



Pontificia Universidad Católica de Chile
Departamento de Ingeniería Eléctrica



Recursos Renovables como Generación Distribuida en los Sistemas Eléctricos

Sebastián Mocárquer- Hugh Rudnick

TALLER DE ENERGIAS RENOVABLES
U. de Concepción, 11-13 enero 2005



- Surgen oportunidades para las energías renovables en los sistemas eléctricos interconectados en Chile, por
 - crisis abastecimiento gas natural
 - cambios legales introducidos recientemente

Temas

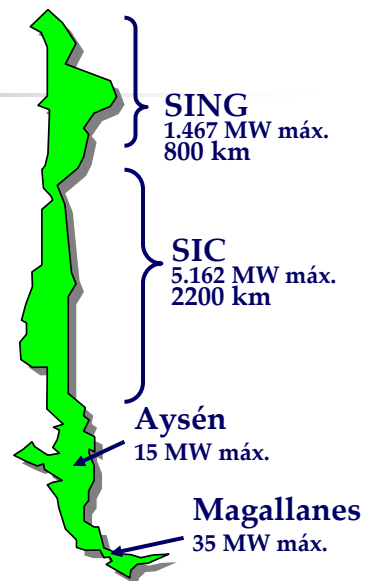
- Energía eléctrica en Chile
- Energías renovables en Chile
- Generación distribuida
- Legislación
- Desafíos

Sistemas eléctricos

Población : 15 millones

Sistemas de transmisión
66 kV, 110 kV, 154 kV, 220 kV y 500 kV

Sistemas Interconectados:
Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)
Sistema Interconectado Central (SIC)
Sistema de Aysén
Sistema de Magallanes

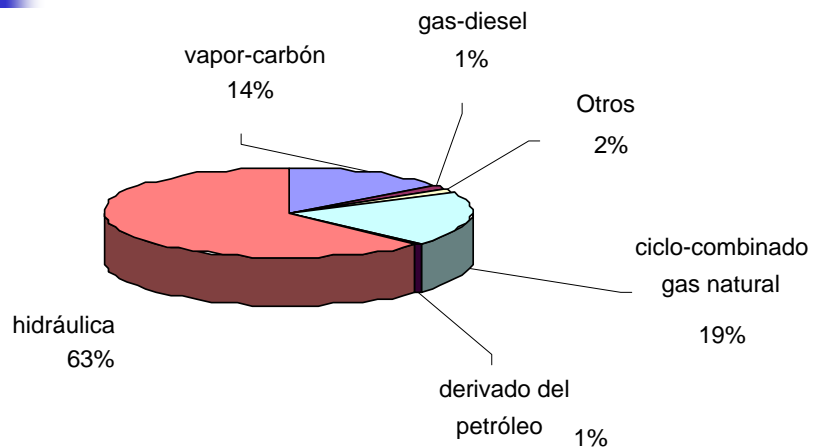


Sistema Interconectado Central (SIC)

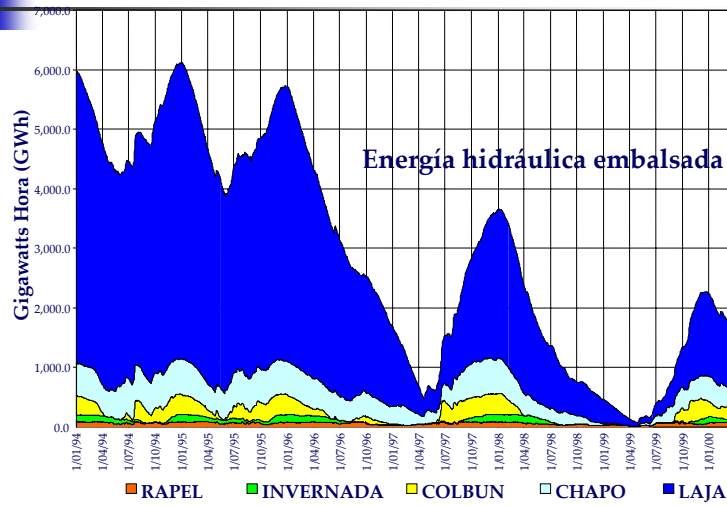


- Demanda máxima 2003: 5.162 MW
- Energía 2004: 33.708 GWh
- Potencia instalada 2004: 7.757 MW
- Sistema mayoritariamente hidráulico (63%)
- 93% población, consumo industrial y residencial

Tipos de combustibles



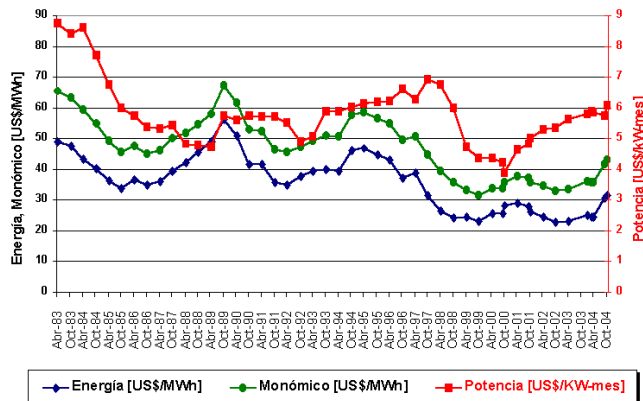
Aleatoriedad hidrológica en el SIC



Precios de nudo energía y potencia

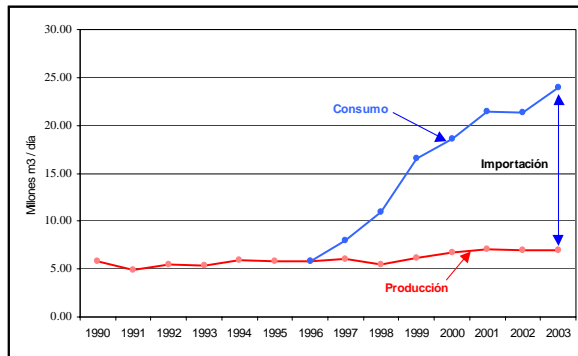
Precios de Nudo S/E Alto Jahuel 220kV (SIC)
(Dólares Ajustados)

www.electroconsultores.cl

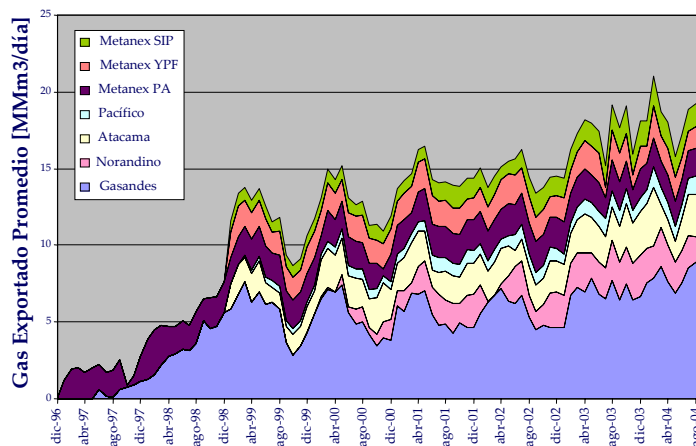


Chile: uso de gas natural

- Producción nacional = 7,0 Mm3/d
- Importación 2003 = 17,9 Mm3/d
- Importación mar-04 = 20,8 Mm3/d
- Destino:
 - Electricidad: 11,0
 - Ind-Res-Com: 5,0
 - Metanol 4,8



Exportaciones de gas natural a Chile desde Argentina



Racionamiento desde Argentina

LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA



Año 2004	Volumen Inyectado / Volumen Requerido			
Mes	Taltal	Nueva Renca	San Isidro	Nehuenco
Abril	-38.9%	0%	0.0%	-40.4%
Mayo	-55.2%	-50.0%	0.0%	-48.1%
Junio	-58.7%	-16.0%	-2.2%	-38.5%
Julio	-50.0%	-17.8%	0.0%	0.1%
Agosto	-33.2%	-9.3%	0.0%	0.0%
Promedio	-47,2%	-18,6%	-0,4%	-25,4%

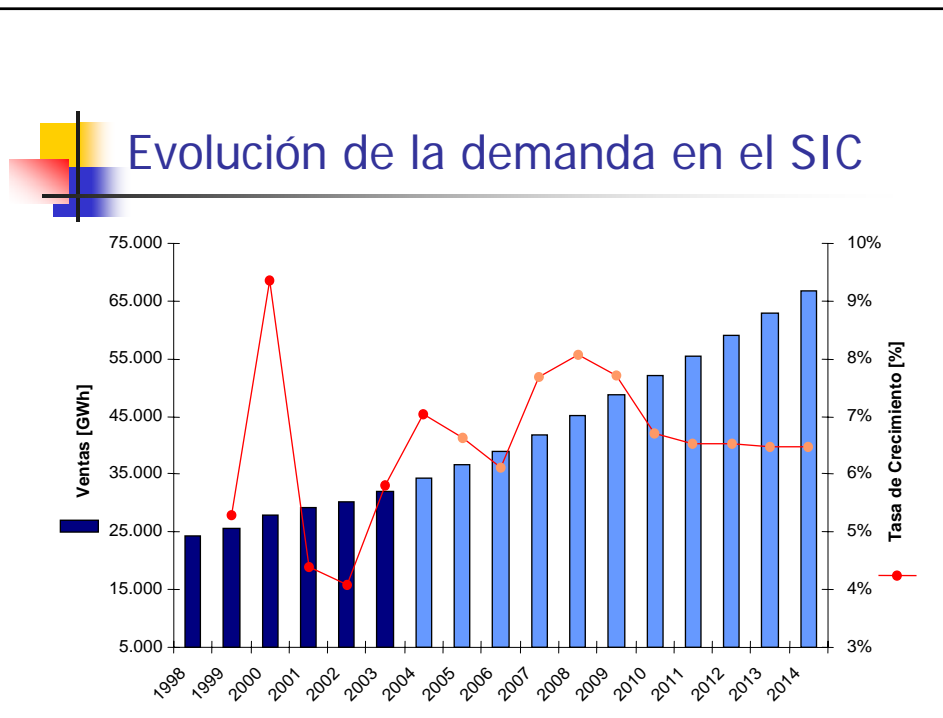
Incertidumbre Energética

- Futuro energético incierto
 - Crisis de abastecimiento de gas natural argentino
 - Aleatoriedad de hidrologías
- Necesidad de diversificación de matriz energética
- Solución en dos horizontes
 - Contingencia (corto plazo, 2007)
 - Largo plazo, diversificación matriz energética
- Soluciones a ser provistas por el mercado, y sin reforma a la ley (sólo con reformas reglamentarias)

Incertidumbre Energética

Soluciones propuestas en Chile

- Gas natural licuado (ENAP)
- Carbón (lecho fluidizado)
- Hidráulica
- Geotermia



Plan de Obras Octubre 2004

Calendario	Proyecto	Tipo	Potencia MW
abril-08	Quintero I	Gas Natural Licuado Ciclo Combinado	385
octubre-08	Pan de Azucar I	Carbón	400
abril-09	Concepcion I	Gas Natural Licuado Ciclo Combinado	385
enero-10	Quintero 01 CA	Gas Natural Licuado Ciclo Abierto	125
enero-10	Confluencia	Hidro	145
abril-10	CNE Geotermica	Geotermia	100
mayo-10	Quintero II	Gas Natural Licuado Ciclo Combinado	385
enero-12	Quintero 02 CA	Gas Natural Licuado Ciclo Abierto	125
enero-11	Hualpen 01 CA	Gas Natural Licuado Ciclo Abierto	125
abril-11	CNE Geotermica	Geotermia	100
enero-13	Hualpen 02 CA	Gas Natural Licuado Ciclo Abierto	125
abril-12	CNE Geotermica	Geotermia	100
abril-12	Neltume	Hidro Embalse	403
julio-13	Maitencillo I	Carbón	400
agosto-13	Hualpen I	Carbón	400
enero-14	Quintero 03 CA	Gas Natural Licuado Ciclo Abierto	125
abril-14	Valdivia I	Carbón	400

Fuente: CNE

Costos de tecnologías en Chile

	Inversión (US\$/kW)	Tiempo requerido (años)	Costo Variable (US\$/MWh)	Costo Desarrollo (US\$/MWh)
Ciclo Combinado Gas Arg	500 - 700	2 - 3	12	35
Ciclo Combinado LNG	500 - 700 + planta regasif	2-3 y 3-4	30	45 - 56
Carbón	1000 - 1500	3 - 4	25 -35	45 - 55
Hidro embalse	700 -1300	5 - 6	-	30 - 36
Geotermia	1300 - 1800	2 - 3 + prospecc.	5 -10	35 - 55 ??
Nuclear	1600	4 - 6	5-10	45 - 60

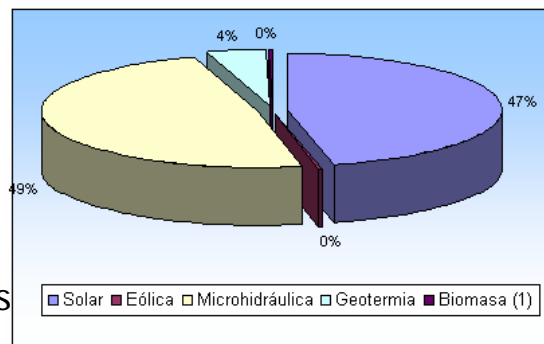
Energías renovables como alternativa?

- Incertidumbre en el futuro de la matriz energética de Chile crea un creciente interés en formas alternativas de generación.
- Crisis coincide con política de mejora en las condiciones de utilización de energías renovables no convencionales (ERNC).
- Ley 19.940 de 2004 modificó DFL N°1 de 1982, incorporando perfecciones y mejorando acceso a los mercados de generación eléctrica de pequeñas centrales de generación conectadas a la red

Energías renovables en Chile

- Son las que utilizan energías:

- geotérmica
- eólica
- solar
- biomasa
- mareomotriz
- pequeñas centrales hidroeléctricas

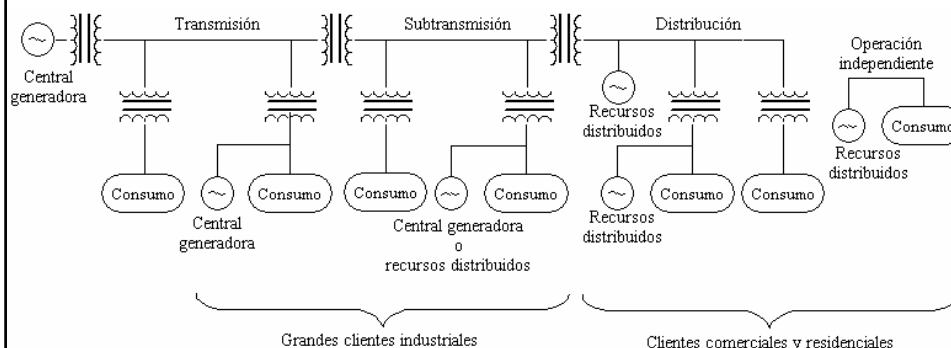


Fuente: Comisión Nacional de Energía, 2000

Generación distribuida

- Uso en forma integrada de recursos de generación eléctrica modular por parte de empresas eléctricas, clientes de las empresas eléctricas o terceros que benefician con su uso al sistema eléctrico, a clientes finales específicos o a ambos.
- Independiente de la tecnología y su propiedad; pueden ser renovables o no.

Generación distribuida





Energías renovables y GD

- Energías renovables pueden constituir o no generación distribuida, dependiendo de cómo se operen.
- Probablemente sean las primeras formas de GD, junto con la cogeneración, dados los incentivos introducidos
- Conectadas en tensiones superiores a 23 kV no constituyen generación distribuida.



Cambios regulatorios

- Introducción de reformas Ley N° 19.940
 - Para energías renovables
 - Exención pago de peajes bajo límite capacidad instalada 9 MW
 - Exención parcial pago de peajes entre capacidad instalada de 9 y 20 MW
 - Para generadores distribuidos (art. 91)
 - Acceso al mercado spot
 - Pago por potencia
 - Garantía de interconexión 9 MW
 - Obras para refuerzo sistemas de distribución



Incentivos para GD

- Se busca asegurar el derecho de todos los generadores de vender su energía en el mercado spot a costo marginal instantáneo y sus excedentes de potencia al precio nudo de potencia.
- Obligación para las empresas distribuidoras de permitir la conexión de pequeñas centrales, definidas como menores a 9 MW, a sus redes de distribución.



GD de propiedad de terceros

- Desafíos:
 - cargos por acceso
 - reglamentación de la interfaz física de conexión
 - debate medioambiental
 - obligaciones de los pequeños agentes distribuidos
 - otros desafíos.
- Figura del comercializador como impulsador



GD y empresas de distribución

- GD puede ser empleada para aumentar eficiencia de inversiones en expansión
 - Altos costos de expansión en redes saturadas
 - Tasas de crecimiento de demanda bajas o inciertas
 - Provisión de otros servicios (soporte de tensión)



Restricciones GD de EEDD

- Art. 90º desincentiva propiedad generación de cualquier tipo y tamaño por parte de empresas distribuidoras
 - no permite acceso precio regulado
- Riego de comprar en mercado spot
- Ingreso al CDEC
- Ejemplo: caso SAESA



Restricciones GD de EEDD

- Caso SAESA año 2001
 - 520 mil clientes
 - Potencia instalada 20 MW
 - Término de contratos de suministro
 - Resolución 88
 - Multa SEC
 - Acceso al CDEC y mercado mayorista



Tarificación de la distribución

- Comparación con empresa modelo
 - VAD incluye costos por concepto de:
 - Costos fijos por concepto de gastos de administración, facturación y atención
 - Pérdidas medias de distribución en potencia y energía
 - Costos estándares de inversión, mantención y operación asociados
 - GD no es competitiva para una empresa modelo que comienza a operar desde cero
 - Por lo tanto, no tiene sentido incorporar GD de propiedad de la distribuidora en el VAD.



ERNC: dos realidades

- Generadores ubicados en las cercanías de los sistemas de transporte con capacidad disponible y con la intención de vender en el mercado spot, serán quienes hagan un máximo aprovechamiento de los incentivos contenidos en la Ley.



ERNC: dos realidades

- Para generadores alejados de los sistemas de transporte, la exención en el pago de peajes en el sistema troncal, aunque un incentivo real, no es suficiente puesto que dichas centrales tendrán que financiar, por lo general, largas líneas de inyección.
 - Conectados en sistemas de distribución rurales radiales, sólo dimensionados para entrega de energía y potencia, con altos costos de refuerzos (caso generadores minihidráulicos en el sur o eólicos)



Energías renovables y GD

- Barreras que persisten
 - Altas inversiones en líneas de inyección para centrales de hasta 9 ó 20 MW, incentivo no es suficiente (Art. 71-7°)
 - Acceso a sistema eléctrico a través de sistemas de distribución, garantías aun no son suficientes



Surgen oportunidades para las energías renovables en Chile, por

- crisis abastecimiento gas natural
- cambios legales introducidos recientemente

Aún deben levantarse barreras de entrada, vía nueva reglamentación

Desarrollos dependerán de costos asociados de dichas energías renovables.



Sebastián Mocárquer
Systep Ingeniería y Diseños

smocarquer@systep.cl **www.systep.cl**



Hugh Rudnick
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Pontificia Universidad Católica de Chile

h.rudnick@ieee.org **www.ing.puc.cl/power/**

