

# Modelación para la transición energética en Bolivia al 2050

---

MSc Carlos A. A. Fernandez Vazquez

10 de Julio 2023



---

Contexto general

# Cambio climático

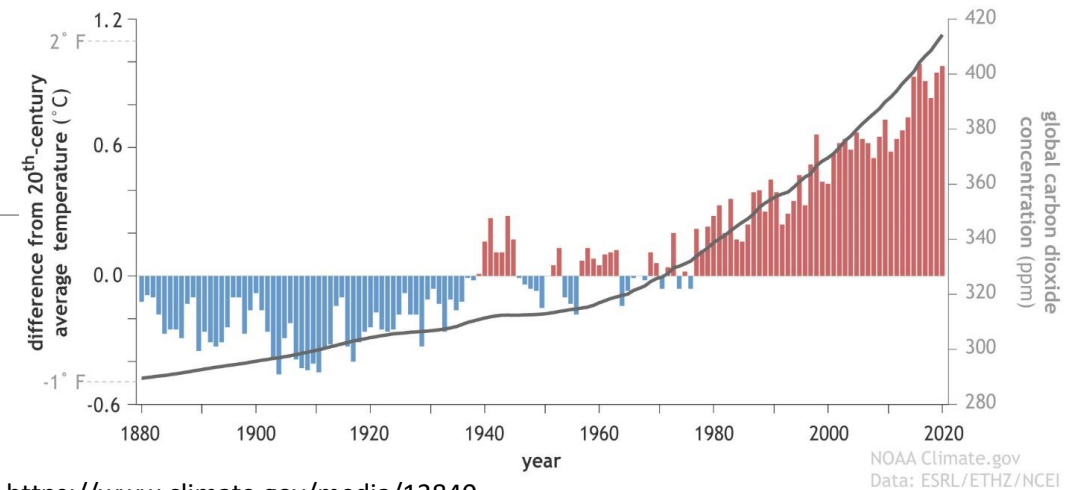
El cambio climático es el problema mas grande que tiene nuestra generación

A nivel mundial, el sector energético representa el principal contribuyente de emisiones de GEI (76% el 2018)

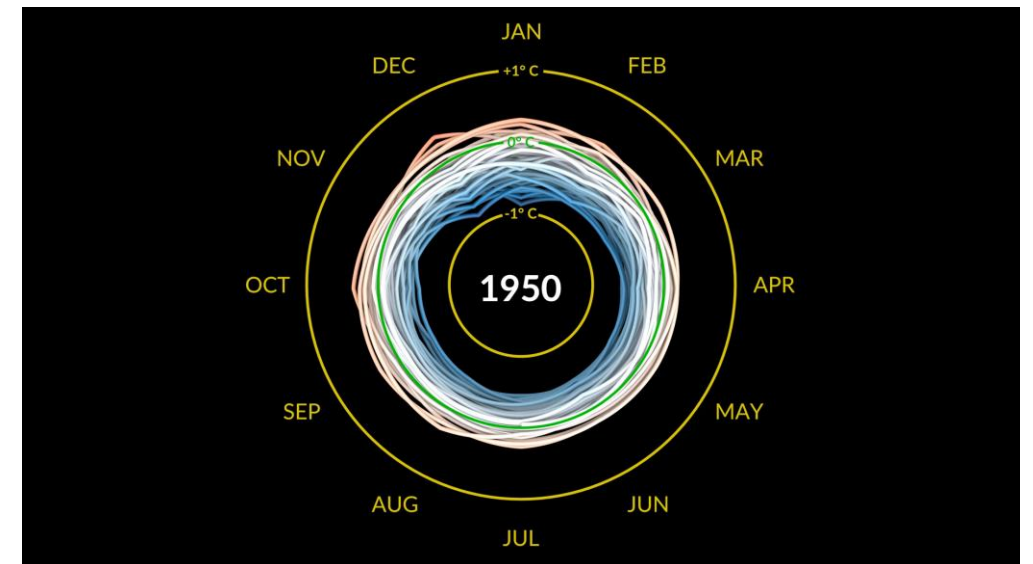
De no limitar nuestras emisiones/el incremento de la temperatura entraremos a un punto de no retorno

**La transición a un mecanismo de desarrollo mas sostenible es imperativa**

Global atmospheric carbon dioxide and surface temperature (1880-2020)



<https://www.climate.gov/media/13840>



[https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/300/video-climate-spiral/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/300/video-climate-spiral/)

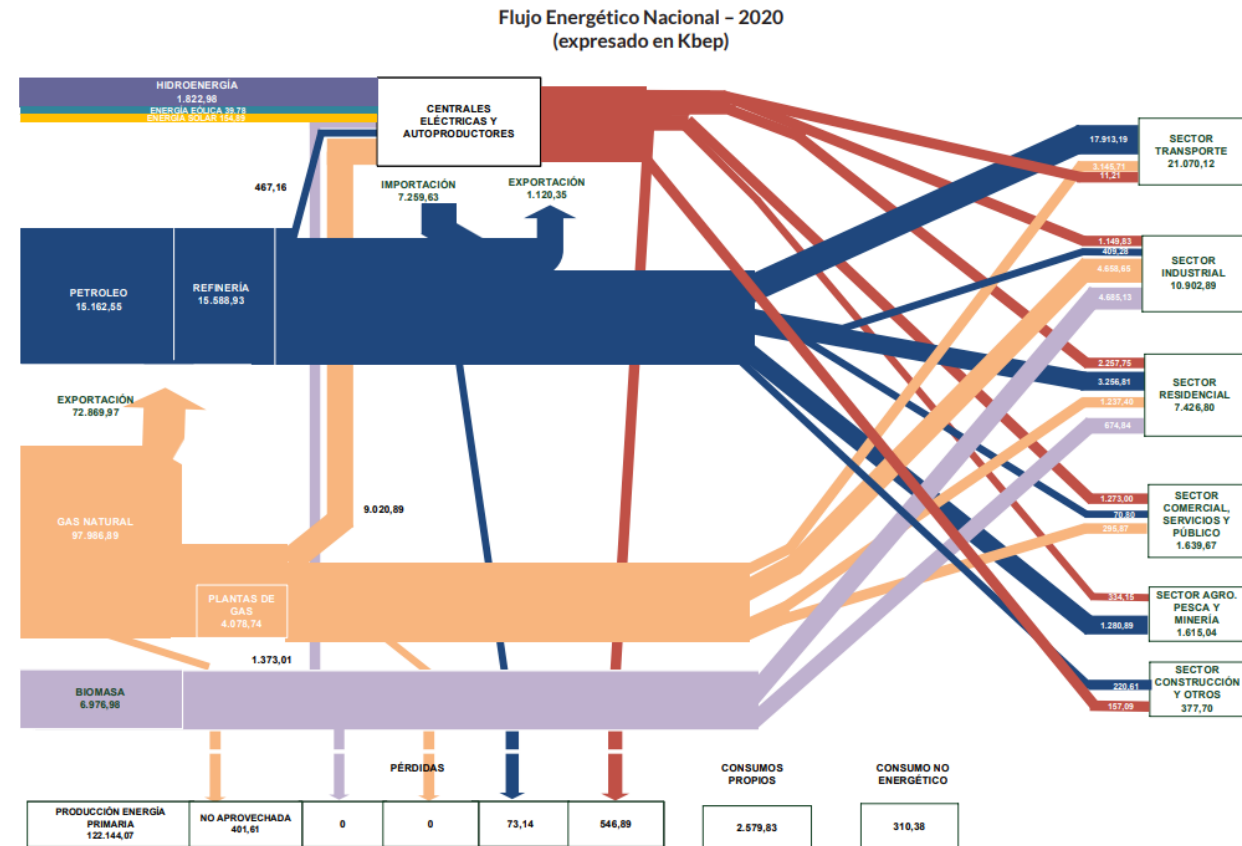
# El sector energético nacional

En Bolivia, el sector energético representa el segundo contribuyente de emisiones

La estructura del sector energético nacional es muy dependiente de combustibles fósiles

- 60% de la energía primaria es exportada (Gas natural)
- 75,6% de la demanda interna es cubierta con combustibles fósiles

**La transición energética no representa únicamente una responsabilidad sino también una oportunidad para el país**



Balance Energético Nacional (Bolivia) 2006-2020, 2022

# Primeros pasos para la transición

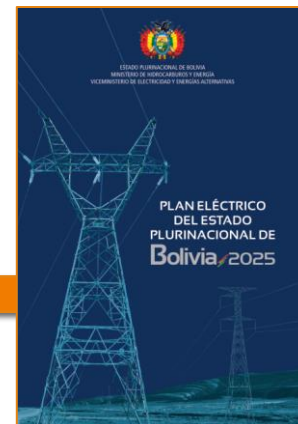
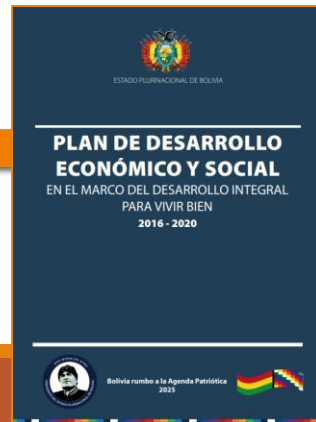
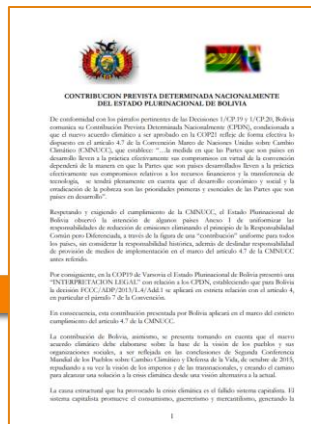
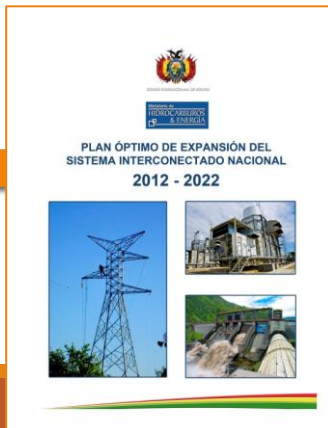
El sector eléctrico comienza a incluir metas de participación de EERR

La Bolivia ratifica el Acuerdo de Paris ante la CMNUCC

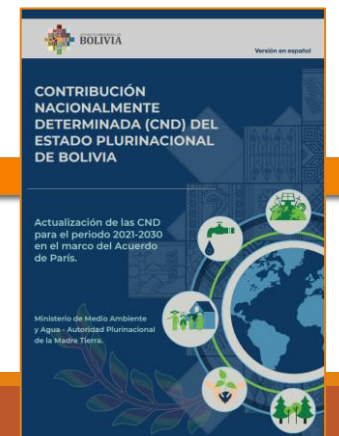
Planes nacionales incluyen conceptos de transición

La NDC es actualizada, ampliando las metas nacionales del sector energético

2012



2022



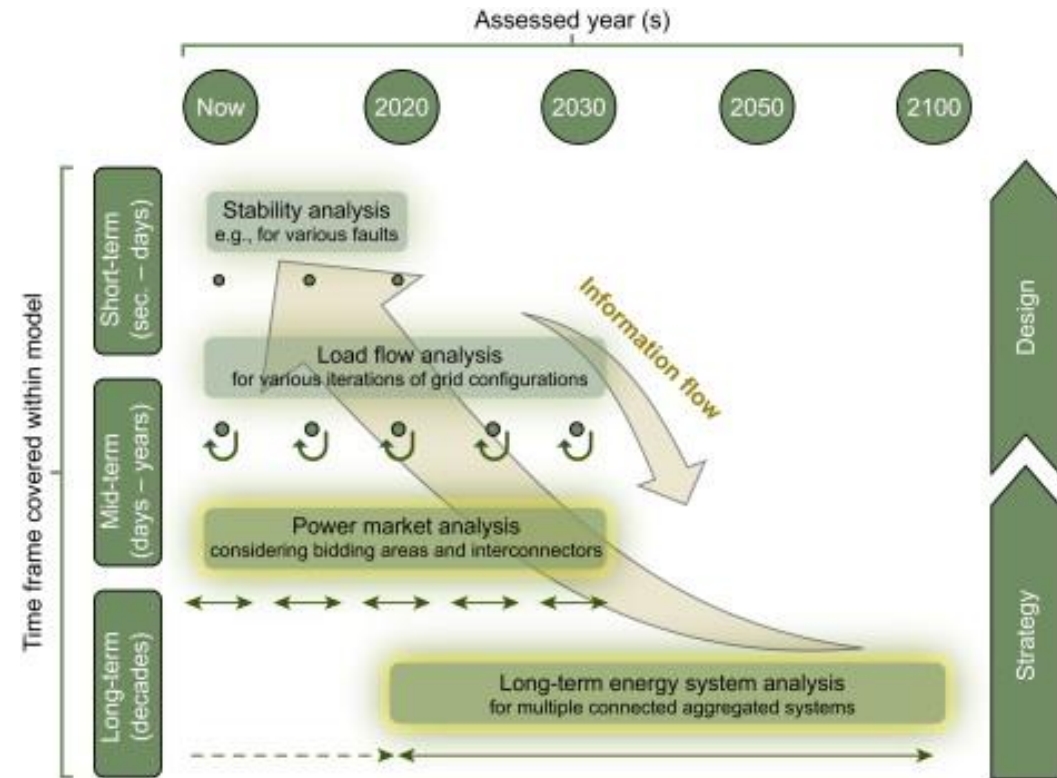
---

# Modelamiento del sistema Boliviano

# Tipos de modelos para sistemas energéticos

Dependiendo el tipo de análisis, diferentes modelos deben ser considerados para analizar al sector

Los modelos de largo plazo están enfocados a la planificación estratégica del sector



<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407910-6.00017-X>

# ¿Qué se puede hacer con un modelo de largo plazo?

---

Definir una línea base para el desarrollo del sector energético en Bolivia (escenario BAU) para el periodo 2020-2050

Estimar impactos económicos (inversiones necesarias) y ambientales (emisiones de CO<sub>2</sub>e) asociados al sistema

Encontrar combinaciones óptimas (económicamente) de las tecnologías necesarias para proveer demandas energéticas específicas

Simular diferentes medidas/políticas implementadas en el sector y evaluar sus impactos potenciales



JULY 24 - 28 2022  
SÃO PAULO,  
Brazil





# Modelo propuesto

Se ha desarrollado un modelo del sector energético en OSeMOSYS

El modelo se desarrolla a partir de estudios previos del sector eléctrico e incluye demandas de otros energéticos

Esta basado en la definición de parámetros tecno-económicos y la optimización de costos del sistema

## OSeMOSYS

Open Source Energy Modelling System



Renewable and Sustainable Energy Transition  
Volume 2, August 2022, 100017



### Analyzing carbon emissions policies for the Bolivian electric sector

Carlos A.A. Fernandez Vazquez <sup>a, B, R, J</sup>, Brecha <sup>B, C</sup>, Miguel H. Fernandez Fuentes <sup>d</sup>

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100017>

Get rights and content

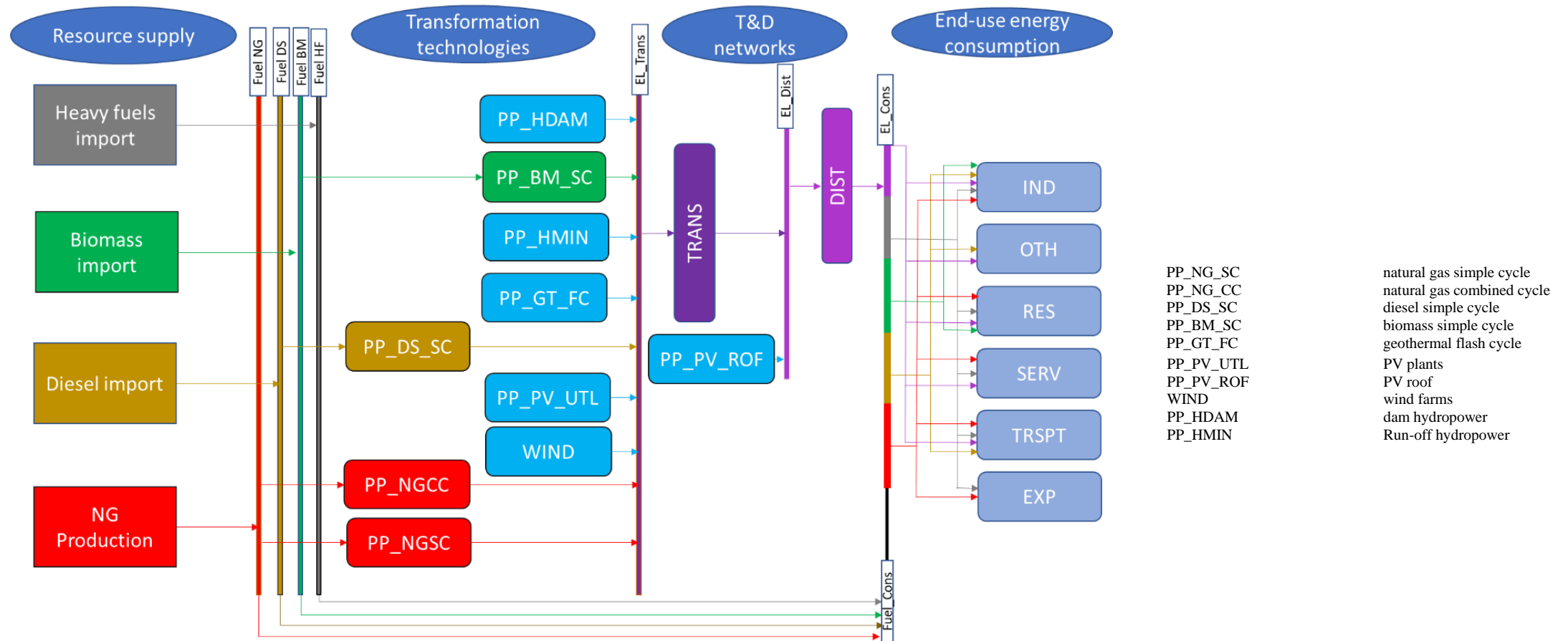
Under a Creative Commons license

Open access

#### Abstract

A transition of the Bolivian power sector towards a renewable energy dominated system has been inhibited by a series of laws and policies including heavy subsidies for power generation using domestic natural gas. Within this context, alternative techno-economic scenarios are designed based on key characteristics of the system, and a series of six policy levers are used to analyze impacts on the development of the power sector. The energy-system optimization modeling framework OSeMOSYS is utilized to analyze power sector transition pathways. Techno-economic characteristics and policies are combined to develop bracketing scenarios for the future energy system, contrasting business-as-usual with an ambitious renewable energy policy scenario.

# Modelo referencial del sector energía

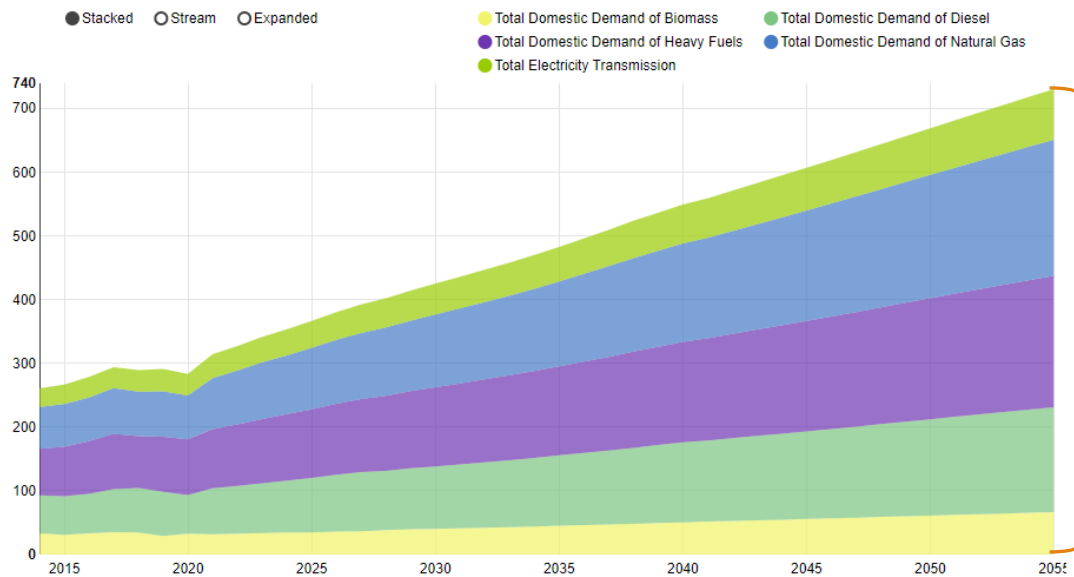


---

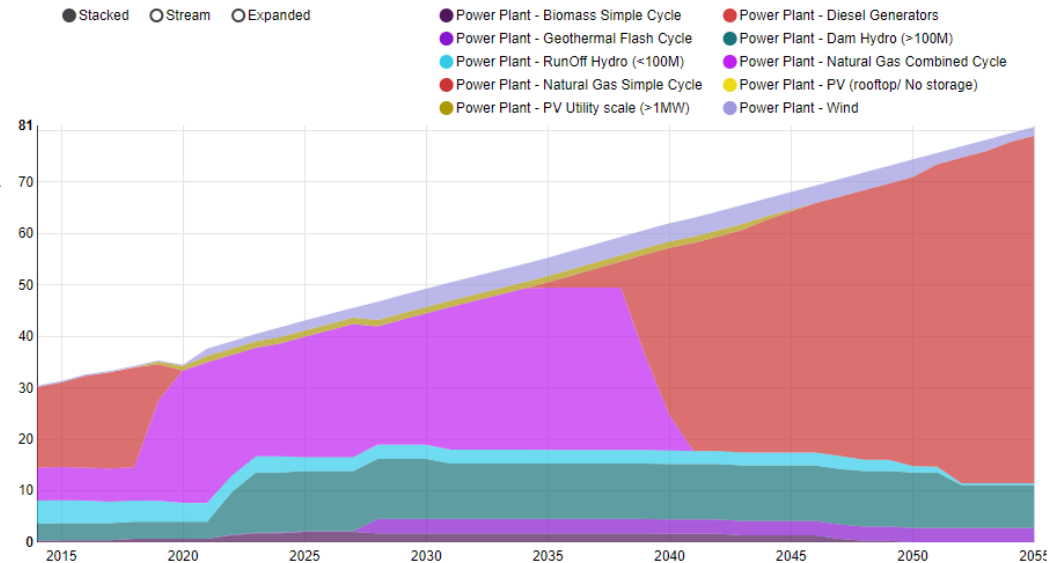
# Resultados (SDEWES 2022 – Sao Paulo)

# Escenario BAU

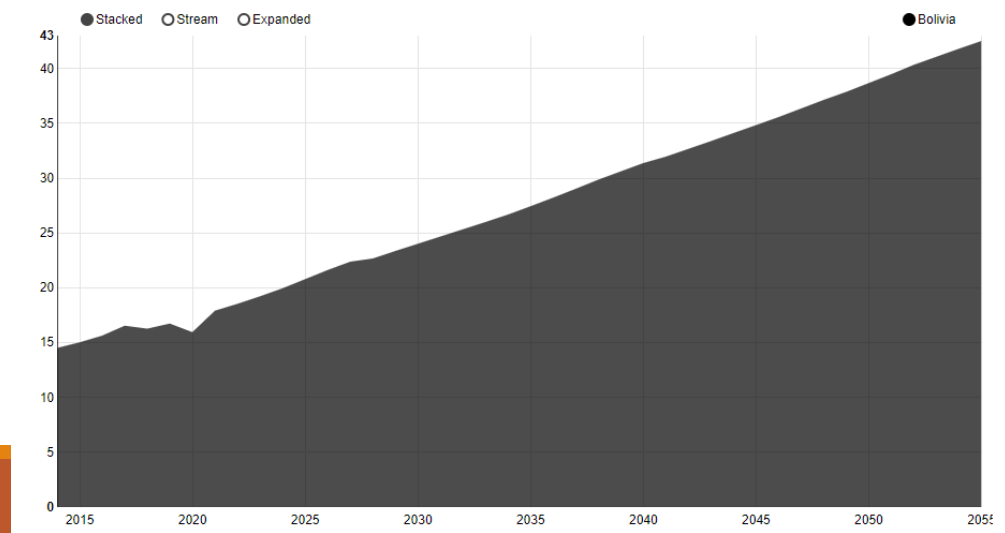
## Consumo total de energía por combustible [PJ]



## Producción de energía eléctrica por tecnología [PJ]



## Emisiones totales de GEI del sector energía [MtCO2e]



# Escenarios alternativos

EEM – Implementación de medidas de eficiencia energética

EED – Electrificación de demandas energéticas

NSR – Reducción de subsidios al gas natural en el sector eléctrico

CTI – Implementación de impuestos a la emisión de carbono

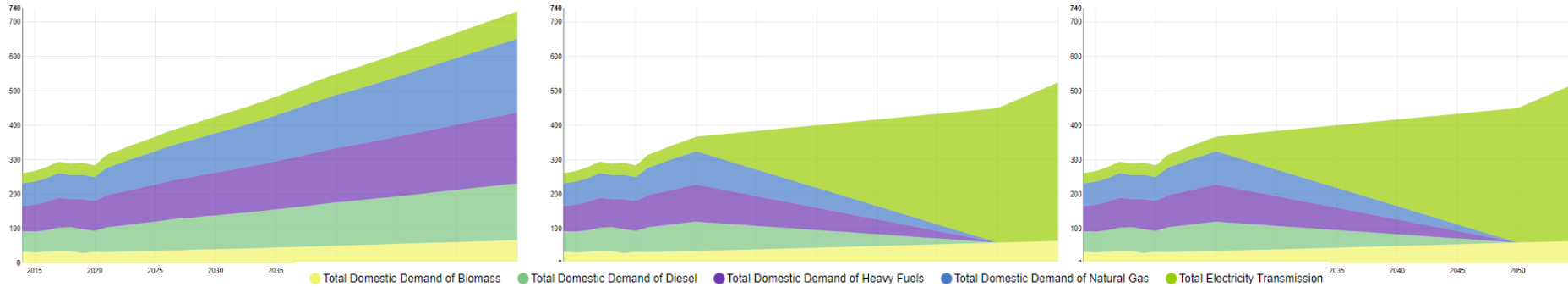
MP – Implementación simultanea de las políticas (EEM, EED, NSR y CTI)

CN – Se logra la neutralidad en carbono hasta el 2050

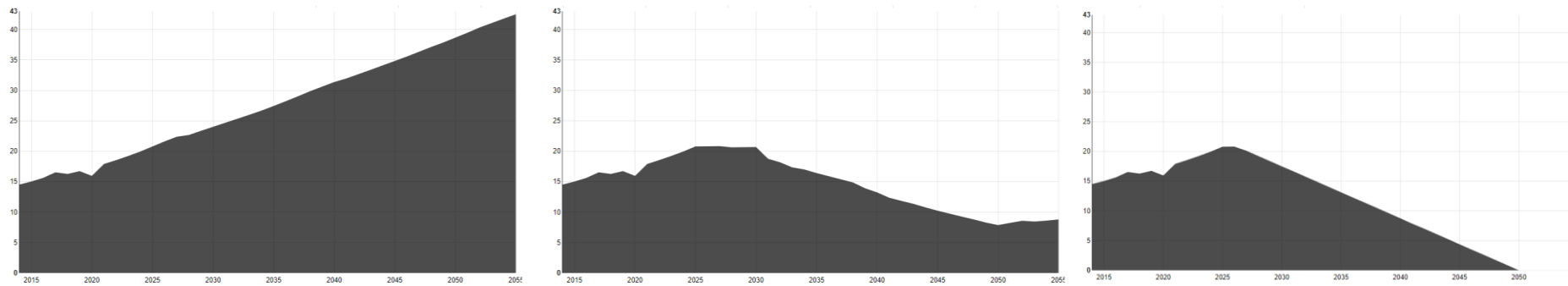
	2020	2050						
	Baseline	BAU	EEM	EED	NSR	CTI	MP	CN
<b>Total energy demand [PJ/year]</b>	283.7	669.3	535.4	463.3	669.3	669.3	450.1	450.1
<b>Electricity share [%]</b>	12.0%	10.9%	10.9%	87.1%	10.9%	10.9%	86.8%	86.8%
<b>Renewable electricity share [%]</b>	24.1%	23.3%	28.7%	3.0%	74.8%	60.6%	96.4%	100%
<b>Emissions [MtCO2e/year]</b>	15.0	38.7	30.6	22.2	37.0	37.3	7.8	0.0

# Resultados:

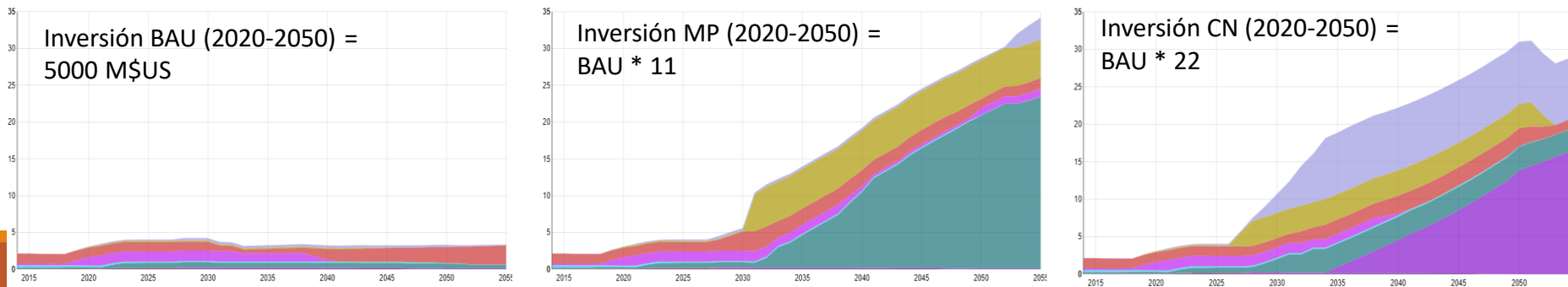
BAU vs MP vs CN



Consumo total de energía por combustible [PJ]



Emisiones totales de GEI del sector energía [MtCO2e]



Potencia instalada por tecnología [GW]

Inversión BAU (2020-2050) = 5000 M\$US

Inversión MP (2020-2050) = BAU \* 11

Inversión CN (2020-2050) = BAU \* 22

- Power Plant - Biomass Simple Cycle
- Power Plant - Diesel Generators
- Power Plant - Geothermal Flash Cycle
- Power Plant - Dam Hydro (>100M)
- Power Plant - RunOff Hydro (<100M)
- Power Plant - Natural Gas Combined Cycle
- Power Plant - Natural Gas Simple Cycle
- Power Plant - PV (rooftop/ No storage)
- Power Plant - PV Utility scale (>1MW)
- Power Plant - Wind

# Consideraciones y limitaciones del modelo

---

Todas las políticas son implementadas a partir del 2025 y consideran una implementación gradual para evitar cambios bruscos en el modelo

- Es posible simular diferentes tipos o regímenes de implementación

Se asume que las centrales hidroeléctricas emiten (pequeñas cantidades) GEI por las condiciones geográficas de Bolivia

- Estudios locales podrían usarse para validar los valores usados

El modelo considera una resolución temporal simple para representar la disponibilidad de recursos renovables

- La resolución temporal puede incrementarse para detallar la disponibilidad de los recursos nacionales y las demandas

# Consideraciones y limitaciones del modelo

---

Las proyecciones están basadas en análisis de series históricas en las demandas de combustibles

- Modelos econométricos independientes pueden incluirse para complementar o sustituir estas proyecciones

Las demandas energéticas están desagregadas por combustible y a nivel de sector (Industria, transporte, residencial, comercial y otros)

- Se puede incrementar el nivel de detalle de las demandas en función a servicios o tecnologías de uso final

El modelo considera que todas las demandas energéticas podrían ser electrificadas eventualmente

- Rutas adicionales de conversión, combustibles y tecnologías pueden agregarse



# Conclusiones

---

Se tiene un modelo capaz de reflejar de manera simplificada el sector energético de Bolivia para su análisis en largo plazo.

El escenario MP logra cambiar la tendencia de emisiones del sector pero no logra las metas de carbono neutralidad al 2050 (CN).

Fijar metas para la transición/descarbonización representa cambios estructurales para el sector energético e inversiones elevadas.

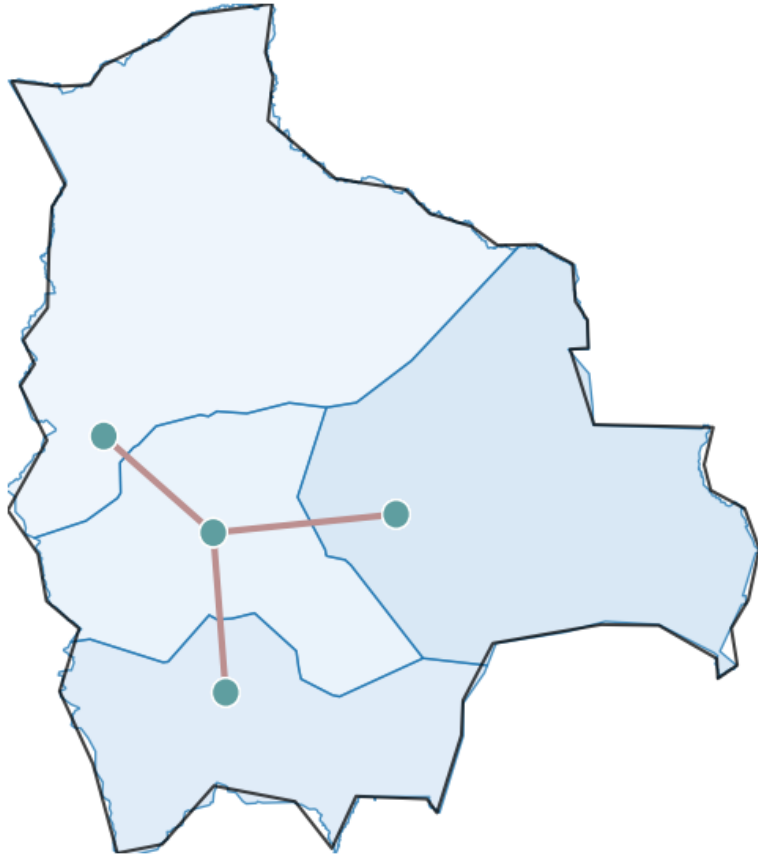
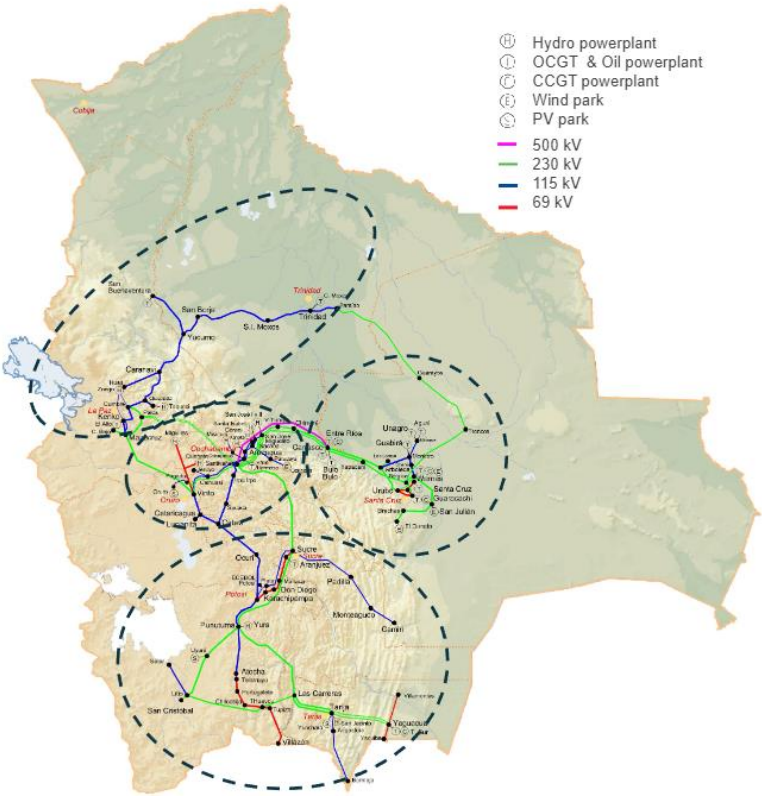
Este tipo de resultados permite valorar parámetros clave para una correcta planificación sectorial y evaluarlos en función a la ambición y capacidad del país.

---

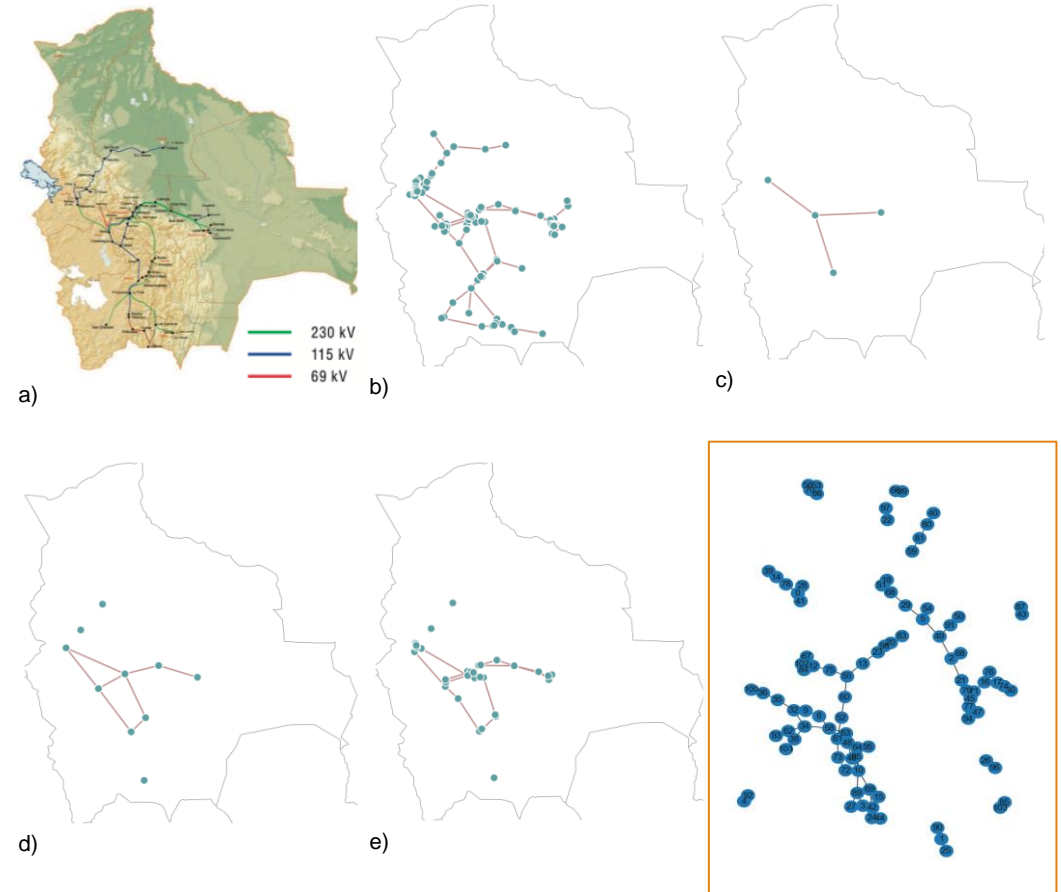
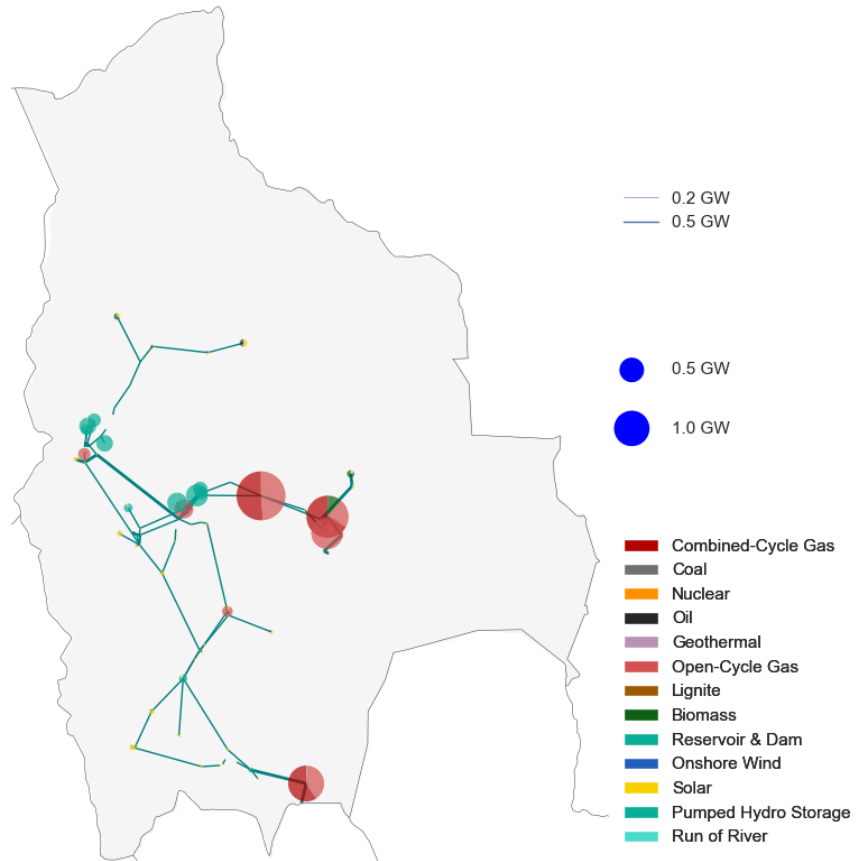
Trabajo futuro



# Modelación de la red (nuevo modelo)



# Análisis de consistencia



# Trabajo paralelo con otra batería de modelos analizados

## OSeMOSYS – Long-term investment-based energy planning

- Analyzing carbon emissions policies for the Bolivian electric sector (Fernandez et. al., 2022)

## Dispa-SET – Electrical operational dispatch analysis

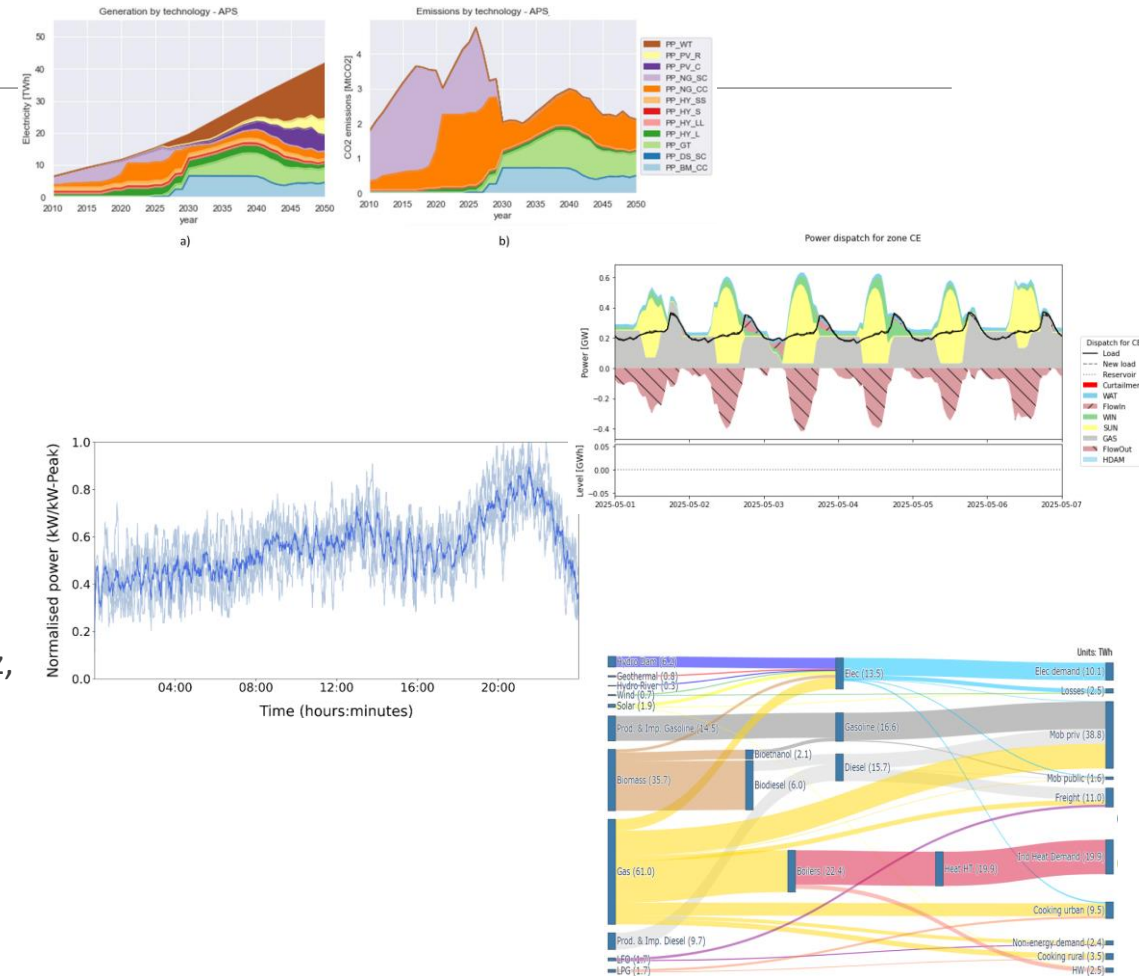
- Energy transition planning with high penetration of variable renewable energy in developing countries: The case of the Bolivian interconnected power system (Navia et.al., 2022)

## RAMP – Energy demand characterization

- Electricity Demand Forecasting for Rural Communities in Developing Countries: Calibrating a Stochastic Model for the Bolivian Case (Sanchez, et. al., 2023)

## EnergyScope – Multi-sectorial energy system operation

- Towards low-carbon energy systems: The case of Bolivia until 2035 (Jimenez et. al., 2023)



---

# Gracias por su atención



Carlos A. A. Fernandez Vazquez  
[caa.fernandez@uliege.be](mailto:caa.fernandez@uliege.be)