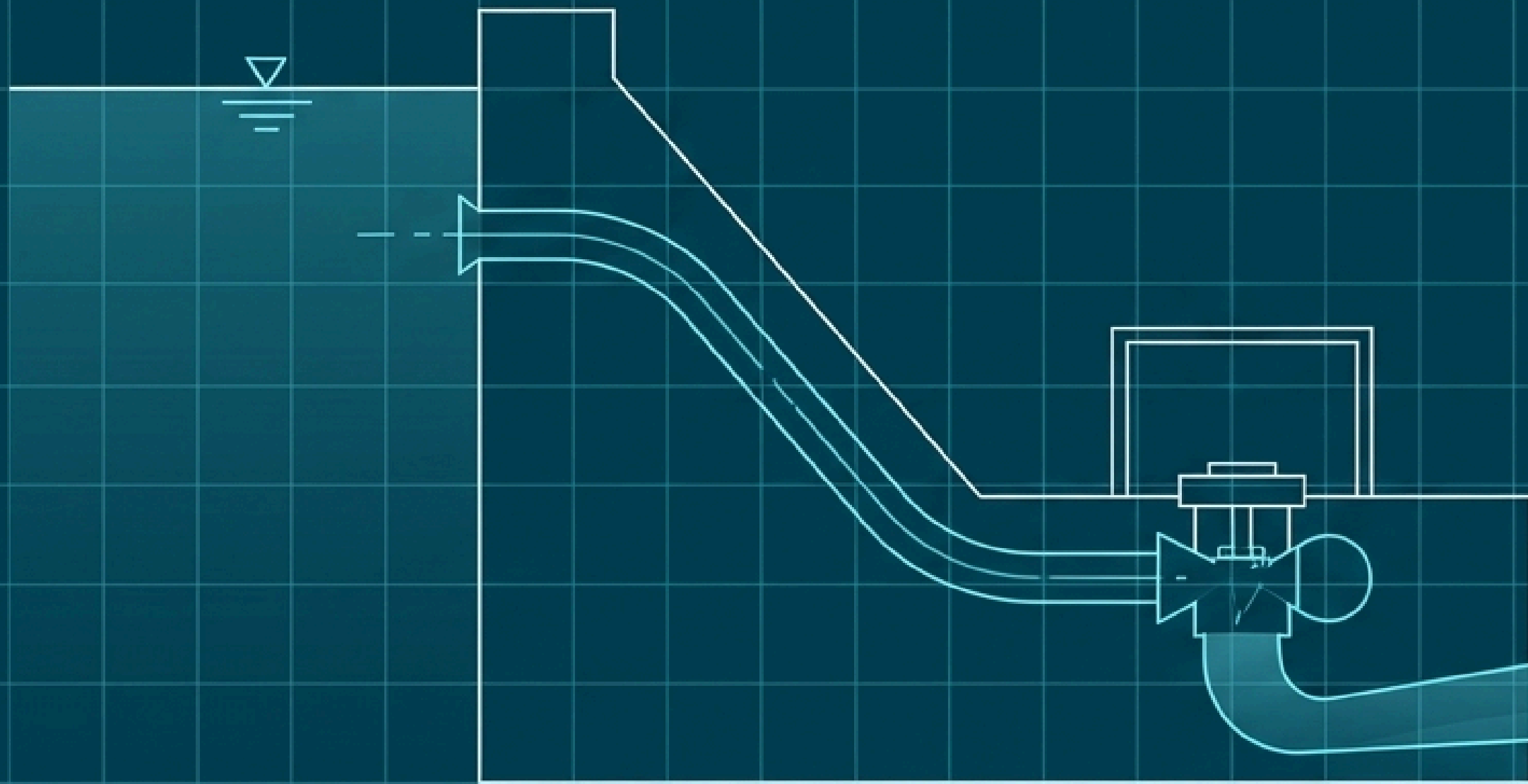


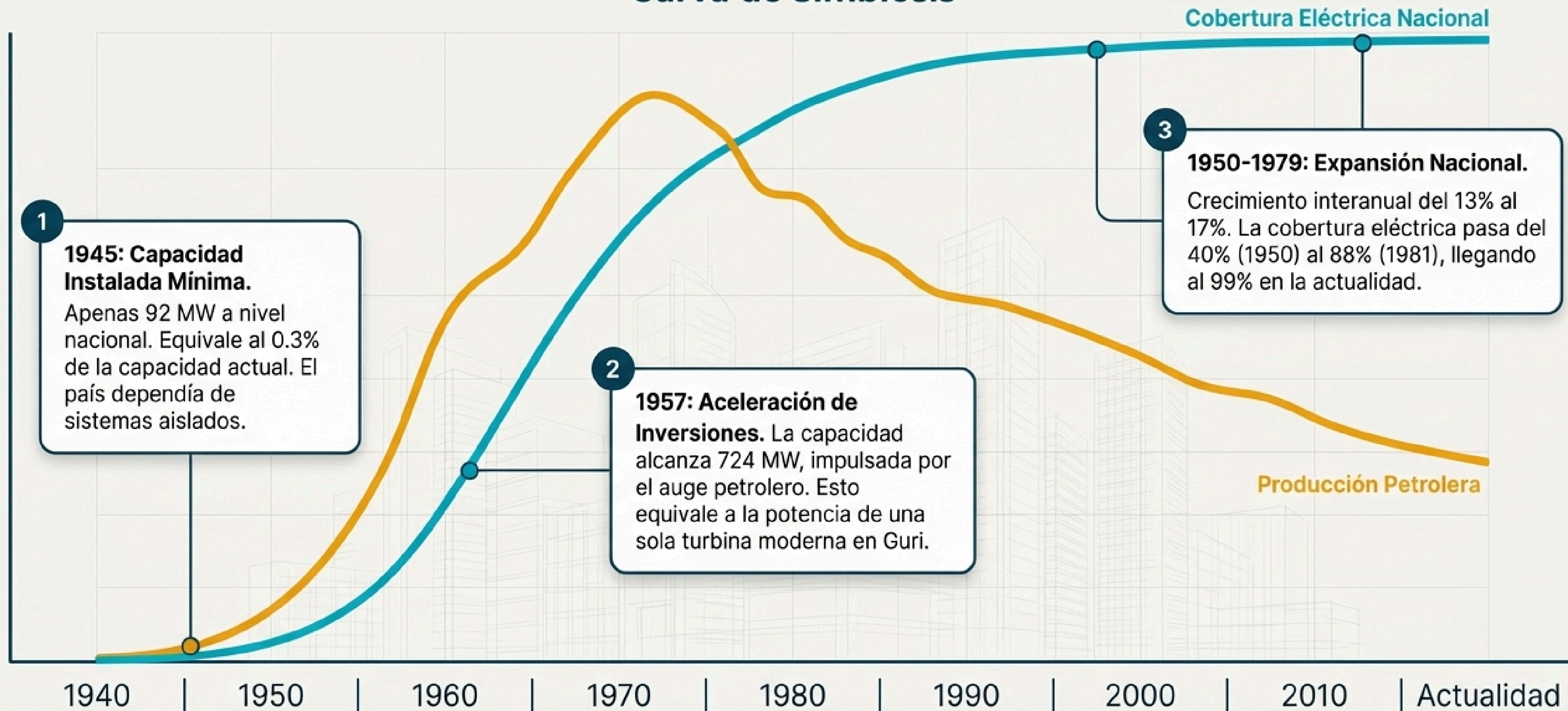
Anatomía y Paradoja del Sistema Eléctrico Venezolano

De la electrificación financiada por el petróleo al colapso de las megaobras y el futuro renovable.



El impulso inicial fue financiado directamente por la renta petrolera.

Curva de Simbiosis



La centralización progresiva del poder eléctrico venezolano.

Tubería Institucional

**Antes de 1948:
Sistemas Aislados**

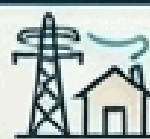
Múltiples empresas privadas regionales con distintas frecuencias y voltajes.

**1946-1948:
Creación de la CVF**

La Corporación Venezolana de Fomento adquiere 15 empresas privadas para unificar criterios.

1958: CADAPE

Enfoque en desarrollo social y electrificación rural a nivel nacional.

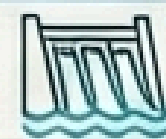


1968: OPSIS

Oficina de Planificación del Sistema Interconectado. Unifica la frecuencia del país a 60 Hz.

1963: EDELCA

Enfoque en el desarrollo hidroeléctrico masivo en la región de Guayana.

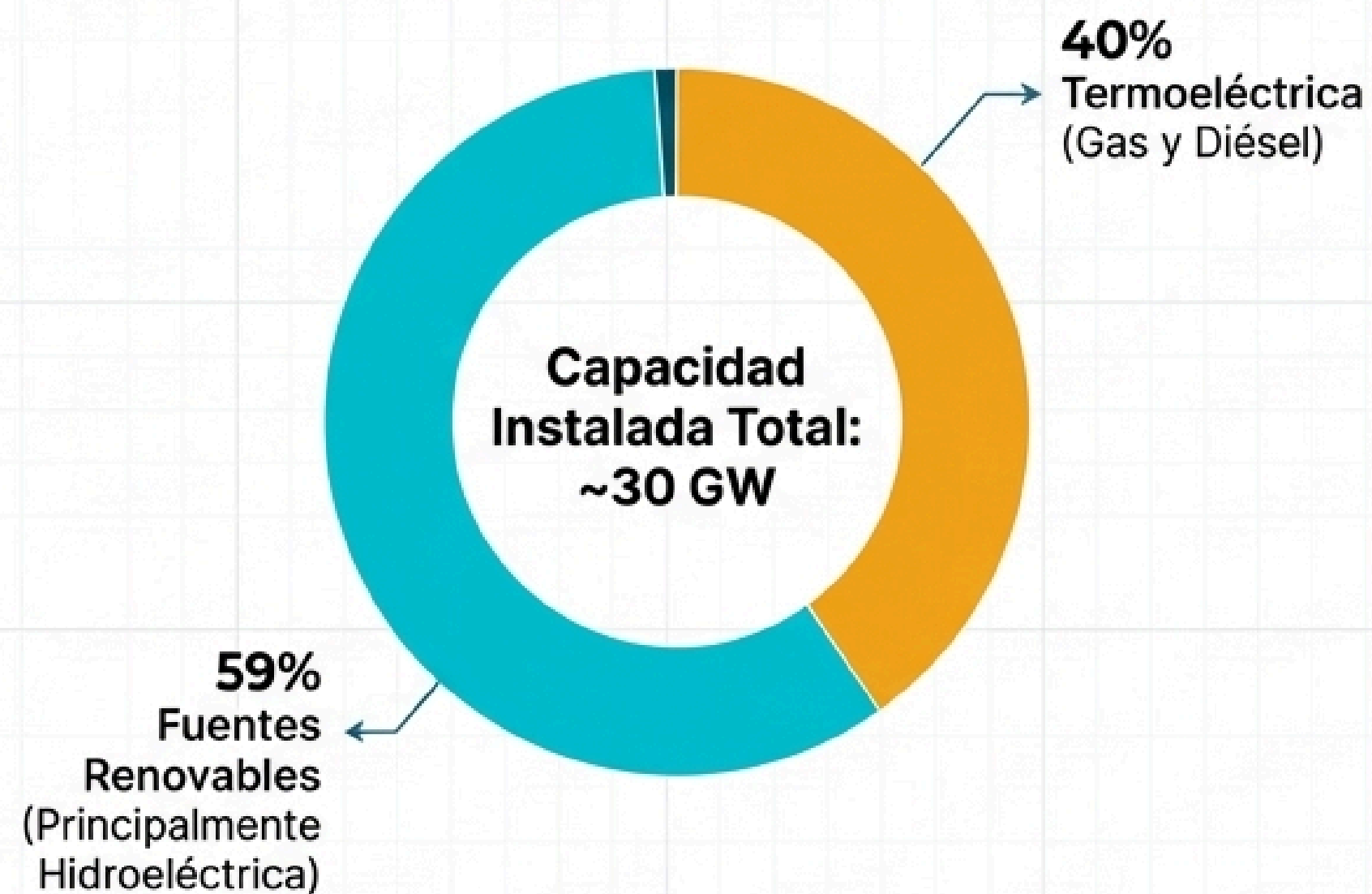


**2007-2009:
Fusión y Monopolio**

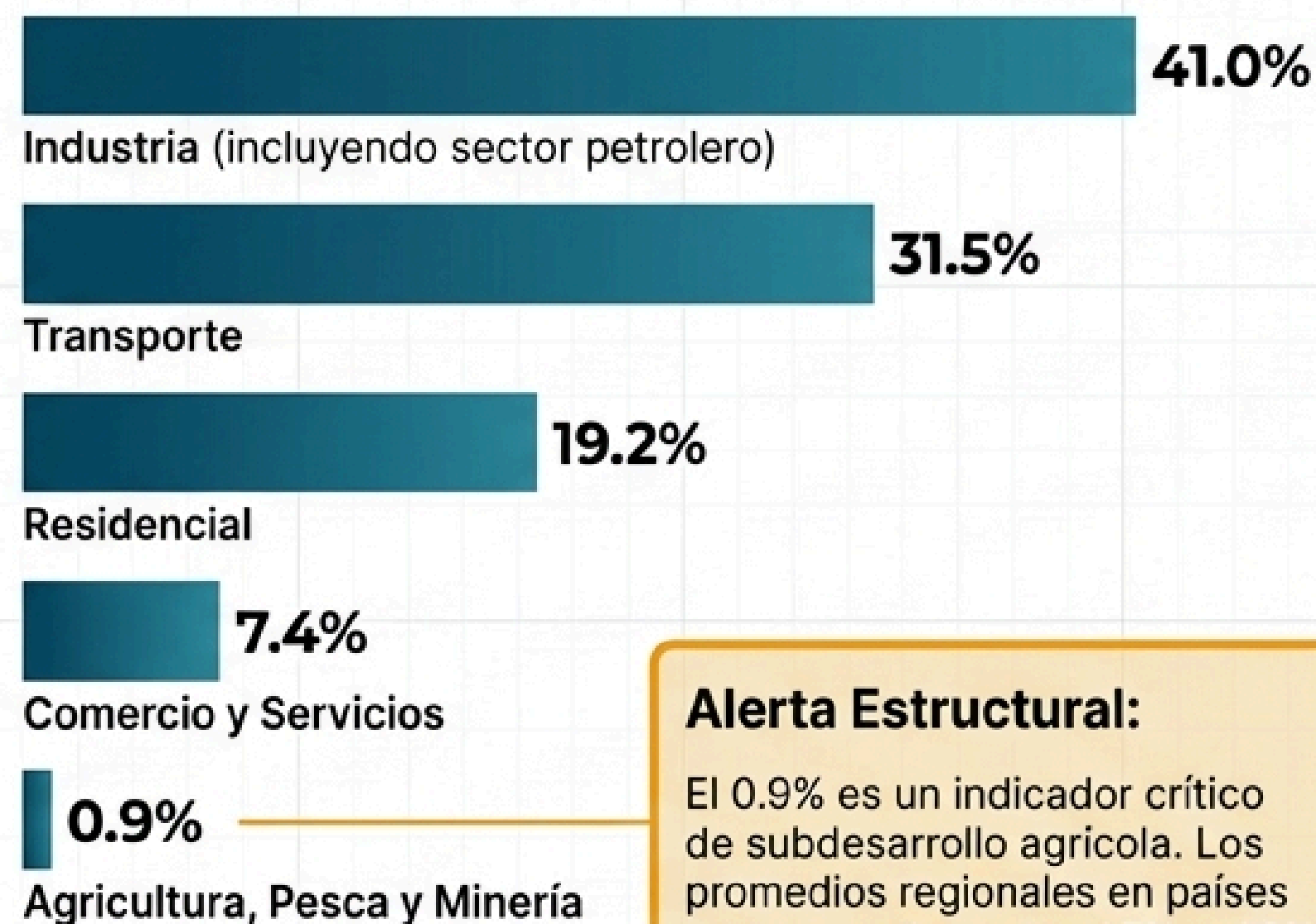
Nace CORPOELEC y el Ministerio de Energía Eléctrica. Se establece un monopolio estatal absoluto, absorbiendo toda la generación, transmisión y distribución.



Radiografía de la matriz energética y el balance de demanda actual.



Balance de Cargas por Sector



Alerta Estructural:

El 0.9% es un indicador crítico de subdesarrollo agrícola. Los promedios regionales en países vecinos oscilan entre el 7% y el 8%.

La paradoja del consumo: tarifas congeladas que incentivan el despilfarro.

Métrica	Florida (USA)	Colombia	Venezuela
Consumo Promedio Mensual	854 kWh	< 500 kWh	Históricamente extremo (Ej. pico de 4,322 kWh/año en 2005)
Costo Promedio	\$0.18 / kWh	\$0.10 / kWh	\$0.03 / kWh (Tarifa fuertemente subsidiada)
Modelo Tarifario	Fluctuante por estación	Penalización económica severa al superar los 600 kWh	Ausencia de incentivos económicos para el ahorro energético

Insight del Sistema:

Una factura eléctrica promedio en Florida equivale a \$142 al mes. En Venezuela, la desconexión total entre el costo real de generación, transmisión y la tarifa final cobrada al usuario ha creado una cultura sistémica de alto consumo que asfixia la capacidad instalada y precipita las fallas.

El Bajo Caroní concentra la infraestructura vital del país.

Embalse Guri

El embalse de contención gigante. Volumen de 135 km³.

Tocoma

El eslabón inconcluso. Proyecto estancado.

Caruachi

Operativa desde 2006.

Complejo Macagua

Macagua I, II y III. Operando dentro de la ciudad.

Confluencia y Puente Angosturita

Unión del Caroní con el Orinoco.

Geografía Estratégica:

Este corredor hídrico concentra las represas más grandes del país, operando en cascada antes de desembocar en el río Orinoco.

Operación en cascada: aprovechando cada metro de caída.



Paso 1: Guri (Simón Bolívar)

El gran embalse de contención que regula el caudal de todo el sistema.



Paso 2: Tocomá

En construcción / Inconclusa.
El eslabón roto de la cascada.



Paso 3: Caruachi

Aprovecha el flujo regulado de las centrales superiores.



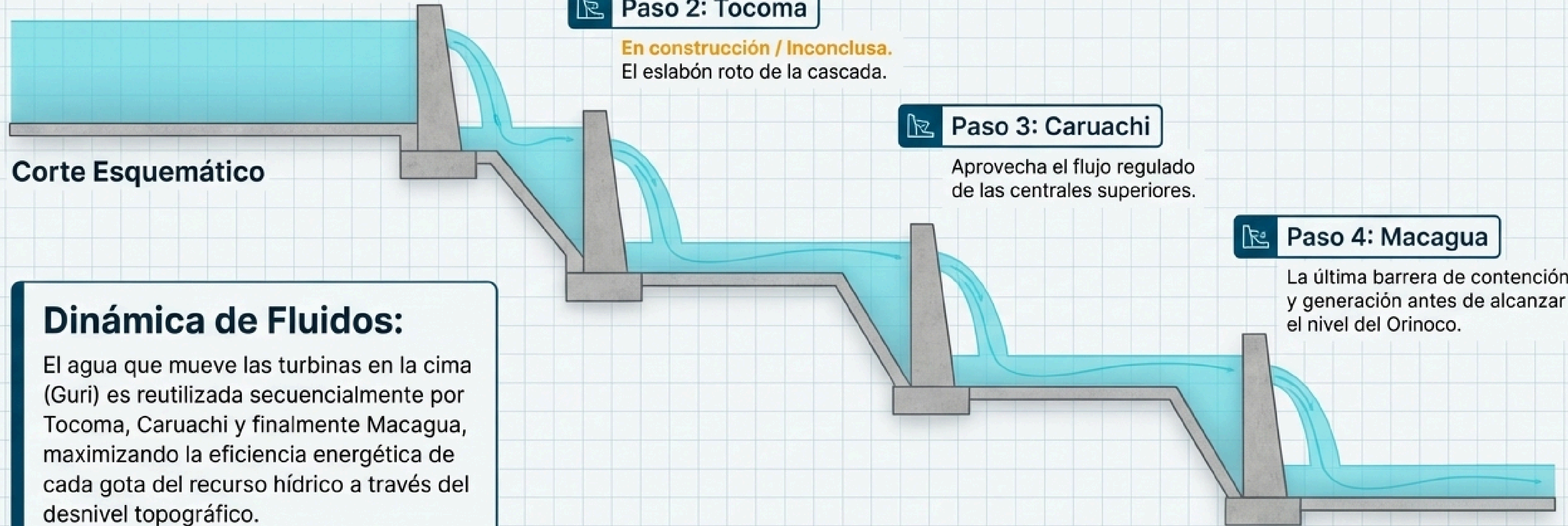
Paso 4: Macagua

La última barrera de contención y generación antes de alcanzar el nivel del Orinoco.

Corte Esquemático

Dinámica de Fluidos:

El agua que mueve las turbinas en la cima (Guri) es reutilizada secuencialmente por Tocomá, Caruachi y finalmente Macagua, maximizando la eficiencia energética de cada gota del recurso hídrico a través del desnivel topográfico.



Guri: El motor hidroeléctrico que sostiene a una nación.

Central Hidroeléctrica Simón Bolívar (El Guri)

Capacidad Instalada Total

8.8 GW

(Frecuentemente reportada como 10 GW nominales)

El Embalse

135 km³

Volumen total de agua contenida. El quinto embalse artificial más grande del mundo.

Fase I (1963-1978)

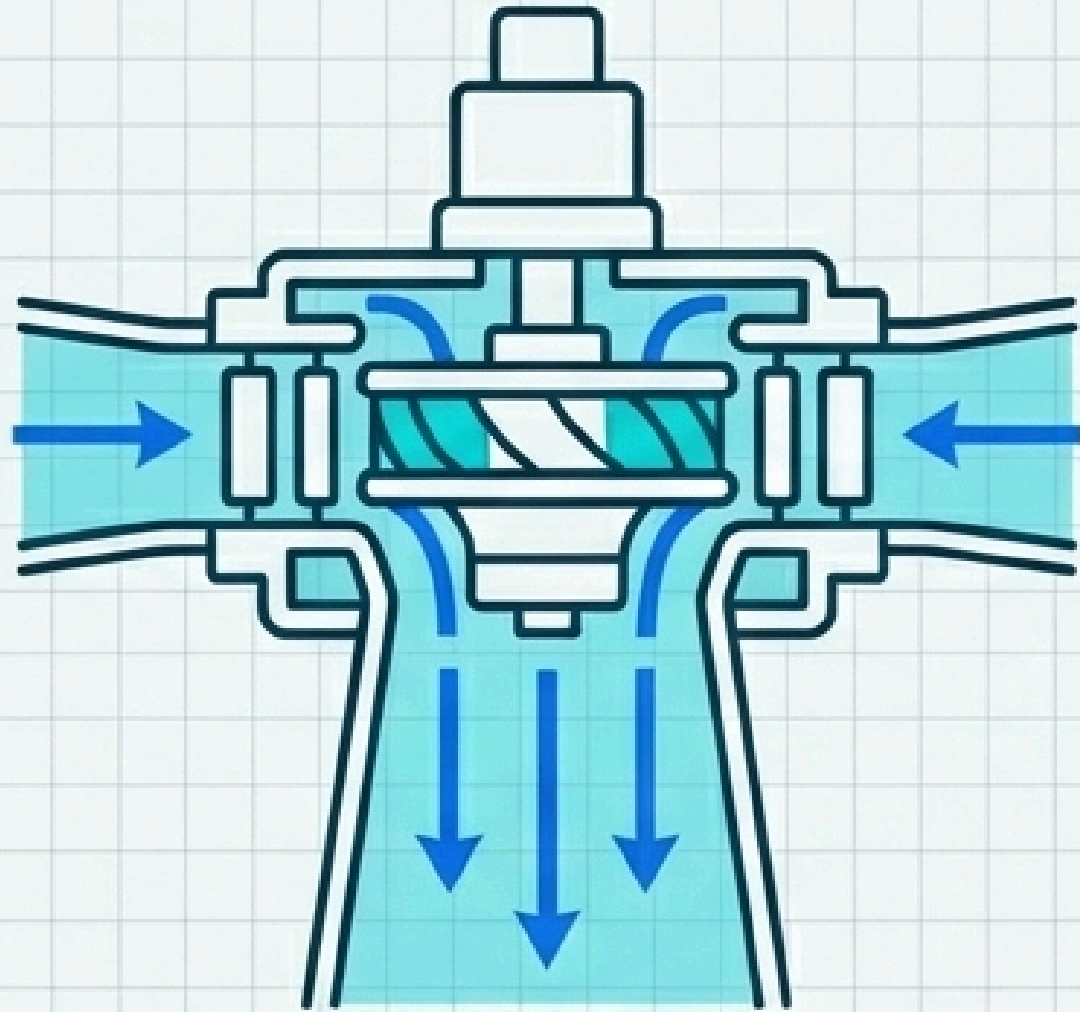
- Capacidad: ~3 GW
- 10 unidades generadoras con turbinas tipo Francis de diversas capacidades.

Fase II (1978-1986)

- Capacidad: ~7 GW
- 10 unidades generadoras masivas con turbinas tipo Francis, aportando ~700 MW cada una.

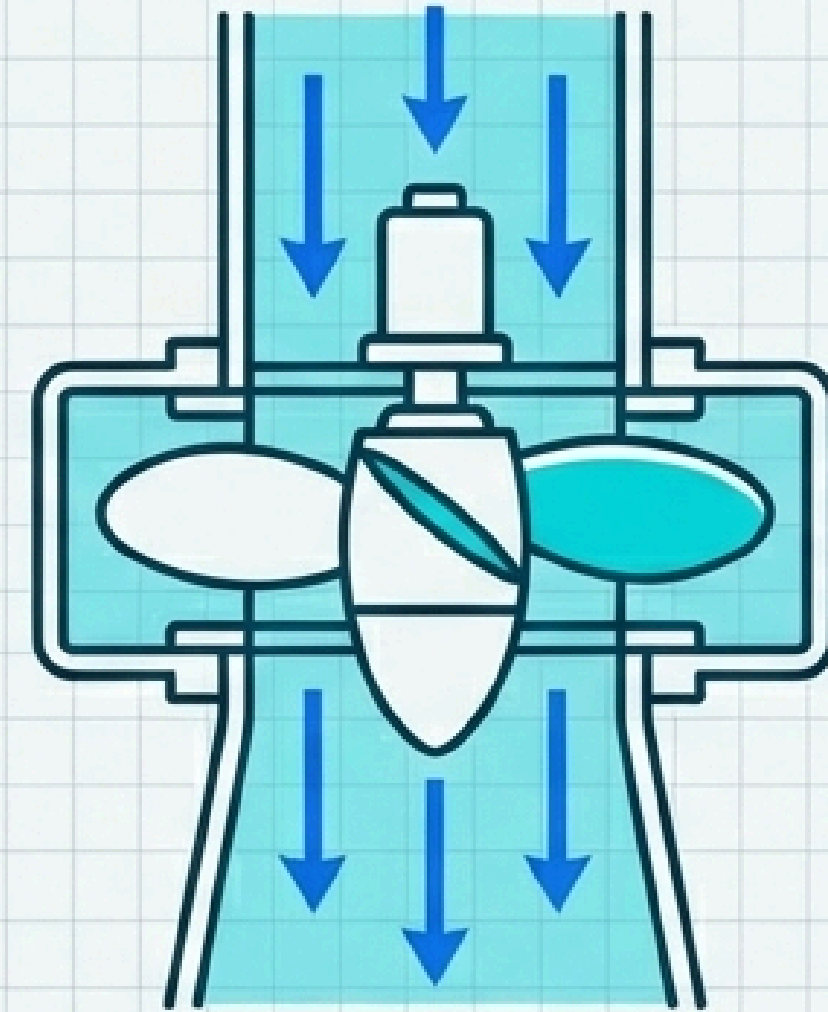
Impacto en la Red Nacional: Para 1986, la inmensa capacidad generada en Guri obligó al país a desarrollar una red pionera de líneas de transmisión de ultra alta tensión (765 kV) para lograr transportar la energía de forma eficiente hacia los centros urbanos del centro y occidente del país.

Ingeniería de fluidos: Turbinas Francis vs. Kaplan.



Turbina Francis

- **Operativa en:** Guri, Macagua I y II, Tocoma.
- **Dinámica:** El flujo de agua entra de forma radial y sale de forma axial.
- **Propósito:** Ideal para aprovechar saltos de agua de altura media y gran caudal volumétrico.



Turbina Kaplan

- **Operativa en:** Caruachi y Macagua III.
- **Dinámica:** Flujo de agua completamente axial a través de una hélice.
- **Propósito:** Diseñada con aspas ajustables para maximizar la eficiencia y extracción de energía en saltos de agua de baja altura.

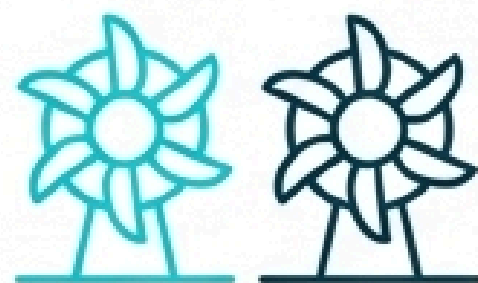
Infraestructura con propósito ecológico y social.

Complejo Macagua III

Capacidad: 172 MW



Equipamiento:
2 unidades tipo Kaplan

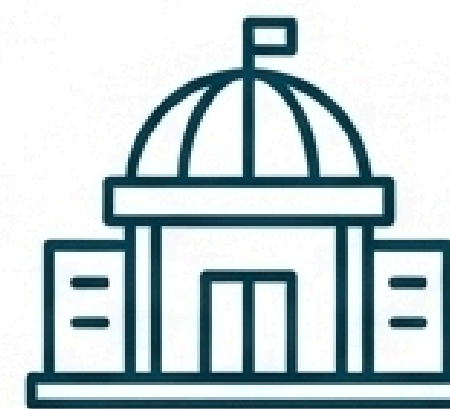


Macagua III no fue diseñada principalmente para sumar capacidad bruta masiva a la red interconectada. Su objetivo primario de ingeniería es la compensación ambiental.

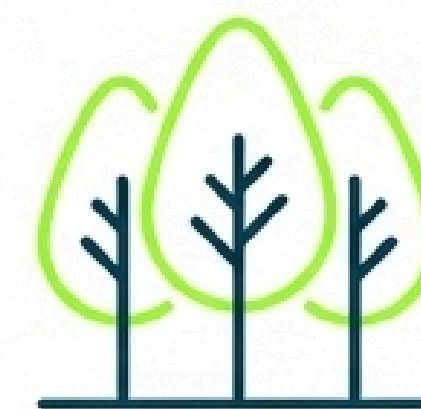
Santuario Natural



- Parque La Llovizna



- Ecomuseo del Caroní



- Parque Cachamay

Integración del Paisaje: Los aliviaderos de Macagua III operan para mantener un flujo hídrico constante que preserva la belleza de los saltos de agua naturales de La Llovizna, integrando la gigantesca maquinaria industrial en perfecta armonía con hitos turísticos, ecológicos y museos cívicos.

Radiografía de la infraestructura del Bajo Caroní.

La Radiografía del Caroní				
Complejo	Años de Inicio	Capacidad	Tipo de Turbina	Estado Actual
Macagua I, II, III	1956 / 1988	~3,134 MW combinados	Francis & Kaplan	Operativa
Guri (Fases I & II)	1963 / 1978	~8.8 GW	Francis	Operativa
Caruachi	~2000 (Inaugurada 2006)	2,160 MW	Kaplan	Operativa
Tocoma	2006	2,160 MW	Francis	Inconclusa (87% avance físico)

El colapso del modelo centralizado: El caso Tocoma.

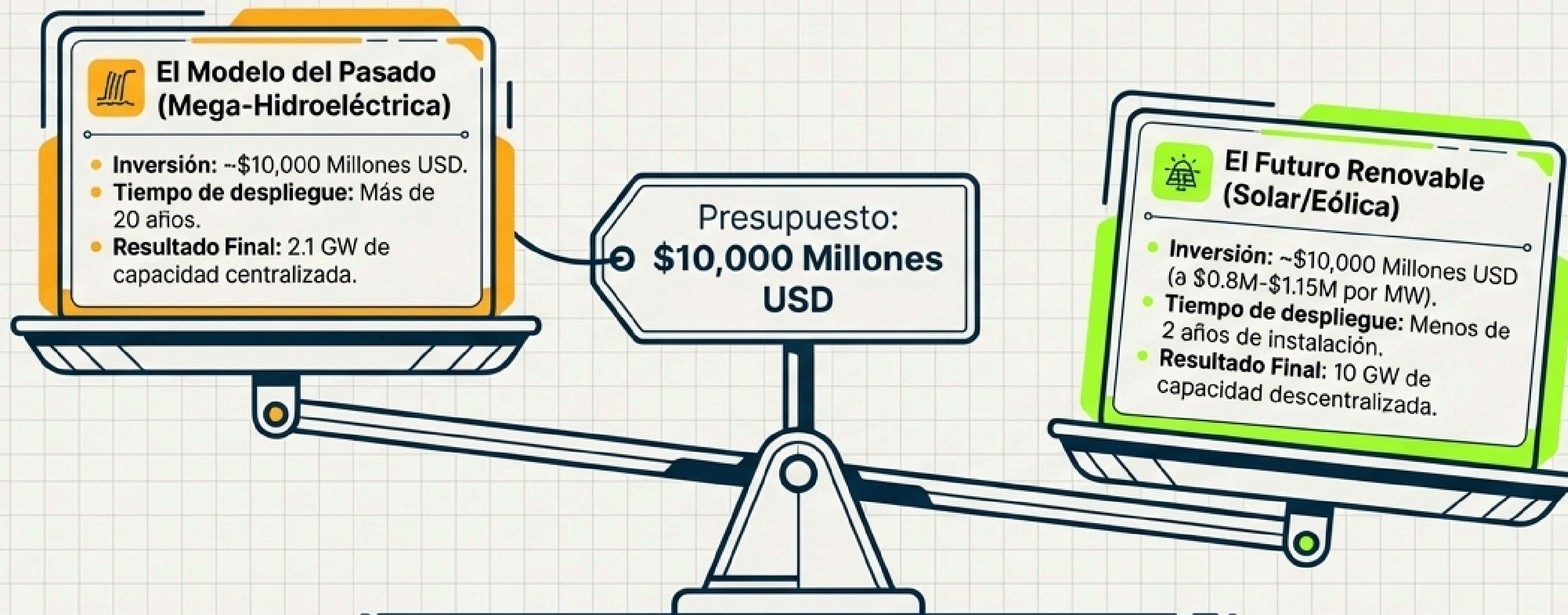
El Costo de la Generación

Métrica	Proyecto Tocoma (VEN)	Hidroituango (COL)
Duración de Obra:	20 años (Inconclusa)	13 años (Operativa desde 2023)
Capacidad Instalada:	2,160 MW	2,400 MW
Presupuesto Ejecutado:	\$9,365 millones USD	\$4,850 millones USD
Costo Real por MW:	\$4.33 millones / MW	\$2.02 millones / MW

Diagnóstico Financiero:

El estándar global de generación hidroeléctrica ronda los **\$2.0 a \$2.5 millones** por cada MW instalado. El proyecto Tocoma **ha costado el doble de esta métrica**. Actualmente sostiene deudas multimillonarias con el BID y la CAF, y tras dos décadas de desarrollo, aporta 0 MW efectivos a la red eléctrica nacional.

El Nuevo Paradigma Energético: La revolución de la agilidad.



Conclusión Estratégica:

Culminar la infraestructura hidroeléctrica existente es imperativo para evitar la pérdida total del capital. Sin embargo, el futuro de la matriz energética venezolana ya no radica en obras faraónicas de 20 años de gestación. La seguridad energética del futuro se basa en el despliegue rápido, económico y descentralizado de parques de energía solar y eólica apoyados por sistemas de baterías.