



# La iniciativa **GEVI** El Primer Generador Virtual para Chile



Prof. Rodrigo Palma Behnke (*DIE, Universidad de Chile*)

**Co-autores:** Prof. Carlos Gherardelli (*DIMEC*), Prof. Francisco Gracia (*DIQ*), Prof. Patricio Mendoza (*DIE*), Claudio Vergara, Manuel Vargas.

**Apoyan:** *Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*  
*Departamento de Ingeniería Eléctrica*  
*Centro de Modelamiento Matemático,*  
*Instituto Milenio de Sistemas Complejos de Ingeniería*



# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. Visión
4. Objetivos y Metodología
5. Estado Actual
6. Conclusiones

# 1. Introducción / El sector eléctrico

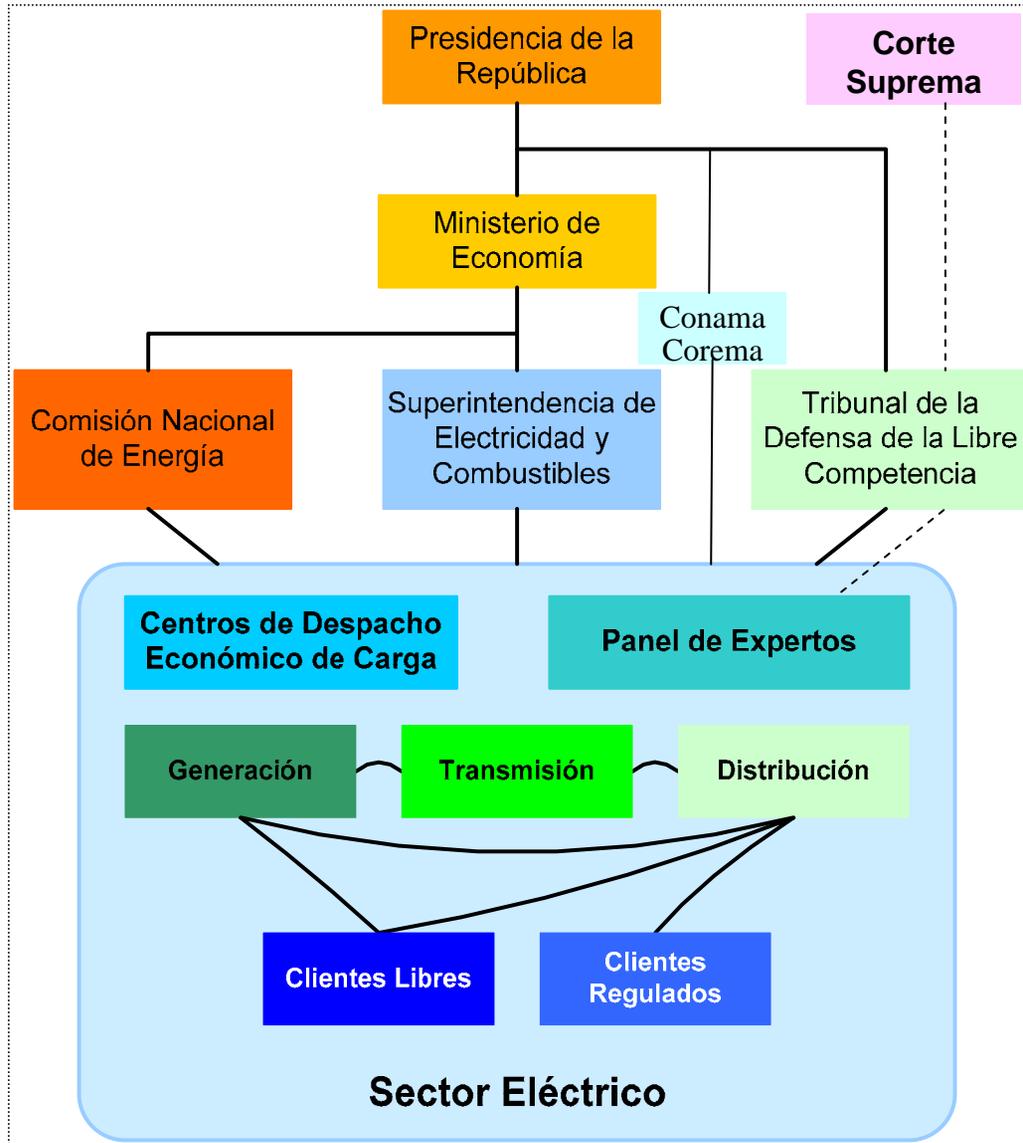
## Capacidad instalada de generación eléctrica en Chile por sistemas

Installed capacity of electric power in Chile by systems



|  |  |          |        |
|--|--|----------|--------|
| Arica y Parinacota<br>Tarapacá   | Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)<br><i>Norte Grande Interconnected System (SING)</i> |          |        |
| Antofagasta  |  | 3.596 MW | 29, 2% |
| Atacama  | Sistema Interconectado Central (SIC)<br><i>Central Interconnected System (SIC)</i>                 |          |        |
| Coquimbo<br>Valparaíso<br>Región Metropolitana<br>Lib. B. O'Higgins<br>Maule |  | 8.632 MW | 70%    |
| Bio Bío<br>Araucanía<br>Los Ríos<br>Los Lagos                                |  |          |        |
| Aysén  | Sistema de Aysén<br><i>Aysén System</i>  | 33 MW    | 0,3%   |
| Magallanes   | Sistema de Magallanes<br><i>Magallanes System</i>  | 65 MW    | 0,5%   |

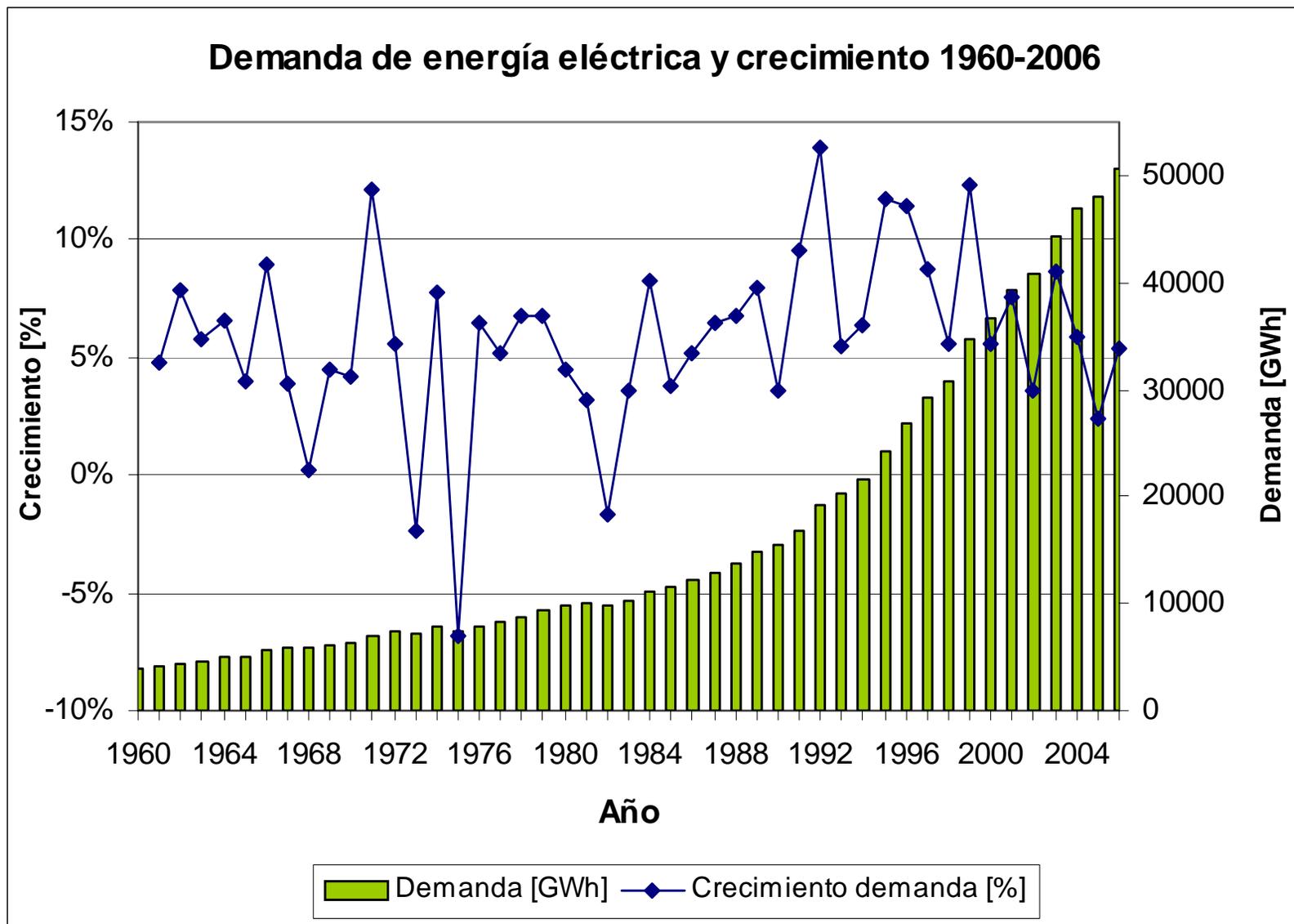
Fuente Source: CNE CONICYT



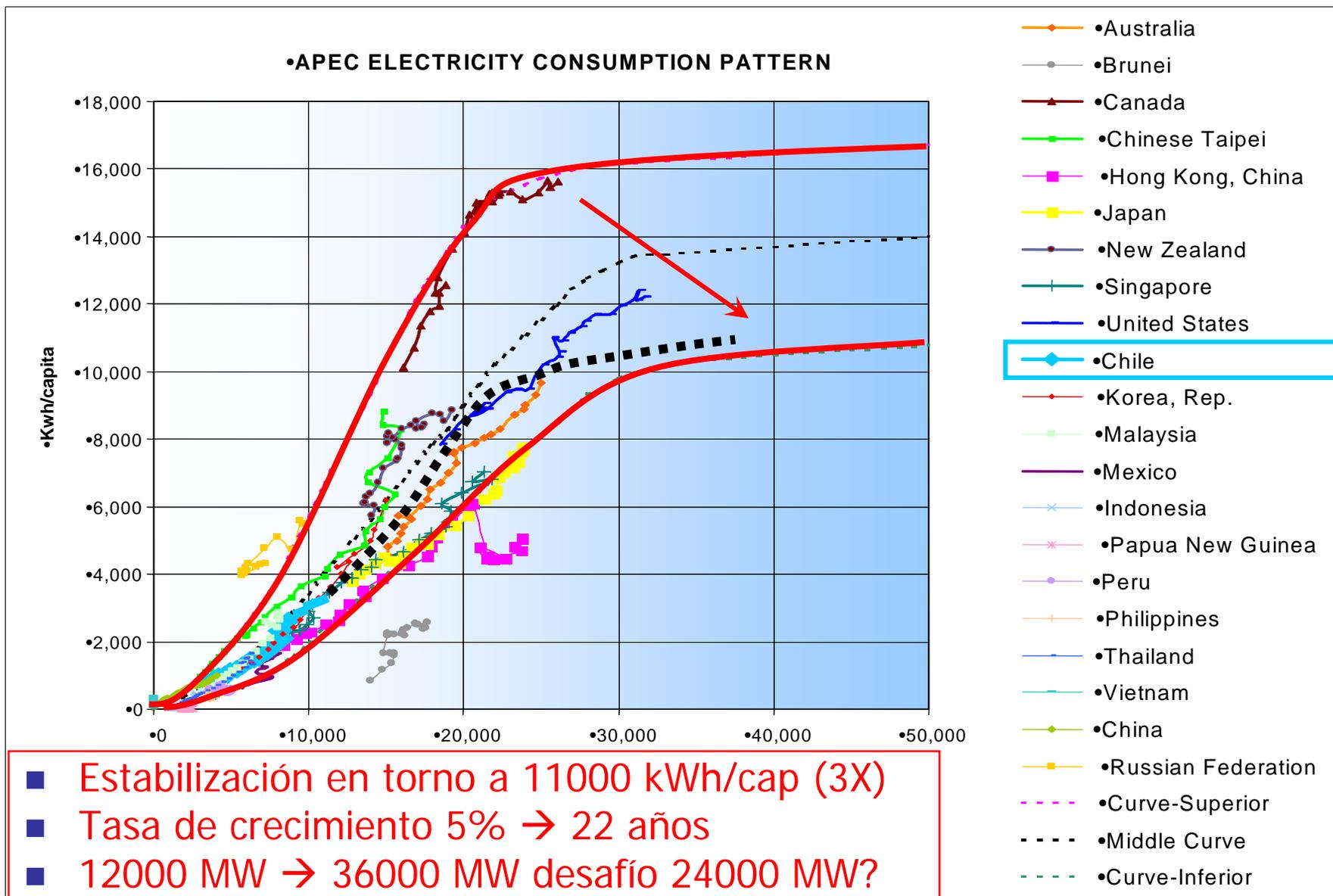
\* Fuente. U. de Chile

Calama, Junio 2008

# 1. Introducción / El crecimiento de Demanda



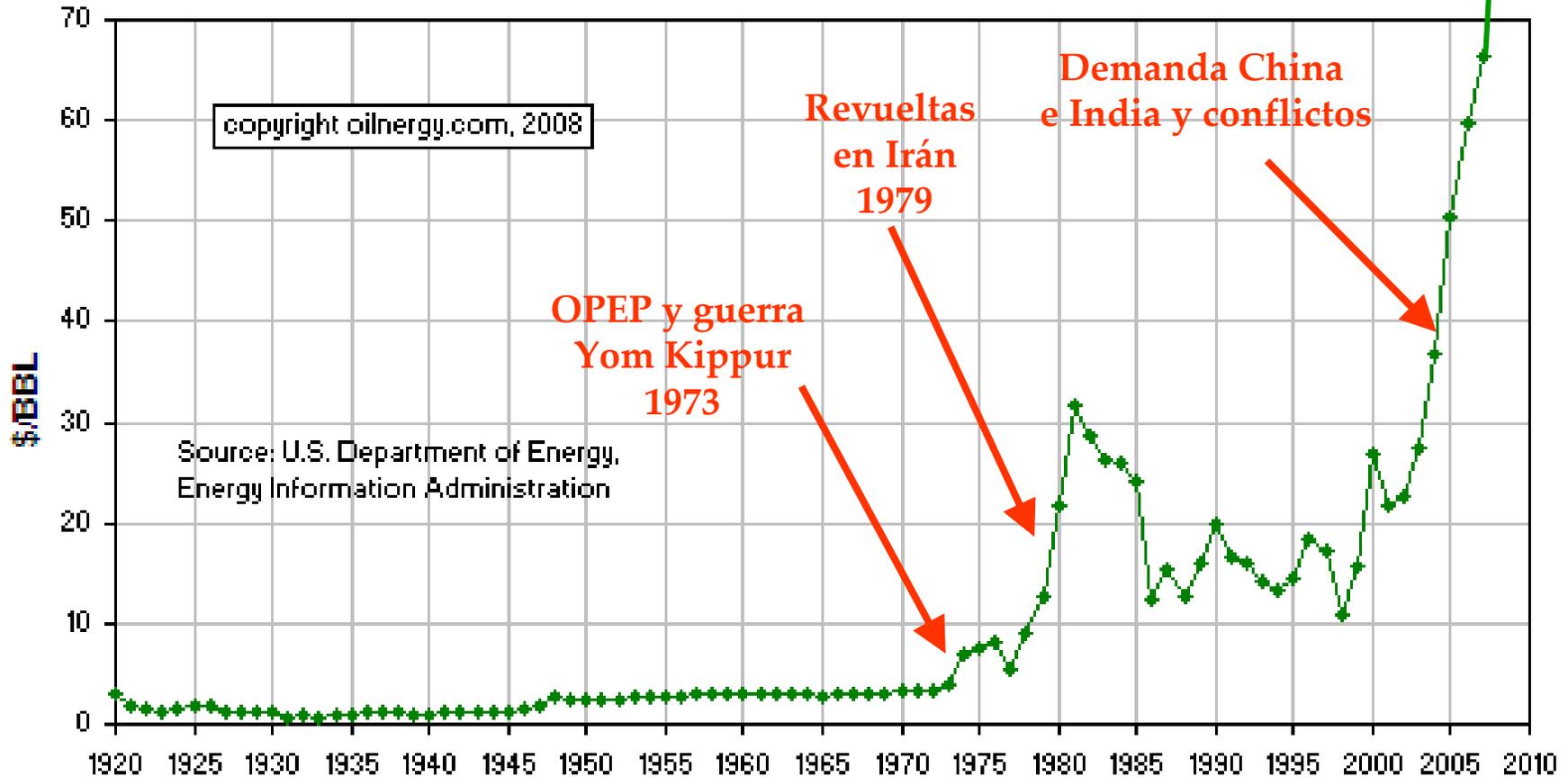
# 1. Introducción – Tarea Pendiente



Fuente: APEC, L. Vargas U. de Chile

# 1. Introducción – Precios de combustibles

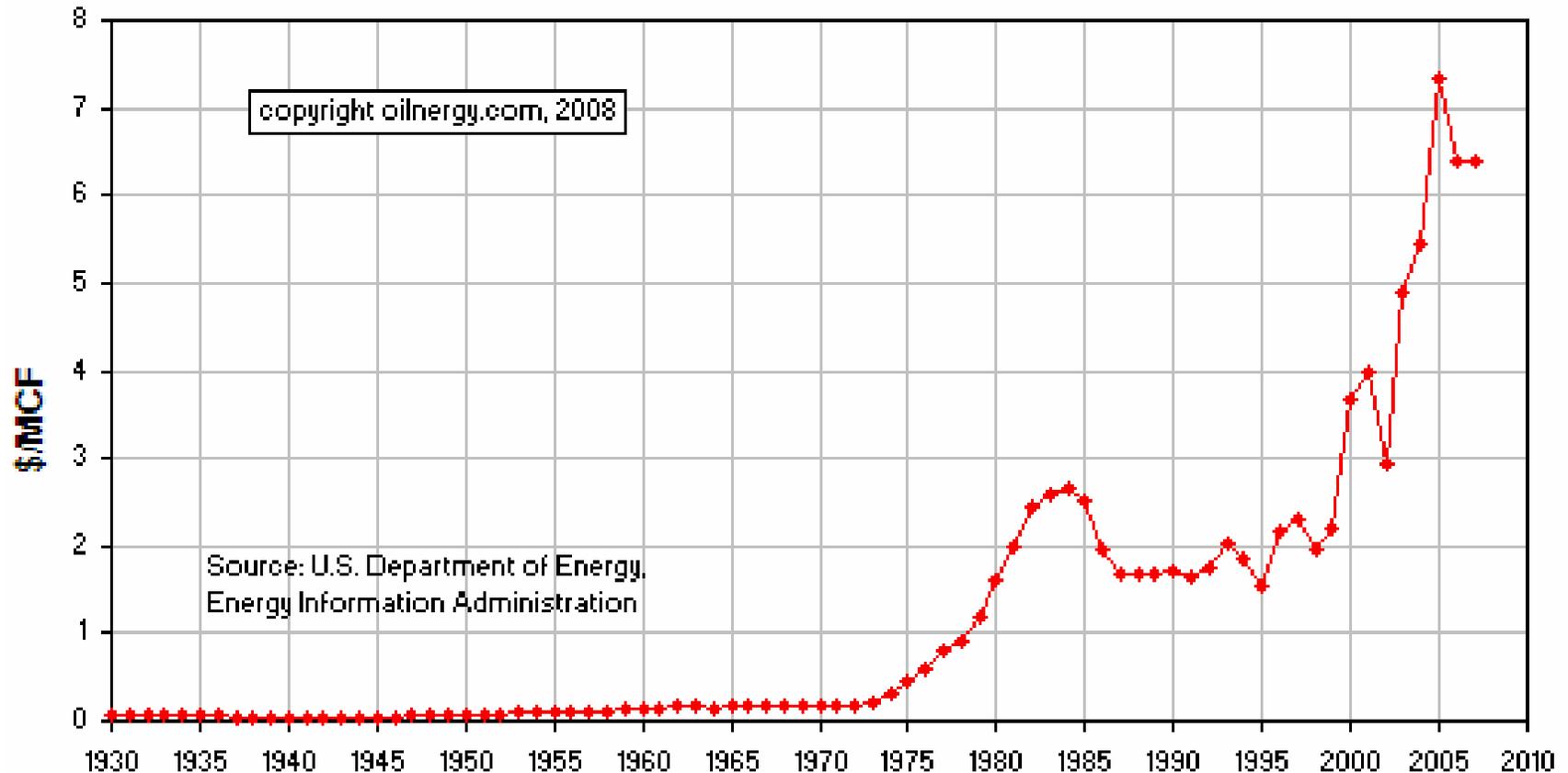
## Petróleo



\* Ref: Systep

# 1. Introducción – Precios de combustibles

## Gas natural

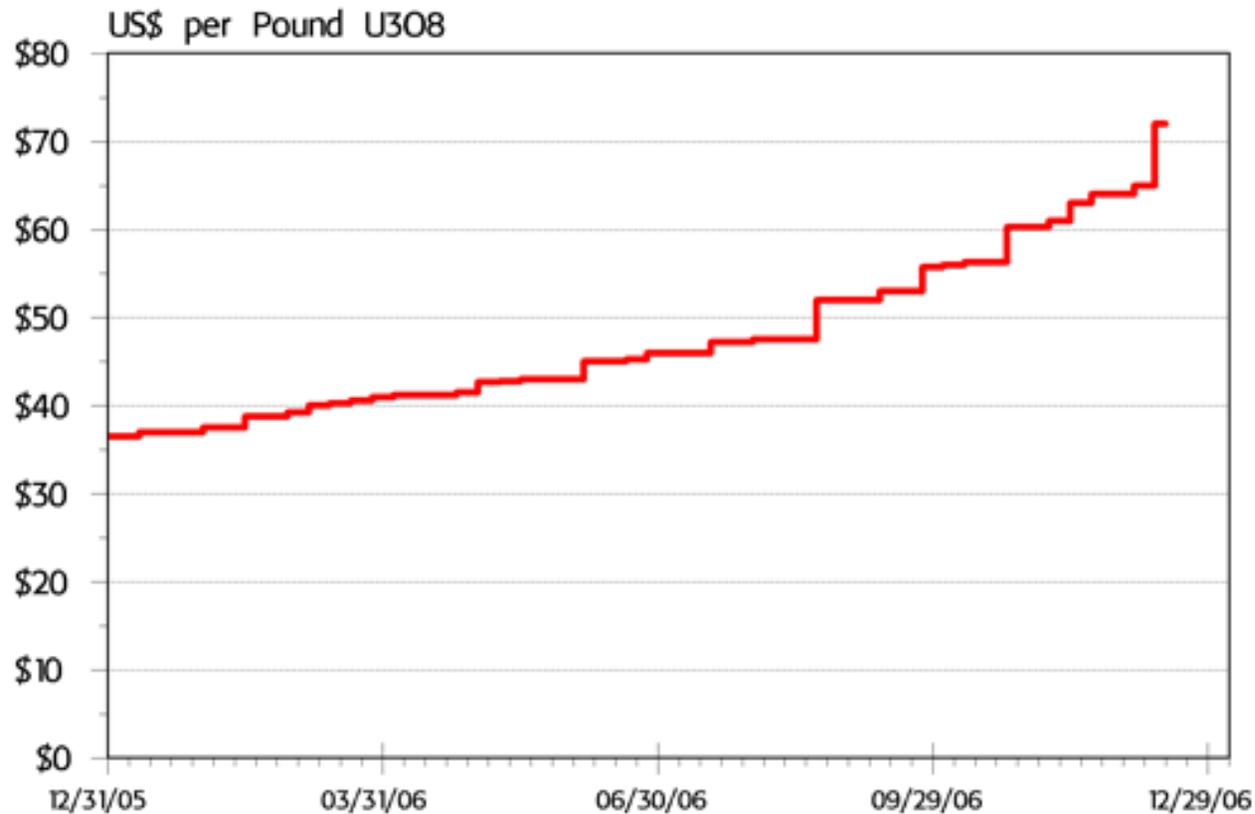


\* Ref: Systep

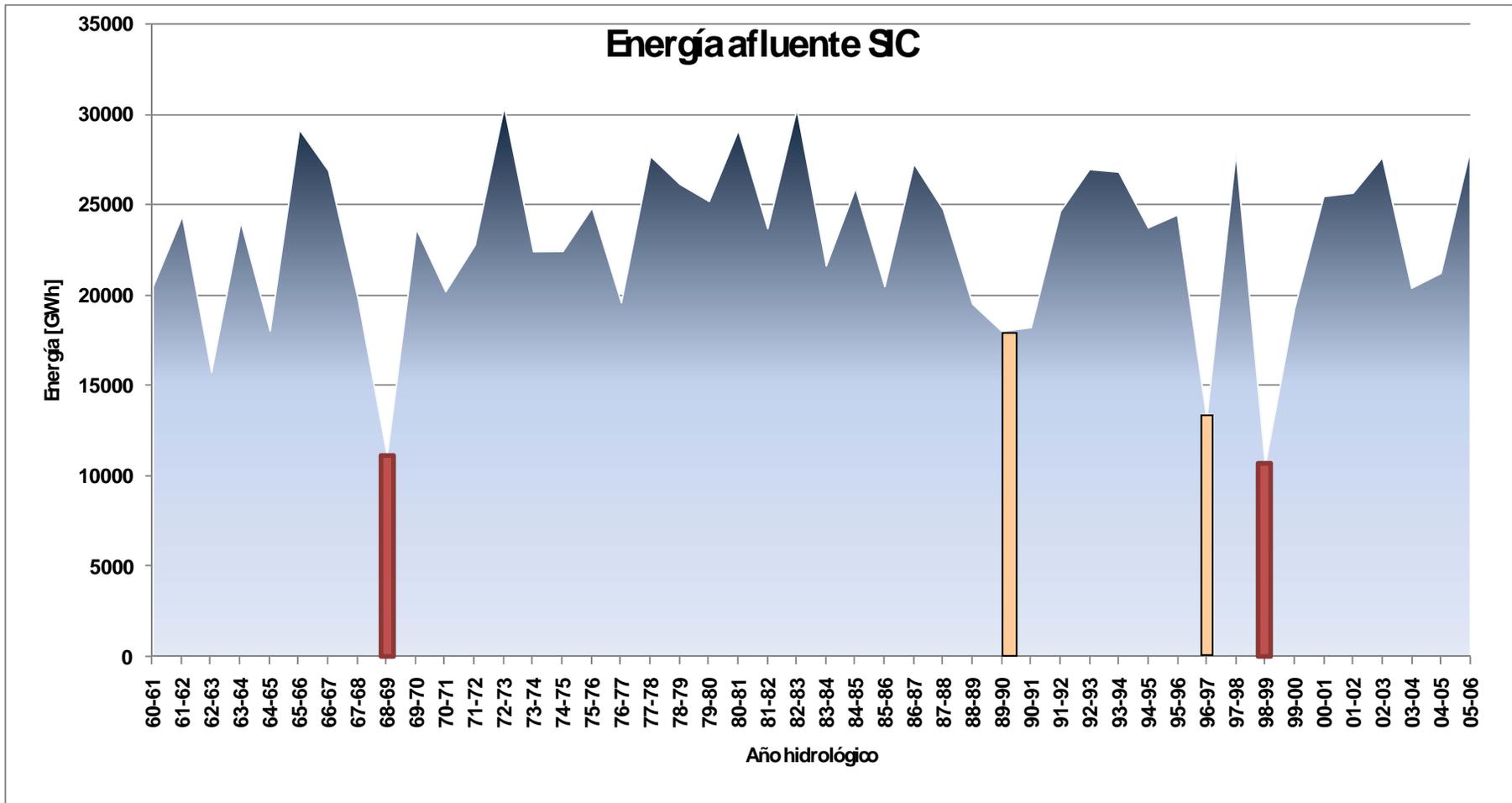
# 1. Introducción – Precios de combustibles

## Uranio

### NUEXCO/TradeTech Uranium Spot Prices for 2006

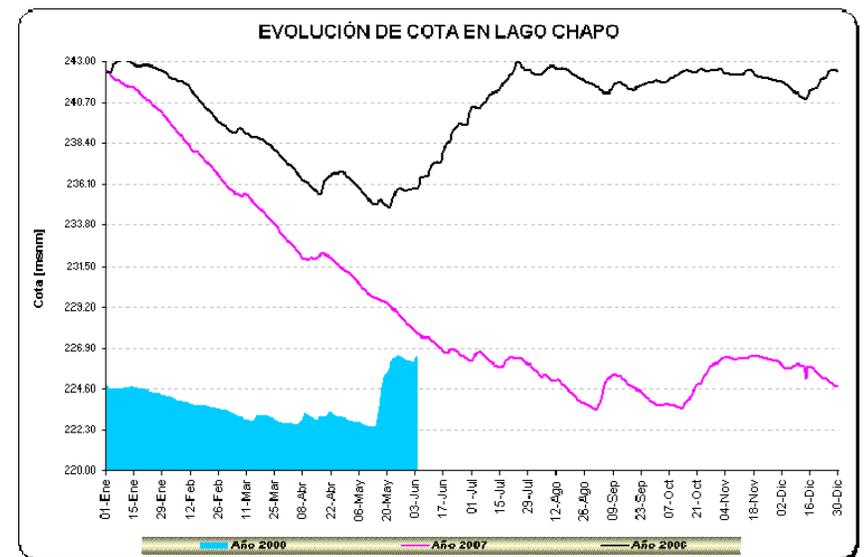
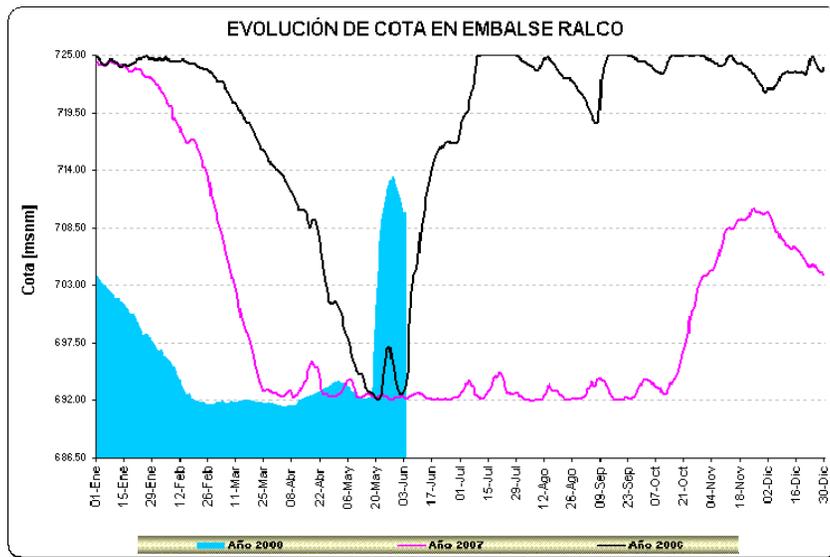
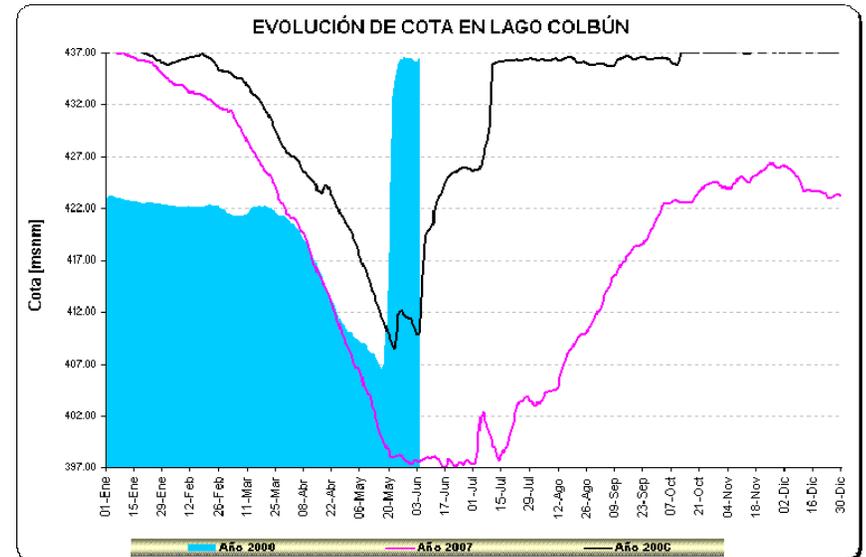
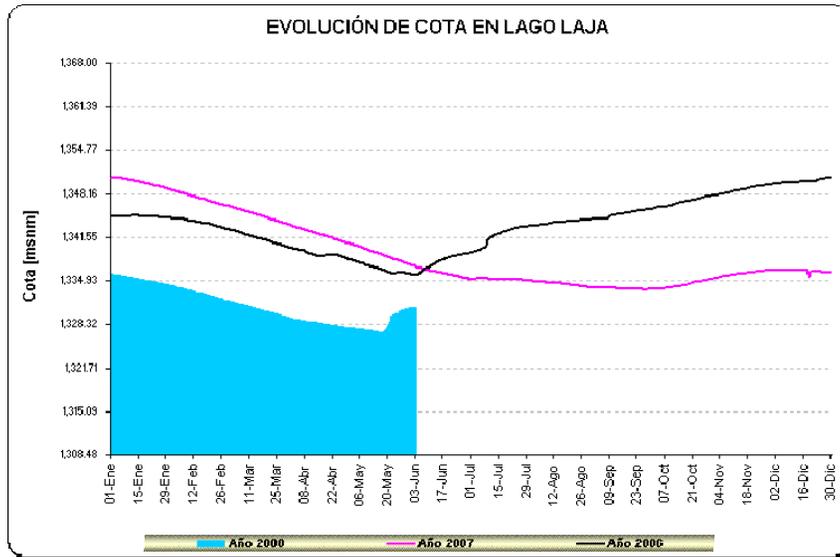


# 1. Introducción – Disponibilidad hidráulica



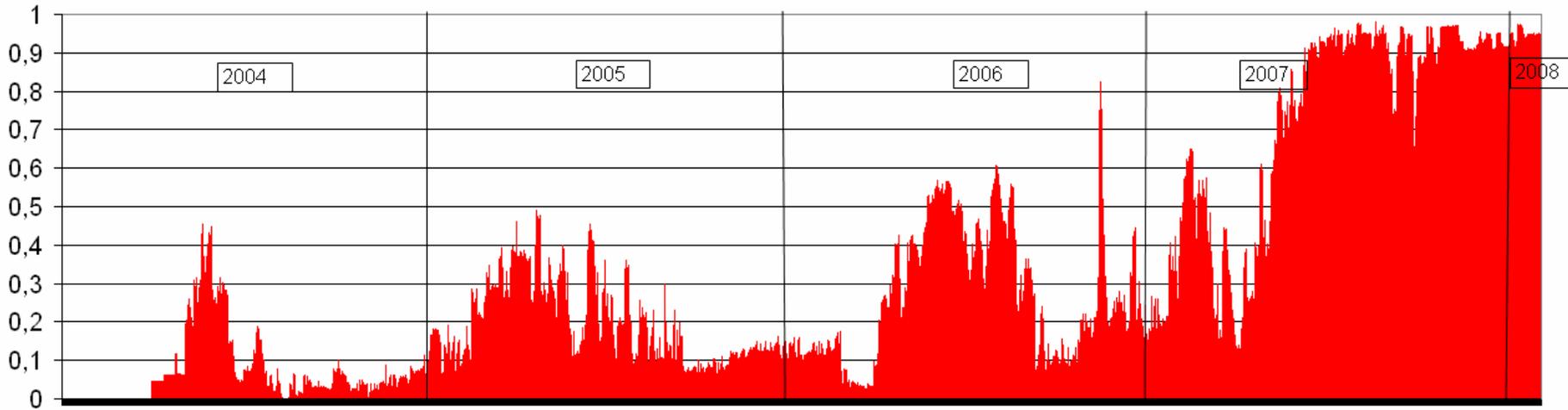
\* Ref: CNE

# 1. Introducción – Disponibilidad hidráulica

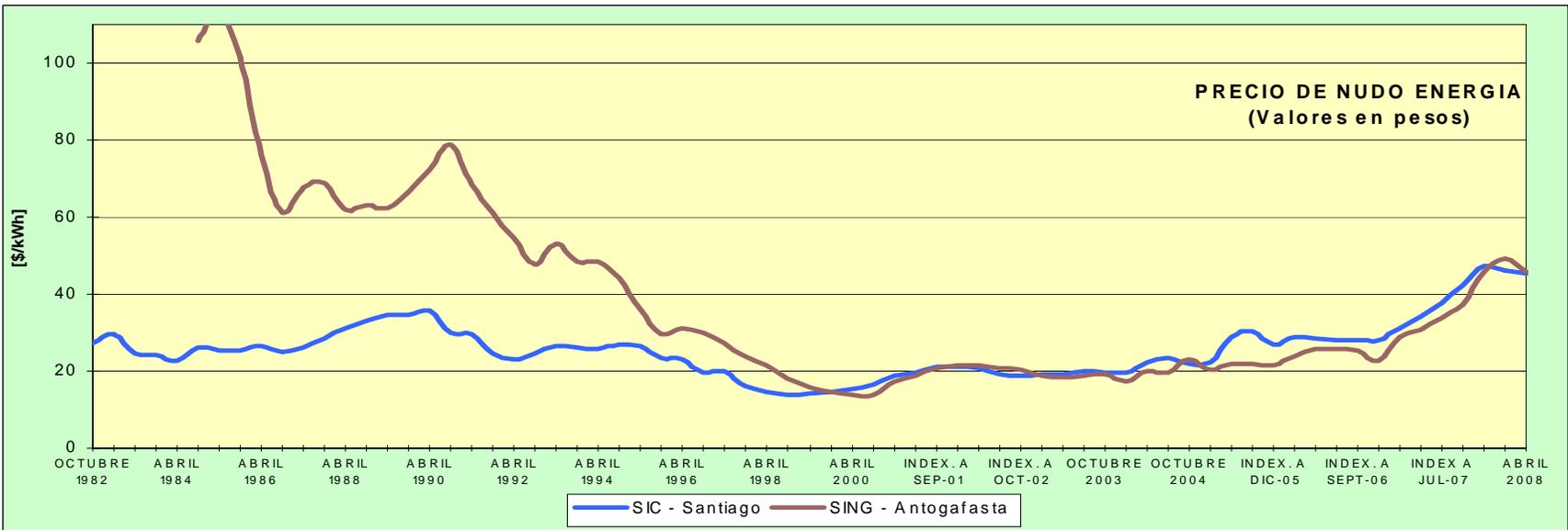
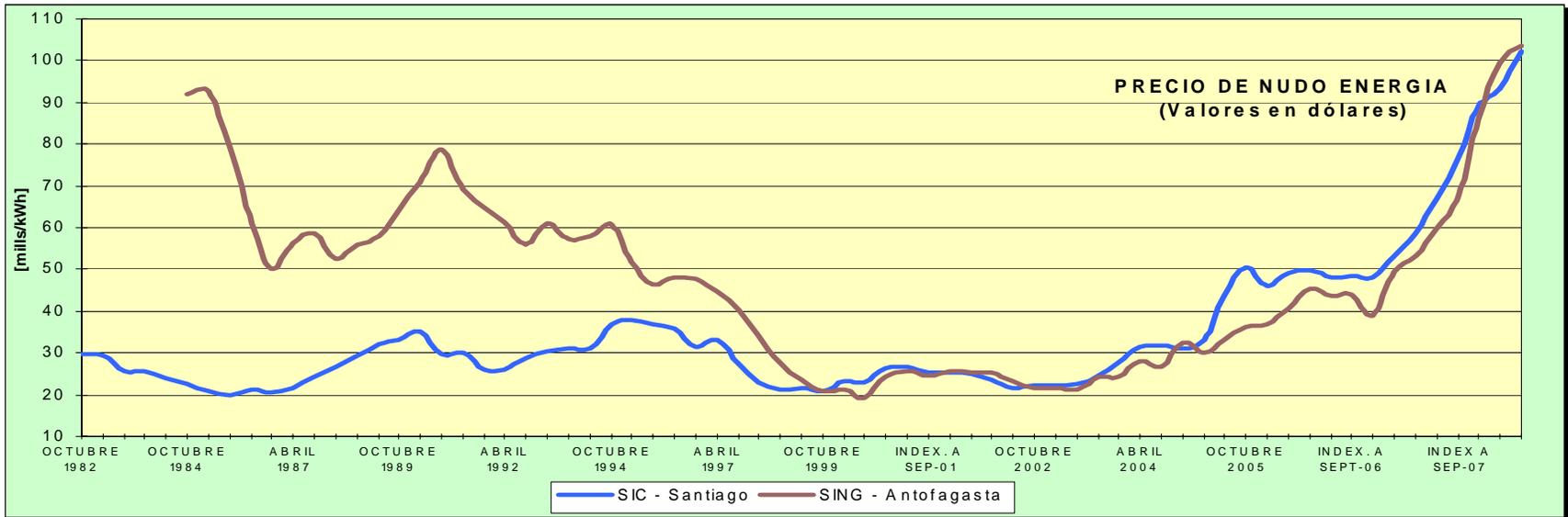


# 1. Introducción – Disponibilidad gas natural

- Recortes de gas de Argentina.

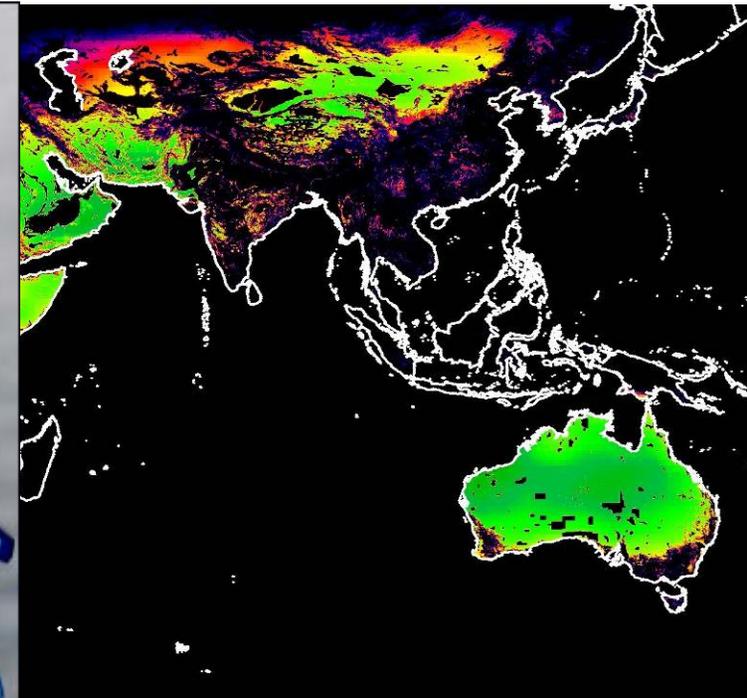
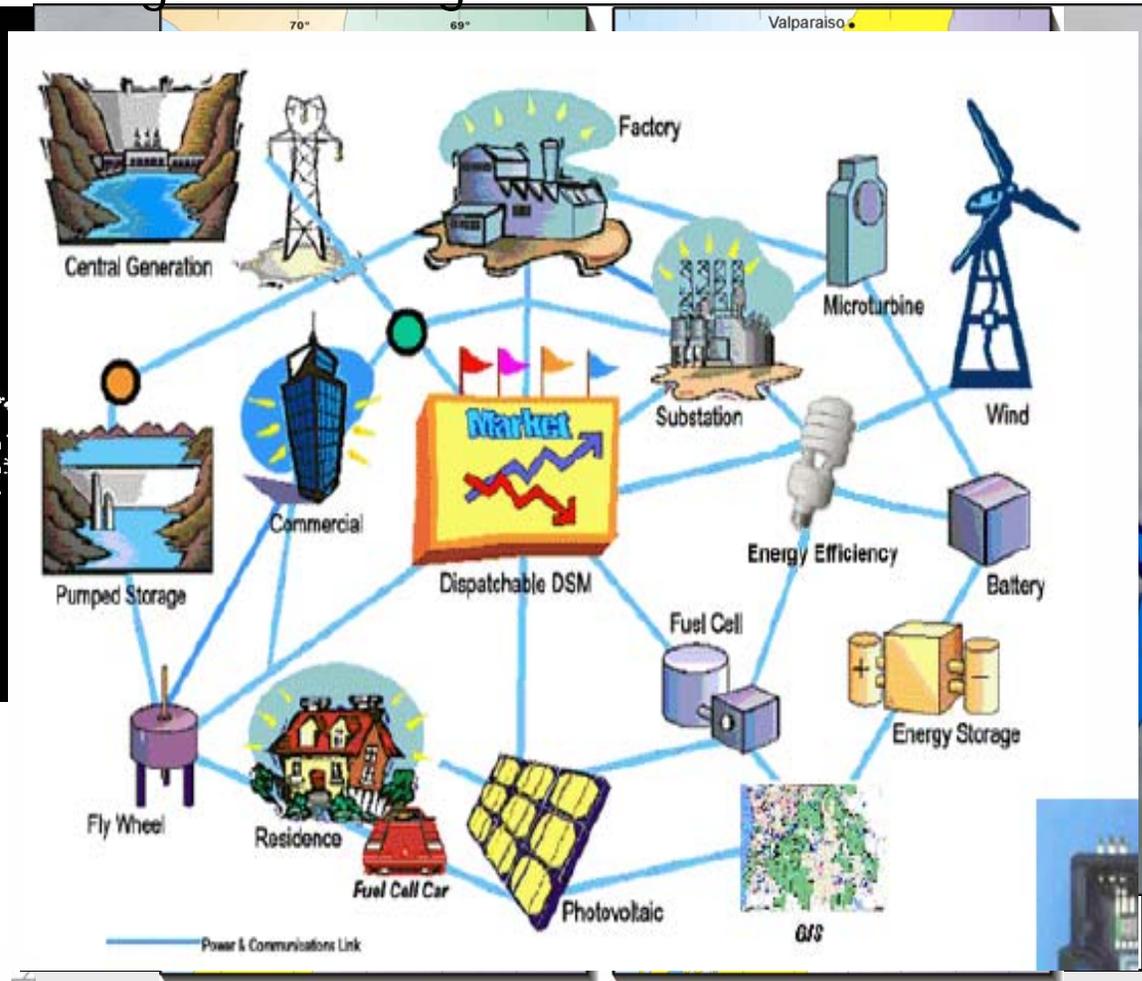


# 1. Introducción – Precios de Nudo



# 1. Introducción – Motivación

- Visión futura de los sistemas eléctricos
- Situación actual en Chile: generación distribuida **rareza**, gran potencial no evaluado!, respuesta a seguridad energética.



**VOLCANES CUATERNARIOS**  
▲ Con su nombre los volcánes activos.

**AREAS DE FUENTES TERMALES**  
● 30° - 60° C  
● > 60° C

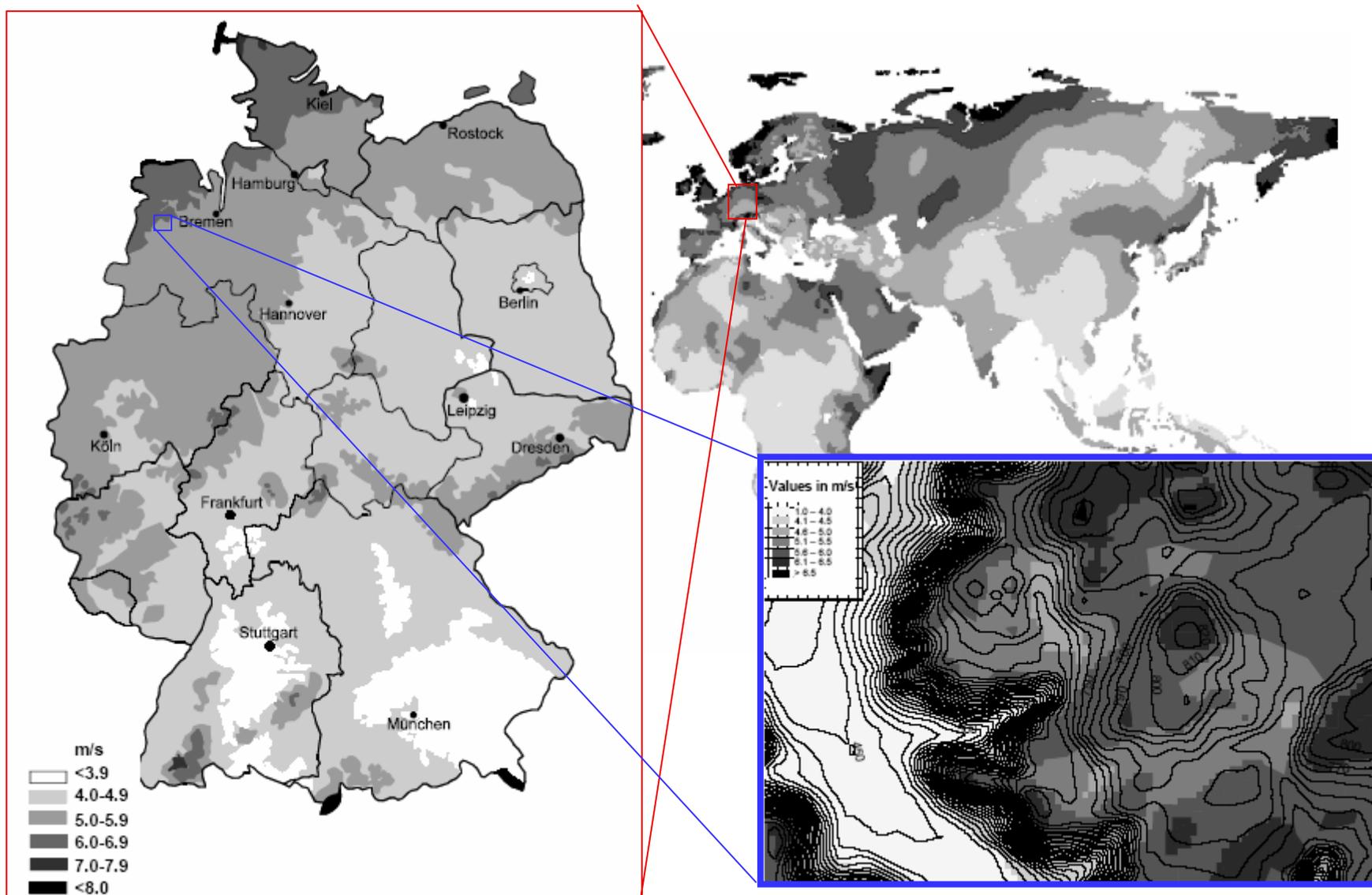
NIDO.

Ref: KEMA Consulting.

Calama, Junio 2008

13

# 1. Introducción – Potencial de recursos





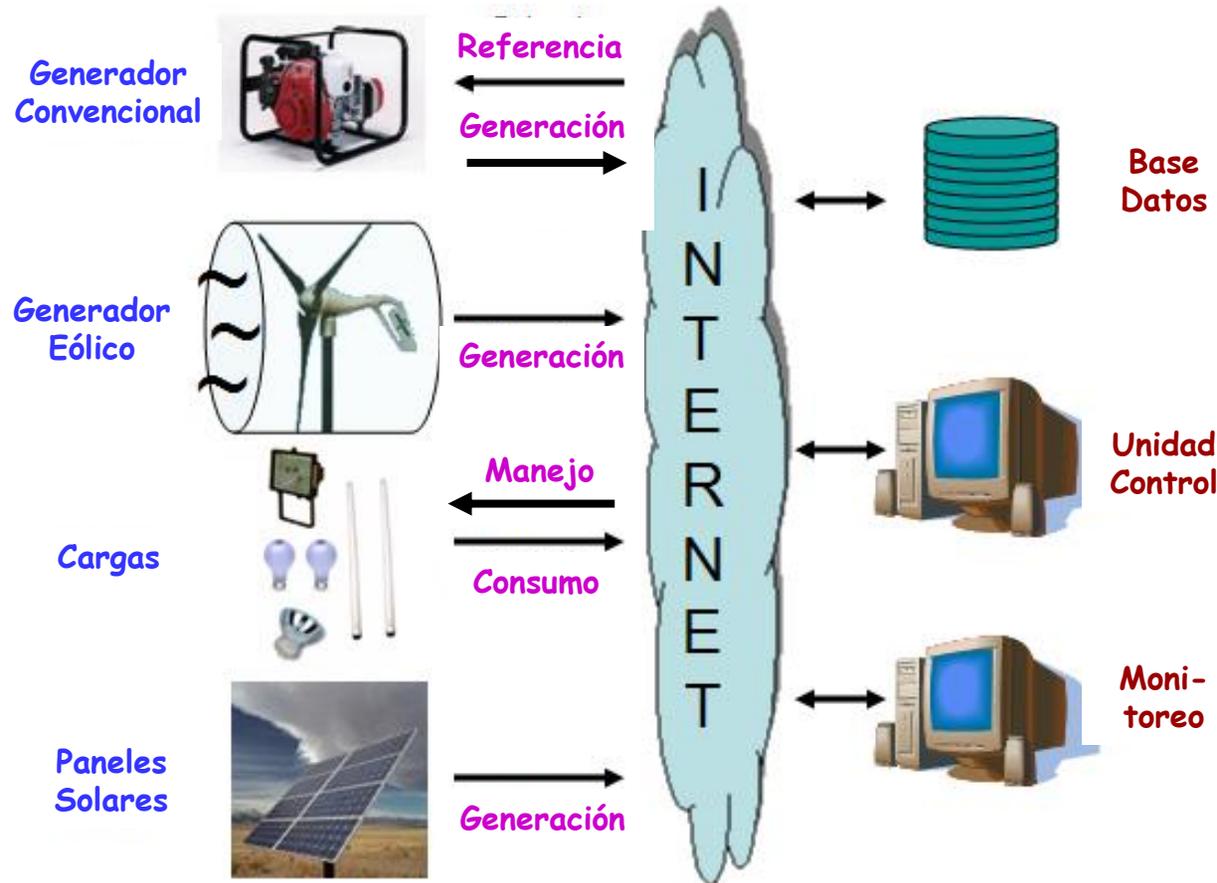
# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. **Generador Virtual**
3. Visión
4. Objetivos y Metodología
5. Estado Actual
6. Conclusiones

## 2. Generador Virtual - Definición

### Definition (VPP)

- **GEVI:** Grupo de generadores distribuidos (GD) operando bajo un esquema de coordinación común.
- **GD:** Generación de electricidad con unidades de pequeña escala ubicadas en la cercanía de los consumos
- **Participación como un solo agente de mercado.**
- **Alta diversidad de fuentes & soluciones tecnológicas.**



## 2. Generador Virtual – Iniciativas Internacionales



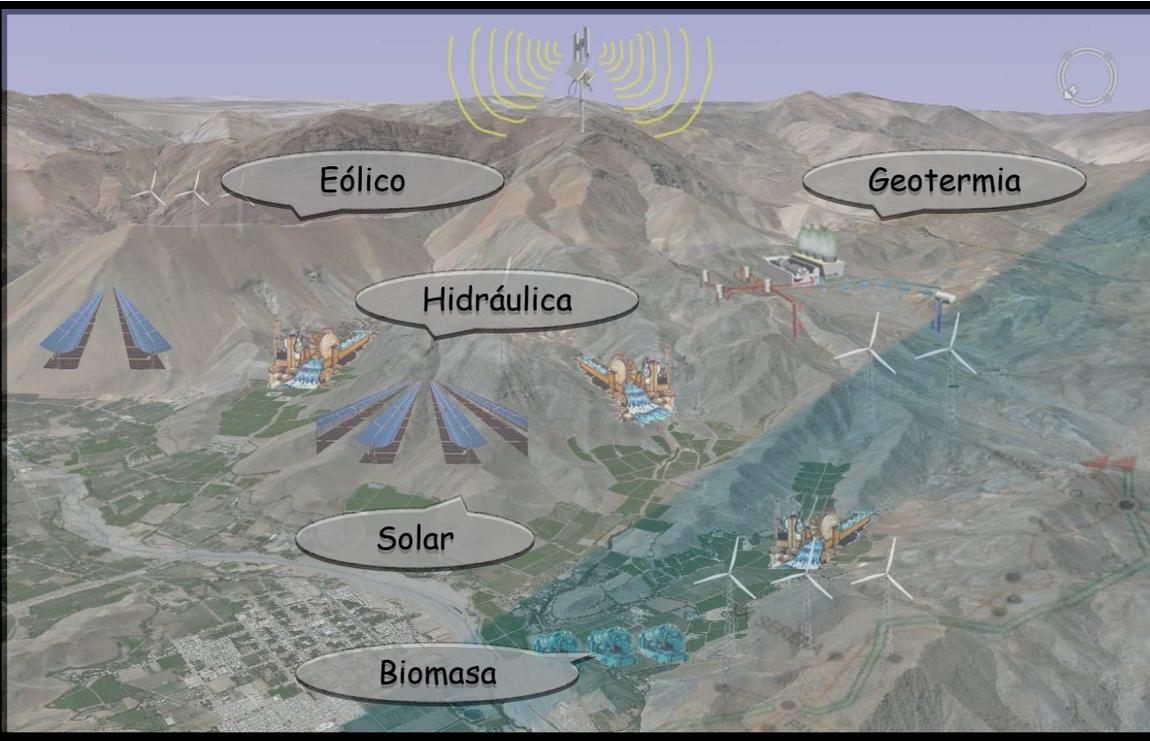
Ref: ISET

- ISET laboratories
- STEAG Project
- Encorp Virtual Power Plant
- Virtual FC Power Plant
- Fenix project (DER European Union)
- SOLID-DER
- Previous projects in Europe (CRISP, DISPOWER, MICROGRIDS, EUDEEP)
- Virtual Power Plant NATCON7
- Decentralized Energy Management System by SIEMENS
- NTT research centre, Japan (control-communication)



# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. **Visión**
4. Objetivos y Metodología
5. Estado Actual
6. Conclusiones



## Recursos Energéticos:

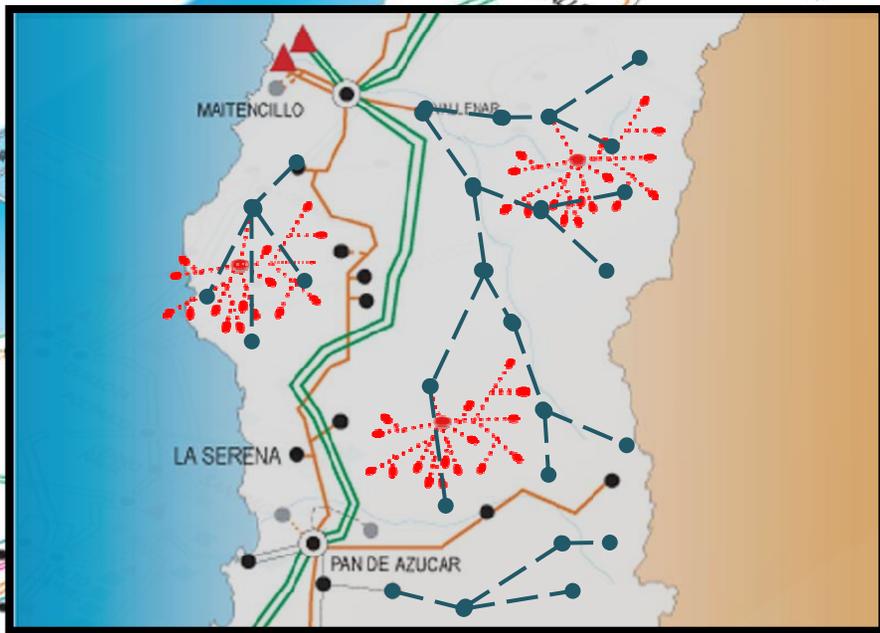
Hidráulica  
 Eólico  
 Solar Fotovoltaico  
 Solar Concentrador  
 Biomasa  
 Diesel  
 Geotermia  
 Mareomotriz

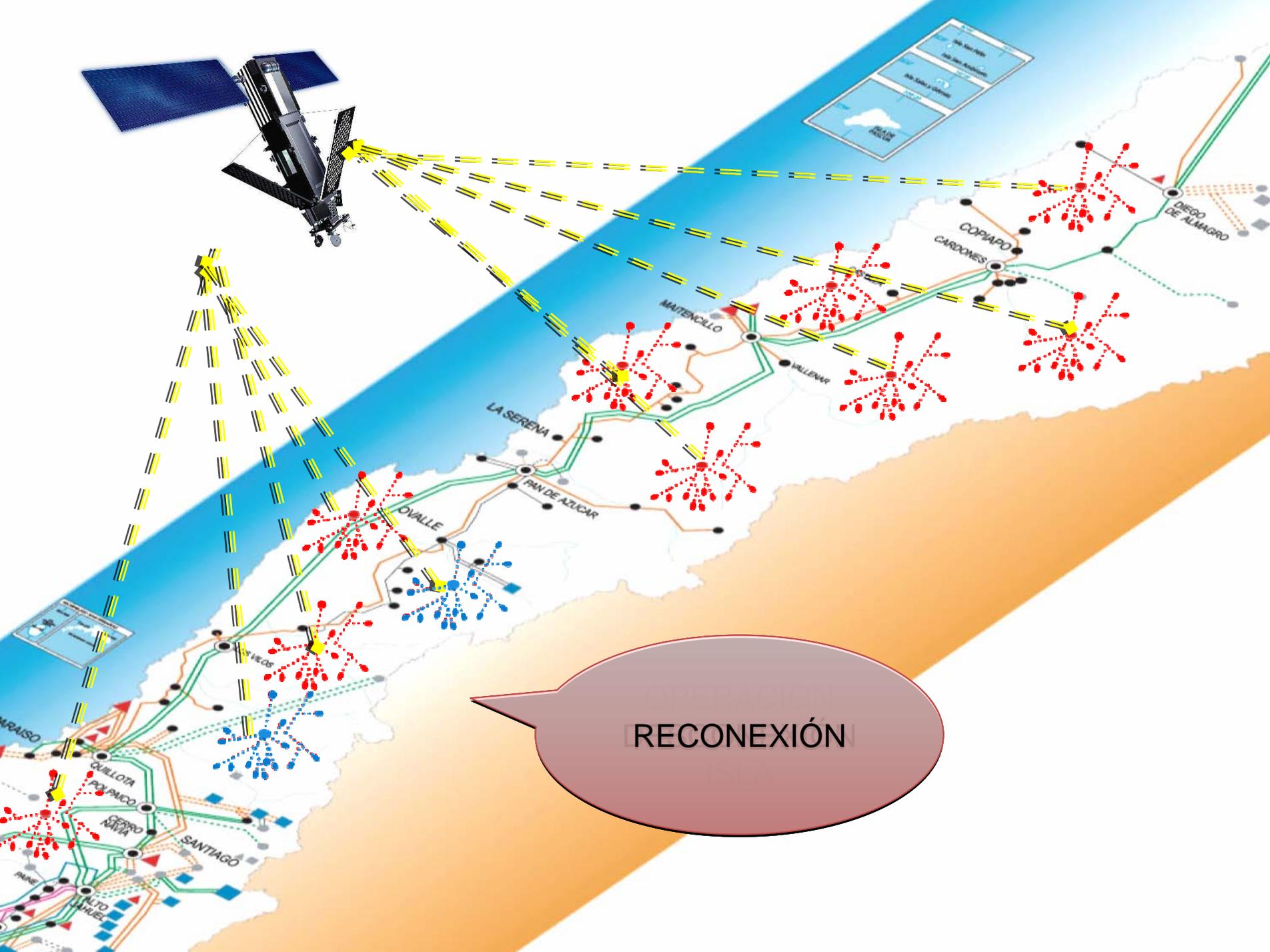
## Configuraciones GEVI:

Administrador de Redes  
 Urbano  
 Zona auto-sustentada  
 Exportador puro  
 Minero

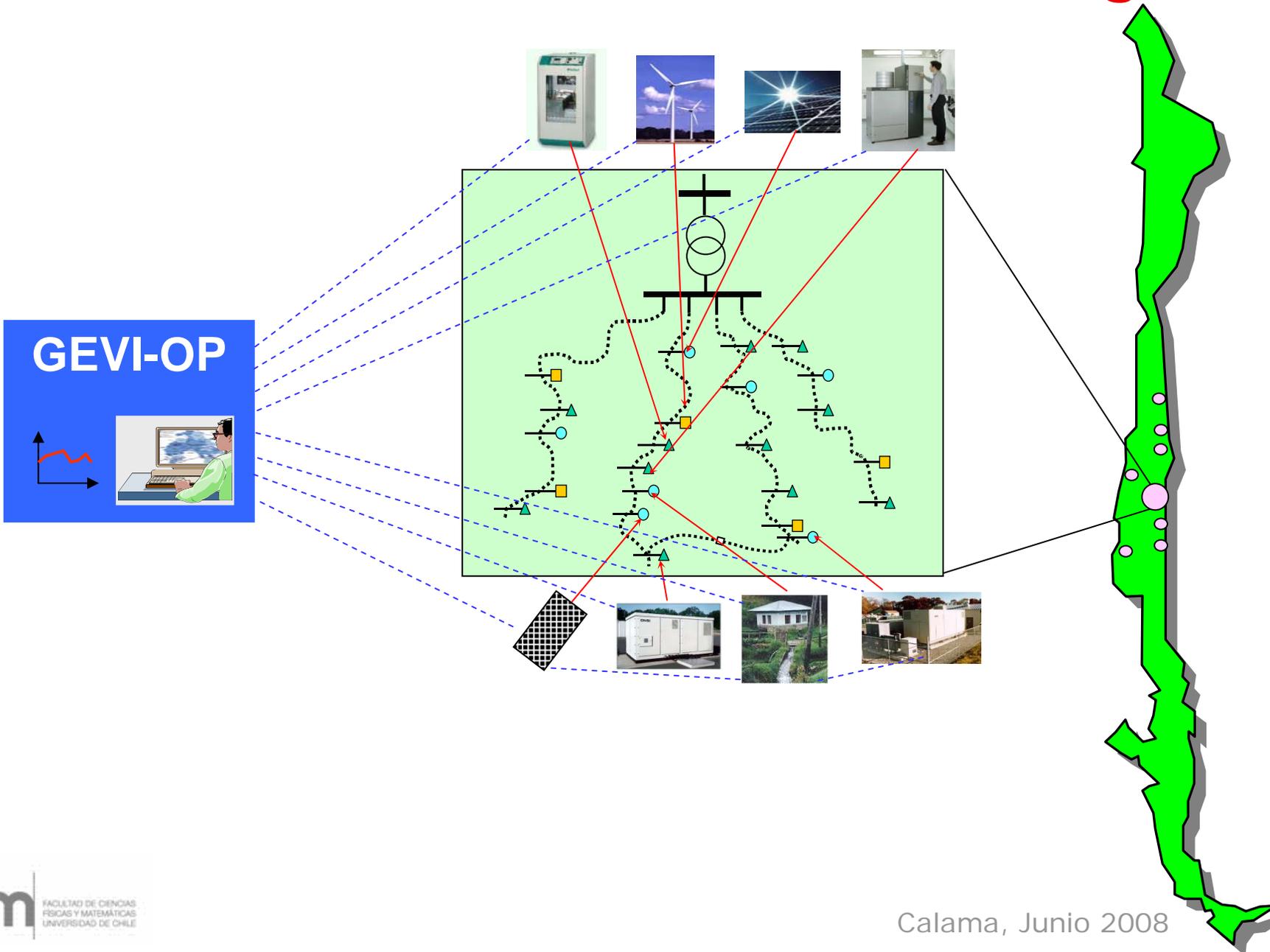
## Modos de Operación:

Isla  
 Calidad de Suministro y  
 Gestión de Redes  
 Exportador de Energía





# 3. Visión – Zona autosustentada en energía





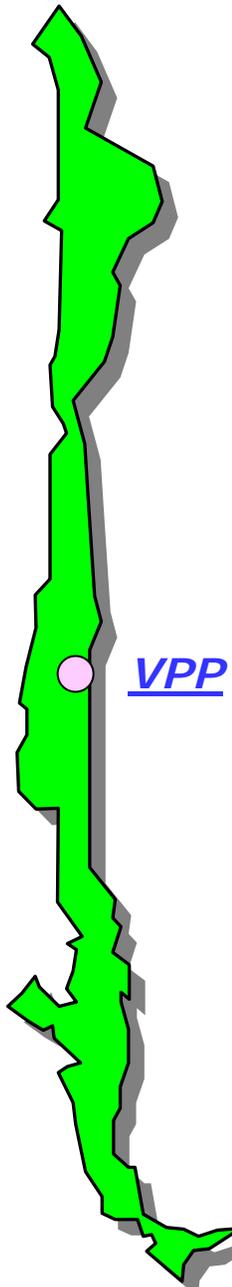
# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. Visión
4. **Objetivos y Metodología**
5. Estado Actual
6. Conclusiones

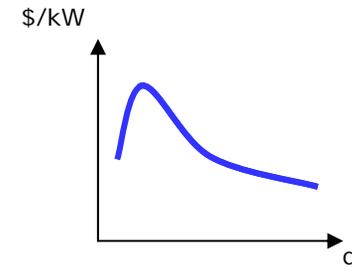
# 4. Objetivos / Metodología

## Objetivos de la iniciativa

- Contribuir con soluciones tecnológicas para alcanzar **seguridad energética del país** y **mejorar el entorno**.
- **Alcanzar el desarrollo de un GEVI competitivo**: concepto general, servicios (mercado), esquema de control, plataforma de comunicación, interfaces, desarrollos tecnológicos específico.
- **Replicabilidad**: Aprovechar oportunidad para exportar idea y soluciones.
- **Primer prototipo GEVI** que entre en operación en el país a comienzos del año 2010 de manera de validar los modelos y equipos desarrollados.

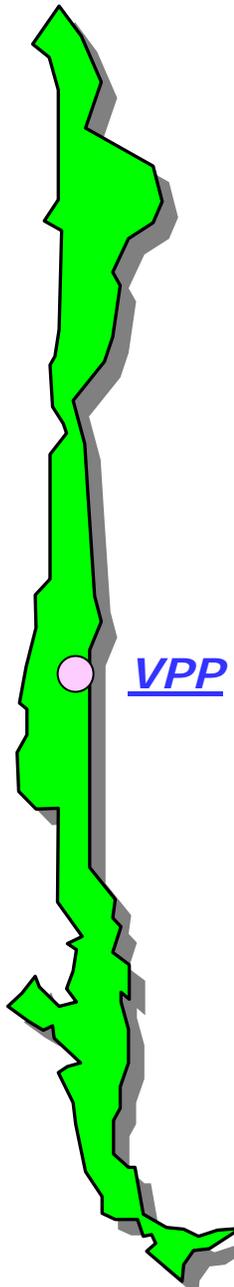


# 4. Objetivos / Metodología



## Desarrollos **GEVI** / Tareas específicas

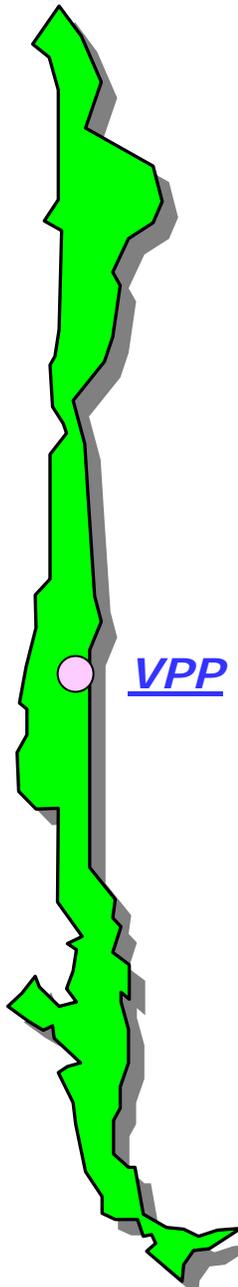
- Evaluación del potencial de recursos energéticos locales, redes de distribución, servicios complementarios → **dimensionamiento de un GEVI** (mix energético, capacidades).
- Estrategias de **control** y **plataforma de comunicaciones**.
- **Integración** de tecnologías seleccionadas.
- **Desarrollos tecnológicos específicos** (energía solar concentrada, microcentrales hidráulicas, fotovoltaica)
- **GEVI** prototipo.



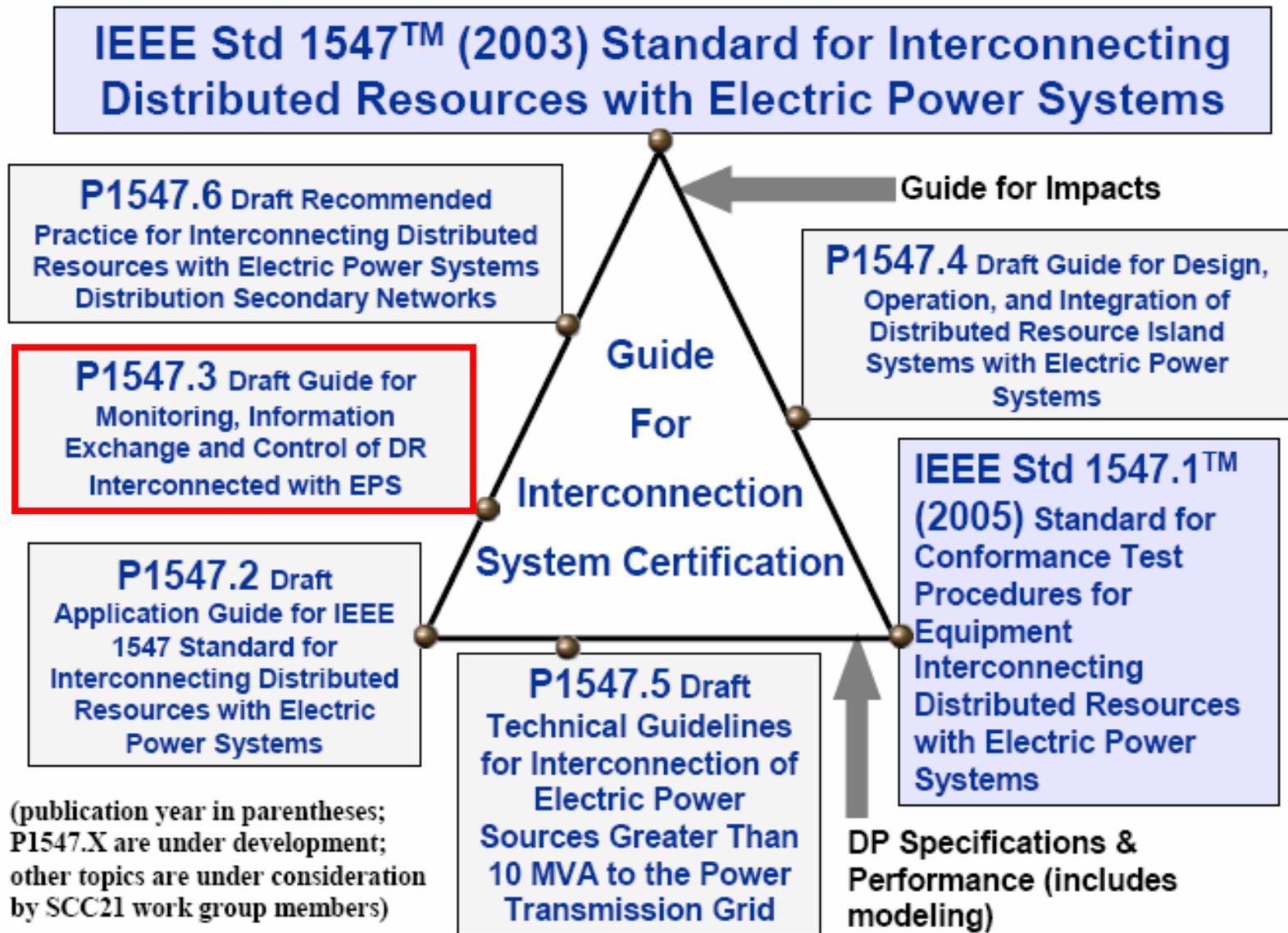
# 4. Objetivos / Metodología

## GEVI Prototipo

- 5 distintas tecnologías de generación.,
- Al menos 20 unidades,
- Capacidad instalada total  $\geq$  100 kW,
- Capacidad de operación en microgrid (fallas),
- Capacidad de exportación de energía,
- Servicios complementarios (manejo de congestiones, regulación de tensión y factor de potencia, optimización de pérdidas óhmicas, corrección de desbalances),
- Estructura modular escalable.



# 4. Objetivos/ Metodología – Monitoreo y Control



Ref: IEEE

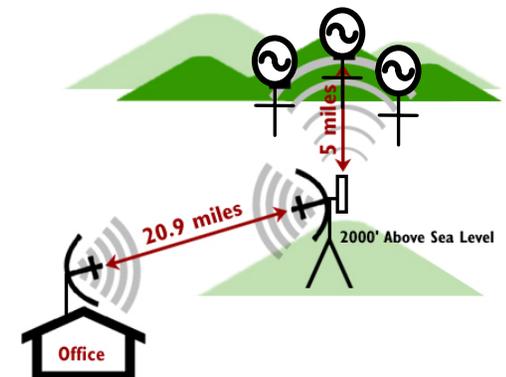
Calama, Junio 2008

# 4. Objetivos/Metodología – Comunicaciones

- Acceso de información en área semi-rurales.
- Adaptación a **diversas arquitecturas de GD**.
- **Comunicación efectiva** (costo/calidad).  
[wireless, cell-phone (SMS), PLC, ADSL, etc.] **vs**  
[distintos servicios (complejidad/precios)]
- **Protocolos seguros** para multiusuarios  
(i.e. pronósticos de variables climáticas).
- **GEVI como plug-in** para soluciones de comunicación existentes.



Fuente: Powerworld

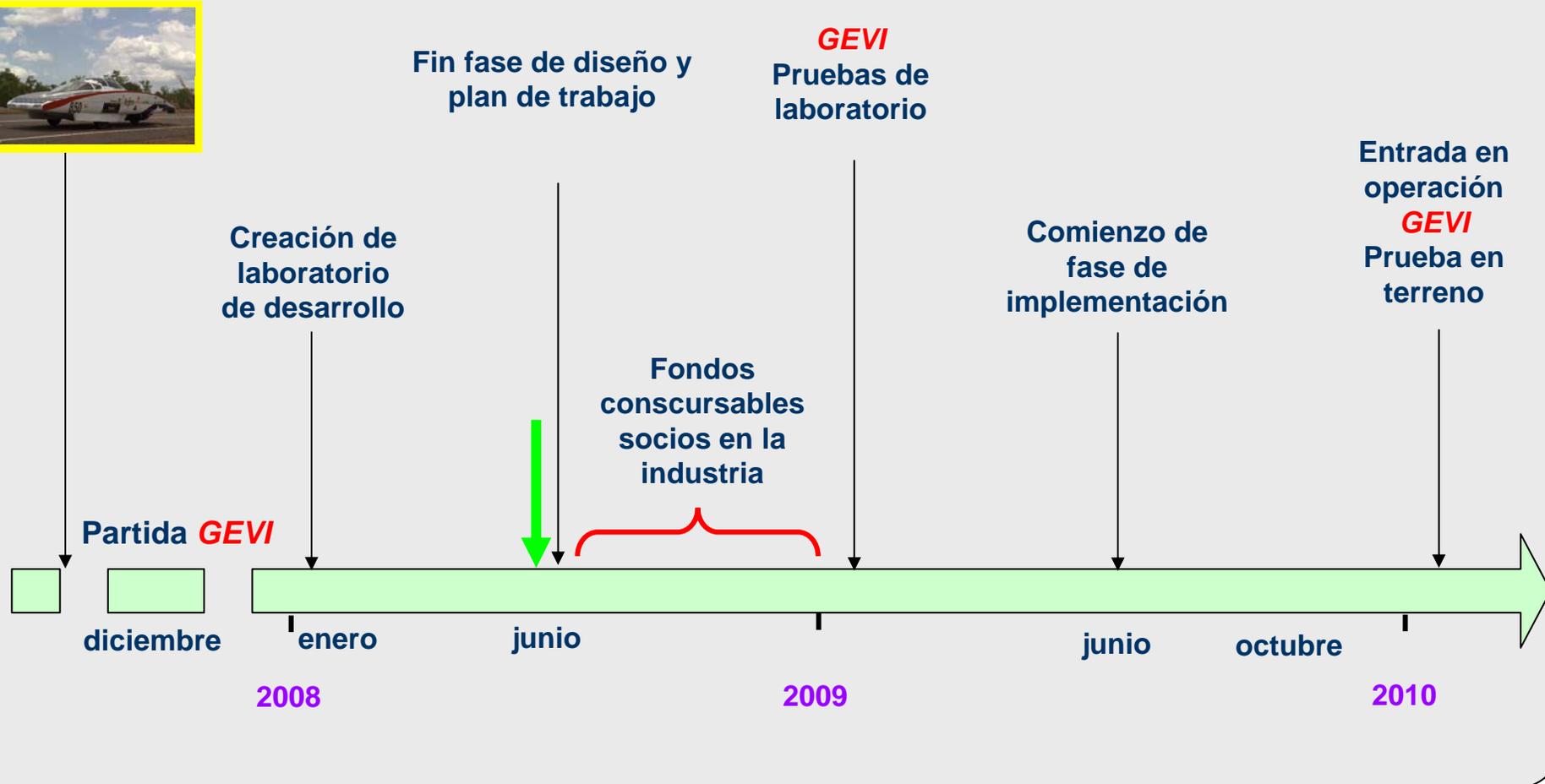




# Contenido

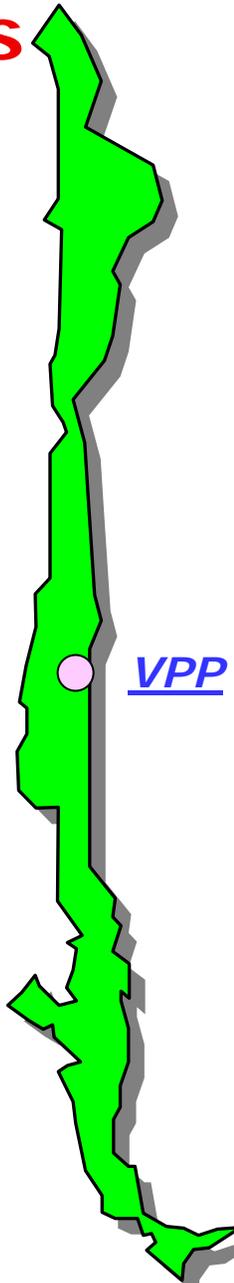
1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. Visión
4. Objetivos y Metodología
5. **Estado Actual**
6. Conclusiones

# 5. Estado Actual – Plan de Trabajo

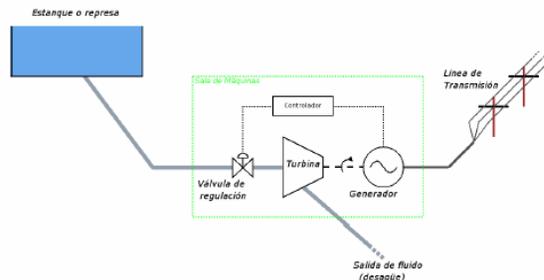


# 5. Estado Actual–Desarrollos completados

- **Definición** detallada del proyecto.
- **Prototipo** de central microhidráulica de 10 kVA.
- Desarrollo de un **convertidor DC/DC** eficiente.
- Desarrollo de un **compensador** estático de reactivos de baja escala.
- Estudio de **servicios** de un **GEVI** en un mercado de tipo Pool.
- Experiencia de laboratorio de un **GEVI monofásico**.
- Sistema de **monitoreo** remoto RF.



VPP



Calama, Junio 2008

## 6. Conclusiones

- Se presentó: Necesidad → Posibilidades de solución → Oportunidad para la innovación tecnológica a nivel local → modular replicable.
- *GEVI* y sus características.
- Algunos desarrollos específicos requeridos (comunicaciones / control).

**Contribuir**, a través de la presentación de una iniciativa concreta (**GEVI**), a la **reflexión** sobre la forma en que los protagonistas de la industria **minera** y de las **TICA** pueden **innovar** en el nuevo milenio.

