

# Incorporación de Criterios de Sostenibilidad en el Plan Nacional de Infraestructura y Movilidad PNIM 2020 - 2050

Del Ministerio de Obras Públicas de Chile

Proyecto desarrollado con el apoyo del:



*Este informe tiene como objetivo principal asegurar la inclusión de criterios de sostenibilidad en **el Plan Nacional Infraestructura Sostenible 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 relación con la cartera de proyectos de inversión del PNIM. Estos se integran en una metodología simple de evaluación que sugiere metas, objetivos, indicadores y recomendaciones.*

## Premisas fundamentales:

- Este análisis sugiere al MOP **ampliar sus objetivos** y alcances para ayudar a apoyar una sociedad más sostenible.
- Para ser **eficiente y justa**, la planificación debe considerar todas las opciones e impactos significativos pero, existe tensión entre la conveniencia y la exhaustividad al seleccionar indicadores.
- Una **selección pequeña** que utiliza datos fácilmente disponibles es más conveniente de usar, pero puede pasar por alto impactos importantes. Un **conjunto más grande** puede ser más completo pero tiene costos de recopilación de datos y puede ser difícil de interpretar.

- Número creciente de iniciativas en todo el mundo para definir y medir la sostenibilidad en la planificación del transporte y la provisión de infraestructura.
- Este informe revisa algunas de las principales iniciativas con el propósito de caracterizar el pensamiento emergente sobre lo que constituye la planificación del transporte sostenible y cómo medirla.

Los informes han sido elegidos para ejemplificar diferentes tipos de marcos, generales y específicos para transporte, con una alta relevancia en los informes de movilidad sostenible.

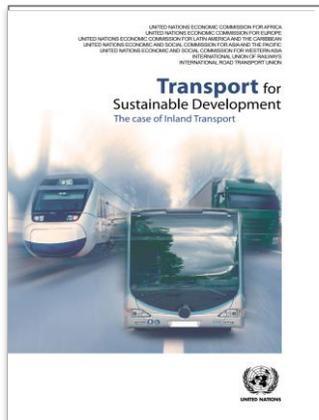
## Marcos generales de evaluación de infraestructura sostenible



SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE FOR COMPETITIVENESS AND INCLUSIVE GROWTH



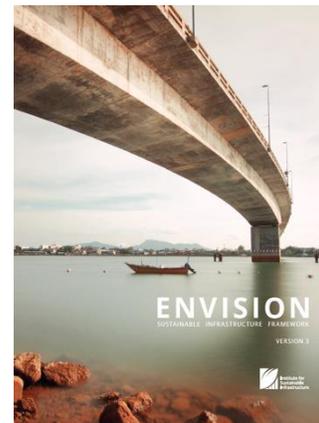
BID



UN



OECD

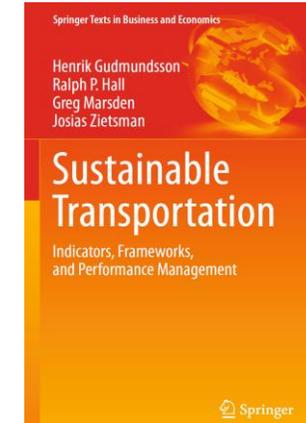


Envision

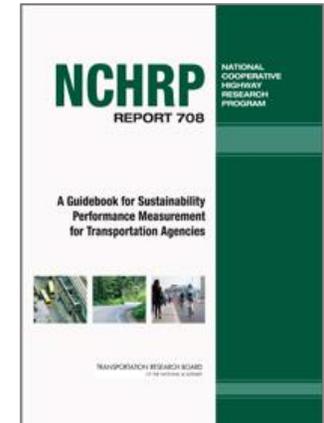
## Instituciones de investigación especializadas



Australia



Academia



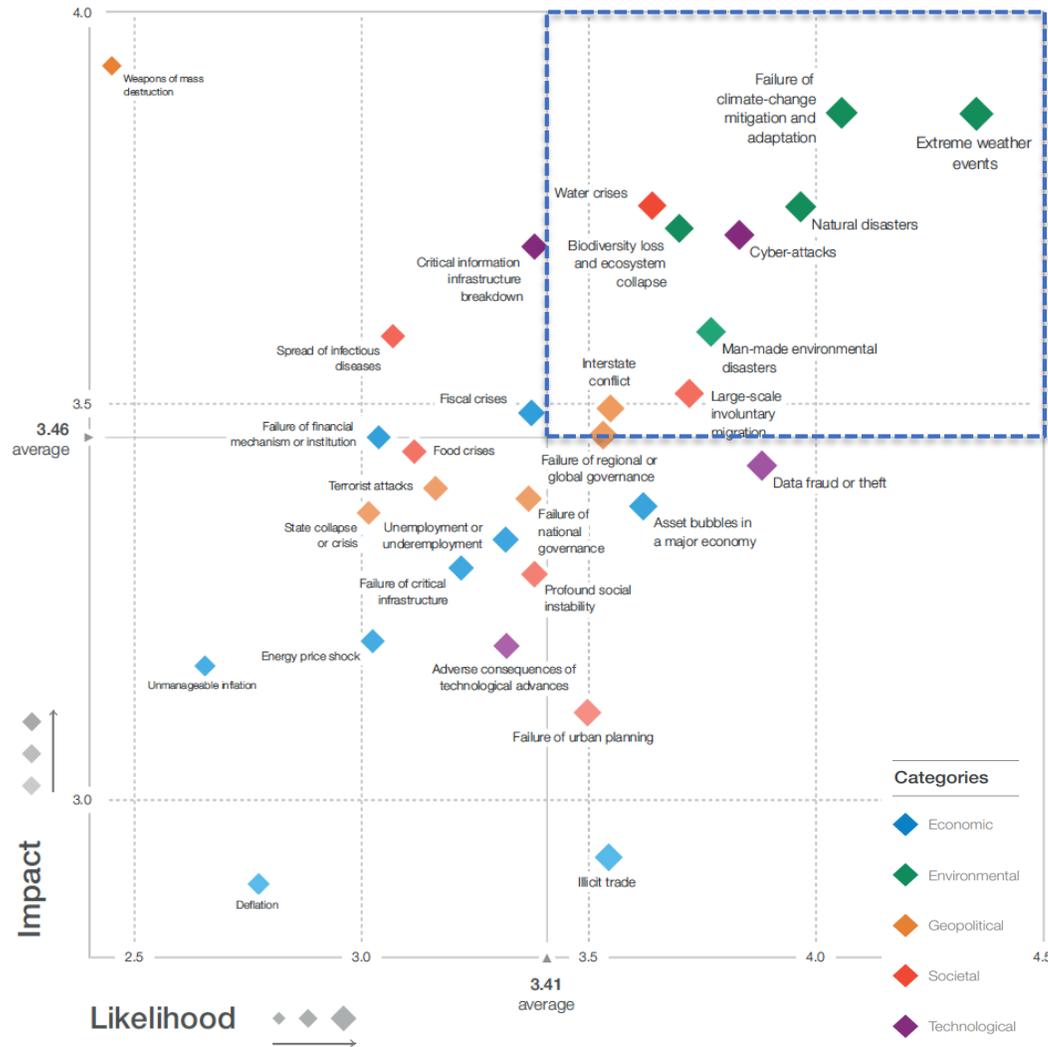
Transportation Research Board

Libros y artículos científicos

Organizaciones internacionales

Gobiernos nacionales y estatales

Los principales impactos negativos del transporte se vinculan directamente con las nociones de desarrollo sostenible para la movilidad.



## RIESGOS A NIVEL GLOBAL

Fuente: WEF, Global Risk Report 2018 -2019

- Degradación medioambiental
- Desastres naturales
- Crisis de agua
- Desafíos sociales

## IMPACTOS NEGATIVOS DE MOVILIDAD

Económica	Social	Medioambiental
• Congestión de tráfico	• Equidad	• Contaminación del aire
• Costos de infraestructura	• Impactos en movilidad de grupos vulnerables	• Cambio climático
• Costos para consumidores	• Impactos en salud y seguridad	• Contaminación ruido y agua
• Barreras de movilidad	• Cohesión social	• Pérdida de hábitat
• Danos por accidentes	• Calidad de vida	• Impactos hidrológicos
• Agotamiento de recursos no renovables (costo de oportunidad)	• Estética y patrimonio cultural	• Agotamiento de recursos no renovables

Fuente: Victoria Transport Policy Institute, Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning, 2011

# 1

- **Plan Nacional  
Infraestructura Sostenible  
para la Movilidad  
2020 – 2050 (PNIM 2050)**

- *¿Por qué es necesario el PNIM 2050?*
- *Efectos negativos en las metas de sostenibilidad*
- *Aspectos claves a integrar en el PNIM 2050*

## Correlación entre el crecimiento económico y el aumento de movilidad

### CRECIENTE DEMANDA

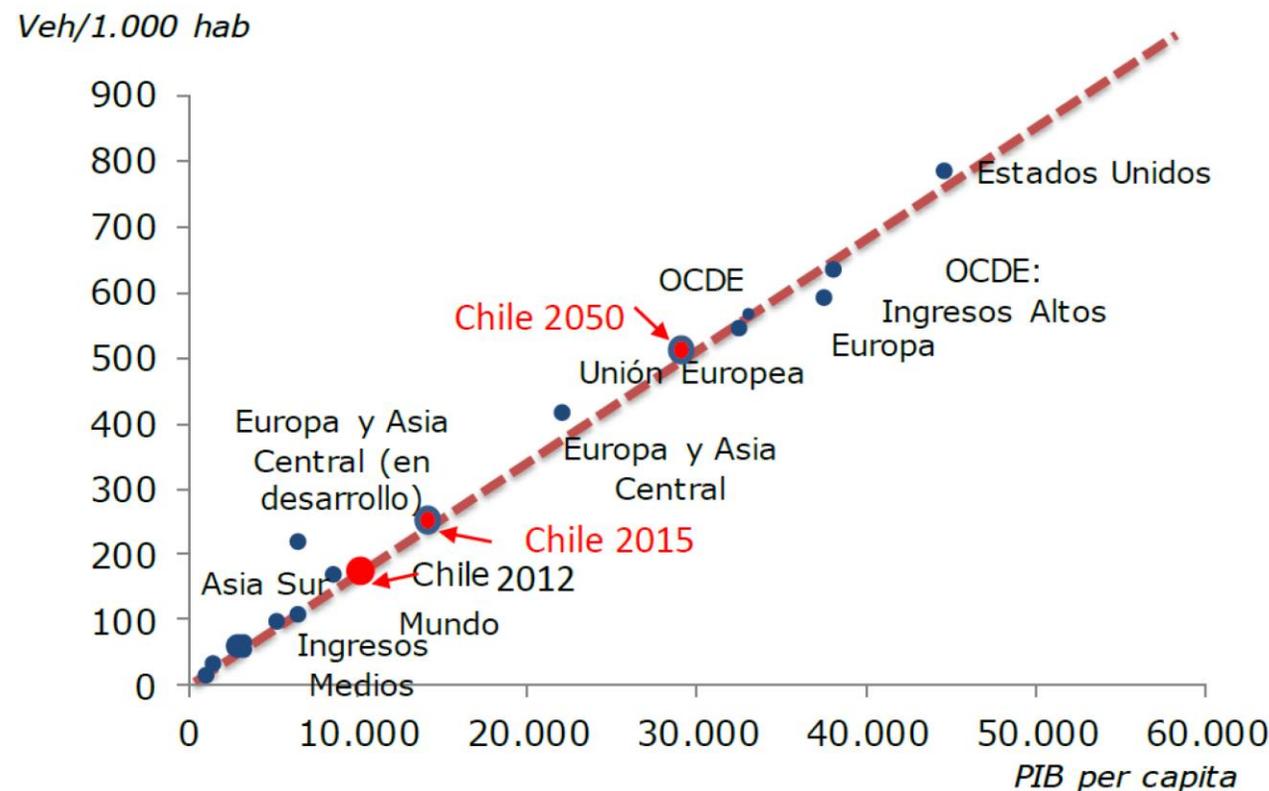
Se espera que el Producto Interior Bruto (PIB) se duplique al 2050.

- Para poder absorber la movilidad futura se propone definir una red nacional que integre los distintos modos de transporte.
- Tanto los pasajeros como la carga requieren de la posibilidad de transferir entre modos de transportes.



**PNIM 2050**

### MOTORIZACIÓN V.S PIB



Fuente: Marcial Echenique. Hacia un Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad 2020–2050 Septiembre. 2018c

Solo con una red intermodal con suficiente capacidad y con las regulaciones necesarias y los precios correctos, se podrán absorber las estimaciones de tráfico futuras.

## Vialidad

- Rutas longitudinales
- Rutas Transversales
- Rutas Urbanas

## Ferrocarriles

- De cercanía
- Trafico mixto

## Puertos

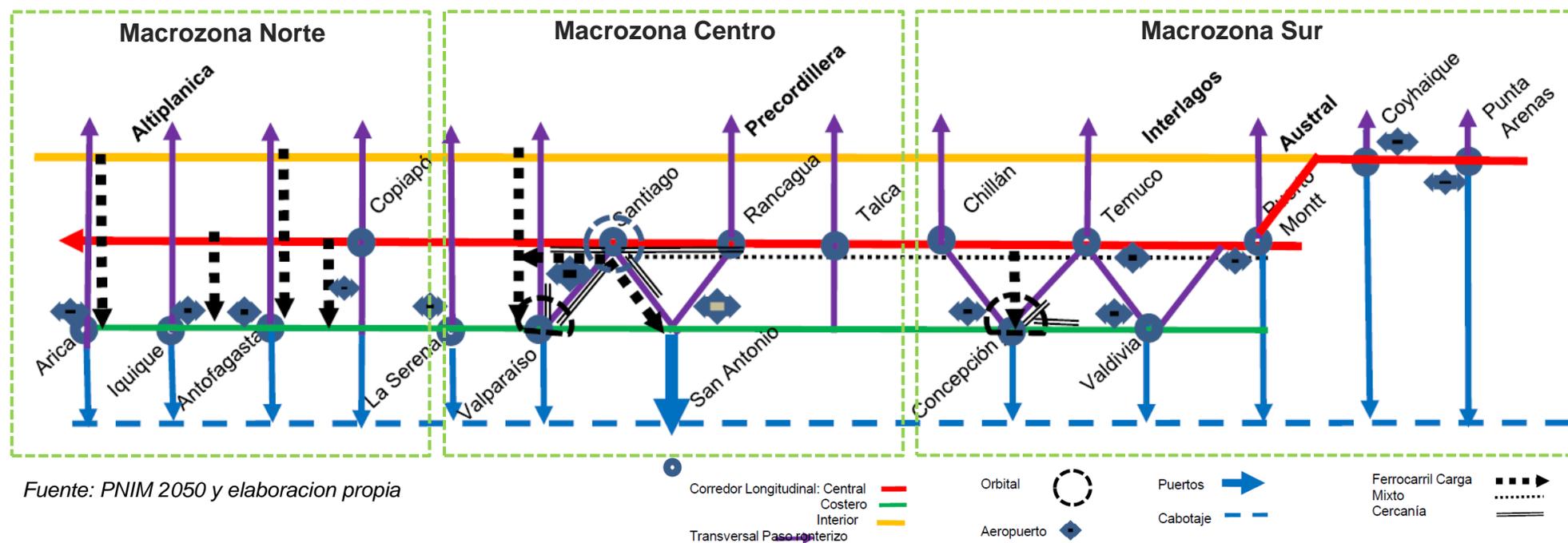
- Puertos del estado
- Puertos privados
- Puertos secos

## Aeropuertos

- Red primaria
- Nuevos

## Nuevos ductos

- Red primaria



## Efectos negativos **sin Plan** en metas claves del país

### Desarrollo Económico

#### Reducción de crecimiento económico, dado que

- Mayor congestión y retrasos
- Retrasos y colapso del sistema de trenes
- Disminución de calidad y eficiencia de servicios

### Reducción de carbono

#### Las emisiones de carbono del transporte aumentarían, dado

- Aumento de tráfico y congestión
  - Mayor movimiento de carga
  - Disminución del uso de buses
  - Sin aumento en medios de transporte con bajas emisiones

### Calidad de vida

#### Impactos negativos en la salud de la población vinculados a seguridad y contaminación, dado que

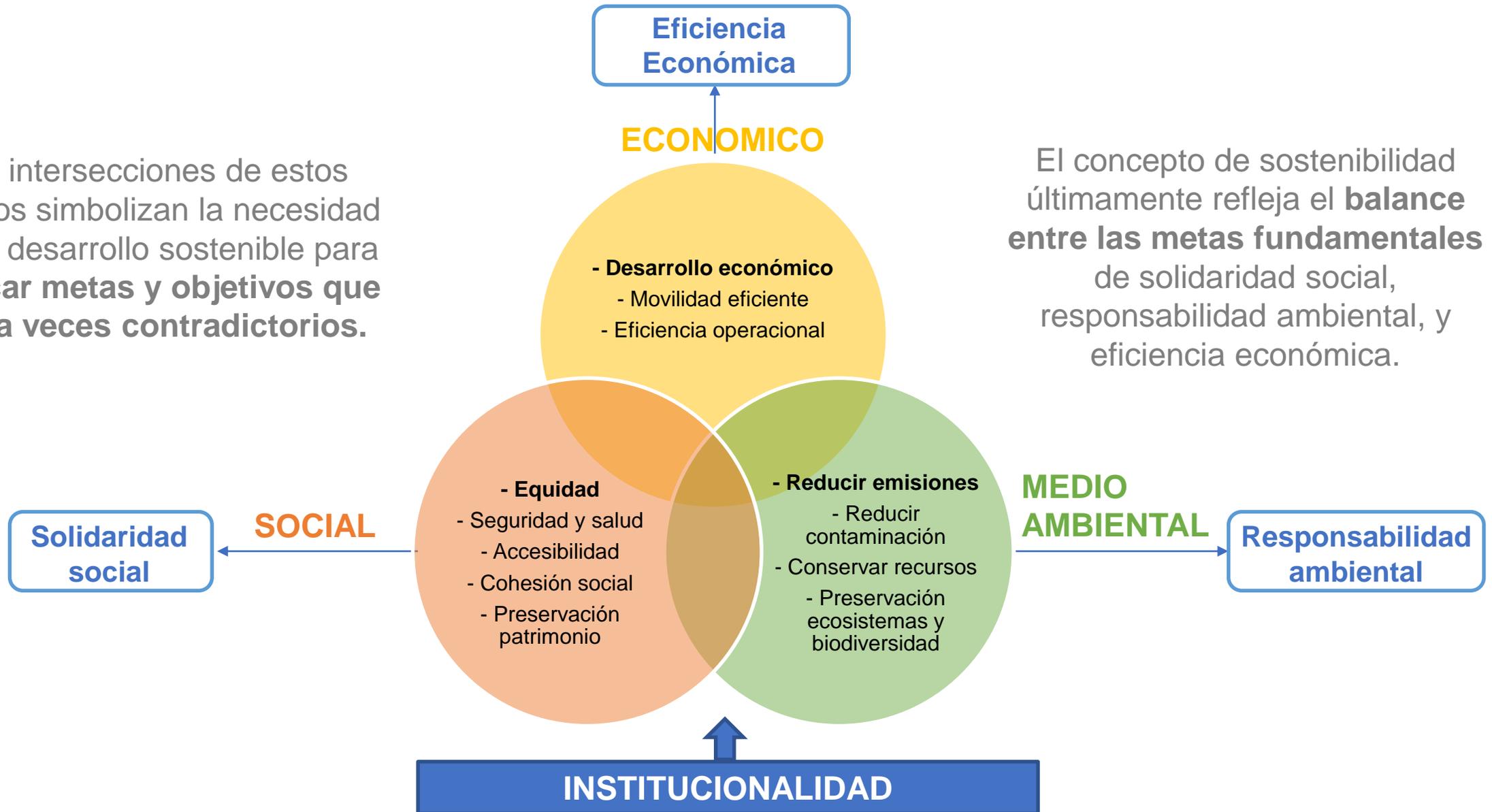
- Mayor tráfico en vías
- Disminución del uso de buses
- Sin aumento en el uso de medios con bajas emisiones

### Componentes del Plan:

**Inversiones (públicas y privadas) + Regulaciones (mejor gestión) + Precios (tarifas y peajes)**

Las intersecciones de estos círculos simbolizan la necesidad de un desarrollo sostenible para **unificar metas y objetivos que son a veces contradictorios.**

El concepto de sostenibilidad últimamente refleja el **balance entre las metas fundamentales** de solidaridad social, responsabilidad ambiental, y eficiencia económica.

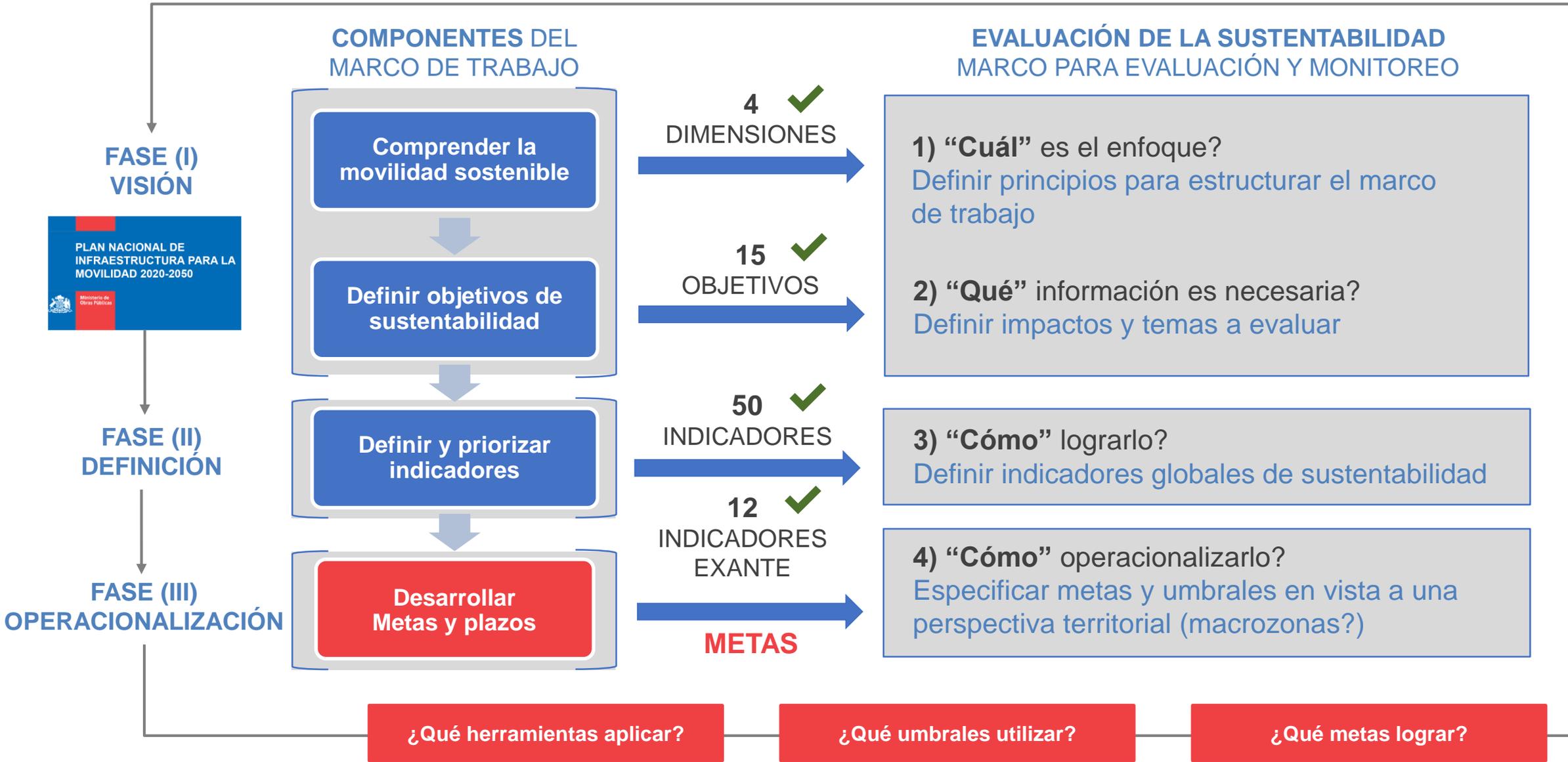


# 2. ■ Sostenibilidad en el PNIM 2050

*¿Qué necesita una institución, y específicamente para el sector transporte, para equiparse para abordar con éxito los problemas de sostenibilidad a través de la medición del desempeño?*

## Necesidad de un marco de evaluación que permita organizar y sistematizar el enfoque propuesto para abordar la sostenibilidad del PNIM 2050





# 3 ■ Desarrollo del marco de trabajo

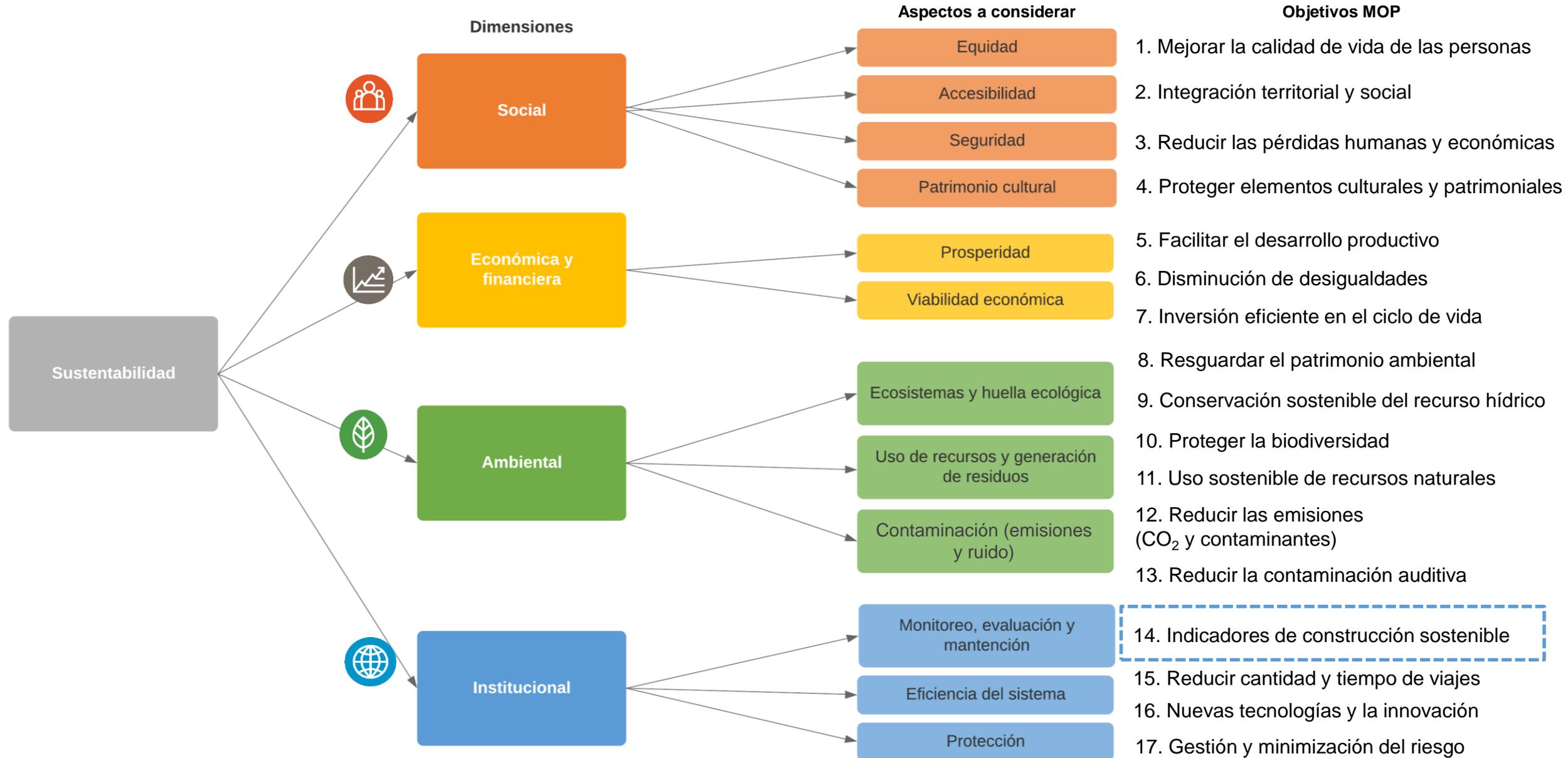
- *Paso 1: Comprensión de la sostenibilidad*
- *Paso 2: Objetivos de sostenibilidad del MOP*
- *Paso 3: Desarrollo de medidas de desempeño*
- *Paso 4: Implementación y monitoreo*

El transporte sostenible es la prestación de servicios y 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 impactos ambientales y optimiza el uso de recursos de limitados, además de reducir el carbono emitido y otras emisiones.

*Fuente: Reporte UN "Mobilizing Sustainable Transport for development"*



-  **Desarrollo económico y social**
  -  **Seguro, asequible, accesible, eficiente, y resiliente**
    -   **Minimiza impactos ambientales y optimiza el uso de recursos**
      -  **Minimiza el carbono emitido y otras emisiones**



En base a la **Política de Sostenibilidad del MOP**, el marco se basa en los siguientes objetivos recomendados:

## Seguridad:

- Proporcionar un sistema de transporte seguro para los usuarios y el público en general.

## Equidad:

- Brindar opciones que permitan oportunidades de transporte asequibles y equitativas para todos los sectores de la sociedad.

## Patrimonio:

- Proteger elementos culturales y arqueológicos, el carácter de las comunidades, y paisaje.



Total de heridos y fallecidos (hab.) / 100.000 personas

Costo económico de accidentes (\$)

Pobreza multidimensional (%)

Empleo directo e indirecto (#)

Población en el área de influencia (# hab.)

Coefficiente Gini (0 -1)

Evaluaciones arqueológicas en el área de influencia (#)

Sitios con medidas de protección (#)

Sitios con medidas de restauración y mejoras (#)



## Eficiencia del sistema:

- Asegurar de mantener y mejorar la funcionalidad y la eficiencia del sistema de transporte.

## Seguridad:

- Asegurar de que el sistema de transporte sea seguro, preparado y resiliente ante amenazas.

## Accesibilidad básica y universal:

- Proporcionar un sistema de transporte que ofrezca accesibilidad que permita a las personas satisfacer al menos sus necesidades.



Total de pasajeros y toneladas transportadas por kilómetro

Calidad del servicio (auditoría de desempeño)

Costo de congestión per cápita

Total de heridos y fallecidos (hab.) / 100.000 personas

Costo económico de accidentes (\$)

Tasa de crímenes y asaltos en las vías

Longitud total (km) / 1.000 hab

% de la población con acceso apropiado a servicios básicos



## Prosperidad:

- Garantizar que el desarrollo y la operación del sistema de transporte respalden el desarrollo económico y la prosperidad.

## Viabilidad económica:

- Garantizar la viabilidad económica de las inversiones en transporte a lo largo del tiempo.

## Monitoreo, evaluación, y mantención:

- Visión sostenible a largo plazo con el desarrollo e implementación de criterios de construcción sostenible.

Variación del PIB real (%)

Tonelada transportada (t/km)

Intercambio comercial en  
relación al PIB (%)

Desempleo por región (%)  
Red paviment. por región (%)  
Inversión por región (\$)

Mujeres en empleos de  
movilidad (%)

Inversión pública total (\$)

Inversión privada total (\$)

Inversión requerida (\$) /  
Fondos disponibles (\$)

Inversión total en relación al  
PIB (%)

N de proyectos con criterios de  
construcción sostenibles  
aplicados (%)

## Ecosistemas:



- Proteger y mejorar los sistemas ambientales y ecológicos mientras desarrolla y opera sistemas de transporte.

## Generación de residuos:

- Reducir los residuos generados por las actividades relacionadas con el transporte.

## Consumo de Recursos:

- Reducir el uso de recursos no renovables y promover el uso de recursos renovables.

## Contaminación atmosférica:



- Reducir ruidos y las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero relacionados con el transporte.

Áreas afectadas (ha) /  
Áreas restauradas (ha)

Área de suelo restaurado (ha)

Árboles plantadas (#)

Cambio en la superficie  
impermeable (ha)

Agua de lluvia y escorrentía de  
agua tratada (%)

Programas de monitoreo y  
evaluación del agua (#)

Cruces de agua (#)

Humedales afectados (ha) /  
Humedales restaurados (ha)

Cambio en el uso del suelo (ha)

Cruces y pasos de fauna (#)

Barreras de protección de la  
fauna (km)

Energía renovable utilizada (%)

Agua reciclada (%)

Residuo reciclado (%)

Pavimentación con materiales  
reciclado (%)

Emisión GEI para la  
construcción (ton CO<sub>2</sub>/km)

Emisión GEI por persona  
(ton CO<sub>2</sub>/km/persona)

Emisión de material particulado  
(ton PM<sub>2.5</sub>/km)

% de vías o áreas afectadas  
con exceso de ruido

## Indicadores y principios de Planificación Estratégica Multimodal:



Fuente: Elaboración propia (GeoAdaptive 2019)

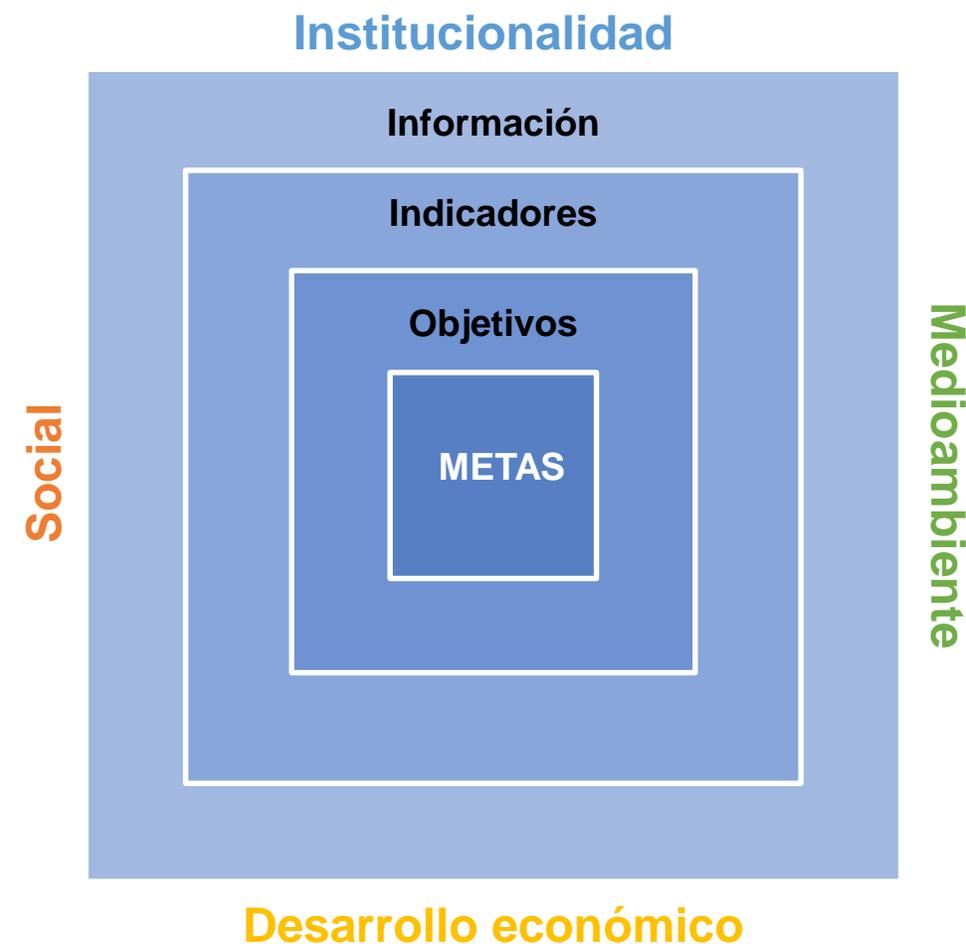
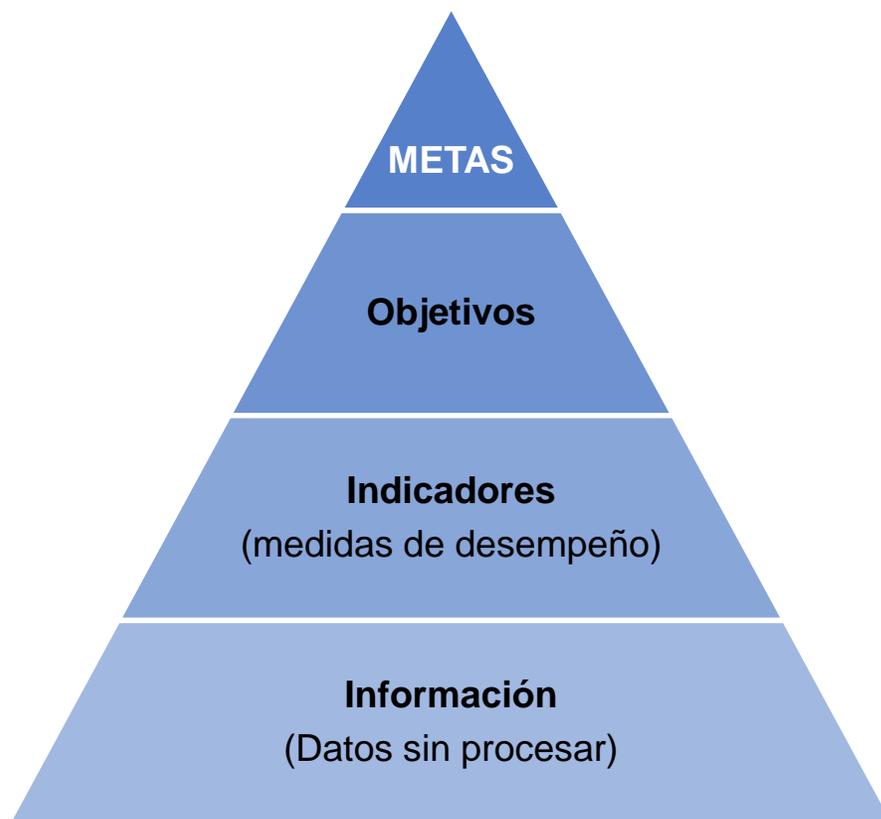
Dimensiones de la sostenibilidad	Principios de sostenibilidad	Indicadores	Dirección
<b>Doblar el PIB objetivo clave PNIM 2050</b>	<b>1. Desarrollo económico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tasa de variación del PIB real</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más es mejor</li> </ul>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

Dimensiones de la sostenibilidad	Principios de sostenibilidad	Indicadores	Dirección
<b>Medioambiental</b> (Emisiones y ecosistemas)	<b>4. Emisiones de GEI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Emisión de GEI (equivalentes a toneladas de CO<sub>2</sub>) relacionadas al sistema de movilidad por persona</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos es mejor</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación (aire y ruido)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión total per cápita de material particulado (PM2.5) / % de vías o áreas afectadas con exceso de ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos es mejor</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso del suelo*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie total de bosques<sup>3</sup> / Superficie impermeable (suelo consumido por la infraestructura de transporte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más es mejor / Menos es mejor</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles fósiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía consumida para el transporte de pasajeros y toneladas por kilómetro<sup>4</sup> (Energía consumida per cápita, por tipo de combustible y modo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos es mejor</li> </ul>

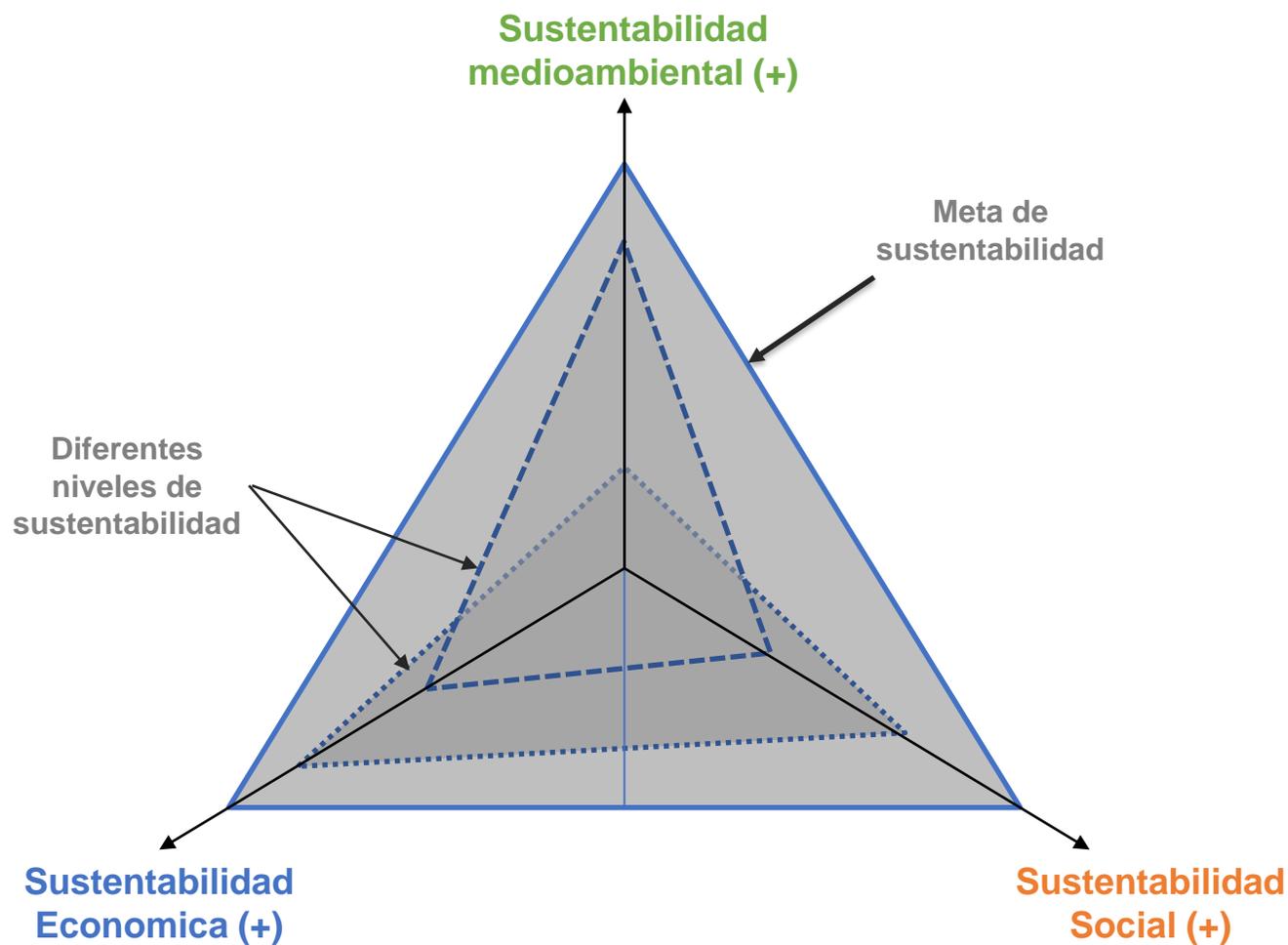
- *Resiliencia de la red vial, se podría agregar la longitud de nuevas carreteras. Sin embargo, este indicador no se incluye en esta propuesta de síntesis ya que no da cuenta de la multimodalidad del PNIM 2050.*

## Atributos del marco de evaluación del PNIM

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)



Herramienta de visualización para apoyar la toma de decisiones



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

## Índice de Sostenibilidad Compuesto (ISC)

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

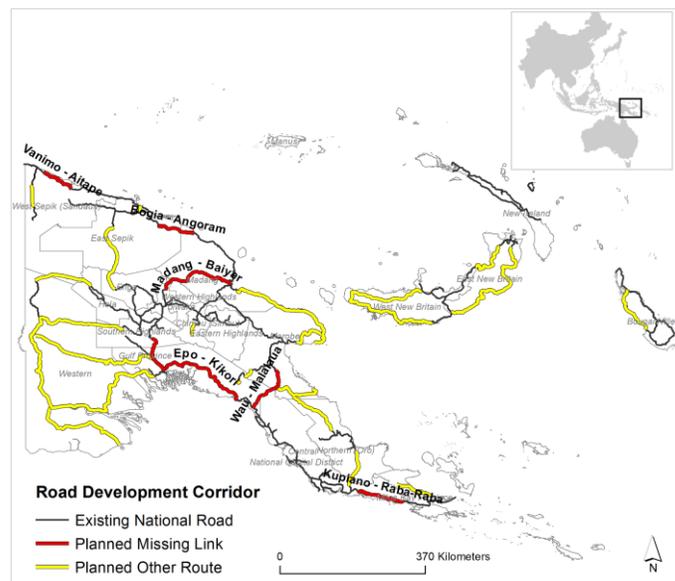
Índice de Sustentabilidad Compuesto	Línea base Sin Plan (2020)	Intermedio PNIM 2030	Objetivo PNIM 2050
<b>Dimensión económica</b>			
<b>Dimensión social</b>			
<b>Dimensión medioambiental</b>			
<b>Sustentabilidad total (ISC)</b>			

# 4. ■ Conclusiones

- *Operacionalización de los indicadores en el territorio: Herramientas y metodologías*
- *Evitar la sectorialización del plan mediante su integración institucional*
- *Integrar la visión del transporte a futuro en el desarrollo del plan*

## Mapeo de impactos en biodiversidad, deforestación, y riesgos (Sensores remotos - SIG)

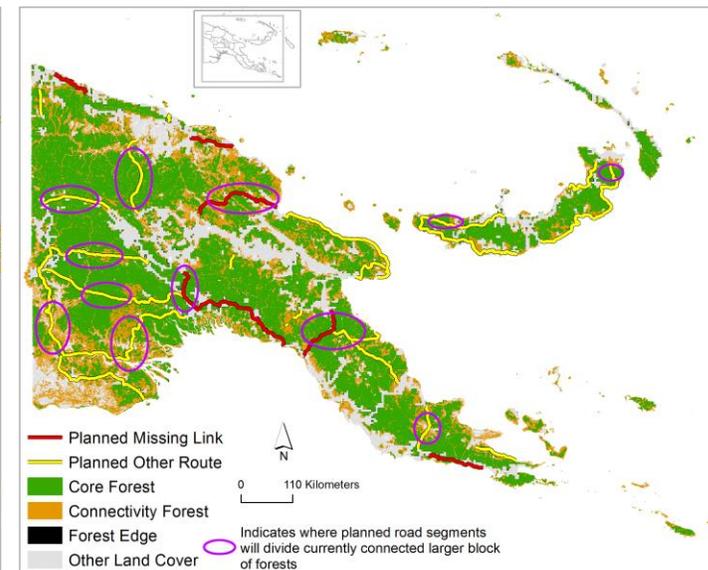
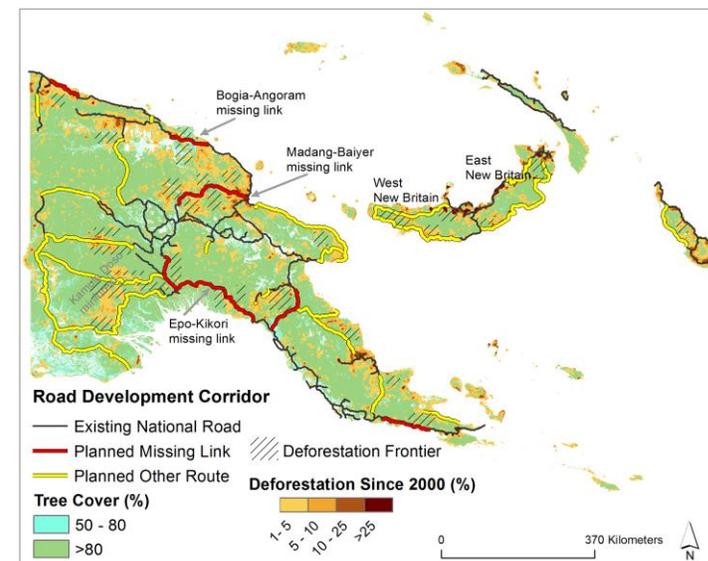
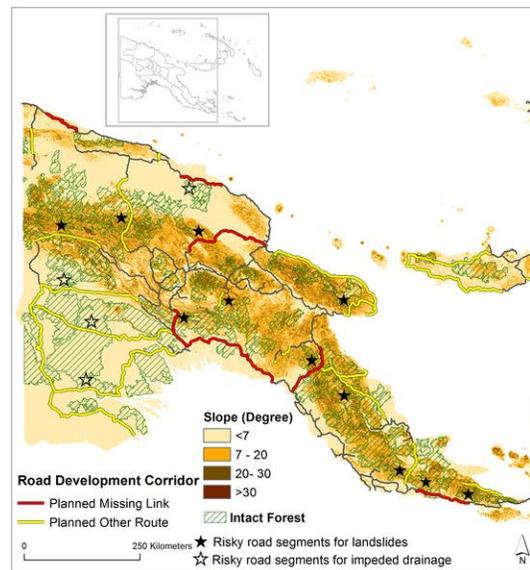
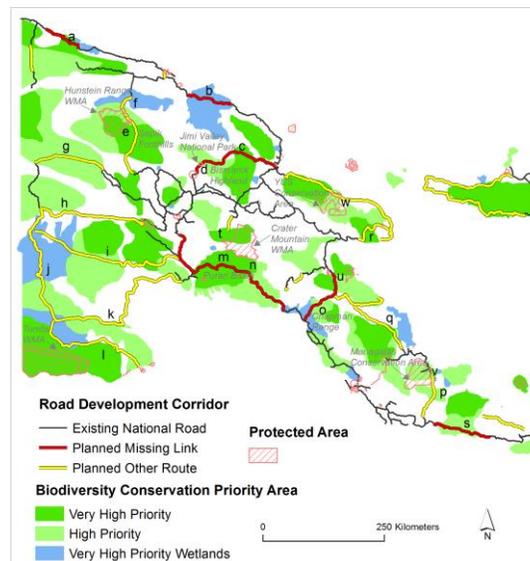
**Caso:**  
La expansión de la infraestructura desafía el desarrollo sostenible en Papua, Nueva Guinea.



Corredores viales existentes y planificados

Fuente: Mohammed Alamgir, 2019

1. Areas prioritizadas de conservación de la biodiversidad
2. Expansión de infraestructura planificada y patrón espacial forestal
3. Desarrollo vial planificado y frontera potencial de deforestación
4. Carreteras planificada y riesgo inminentes de deslizamientos de tierra y drenaje impedido



La movilidad sostenible es un tema transversal, por lo que la estructura institucional debe apoyar su integración y evitar su sectorialización

## 1) Mitigación Cambio Climático:

- Eficiencia energética
- Reducción de emisiones de CO2

### Estrategia Nacional de Energía 2012-2030

- Disminuir en 12% la demanda final de energía al 2020
- 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

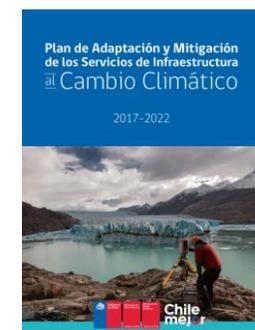


## 2) Adaptación Cambio Climático:

- Secuestro de carbono

### Plan de Adaptación y Mitigación 2017-2022 de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático

- Manejo sostenible y la recuperación de 100 mil hectáreas de bosque (modificaciones de la Ley sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal).

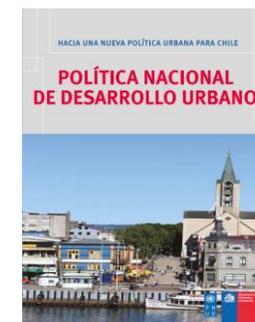


## 3) Cambios uso del suelo:

- Deforestación
- Expansión urbana

### Política nacional de desarrollo urbano

- Gestión del suelo y planificación territorial en relación al desarrollo y aumento de la demanda de movilidad
- Guías para la localización, priorización, y diseño de los elementos del plan



El PNIM 2050 tiene una visión prospectiva, por lo que considerar cambios futuros de la movilidad es relevante para su planificación estratégica.

## FUTURO DE LA MOVILIDAD

TRANSPORTE,  
ACCESIBILIDAD, Y  
DATOS ABIERTOS



- Herramientas de planificación y bases de datos

COMPLEJIDAD,  
REDUNDANCIA, Y  
ADAPTABILIDAD



- Desarrollo de múltiples opciones de transporte integrados en una red

CAMBIOS EN LA  
TECNOLOGIA DE  
TRANSPORTE

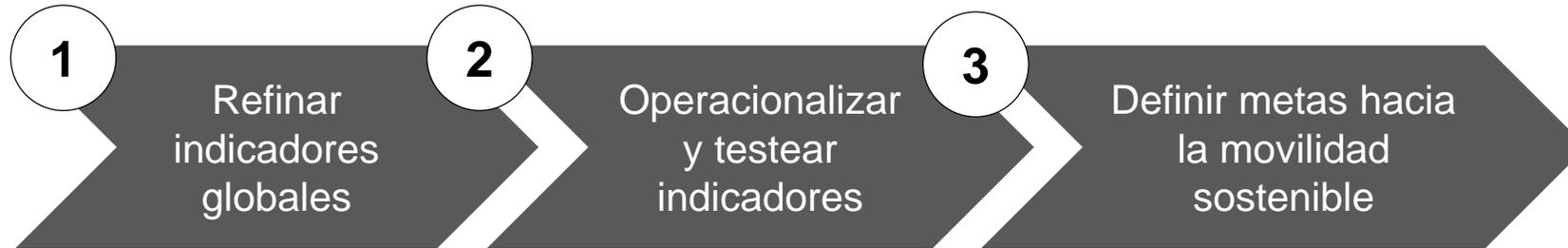


- Electro movilidad
- Vehículos autónomos
- Viajes en vehículos compartidos
- Cambios en el tamaño de las flotas
- Dispositivos de cobros



**Integrar inversiones,  
regulaciones,  
incentivos, y precios**

## Operacionalizar la visión del PNIM



1

### Refinar indicadores globales de sustentabilidad propuestos considerando los objetivos del MOP

- Establecer una hoja de ruta preliminar para lograr la movilidad sostenible en Chile

2

### Operacionalizar la visión del PNIM 2050 en el territorio (macrozonas)

- Aplicar indicadores para definir umbrales más efectivos para el monitoreo y ajustar los indicadores, considerando la diversidad territorial y multimodalidad del plan

3

### Determinar las metas y plazos para una movilidad sostenible a futuro

- Establecer metas a corto, mediano, y largo plazo en función a las prioridades institucionales

# Muchas gracias

## Incorporación de criterios de sostenibilidad en

**El Plan Nacional de Infraestructura y Movilidad (PNIM) 2020 - 2050  
del Ministerio de Obras Públicas de Chile**

Proyecto desarrollado con el apoyo del:

