman, Todd. *Well measured*. Victoria Transport Policy Institute, 2016.](#)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD)

19. [Brechas y estándares de gobernanza de la infraestructura pública en Chile](#)
20. [OECD.Stat](#)

Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Red de Soluciones para un Desarrollo Sostenible (SDSN)

21. [Objetivos de Desarrollo Sostenible](#)

- 22. [Indicators and a Monitoring Framework for the Sustainable Development Goals – Launching a Data Revolution](#)

Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE)

- 23. [Transport and sustainable development goals](#)
- 24. [How to achieve Transport- and Trade-related SDGs](#)
- 25. [Road map on statistics for sustainable development goals](#)

Banco Mundial (WB)

- 26. [Montgomery, Robert, Howard Schirmer Jr, and Art Hirsch. "Improving environmental sustainability in road projects." \(2015\).](#)

Plataforma Nacional de Estadísticas de Polonia para los ODS (Statistics Poland SDG)

- 27. [Statistics for the SDGs – Global Indicators](#)

ANEXO 2: TABLA ORIGINAL DE INDICADORES PROPUESTOS PARA LA PLANIFICACION ESTRATEGICA

Tabla 9: Resumen de indicadores priorizados para Planificación Estratégica sostenible del PNIM 2050 (ExAnte)

Dimensiones de la sostenibilidad	Principios de sostenibilidad	Indicadores	Dirección
Doblar el PIB: objetivo clave del PNIM 2050	1. Desarrollo económico	<ul style="list-style-type: none"> Tasa de variación del PIB real 	<ul style="list-style-type: none"> Más es mejor
Social (Calidad de vida)	2. Equidad	<ul style="list-style-type: none"> Nueva infraestructura (\$) / Población¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es mejor
	<ul style="list-style-type: none"> Inclusividad 	<ul style="list-style-type: none"> Tasa de pobreza multidimensional 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es mejor
	<ul style="list-style-type: none"> Accesibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Proporción de población con acceso apropiado a servicios de educación y salud¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Más es mejor
	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> Tasa de heridos y fallecidos por cada 100.000 personas 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es mejor
Económica (Crecimiento Económica)	3. Eficiencia económica	<ul style="list-style-type: none"> Relación beneficio/costo (rentabilidad social)² 	<ul style="list-style-type: none"> Más es mejor
	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Total de pasajeros y toneladas transportas por kilómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Más es mejor
	<ul style="list-style-type: none"> Asequibilidad* 	<ul style="list-style-type: none"> Costo generalizado del viaje / Gasto hogar destinado a transporte (%) 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es mejor
	<ul style="list-style-type: none"> Inversión en el sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Relación entre la inversión total requerida en ciclo de vida del sistema de movilidad y los flujos de capital disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> Más es mejor
Ambiental	4. Emisiones de	<ul style="list-style-type: none"> Emisión de GEI (equivalentes a toneladas de CO₂) relacionadas al sistema de movilidad por 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es

¹² Inicialmente la propuesta planteaba utilizar como medida el Coeficiente GINI. Este indicador fue replanteado a raíz del interés del equipo del plan en medir la relación entre inversión en infraestructura y equidad territorial. Ver Anexo 3.

GEI	persona	mejor
<ul style="list-style-type: none"> Contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> Emisión total per cápita de material particulado (PM_{2.5}) 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es mejor
<ul style="list-style-type: none"> Uso del suelo* 	<ul style="list-style-type: none"> Superficie total de bosques³ / Superficie impermeable (suelo consumido por la infraestructura de transporte) 	<ul style="list-style-type: none"> Más es mejor / Menos es mejor
<ul style="list-style-type: none"> Combustibles fósiles 	<ul style="list-style-type: none"> Energía consumida para el transporte de pasajeros y toneladas por kilómetro⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> Menos es mejor

Fuente: Elaboración propia en base a literatura revisada.

¹ El indicador tiene como objetivo medir la accesibilidad a través del tiempo total de acceso, es decir tiempo de viaje, entre una unidad territorial y entidades o servicios específicos. A pesar de que el indicador prioriza los servicios de educación y salud, se puede priorizar otros servicios o infraestructuras de transporte. Es necesario definir umbrales específicos o generalizados de tiempo de viaje (ej. 60 minutos) para identificar la población con acceso apropiado.

² A modo de incorporar las potenciales externalidades y el concepto de la rentabilidad social, se debe priorizar los precios sociales en la contabilización de los beneficios y costos utilizándose precios sociales (es decir, con incorporación de externalidades y la rentabilidad social). Integración de metodología MDS.

³ Compromiso país para avanzar en la captura de carbono mediante el incremento de hectáreas de superficie boscosa. Esto es relevante para el PNIM 2050 porque equilibra el deterioro ambiental por cambios en el uso de suelo. Requiere de coordinación multisectorial (CONAF – MMA)

⁴ Compromiso país para avanzar en la eficiencia energética y el uso de energías renovables. Requiere coordinación de multisectorial (Ministerio de Energía)

* Indicadores en los que se sugieren dos tipos de medidas posibles de desempeño. La idea es proveer al MOP de posibilidades para seleccionar los indicadores que mejor se ajusten a sus objetivos.

ANEXO 3: PROPUESTA DE INDICADOR DE EQUIDAD TERRITORIAL

A partir de la revisión de los documentos compartidos por el equipo MOP, específicamente:

- World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography
- DENG, T. Impacts of Transport Infrastructure on Productivity and Economic Growth: Recent Advances and Research Challenge. Transport Review, v. 33, n. 6, p. 686-699, 2013.

Nos gustaría destacar dos puntos que nos parecen claves:

- En línea con el argumento inicial de Fisher (1997), el resumen de estudios recientes (Tabla 1 en Deng) encuentra que la medida física de la infraestructura de transporte reporta resultados positivos y significativos con mayor frecuencia que aquellos que miden el gasto en transporte.
- Los efectos indirectos negativos surgen de la competencia espacial por los recursos productivos. Los cambios en el stock de infraestructura de transporte (un determinante importante de la competitividad regional) pueden desencadenar la competencia económica entre las regiones. Como tal, la inversión en transporte genera efectos positivos en la producción en las áreas de inversión, pero resulta en efectos indirectos negativos en la producción de las regiones vecinas. Boarnet (1998), Chandra y Thompson (2000), Ozbay, Ozmen-Ertekin y Berechman (2007), Delgado y Alvarez (2007), Moreno y López-Bazo (2007) y Sloboda detectaron estos efectos secundarios negativos, y Yao (2008).

• En particular, utilizando datos de los Estados Unidos para el período 1969-1993, Chandra y Thompson (2000) observan que las inversiones interestatales en carreteras solo aumentan las ganancias en los estados por los que pasan directamente, a expensas del crecimiento económico de los estados adyacentes. En general, para capturar completamente las contribuciones de la inversión en infraestructura de transporte al crecimiento de la producción y la productividad, estos estudios proponen la **importancia de considerar la dimensión espacial en los impactos de la infraestructura**.

Nos parece un artículo muy valioso dado que ya que exige la integración de una perspectiva espacial debido a los efectos secundarios positivos / negativos del transporte en áreas adyacentes y más allá. En este sentido, se plantea la relevancia de reflejar en un indicador la dimensión de equidad territorial.

Una opción es crear un indicador que mida el balance, a nivel nacional, por región u otra unidad territorial, del stock de infraestructura de transporte (inversión de capital en \$) o la disponibilidad de infraestructura general (# de instalaciones y longitud total) en relación con la población total, siendo este último un factor de normalización para permitir la comparación en todo el territorio. Idealmente, las regiones deberían tener una proporción similar como un medio para demostrar la equidad en la distribución de la infraestructura y la población, bajo el supuesto de que cuanto mayor sea la población, mayor será el stock de infraestructura y viceversa. De acuerdo con el artículo, se podría distinguir entre el stock total o el stock de nueva infraestructura, por ejemplo, ya que este último parece tener una mayor elasticidad hacia el crecimiento económico.

Hemos investigado por nuestra cuenta otros artículos complementarios para desarrollar esta idea, por ejemplo:

- Todd Litman. *Evaluating Transportation Equity Guidance For Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning*. Victoria Transport Policy Institute. 18 March 2019
- Jeon, Christy & Amekudzi, Adjo. (2005). *Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics*. *Journal of Infrastructure Systems - J INFRASTRUCT SYST*. 11. 10.1061/(ASCE)1076-0342(2005)11:1(31).

Propuesta GeoAdaptive

Basados en los puntos discutidos y la literatura revisada, proponemos lo siguiente:

• Dado que la correlación del ingreso con la infraestructura de transporte puede ser inelástica, lo que proponemos es utilizar una medida que evalúe la proporción del nuevo stock de infraestructura (es decir, inversiones de capital) como parte del plan con respecto a la población total. Según el artículo compartido por el equipo del PNIM 2050, el nuevo stock de infraestructura muestra una mayor elasticidad en relación con la productividad y el crecimiento económico en comparación con los ingresos.

En este caso, la ecuación sería algo como esto: **Nueva infraestructura (\$) / Población**

o Para el **numerador**, hay otra opción a considerar, que es utilizar la infraestructura total disponible (# de instalaciones o longitud total de carreteras, vías fluviales y vías aéreas). Esto también ha demostrado una fuerte elasticidad en relación con la productividad y al crecimiento económico basado en el artículo, pero podría ser más difícil de obtener y hacer seguimiento. Debería depender del discernimiento del MOP qué numerador usar.

o Para el **denominador**, también puede usar algo un poco más específico, como el número total de viajeros, pero dado que el plan es multimodal, esto podría proporcionar algunos desafíos, por lo que la población total es una forma más sencilla de hacerlo.

• Ahora, la ecuación ya mencionada se puede estandarizar a través de un **enfoque de Gini** para mostrar la concentración de nuevas existencias de infraestructura con respecto a la población total que varía de 0 (bien distribuida) a 1 (mal distribuida). De esta manera, lo que estaríamos viendo es cuán desigual o igual es la distribución del nuevo stock de infraestructura per cápita a lo largo del desarrollo del plan. La ecuación de Gini aquí no se relaciona, de ninguna manera, con los ingresos; solo se usaría como un método para estandarizar la medición para comparación y facilidad de interpretación.

• Finalmente, hay un punto final para discutir, que es el siguiente: ¿deberíamos calcular esto a nivel nacional o por región, o cualquier otra unidad territorial que el MOP considere adecuada? Ambos enfoques son válidos y ofrecen oportunidades y limitaciones, así como diferentes indicadores que se utilizarán para monitorear la sostenibilidad del plan, como se detalla a continuación:

o **Enfoque nacional:** este enfoque es definitivamente más simple, ya que todo lo que necesita hacer es reunir los totales y los indicadores serían el coeficiente de Gini de Nuevo stock de infraestructura / Población. Sin embargo, la mayor limitación aquí es la agregación de datos que encubriría las desigualdades entre las regiones del territorio.

o **Enfoque regional:** este enfoque, aunque un poco más complicado, creo que será más útil. En lugar de hacer los cálculos a nivel nacional, seleccionar una unidad territorial que capture los matices del plan y genere el coeficiente de Gini a ese nivel. Después, lo que puede hacer es comparar el Gini de varias regiones para ver cuál es la diferencia entre la región con el coeficiente más alto y la que tiene el coeficiente más bajo. Esa diferencia sería el indicador en sí, ya que, si bien acepta que habrá una distribución desigual de la infraestructura, el objetivo es mantenerla lo más baja posible. Como tal, cuanto menor sea la diferencia entre el coeficiente de Gini más alto y bajo por región, mejor o más distribuida será el nuevo stock de infraestructura para el PNIM 2050.

Resumen de pasos a seguir para construir indicador propuesto:

1. **Nueva infraestructura (Monto CLP / US) / Población Total (per cápita)**
2. **Utilizar método GINI (nacional / regional) para estandarizar los factores**