

# PLAN DE EXPANSIÓN DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN 2016 - 2030

**Unidad de Planeación Minero Energética**

Cartagena de Indias, 19, 20 y 21 de octubre de 2016



- **Plan de Expansión de Generación**
  - Metodología para el planeamiento
  - Balance de energía firme versus demanda de energía
  - Escenarios simulados
  - Resultados de los escenarios
  - Análisis especiales
- **Resultados del Plan de Expansión de Transmisión**
  - Identificación de obras del STN Plan 2016
  - Planeación Largo Plazo
  - Incertidumbres de información en la planeación
  - Otros tópicos de análisis

# PLAN DE EXPANSIÓN DE GENERACIÓN

## METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN

Dotación de recursos naturales

Incentivos regulatorios

Registro de proyectos y estudios de conexión

Costos por tecnología

Restricciones ambientales

Proyecciones de demanda

Precios

Parámetros técnicos

Minimización de costo de operación y de inversión

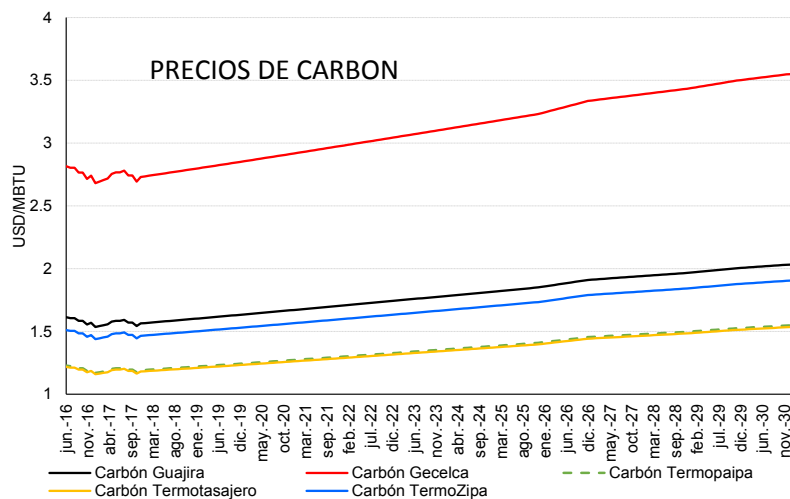
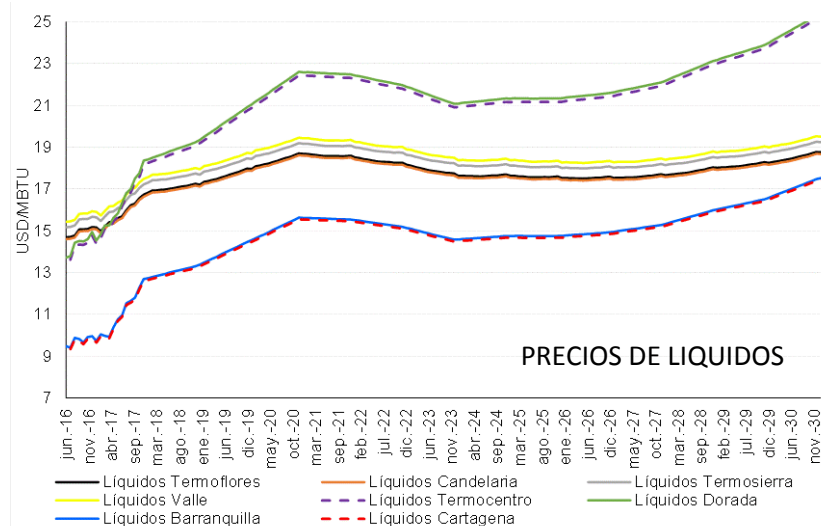
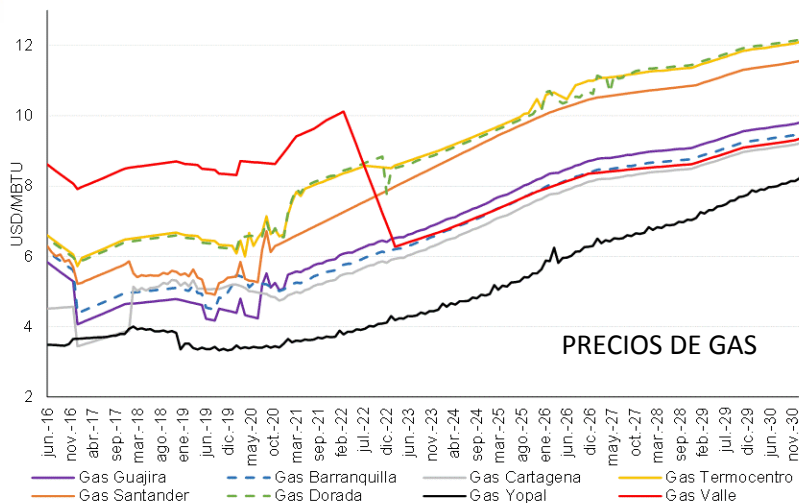
Construcción de escenarios con optimización de costo total

Cálculo de indicadores de confiabilidad y de desempeño

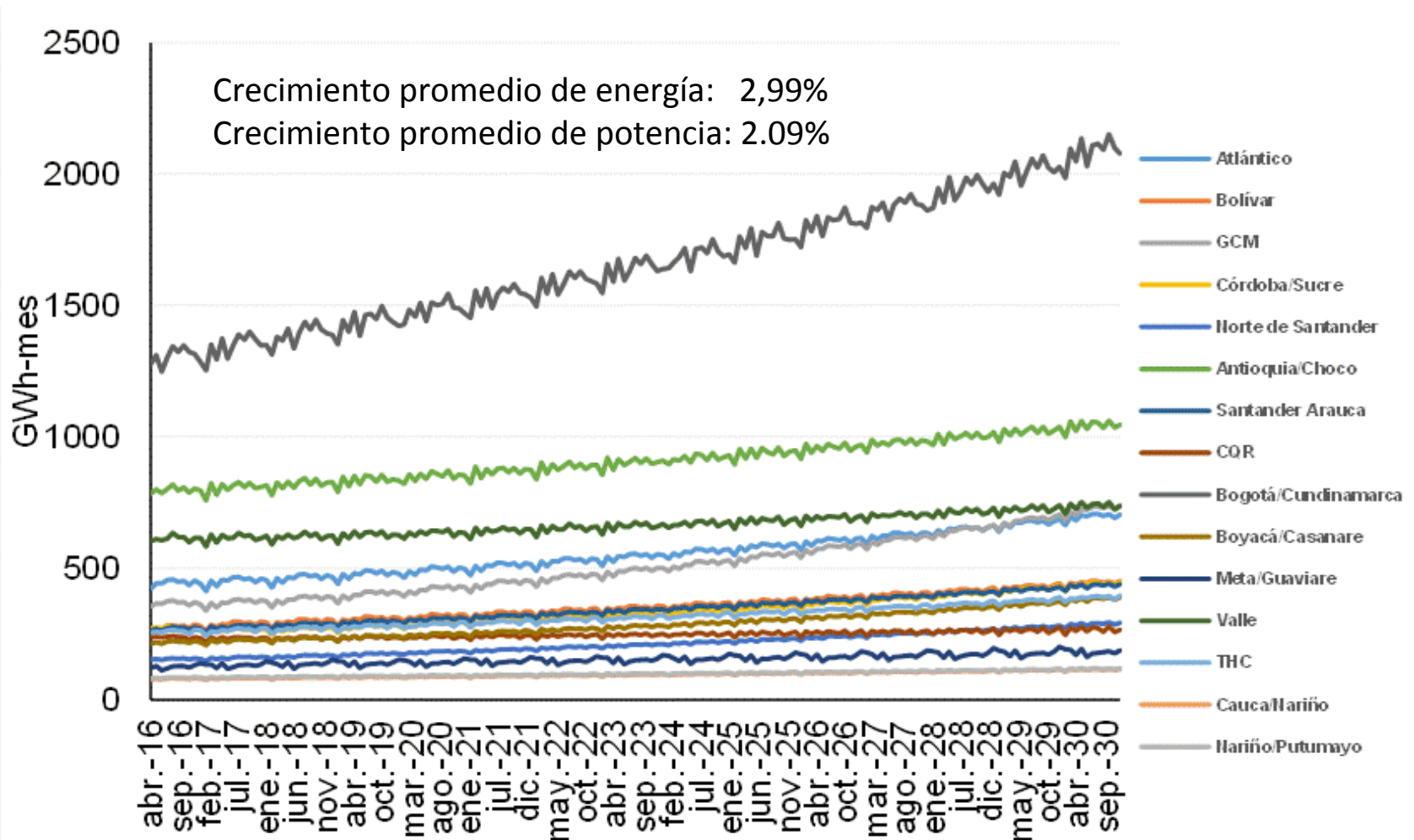
Indicador	Definición	Expresión matemática
<b>Resiliencia hidráulica</b>	Establece la dependencia de la demanda nacional respecto al recurso hidroeléctrico (energía y potencia).	$R_{hj} = (\alpha/n) \cdot \sum_{i=1}^n (1 - E_{j,i} / D_{e_{j,i}}) + (1 - \alpha/n) \cdot \sum_{i=1}^n (1 - P_{j,i} / D_{p_{j,i}})$
<b>Costo Marginal</b>	Análogo al precio futuro de bolsa.	$I_{Cj} = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n (1 - E[C_{mg_{j,i}} / \max(E[C_{mg_{esc\ max}}])])$
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	Las emisiones de CO <sub>2</sub> dependen de la generación térmica por recurso y su consumo de combustible.	$I_{E_{mj}} = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n (E_{esc\ meta, i} - E_{escj, i} / E_{esc\ meta, i})$
<b>Costo Nivelado de Generación</b>	Refleja el costo de la inversión y operación excluyendo la conexión a la red. El mismo se encuentra normalizado respecto al escenario más costoso.	$I_{C_{nivGenj}} = 1 - (\text{Costo}_{j} / \max(\text{Costo}_1, \text{Costo}_2, \dots, \text{Costo}_n))$

NOTA: Los valores de los indicadores, salvo para las emisiones, oscilan entre 0 y 1. Entre más cercano esté a la unidad, el desempeño de cada escenario es positivo.

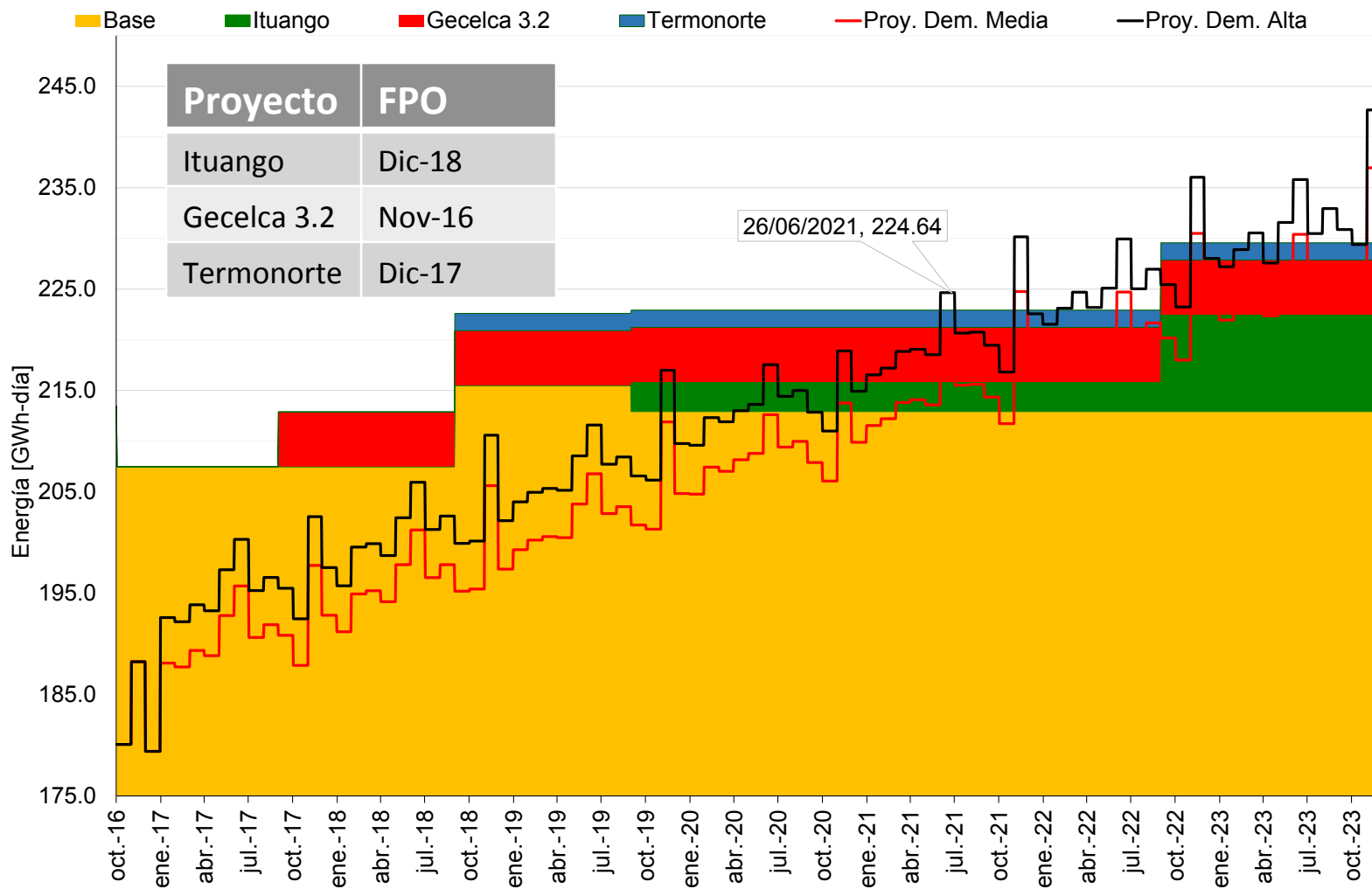
# SUPUESTOS BASICOS DE PRECIOS



# PROYECCIONES DE DEMANDA DE ENERGÍA

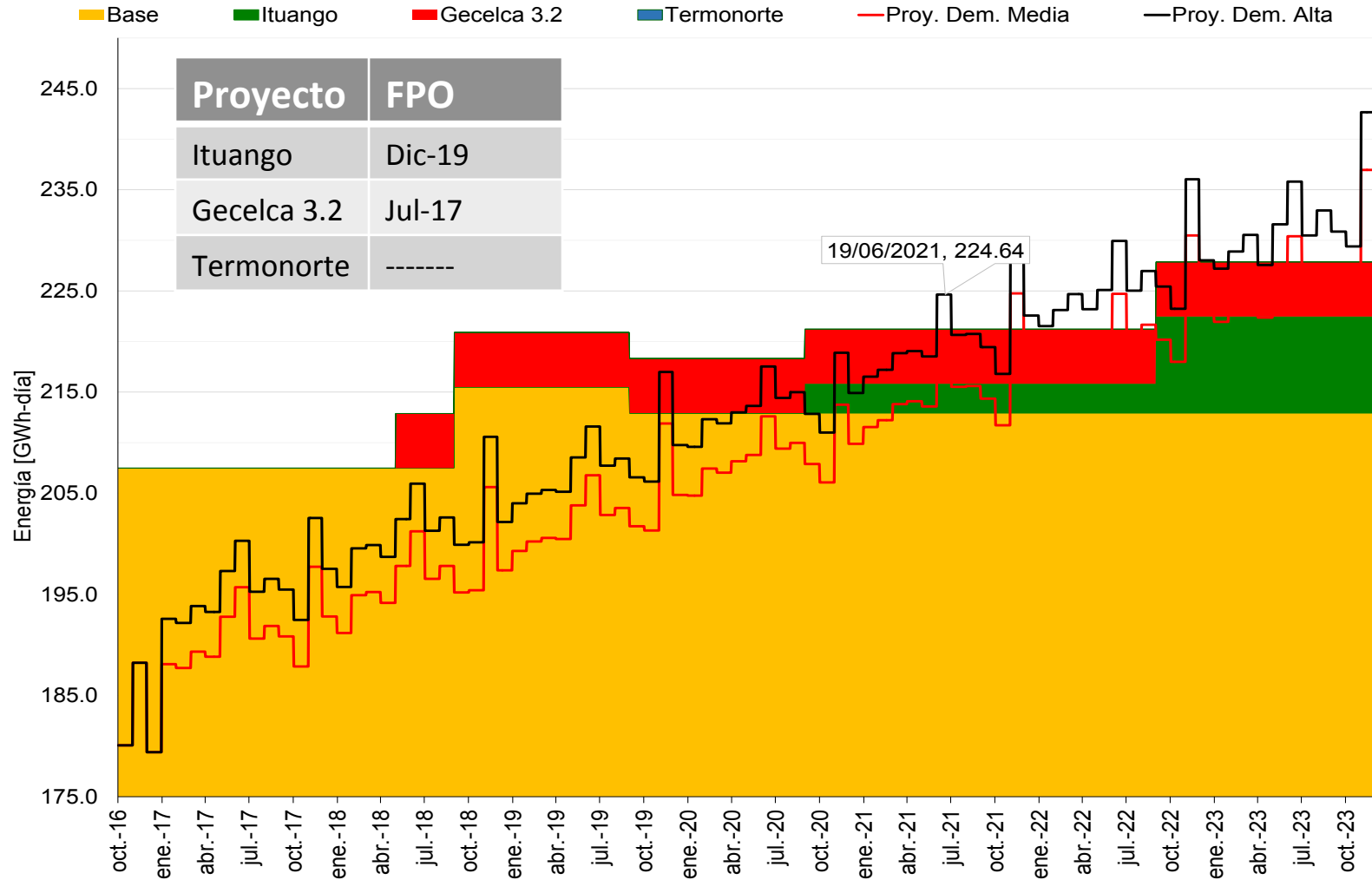


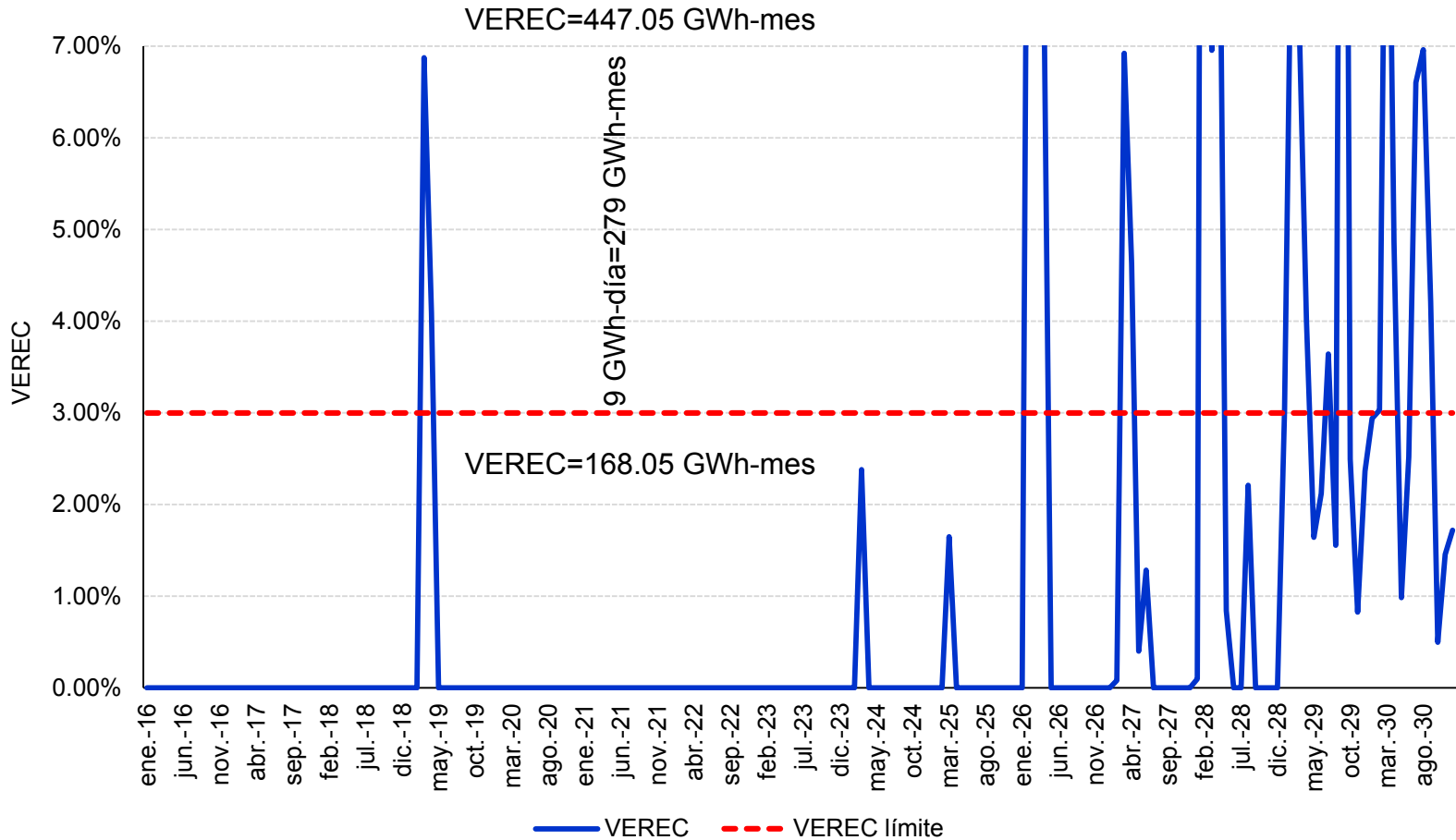
# BALANCE ENERGÍA EN FIRME VS. PROYECCIÓN DEMANDA DE ENERGÍA (Sin atrasos)





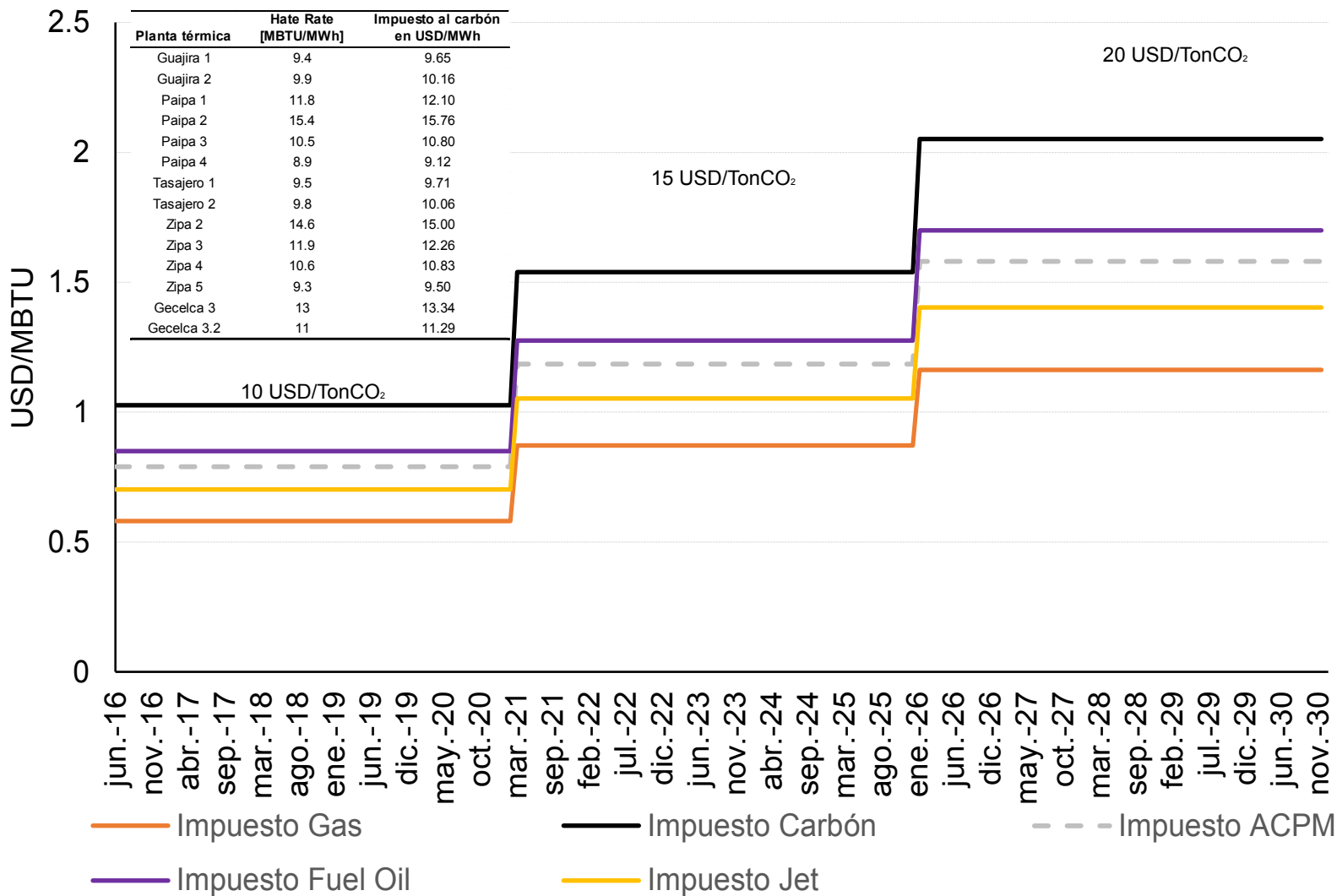
# BALANCE ENERGÍA EN FIRME VS. PROYECCIÓN DEMANDA DE ENERGÍA (Con atrasos)





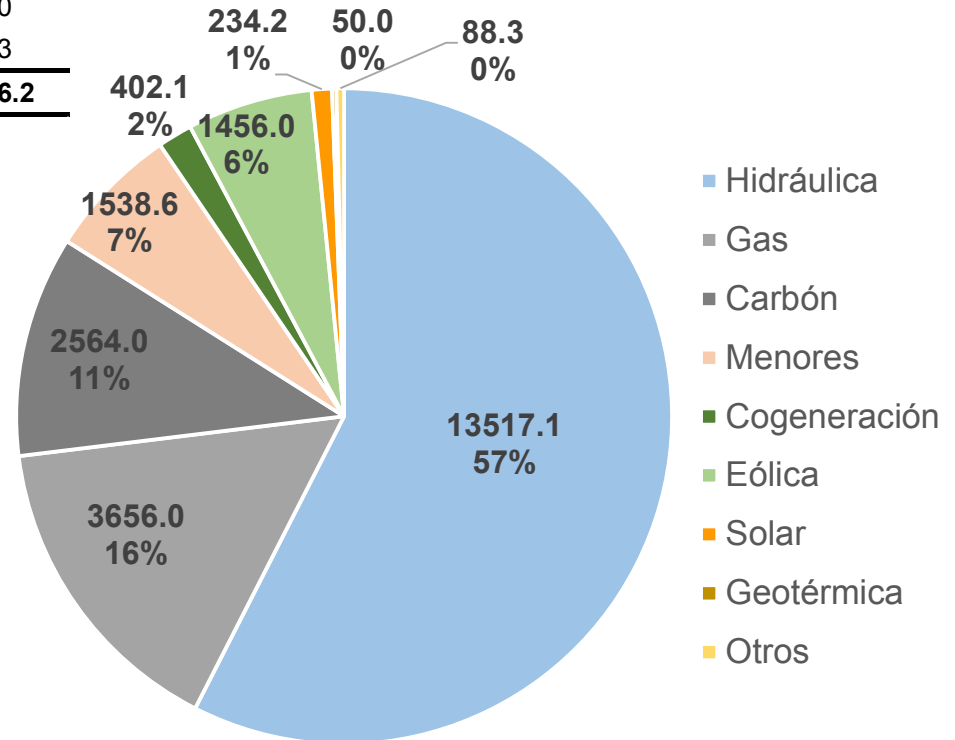
	Restricción a hídricas a gran escala	Restricción a eólicas y solares	Impuesto a emisiones de CO <sub>2</sub>
Esc. Base	DETERMINÍSTICO		
Esc. 1 "LIMITACIÓN A RENOVABLES"	SI	SI	NO
Esc. 2 "VERDE"	SI	NO	SI
Esc. 3 "RESTRICTIVO"	SI	SI	SI
Esc. 4 "LIBRE MERCADO"	NO	NO	NO

## Impuesto considerado



## CASO BASE

Recurso	Base	Cargo por confiabilidad	Expansión adicional	Total
Hidráulica	10890.1	1200.0	1427.0	13517.1
Gas	3509.0	0.0	147.0	3656.0
Carbón	1344.0	250.0	970.0	2564.0
Menores	745.4	0.0	793.2	1538.6
Cogeneración	117.1	0.0	285.0	402.1
Eólica	0.0	0.0	1456.0	1456.0
Solar	0.0	0.0	234.2	234.2
Geotérmica	0.0	0.0	50.0	50.0
Otros	0.0	88.3	0.0	88.3
<b>Total</b>	<b>16605.6</b>	<b>1538.3</b>	<b>5362.4</b>	<b>23506.2</b>

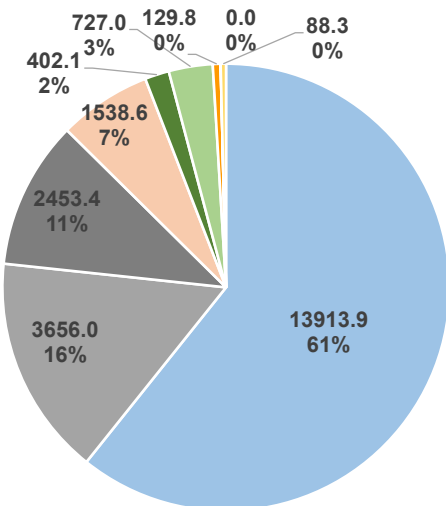


### CASO BASE

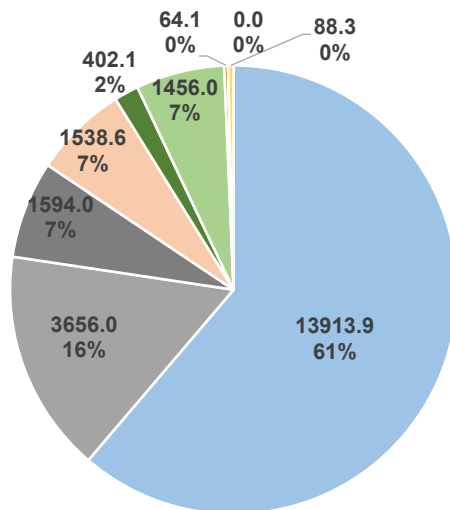
- Representa la actualización del escenario 12 del Plan de Expansión 2015-2029.
- Se sustenta principalmente en nuevos proyectos eólicos y térmicos a base de carbón.

# ESCENARIOS DE LARGO PLAZO

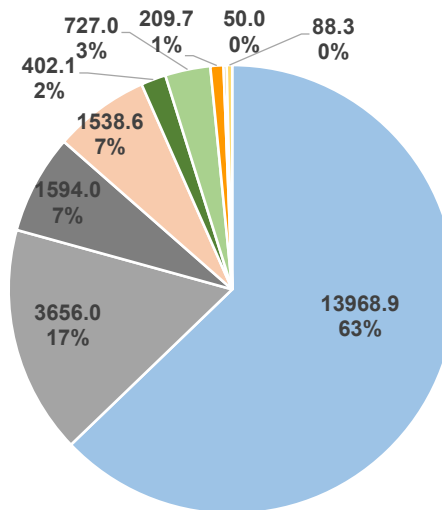
**Esc. 1**  
**LIMITACIÓN A RENOVABLES**



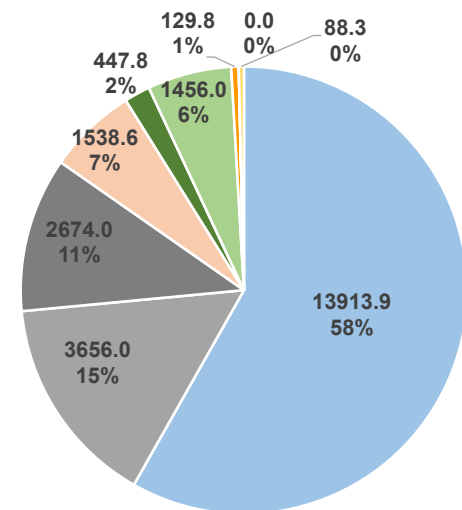
**Esc.2**  
**VERDE**



**Esc.3**  
**RESTRICITIVO**



**Esc.4**  
**LIBRE MERCADO**



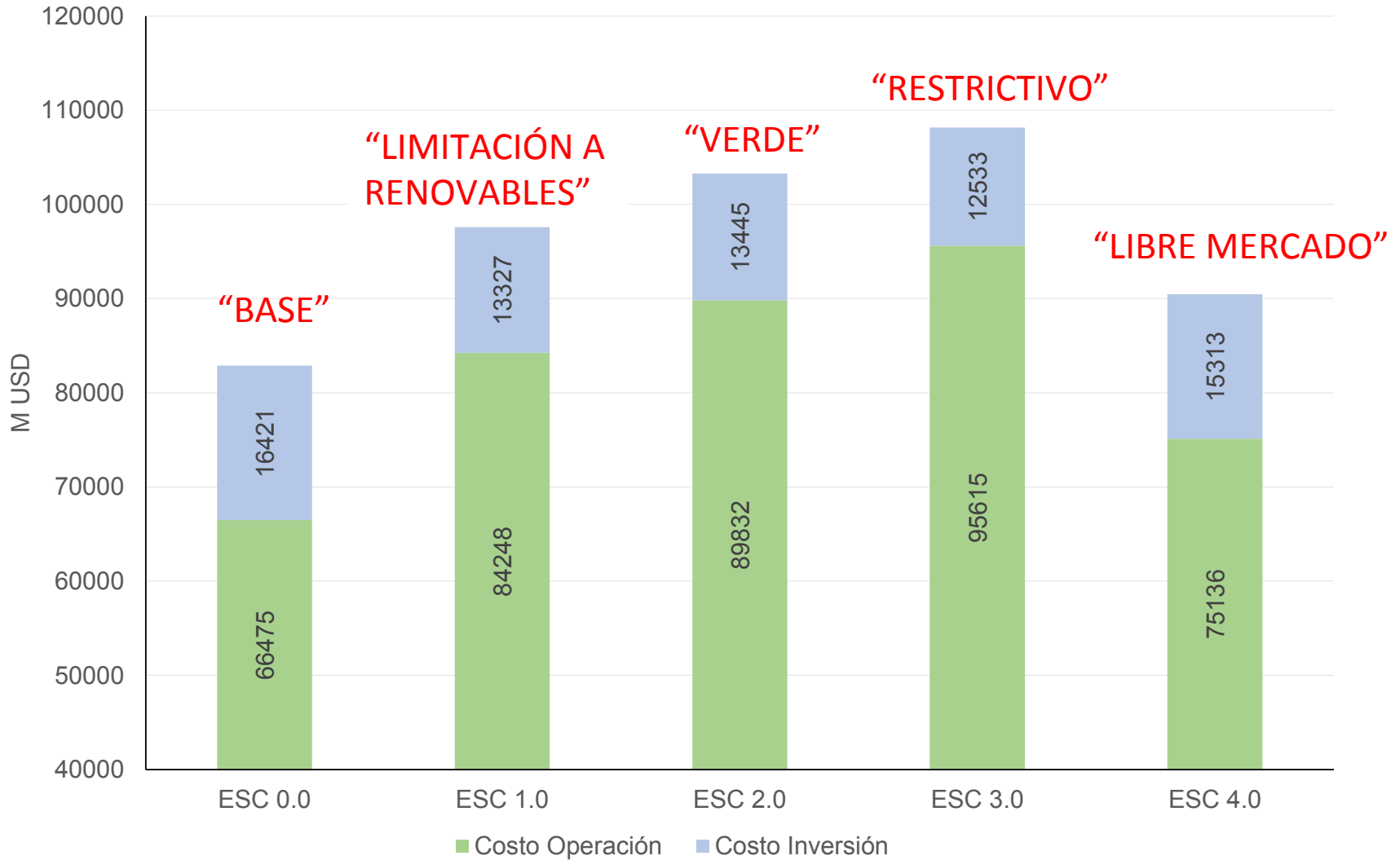
Recurso	Expansión adicional	Total
Hidráulica *	1823.8	13913.9
Gas	147.0	3656.0
Carbón	859.4	2453.4
Menores	793.2	1538.6
Cogeneración	285.0	402.1
Eólica	727.0 **	727.0
Solar	129.8	129.8
Geotérmica	0.0	0.0
Otros	0.0	88.3
<b>Total</b>	<b>4765.2</b>	<b>22909.1</b>

Recurso	Expansión adicional	Total
Hidráulica *	1823.8	13913.9
Gas	147.0	3656.0
Carbón	0.0	1594.0
Menores	793.2	1538.6
Cogeneración	285.0	402.1
Eólica *	1456.0	1456.0
Solar	64.1	64.1
Geotérmica	0.0	0.0
Otros	0.0	88.3
<b>Total</b>	<b>4569.1</b>	<b>22713.0</b>

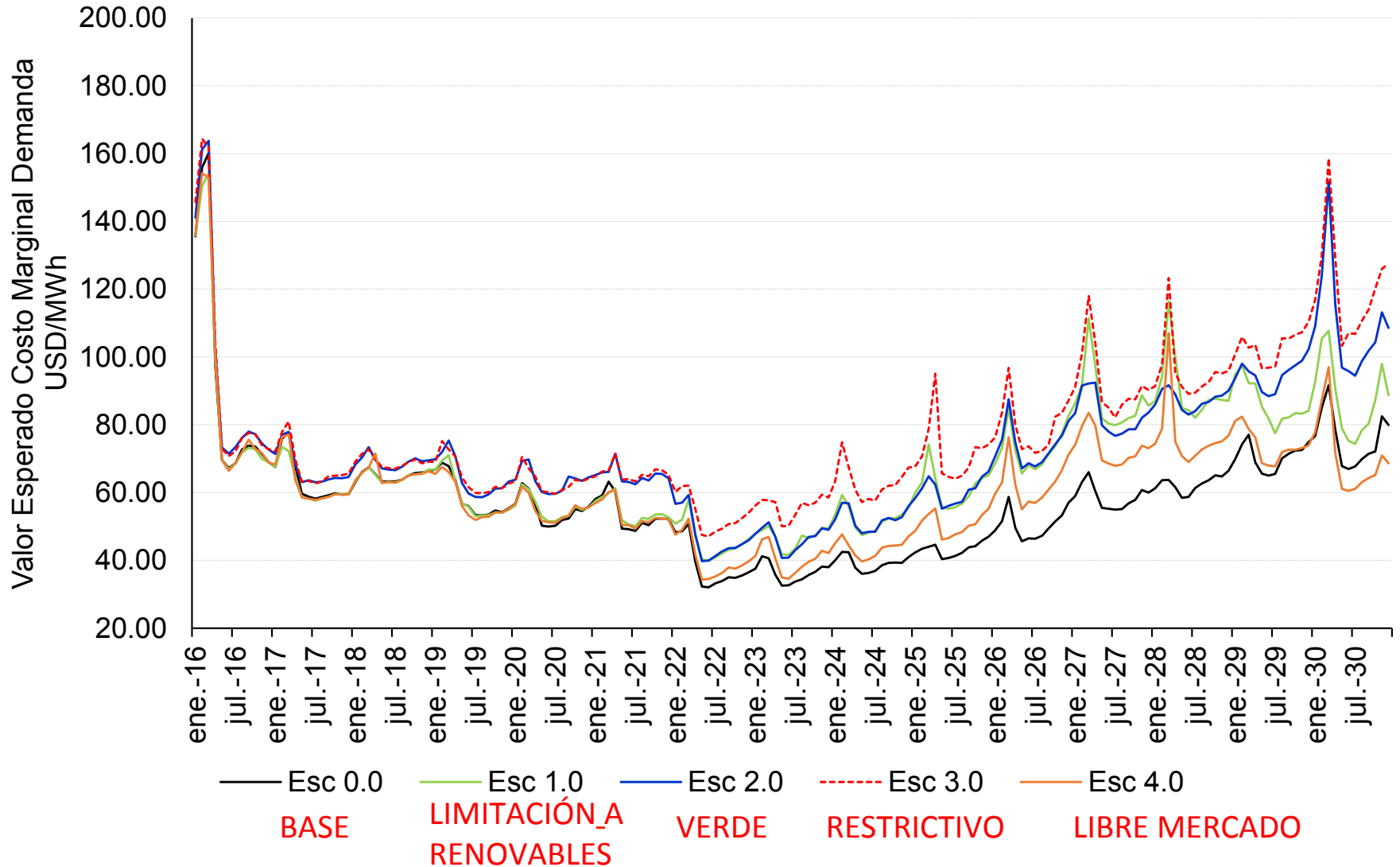
Recurso	Expansión adicional	Total
Hidráulica *	1878.8	13968.9
Gas	147.0	3656.0
Carbón	0.0	1594.0
Menores	793.2	1538.6
Cogeneración	285.0	402.1
Eólica	727.0 **	727.0
Solar	209.7	209.7
Geotérmica	50.0	50.0
Otros	0.0	88.3
<b>Total</b>	<b>4090.7</b>	<b>22234.5</b>

Recurso	Expansión adicional	Total
Hidráulica	1823.8	13913.9
Gas	147.0	3656.0
Carbón	1080.0	2674.0
Menores	793.2	1538.6
Cogeneración	330.8	447.8
Eólica *	1456.0	1456.0
Solar	129.8	129.8
Geotérmica	0.0	0.0
Otros	0.0	88.3
<b>Total</b>	<b>5760.6</b>	<b>23904.5</b>

## RESULTADOS ESCENARIOS DE LARGO PLAZO COSTOS TOTALES

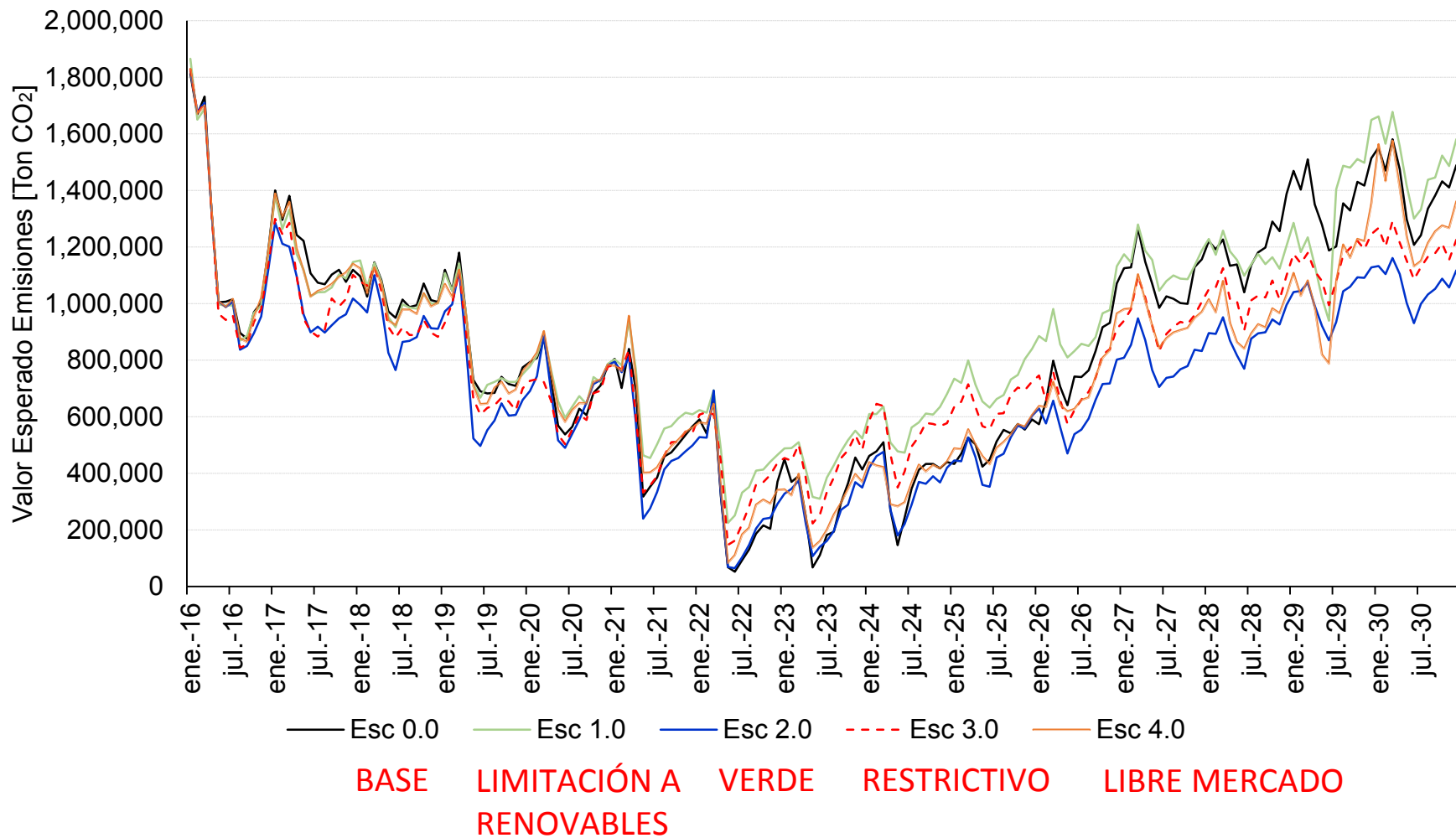


# RESULTADOS ESCENARIOS DE LARGO PLAZO COSTO MARGINAL





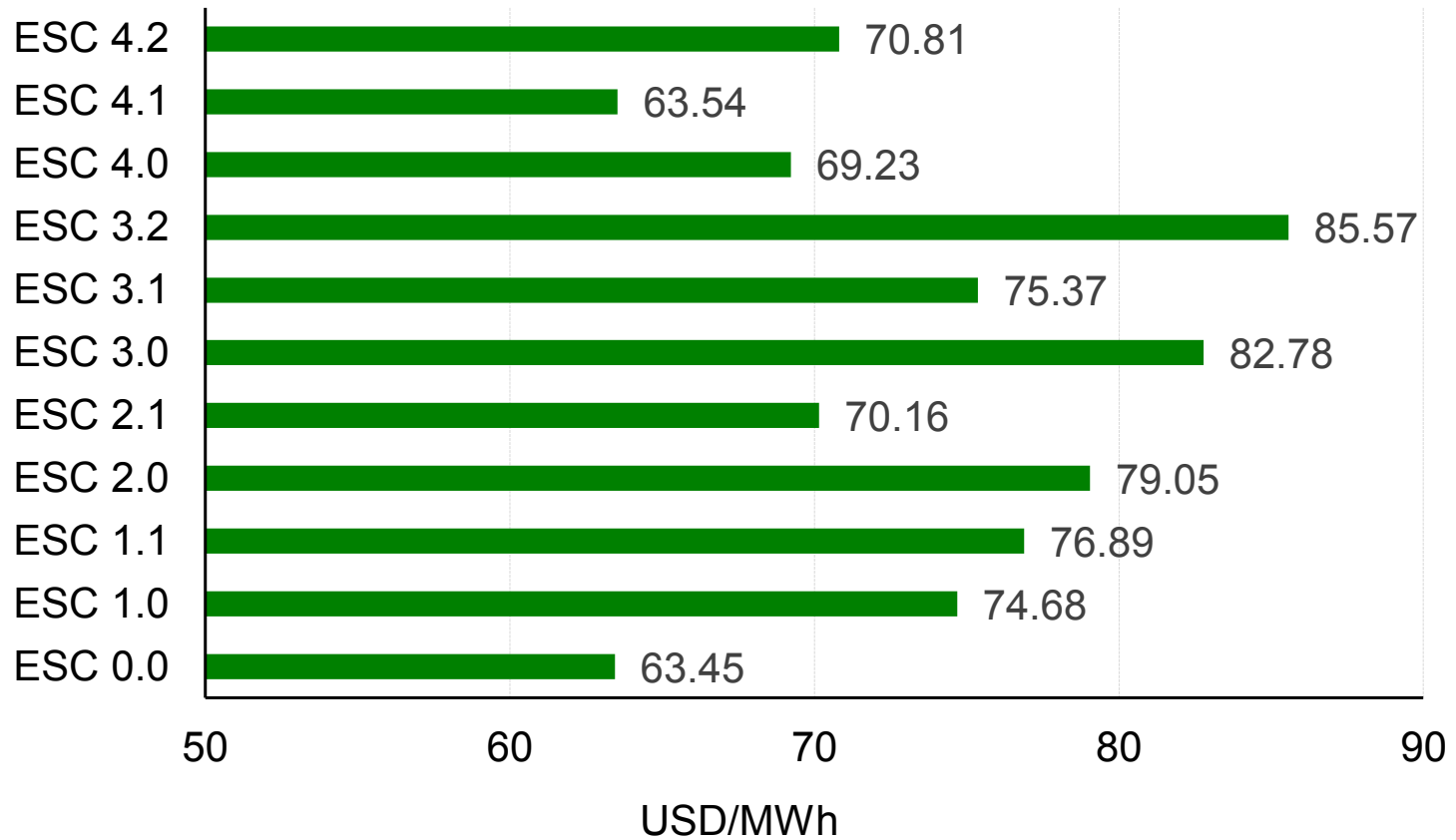
# RESULTADOS ESCENARIOS DE LARGO PLAZO EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

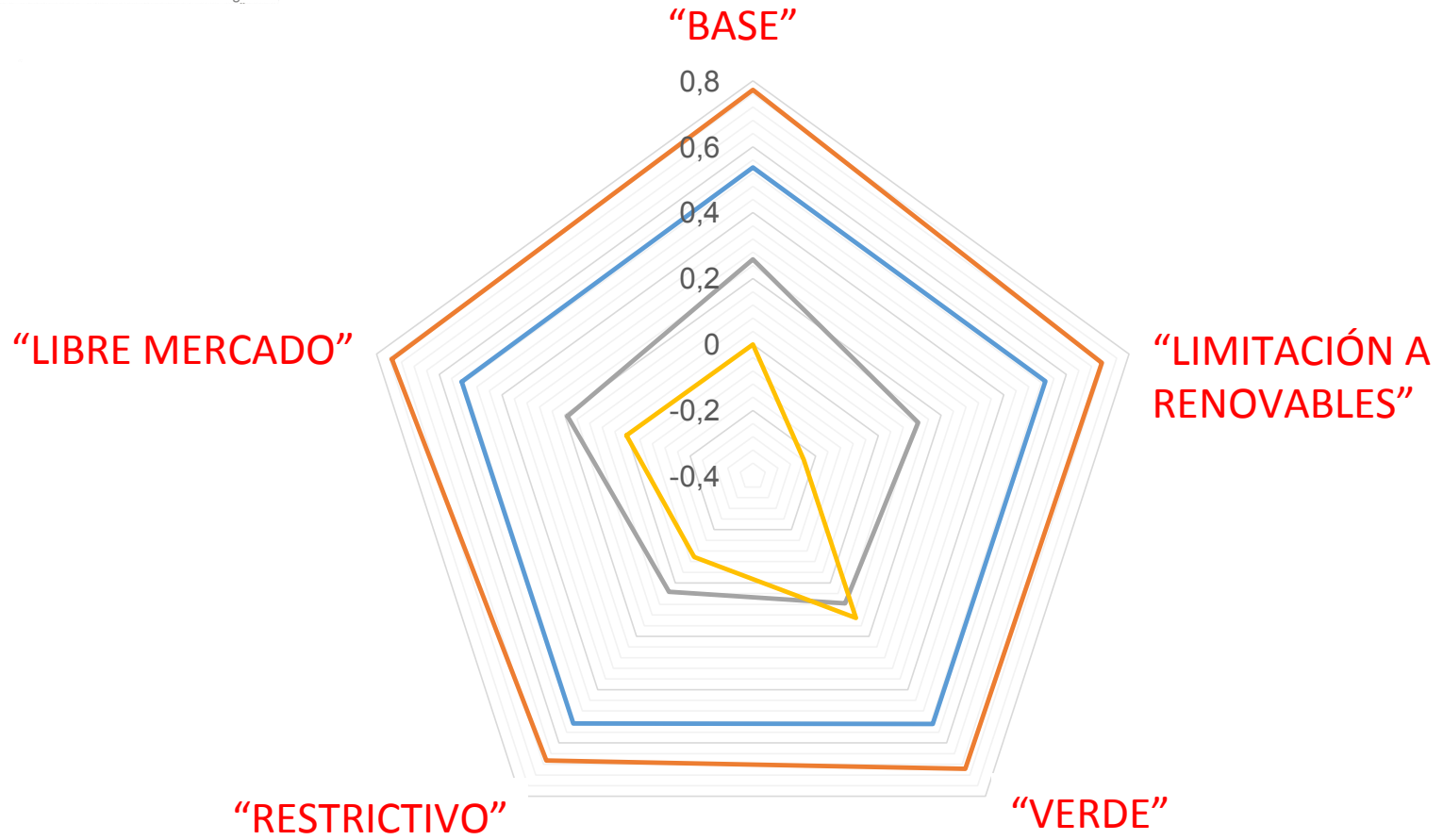


## RESULTADOS ESCENARIOS DE LARGO PLAZO CONFIABILIDAD

Escenario	VEREC [%]	Fecha
Esc 0.0	-	-
Esc 1.0	3.4	mar-28
Esc 2.0	-	-
Esc 3.0	4.08 <b>7.58</b>	abr-25 <b>mar-30</b>
Esc 4.0	-	-

- El escenario 3 (RESTRICTIVO) presenta mayores limitaciones para el desarrollo de ciertas tecnologías (térmicas vía impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, eólica, hidroeléctrica a gran escala y solar a gran escala). Es por ello que este presenta el mayor Valor Esperado de Racionamiento de Energía.



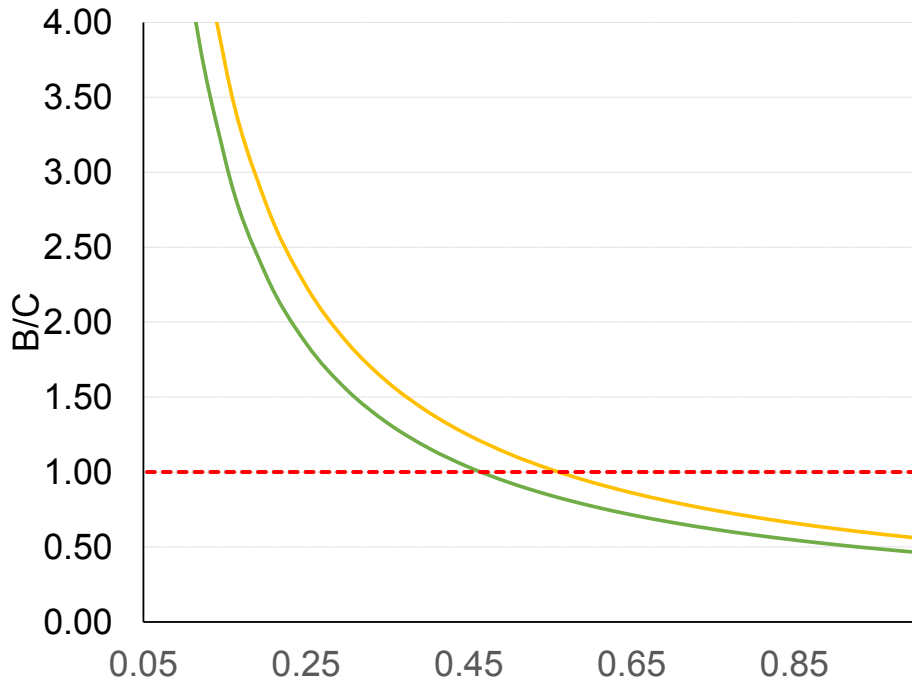


— Resiliencia Hidráulica  
 — Costo Nivelado de Generación

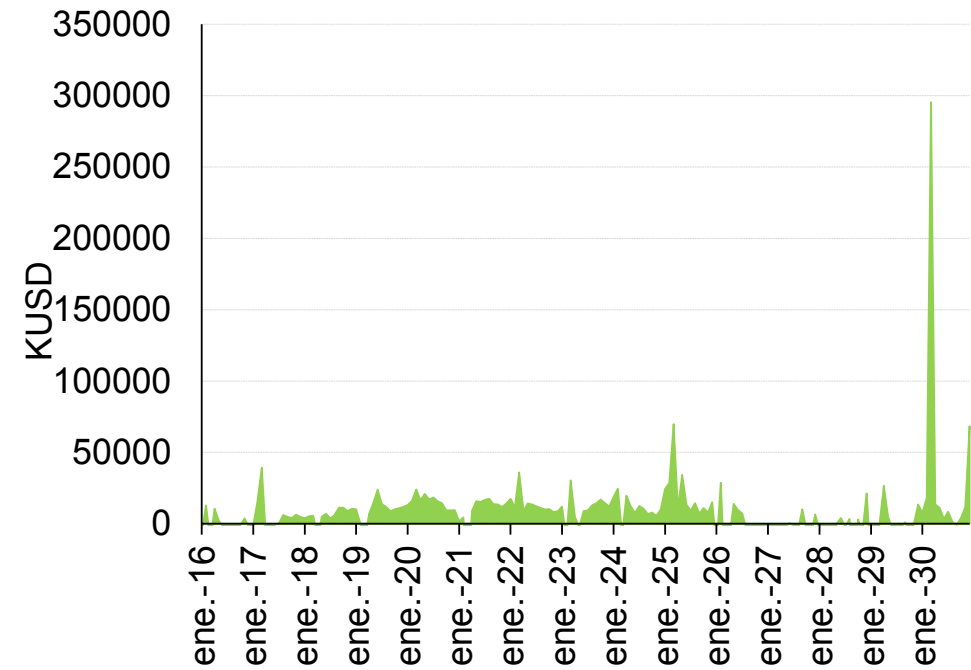
— Costo Marginal  
 — Emisiones

- Beneficios y costos de repotenciación de unidades térmicas de carbón con alto consumo específico de combustible
- Power Nodes-Flexibilidad y Despacho predictivo.
- Algunos elementos el cambio climático con incidencia en la planeación
- Alertas tempranas en Generación.
- Interconexión con Ecuador.

**Reducción del Hate Rate al 50 % y misma capacidad**

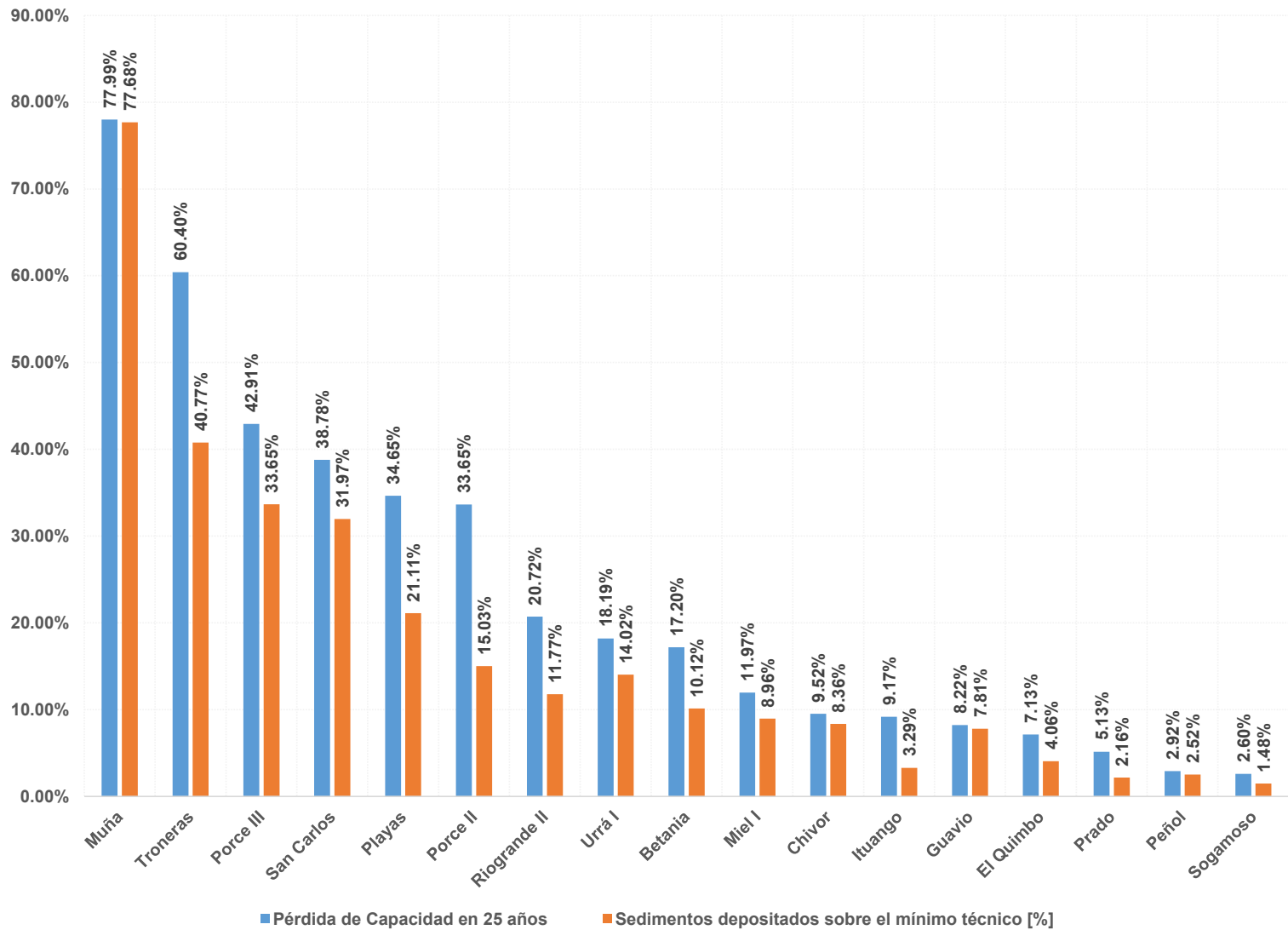


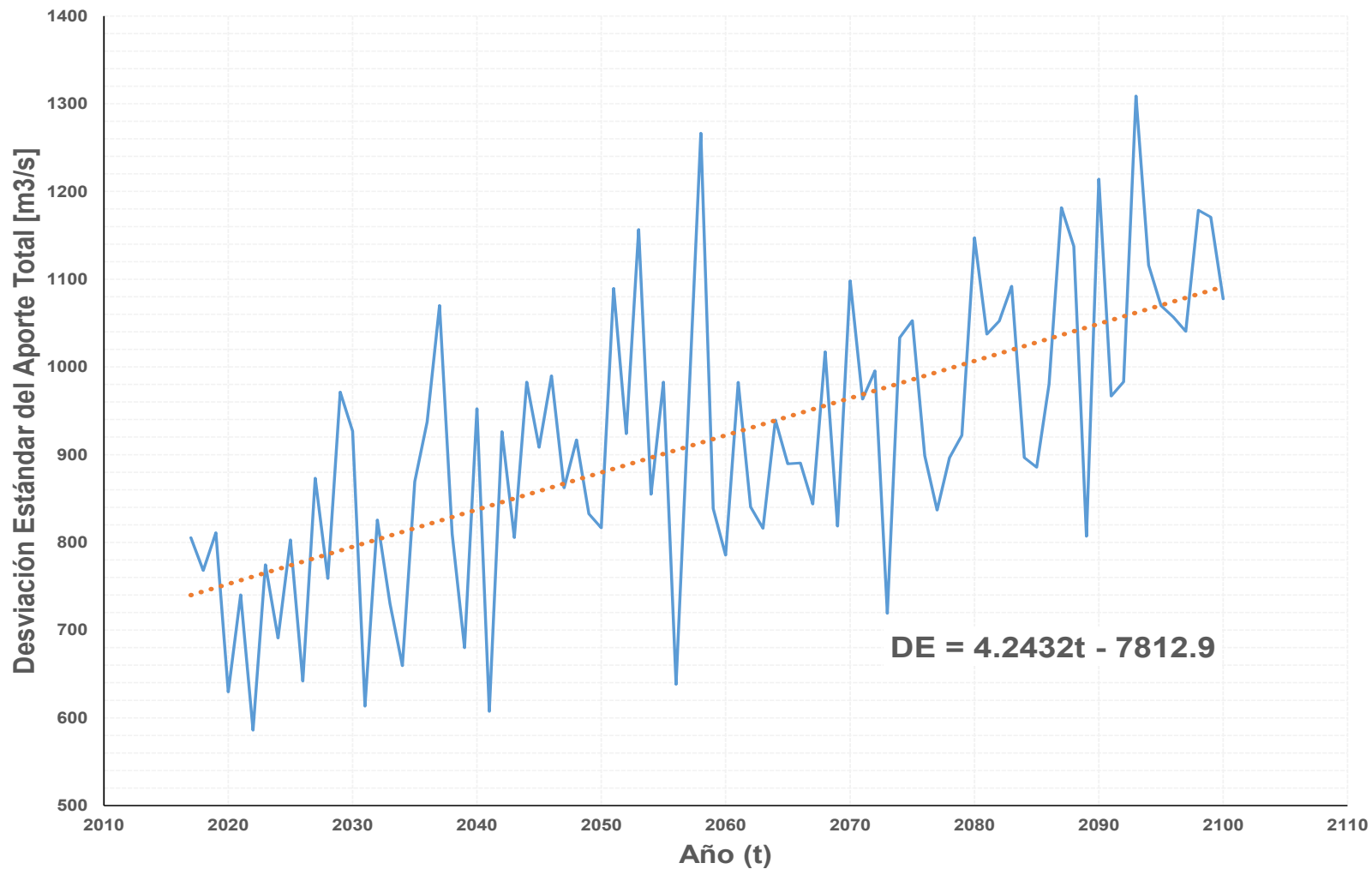
% Costo  
 — B/C P\_Z->misma capacidad  
 — B/C P\_P->misma capacidad



■ Beneficio Usuario->misma capacidad [kUSD]

Inversión P-Z [USD/MW]	1,571,440.00
Inversión P_P [USD/MW]	1,619,020.00







# PLAN DE EXPANSIÓN DE TRANSMISIÓN

# AGENDA

- Obras STN Plan 2016-2030
- Planeación Largo Plazo (~ 2050)
- Incertidumbre en la información para la expansión
  - Modificación Red por generación
  - Modificación Red por demanda
- Otros tópicos de análisis

# Sistema de Transmisión hoy



# Obras del STN – Plan 2016

- Interconexión Arauca – Casanare 2021

## Beneficios:

Mejora condiciones STR Arauca y Casanare

Mejora STN

Permite atender zonas aisladas

## Costo STN y STR

Aproximadamente USD 35 Millones

- Nueva Subestación Nva Granada 2022

## Beneficios

Mejora condiciones STR

Mejora SDL

Permite Conexión Generación

Costos:

Aproximadamente USD 106 Millones

Compensación Caribe

Interconexión Arauca - Casanare



# Obras del STN – Plan 2016

- Compensación Caribe 2018

Beneficios:

Mejora confiabilidad STN

Reducción Restricciones

Costo STN y STR

Aproximadamente USD 7,7 Millones



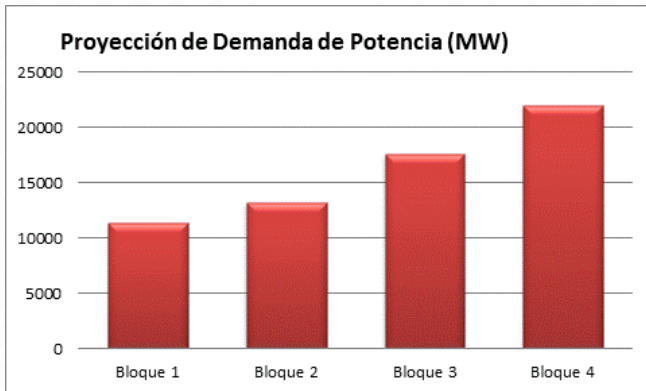
# AGENDA

- Obras STN Plan 2016-2030
- Planeación Largo Plazo (~ 2050)
- Incertidumbre en la información para la expansión
  - Modificación Red por generación
  - Modificación Red por demanda
- Otros tópicos de análisis

# METODOLOGÍA DE PLANEACIÓN DE LARGO PLAZO (30 AÑOS).

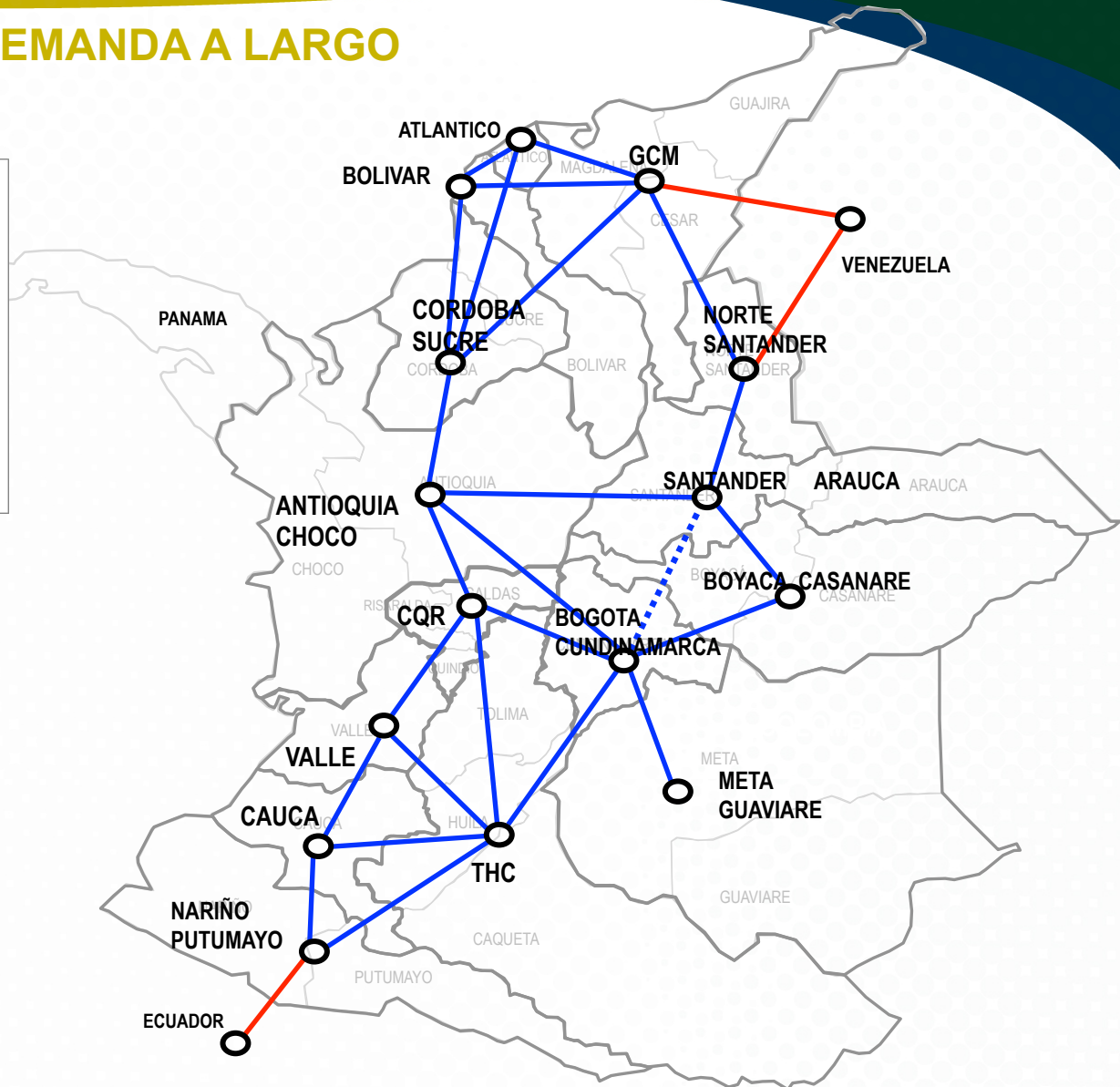


# PROYECCIONES DE DEMANDA A LARGO PLAZO (30 AÑOS)



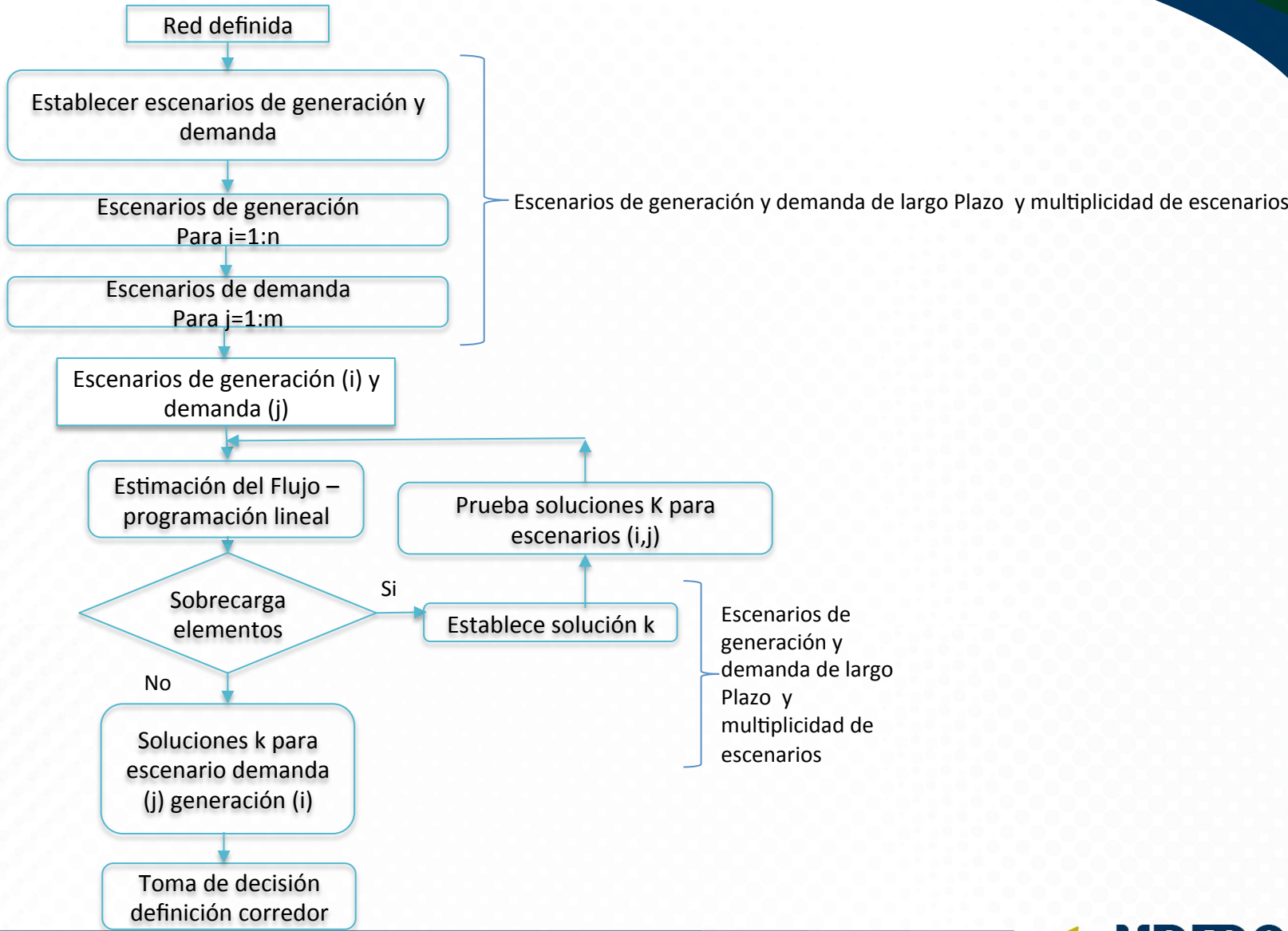
**Se establecen 15 sub áreas:**

- Atlántico
- Bolívar
- GCM
- Córdoba – Sucre
- Antioquia –Choco
- Norte de Santander
- Santander
- Boyacá – Casanare
- Meta – Guaviare
- CQR
- THC
- Bogotá – Cundinamarca
- Valle
- Cauca
- Nariño - Putumayo



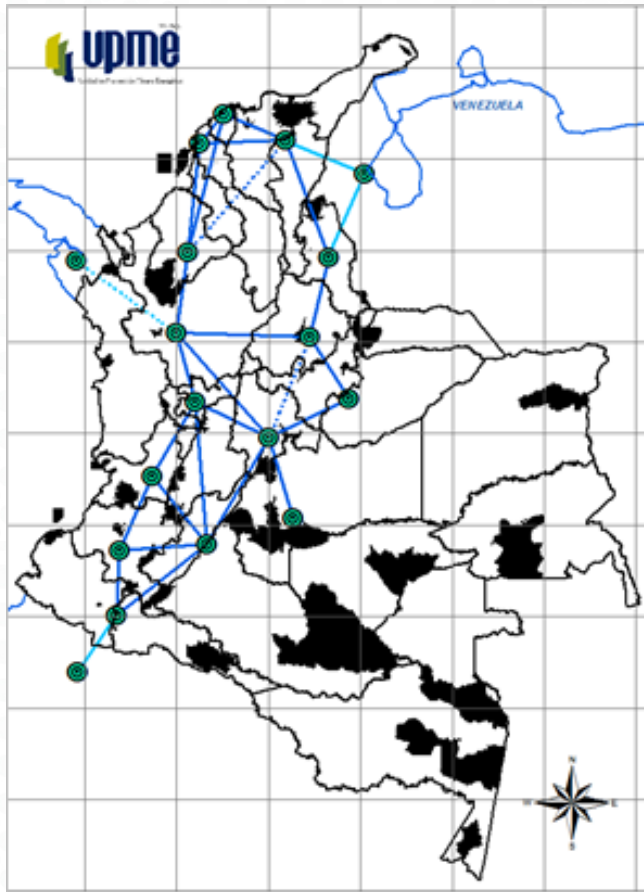


# Metodología General

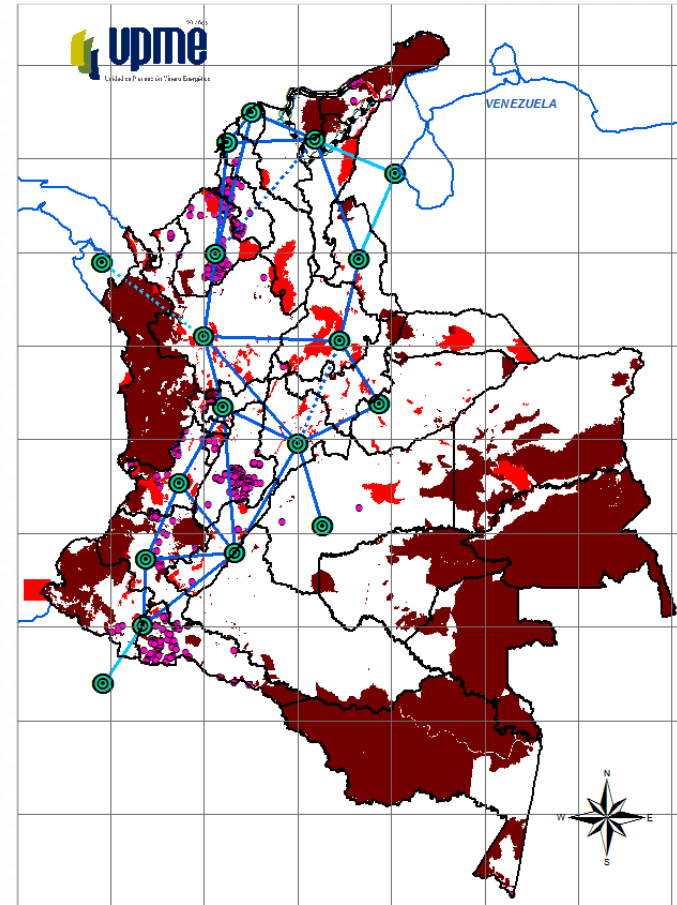


# CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES

**RIESGO 1.** MAPA DE AREAS DE EXCLUSIÓN TOTAL  
(Áreas del Sistema de Parques Nacionales  
Naturales)

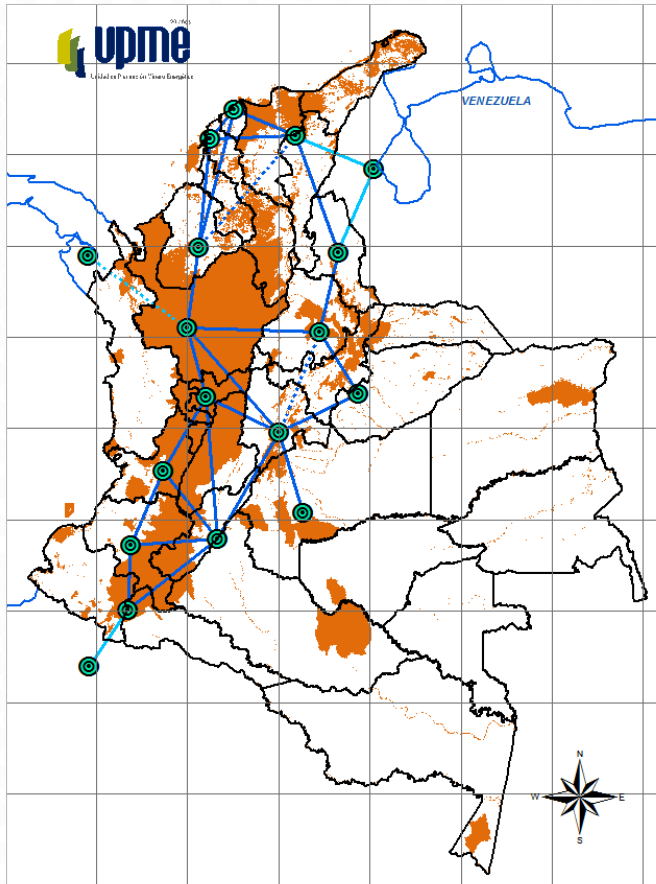


**RIESGO 2.** MAPA DE AREAS DE MUY ALTA  
SENSIBILIDAD (Áreas de muy alta sensibilidad  
Ambiental y Social)

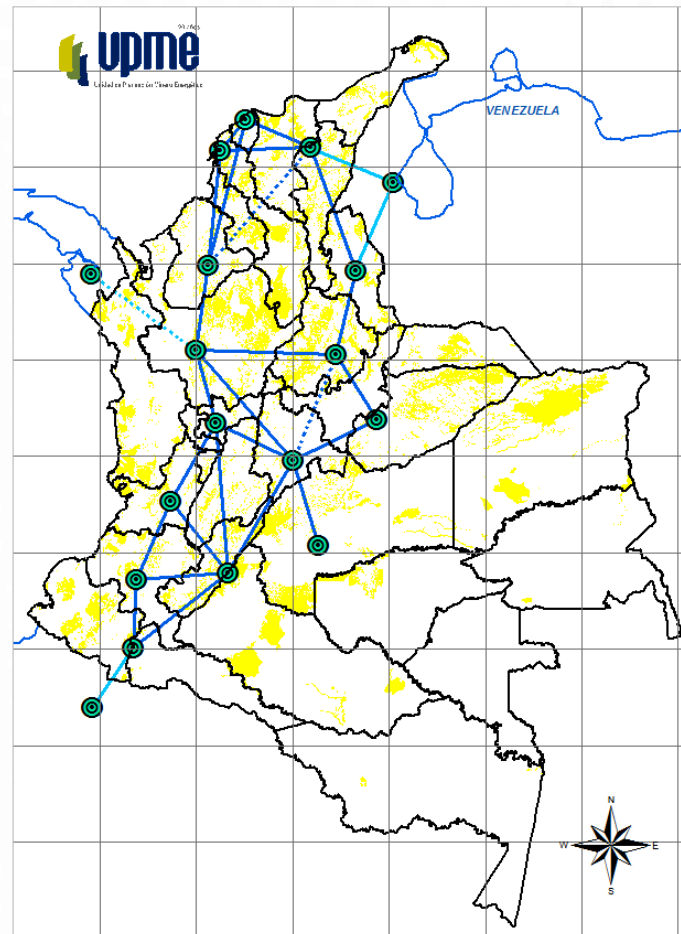


# CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES

**RIESGO 3.** MAPA DE AREAS DE ALTA SENSIBILIDAD (Ambiental)



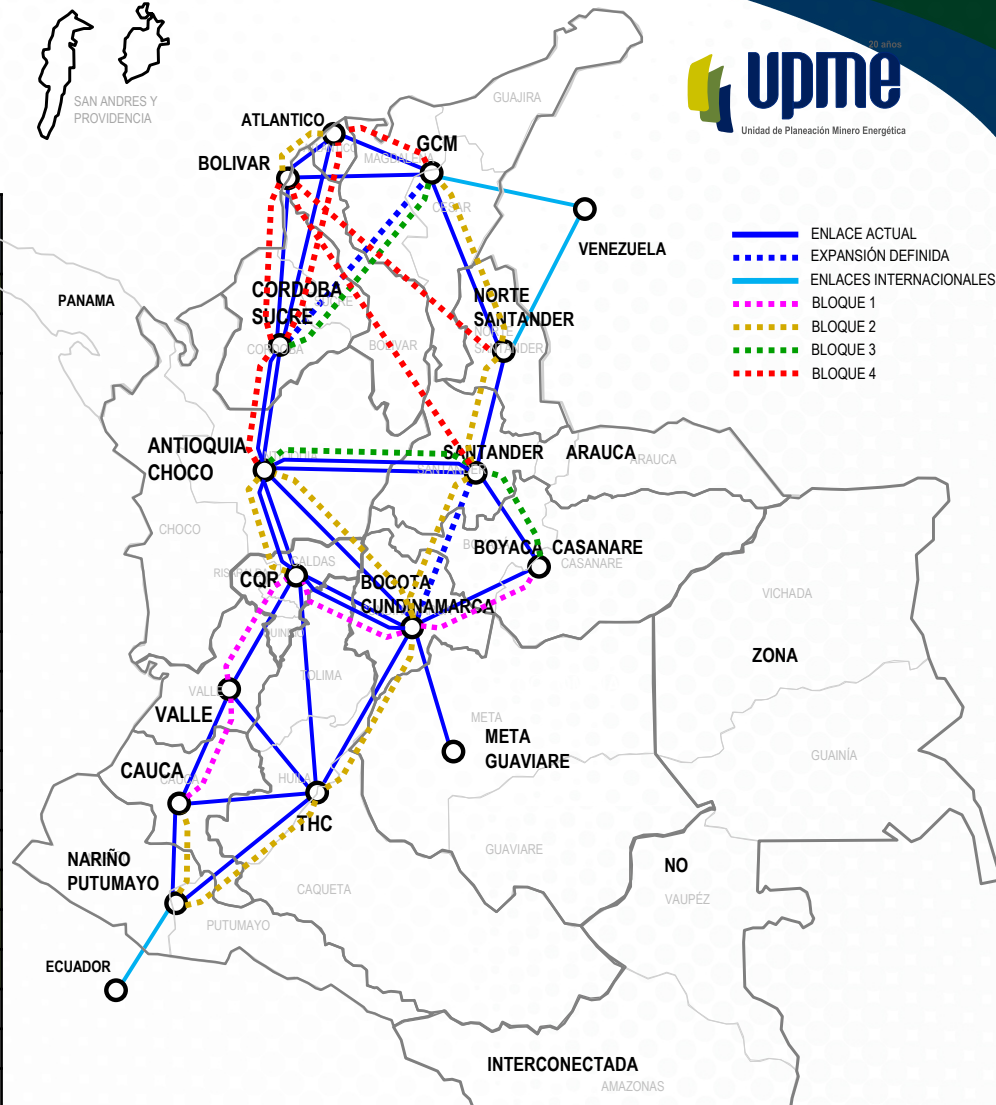
**RIESGO 4.** MAPA DE AREAS DE MODERADA SENSIBILIDAD (Ambiental)



# Caso Colombiano – 2050



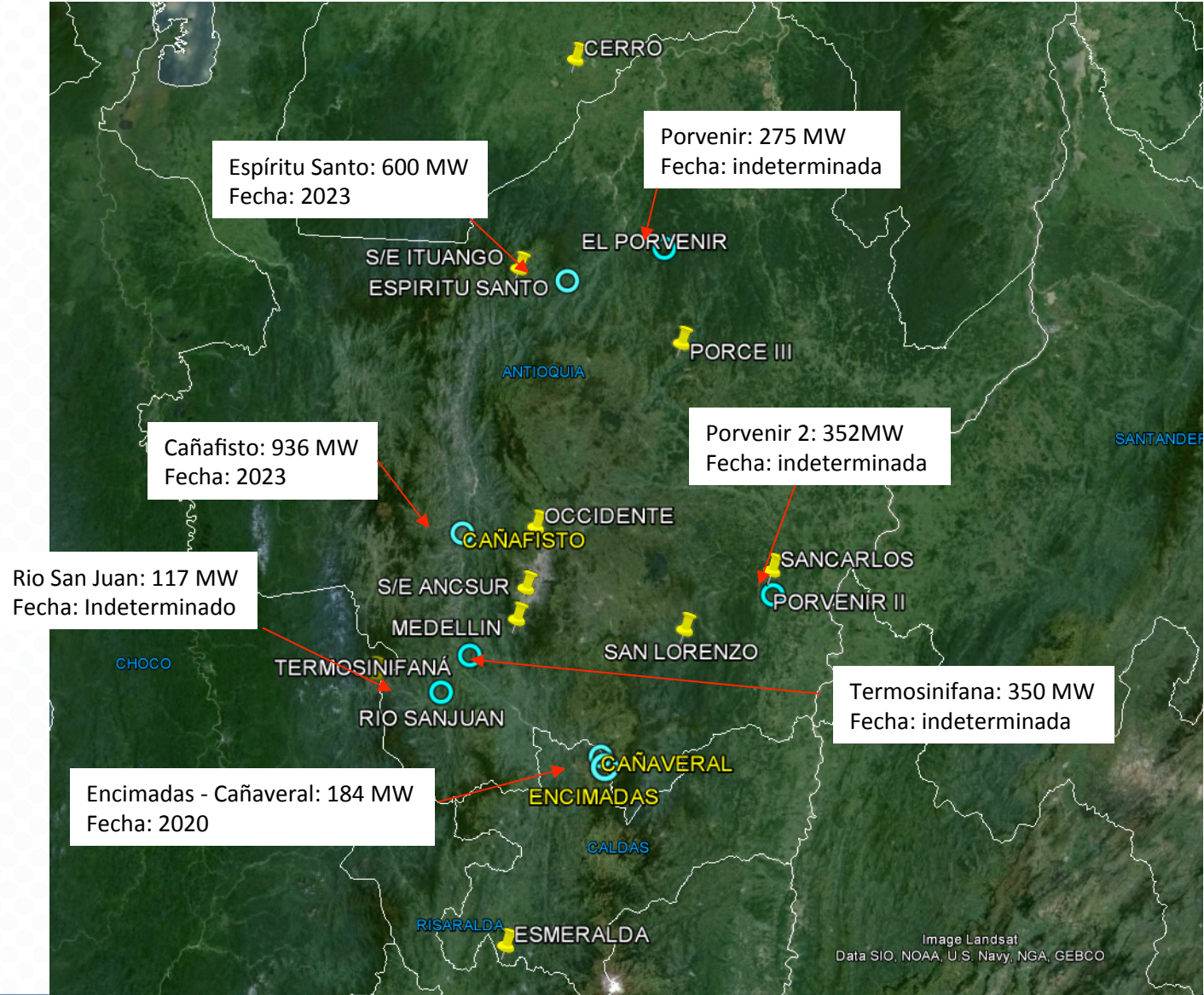
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4	Riesgo 5
Atlantico – Bolivar	0	0	0	0	1
Atlantico – GCM	0	0	1	0	0
Atlantico – Cordoba –Sucre	0	1	0	0	0
Bolivar – Cordoba Sucre	0	1	0	0	0
Bolivar – Norte de Santander	0	0	1	0	0
Bolivar – Santander	0	0	1	0	0
GCM – Cordoba – Sucre	0	0	1	0	0
GCM – Norte de Santander	0	0	0	1	0
Antioquia – Cordoba – Sucre	0	0	1	0	0
Norte de Santander – Santander	0	0	0	1	0
Santander – Antioquia	0	0	0	1	0
Santander – Boyaca – Casanare	0	0	1	0	0
Santander – Bogotá	0	0	1	0	0
Antioquia – Bogotá	0	0	0	1	0
Antioquia – CQR	0	0	1	0	0
Bogotá – Boyaca	0	0	0	0	1
Bogotá – CQR	0	0	0	0	1
Bogotá – CQR	0	0	0	0	1
CQR – Valle	0	0	1	0	0
Valle – Cauca	0	0	0	1	0
THC –Nariño	0	0	1	0	0



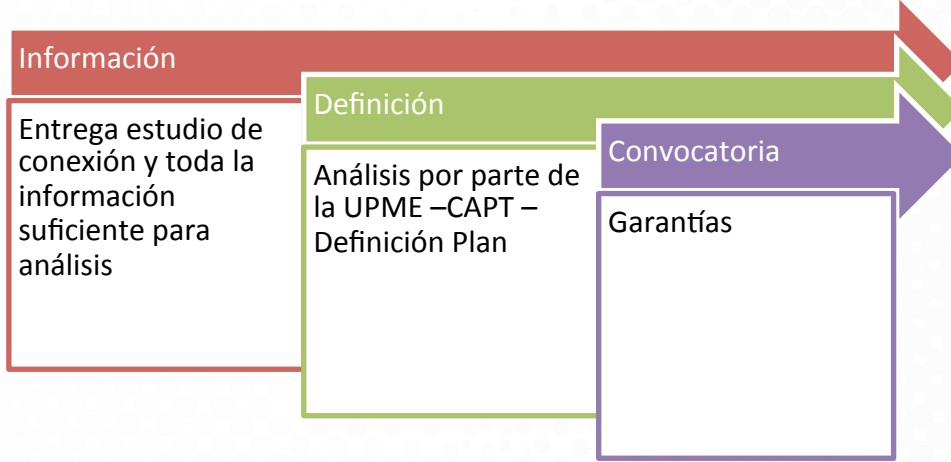
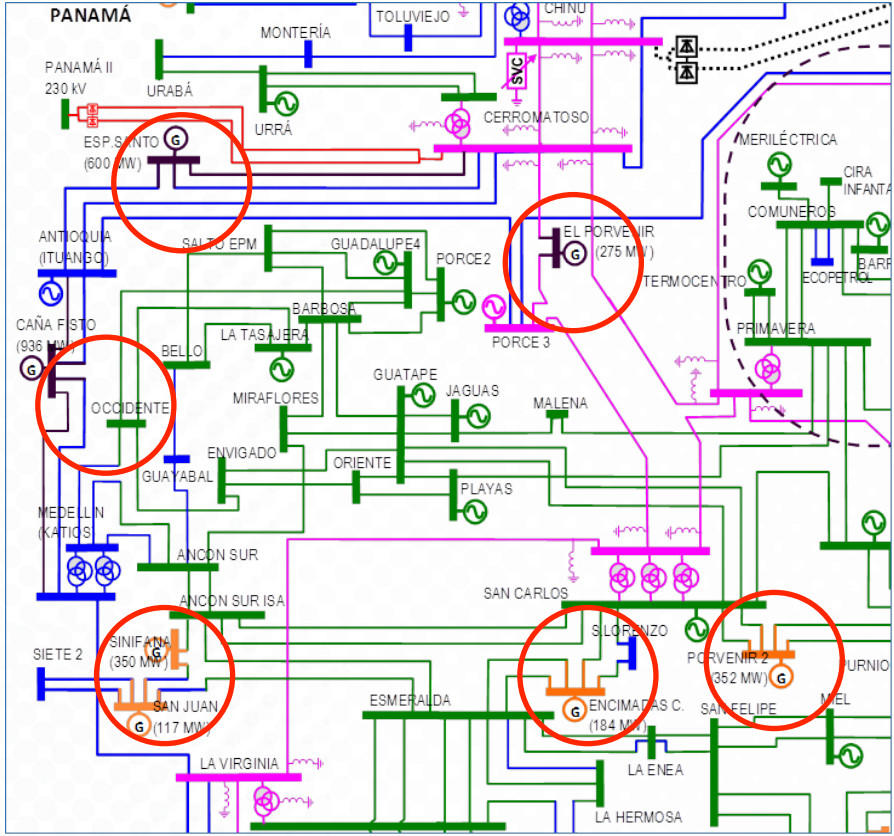
# AGENDA

- Obras STN Plan 2016-2030
- Planeación Largo Plazo (~ 2050)
- Incertidumbre en la información para la expansión
  - Modificación Red por generación
  - Modificación Red por demanda
- Otros tópicos de análisis

# IMPACTO RED - GENERACIÓN



# Impacto Red - Demanda



QUE SE ESPERA?



- Proyectos Reales y que se vayan a ejecutar
- Información Suficiente para análisis Eléctricos y Energéticos

# IMPACTO MODIFICACIÓN DE RED DEMANDA

Conexión a reforma

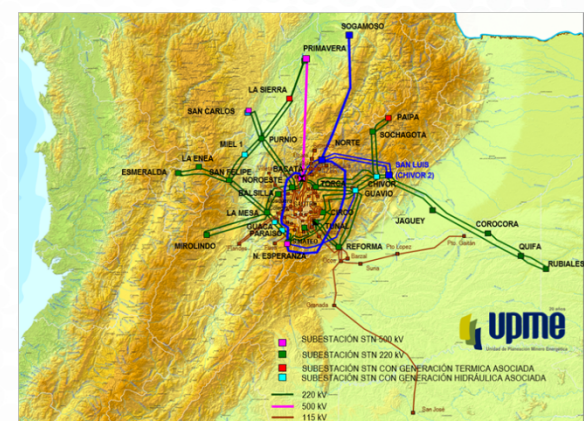
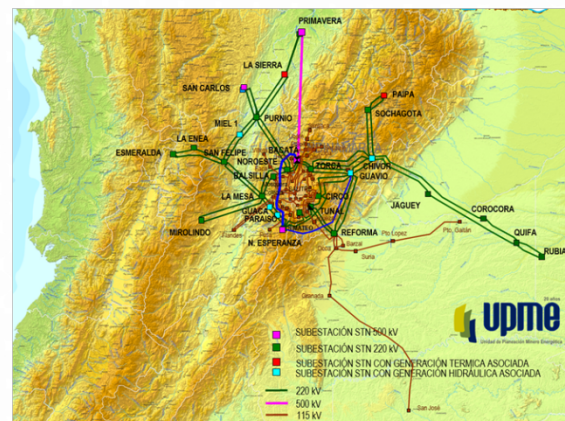
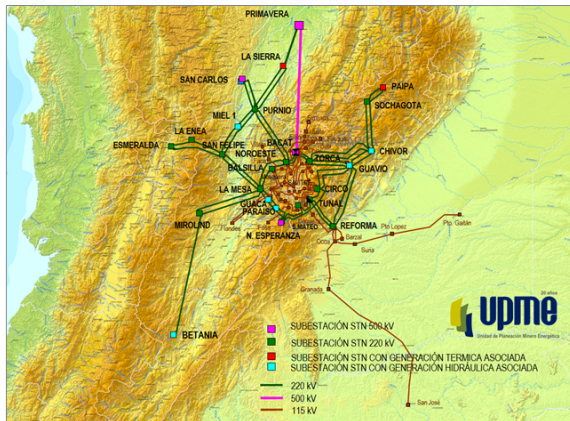
AÑO	Capacidad MW (Totales)
2016	180.3
2017	191.8
2018	200.4
2019	206.0
2020	207.5
2021	209.0
2025	209.0

Conexión a chivor / Chivor 2

AÑO	Capacidad MW (Totales)
2015	192
2016	280
2018	280
2020	280

Conexión a Chivor 2

AÑO	Capacidad MW (Totales)
2018	356
2020	356



2016 - 2018



## Otros tópicos de análisis

- **Confiabilidad y eficiencia en la expansión STN – STR – SDL**
  - Coordinación de la expansión en los tres sistemas
  - Responsabilidad de la expansión de STR en condición de múltiples propietarios.
  - Mecanismos para mejorar la concurrencia en convocatorias de STR.
  - Medición inteligente
- **Interconexiones con Ecuador y Panamá.**

**MUCHAS GRACIAS**

[www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)