

# INTEGRACIÓN ENERGÉTICA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR ELECTRICIDAD. Julio 2005

## ANÁLISIS DEL SECTOR ELÉCTRICO Y SUS PRINCIPALES VARIABLES, EN LOS PAÍSES DE LAC

El presente análisis se fundamenta en la información del año 2003, enviada a OLADE por los funcionarios de los Ministerios o Secretarías de Energía, en cada país miembro, que colaboran como Asesores del Sistema de Información Económica Energética, SIEE. En ciertos casos se han tenido que asumir o estimar datos.

### 1. Recursos energéticos con que cuenta cada país para producir electricidad

#### Hidroenergía

El cuadro siguiente muestra el potencial hidroeléctrico aprovechable, según los estudios reportados en diferentes años por los países, expresado en potencia instalable y en energía que podría producirse en un año típico.

Cuadro 1  
Potencial hidroeléctrico de los países de Latinoamérica y El Caribe

PAÍS	Potencia MW	Energía GWh
ARGENTINA	44,500	194,910
BOLIVIA	190,000	174,461
BRASIL	260,000	1,256,000
CHILE	26,046	114,081
COLOMBIA	93,085	407,712
COSTA RICA	6,220	29,660
CUBA	650	1,300
ECUADOR	23,467	95,308
EL SALVADOR	2,165	9,483
GUATEMALA	10,890	47,698
GUYANA	7,600	19,640
HAITI	173	497
HONDURAS	5,000	26,280
JAMAICA	24	105
MEXICO	51,387	228,158
NICARAGUA	1,700	5,767
PANAMA	3,699	364
PARAGUAY	12,516	109,500
PERU	61,832	273,881
REP. DOMINICANA	2,010	8,804
SURINAME	2,420	10,600
URUGUAY	1,815	7,949
VENEZUELA	46,000	219,000
<b>TOTAL</b>	<b>853,199</b>	<b>3,241,158</b>

Fuente: Sistema de Información Económico Energético, SIEE - OLADE

No se cuenta con evaluaciones de potencial hidroeléctrico para Barbados, Grenada y Trinidad y Tobago; y, en ciertos países las estimaciones datan de hace varios años.

Brasil y los demás países de la cuenca amazónica, representan el mayor potencial hidro energético de la región.

Los recursos energéticos como petróleo, gas natural, carbón mineral; y, las fuentes renovables no convencionales de energía, serán detallados en las partes de este estudio relacionadas con hidrocarburos y energías renovables.

La integración energética y concretamente las interconexiones eléctricas entre países, posibilitan un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos de cada país, a la vez que un aseguramiento adecuado y económico del abastecimiento de energía a los usuarios, que pueden beneficiarse de: muchas complementariedades, especialmente hidrológicas, mayor diversificación de la matriz energética, mejores posibilidades para solventar emergencias, mayor competencia en generación, reducción de la reserva necesaria en generación, etc.

En los puntos siguientes se muestra que, a pesar de tener en los países miembros de OLADE un potencial hidroeléctrico de 853,199 MW, lo aprovechado mediante instalación de centrales generadoras es de solo 131,725 MW, que representa un 15%; y, si se compara el potencial energético, se podría producir anualmente 3,241,158 GWh pero en el 2003 solo se produjo 1,020,945 GWh mediante la capacidad hidroeléctrica instalada.

El cuadro siguiente muestra la relación entre potencial hidroeléctrico y capacidad de generación eléctrica instalada, tomando como ejemplo algunos países.

**Cuadro 2**  
Ejemplos del grado de aprovechamiento eléctrico del potencial hidro energético

<b>PAÍS</b>	<b>MW Potencial Hidro</b>	<b>MW Instalado Hidro</b>	<b>% Usado</b>
Argentina	44,500	9,783	22%
Brasil	260,000	67,792	26%
Colombia	93,085	8,893	10%
Guatemala	10,890	627	6%
México	51,387	9,650	19%
Paraguay	12,516	7,410	59%
Venezuela	46,000	12,491	27%

Fuente: SIEE 2003-OLADE

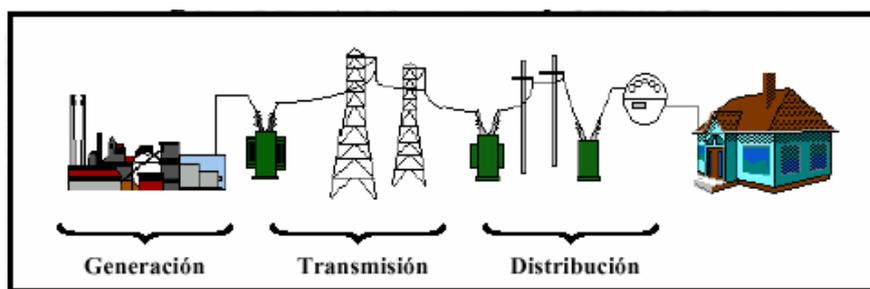
Resulta digno de destacar los importantes aumentos que ha mostrado la capacidad de generación eléctrica instalada en: Costa Rica, Bolivia, Panamá, República Dominicana, Brasil y Chile, que aumentaron en más de 30% su capacidad de generación hidroeléctrica entre 1994 y 2003; y, los importantes esfuerzos recientes de Brasil, Chile y otros países, por impulsar el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, como hidro energía, biomasa, etc..

En conclusión, los países de Latinoamérica y El Caribe, tienen importantísimos recursos energéticos, de los cuales vale la pena resaltar el potencial hidro eléctrico, pero hace falta más impulso para utilizarlos.

## 2. Infraestructura eléctrica instalada para generación

La industria eléctrica tiene 3 etapas fundamentales: generación o producción, transmisión o transporte y distribución. A veces se suele desglosar de la distribución otra etapa: la comercialización.

Gráfico 1  
Etapas principales de la industria eléctrica



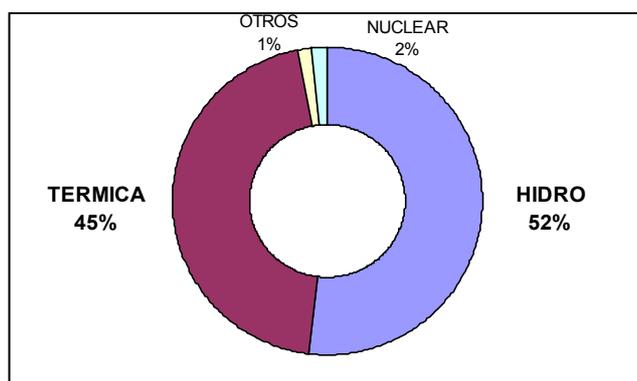
La infraestructura de distribución y comercialización es la más compleja, por la gran cantidad de elementos que intervienen, por la enorme dispersión geográfica, por representar normalmente cerca del 50% de la inversión del sector eléctrico y por las características de relación directa con la sociedad y con la gran mayoría usuarios finales de la electricidad. La infraestructura de distribución de electricidad se caracteriza por:

- Número, ubicación geográfica y características de las subestaciones de distribución;
- Recorrido, longitud, número de fases y tipos de líneas de alta, media y baja tensión;
- Cantidad, ubicación, potencia y características de los transformadores instalados en las subestaciones y en redes;
- Número, tipo, fases, ubicación, etc., de las acometidas y medidores instalados para servicio a los clientes;
- Potencia, tipo, ubicación geográfica, etc., de los sistemas de alumbrado público conectados a las redes de distribución eléctrica.

En cuanto a la etapa de transmisión, está constituida por subestaciones y líneas, normalmente de alto voltaje, que posibilitan el transporte de la electricidad entre las centrales generadoras y los sistemas de distribución.

En cuanto a las características de la infraestructura de producción de electricidad, el gráfico siguiente indica que si bien la capacidad instalada en centrales hidroeléctricas, representa un 52% del total, es muy baja la relación de 15% entre los 131,725 MW de potencia instalada en centrales hidroeléctricas y los 853,199 MW de potencial hidro energético de la región, por lo cual se debe dar énfasis al mejor aprovechamiento del gran potencial hidroeléctrico de Latinoamérica.

Gráfico 2  
Capacidad de generación eléctrica instalada en LAC, por tipo



Fuente: SIEE - OLADE

Se presenta a continuación las capacidades de generación, por país, reportadas para algunos años. Es destacable la relevancia de algunos países en el conjunto.

Cuadro 3

<b>CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACION ELECTRICA (MW)</b>			
<b>Países</b>	<b>1994</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
ARGENTINA	19,282	27,843	30,599
BARBADOS	153	210	210
BOLIVIA	798	1,387	1,353
BRASIL	57,633	82,458	86,505
COLOMBIA	10,441	13,852	13,653
COSTA RICA	1,098	1,803	1,939
CUBA	4,060	3,959	3,959
CHILE	5,448	10,503	10,738
ECUADOR	2,424	3,294	3,541
EL SALVADOR	833	1,136	1,219
GRENADA	25	32	32
GUATEMALA	942	1,513	2,009
GUYANA	157	308	308
HAITI	217	244	244
HONDURAS	574	1,045	1,044
JAMAICA	562	782	811
MEXICO	38,730	45,761	49,538
NICARAGUA	445	672	693
PANAMA	922	1,423	1,555
PARAGUAY	6,623	7,416	7,416
PERU	4,379	5,936	5,970
REP.DOMINICANA	2,276	5,112	5,530
SURINAME	389	389	389
TRINIDAD Y TOBAGO	1,253	1,416	1,416
URUGUAY	2,040	2,172	2,171
VENEZUELA	19,274	20,577	20,577
<b>AL&amp;C</b>	<b>180,976</b>	<b>241,243</b>	<b>253,420</b>

Fuente: SIEE – OLADE

Los países que constan en el cuadro siguiente, demuestran una evolución de la capacidad de generación eléctrica instalada, mayor al promedio de 26% regional en la década 1994-2003:

Cuadro 4  
Evolución de la capacidad de generación eléctrica en algunos países

PAIS	MW 2003	MW 1994	% 2003 / 1994
COSTA RICA	1295.6	789.2	<b>64%</b>
BOLIVIA	479.2	306.4	<b>56%</b>
PANAMA	833.0	551.4	<b>51%</b>
REP. DOMINICANA	542.1	371.4	<b>46%</b>
BRASIL	67791.8	49921.0	<b>36%</b>
CHILE	4279.1	3276.6	<b>31%</b>
GUATEMALA	627.3	492.7	<b>27%</b>

Fuente: SIEE – OLADE

El cuadro siguiente muestra la capacidad de generación eléctrica por tipo de planta, según lo reportado para el SIEE del año 2003.

Cuadro 5

CAPACIDAD INSTALADA PARA GENERACION ELECTRICA POR TIPO DE PLANTA. 2003 (MW)					
Países	HIDRO	TERMICA	OTROS*	NUCLEAR	TOTAL
ARGENTINA	9,783	19,772	26	1,018	30,599
BARBADOS	0	210	0	0	210
BOLIVIA	479	873	1	0	1,353
BRASIL	67,792	16,706	0	2,007	86,505
COLOMBIA	8,893	4,690	70	0	13,653
COSTA RICA	1,296	396	248	0	1,939
CUBA	57	3,901	0	0	3,959
CHILE	4,279	6,457	2	0	10,738
ECUADOR	1,734	1,410	398	0	3,541
EL SALVADOR	442	515	262	0	1,219
GRENADA	0	32	0	0	32
GUATEMALA	627	1,353	29	0	2,009
GUYANA	1	308	0	0	308
HAITI	63	181	0	0	244
HONDURAS	466	578	0	0	1,044
JAMAICA	24	667	120	0	811
MEXICO	9,650	37,561	963	1,365	49,538
NICARAGUA	104	511	78	0	693
PANAMA	833	491	231	0	1,555
PARAGUAY	7,410	6	0	0	7,416
PERU	3,032	2,937	1	0	5,970
REP.DOMINICANA	542	4,184	804	0	5,530
SURINAME	189	200	0	0	389
TRINIDAD Y TOBAGO	0	1,416	0	0	1,416
URUGUAY	1,538	633	0	0	2,171
VENEZUELA	12,491	8,086	0	0	20,577
<b>AL&amp;C</b>	<b>131,725</b>	<b>114,072</b>	<b>3,233</b>	<b>4,390</b>	<b>253,420</b>

Fuente: SIEE – OLADE

La capacidad hidroeléctrica es solo un poco superior a la termoeléctrica, lo cual ratifica la necesidad de impulsar aún más la instalación de centrales hidroeléctricas, para aprovechar los ingentes recursos renovables de la región, en lugar de priorizar la inversión en centrales termoeléctricas, que si bien requieren menor inversión inicial, no garantizan la sostenibilidad económica y ambiental del suministro eléctrico.

Es destacable que Paraguay, Brasil, Uruguay, Costa Rica, Colombia y Venezuela, tienen más de 60% de su capacidad instalada en centrales hidroeléctricas. Como se ve, solo Argentina, Brasil y México cuentan con centrales nucleares, que no

representan un porcentaje mayor en su capacidad total. Pocos países cuentan con “Otros” tipos de generación, esto es Geotérmica, Eólica, Fotovoltaica y Biogás.

### 3. Producción de energía eléctrica

El cuadro siguiente detalla la energía generada en cada país miembro de OLADE, en el año 2003, desglosándola por tipo de planta: hidro eléctrica, termo eléctrica, Geotérmica y otras (eólica, biomasa); y, nuclear.

Cuadro 6  
Electricidad generada, con desglose por tipo de central

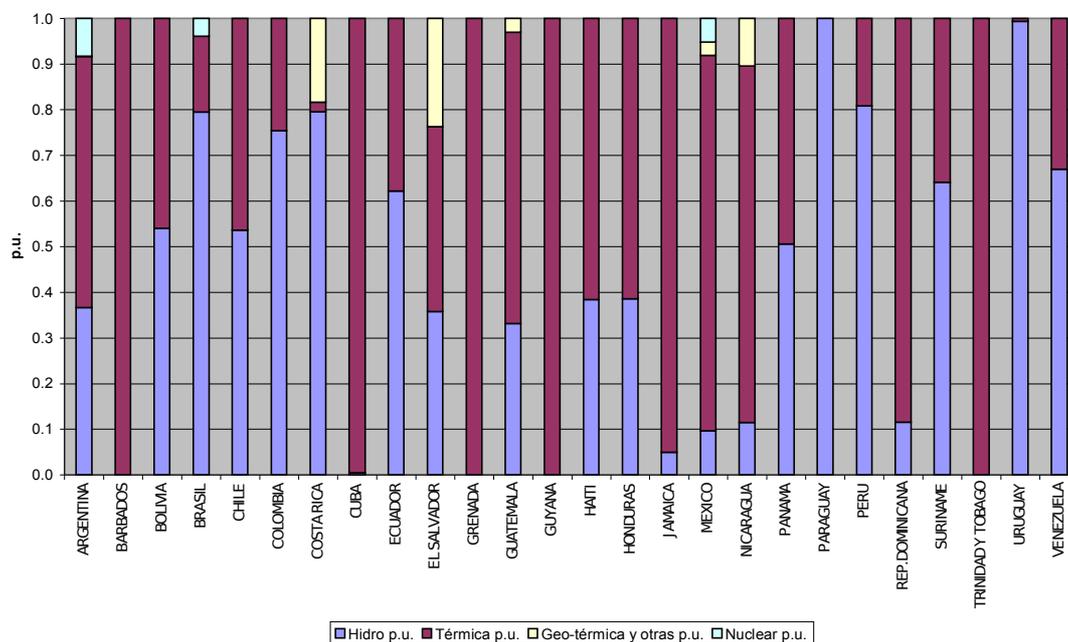
PAÍS	Hidro	Termo	Geot. y Otr.	Nuclear	Total 2003
ARGENTINA	33,777	50,635	75	7,566	92,053
BARBADOS	-	871	-	-	871
BOLIVIA	2,307	1,963	-	-	4,269
BRASIL	290,047	60,767	-	14,082	364,896
CHILE	24,180	20,881	-	-	45,061
COLOMBIA	35,957	11,731	-	-	47,689
COSTA RICA	6,026	157	1,387	-	7,570
CUBA	78	15,831	-	-	15,909
ECUADOR	7,154	4,349	-	-	11,503
EL SALVADOR	1,705	1,930	1,129	-	4,764
GRENADA	-	154	-	-	154
GUATEMALA	2,177	4,189	195	-	6,561
GUYANA	-	820	-	-	820
HAITI	197	315	-	-	512
HONDURAS	1,745	2,785	-	-	4,530
JAMAICA	353	6,793	-	-	7,146
MEXICO	19,765	167,640	5,949	10,509	203,863
NICARAGUA	297	2,022	271	-	2,590
PANAMA	2,871	2,800	-	-	5,671
PARAGUAY	51,768	0	-	-	51,769
PERU	18,540	4,389	-	-	22,930
REP. DOMINICANA	1,562	11,927	-	-	13,489
SURINAME	960	536	-	-	1,496
TRINIDAD Y TOBAGO	-	6,437	-	-	6,437
URUGUAY	8,530	49	-	-	8,579
VENEZUELA	60,177	29,640	-	-	89,817
<b>Total general</b>	<b>570,173</b>	<b>409,611</b>	<b>9,005</b>	<b>32,157</b>	<b>1,020,945</b>

Fuente: SIEE – OLADE

Comparando la producción de electricidad mediante centrales hidroeléctricas, en el año 2003 se ha logrado 570,173 GWh, que representa un 18% respecto del potencial hidroeléctrico de la región, que según el cuadro presentado anteriormente, es de 3,241,158 GWh/año. Esto ratifica que hace falta instalar más centrales hidroeléctricas, para aprovechar un mayor porcentaje del recurso hídrico, que es renovable y ambientalmente limpio.

Para visualizar mejor los beneficios de las interconexiones eléctricas entre países, el gráfico siguiente muestra en qué proporción utiliza cada país, para producción de electricidad, los recursos hidráulicos, los combustibles para generación termoeléctrica, los recursos geotérmicos y otros como eólicos, biomasa; y, las fuentes nucleares.

Gráfico 3  
Composición de la electricidad generada en cada país, por tipo de central



Fuente: SIEE – OLADE

En resumen: 56 % de la electricidad producida en los 26 países de OLADE provino, en el año 2003, de la hidroenergía; el 40 % de combustibles, el 3 % de centrales nucleares y el 1 % de fuentes geotérmicas, eólicas y fotovoltaicas. La energía eléctrica de auto generadores representó el 10 % de la producción total.

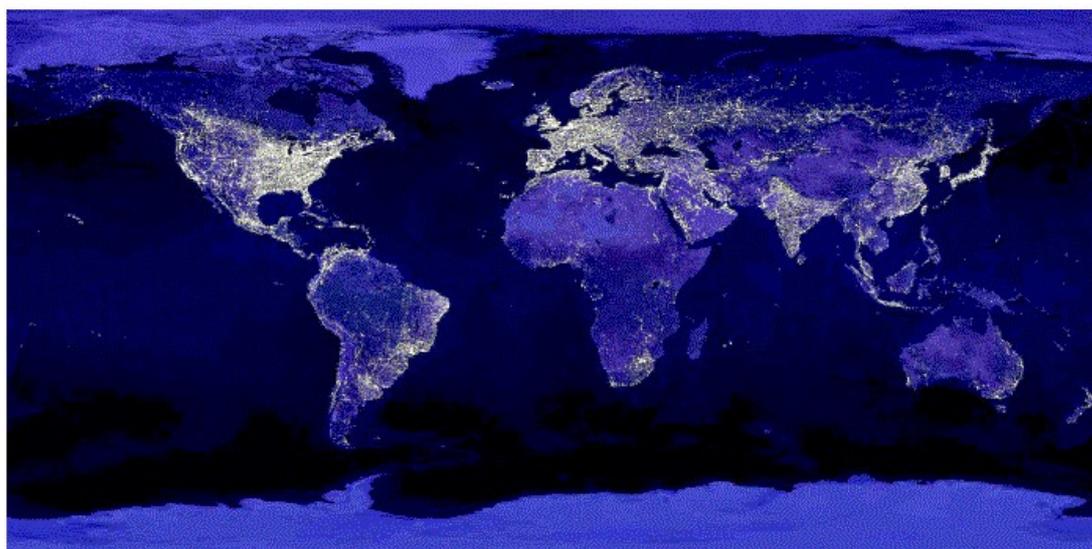
#### 4. Interconexiones eléctricas entre países

Uno de los aspectos fundamentales que permiten el abastecimiento seguro y económico de los requerimientos de energía eléctrica en el mundo, es la fortaleza de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad, por lo cual en todos los países se han ido enlazando paulatinamente las redes aisladas, que servían a cada población y zona; y, posteriormente los sistemas eléctricos de naciones vecinas.

Las mayores ventajas de sistemas interconectados son:

- La probabilidad de daño o falta de “materia prima” (agua, combustibles), en un número grande de plantas generadoras, es menor que si se depende de una o pocas fuentes;
- Si se utilizan varias fuentes energéticas (hídricas, hidrocarburos, nucleares, eólicas, biomasa, etc.), se disminuye la posibilidad de carencia de recursos;
- Los períodos de estiaje, las épocas de mayor consumo de combustibles, los meses de mayores vientos, son diferentes en cada cuenca hidrográfica, región y país, por lo cual conviene aprovechar los períodos favorables;
- La eventual falla de algún elemento de los sistemas de transmisión o distribución puede ser suplida por otros elementos;
- Debido a las diferencias de costumbres, horarios, climas, huso horario, etc., las necesidades de electricidad de cada usuario, de cada ciudad, de cada zona y de cada país, no son coincidentes en el tiempo, tanto a nivel horario de un día, como ente los días de la semana y los meses del año; por lo cual, mientras mayor número de consumidores se conectan a un mismo sistema, la demanda total diversificada es menor y su abastecimiento cuesta menos.
- Además, como en cualquier industria, en sistemas más grandes se pueden conseguir economías de escala, mediante administraciones eficientes, mayor especialización y procesos optimizados.

Gráfico 4  
Vista satelital del mundo, con zonas más electrificadas



Fuente: Catálogo de Generación Eléctrica del Ecuador, CONELEC

Algunos países de Latinoamérica y El Caribe, no logran aún interconectar todos sus principales sistemas eléctricos y siempre habrá, en todo el mundo, pequeños sistemas individuales o para grupos aislados. Inclusive, con el gran desarrollo que están logrando las tecnologías, especialmente aquellas que aprovechan energías renovables no convencionales, hay mejores posibilidades de instalar elementos de autogeneración eléctrica.

Según la información disponible en OLADE, se ha elaborado una base de datos de la cual se ha extraído el siguiente reporte, con características principales de los sistemas de interconexión eléctrica entre los diferentes países de la región.

**Cuadro 7**  
Sistemas de interconexión eléctrica entre redes nacionales de transmisión en LAC

País 1	País 2	Sitio 1	Sitio 2	KV	MVA ef. 1-2
Argentina	Brasil	Paso de los Pobres	Uruguayana	132	100
		Rincón S. María	Garabí	500	200
	Chile	Güemes	Andes	345	641
	Paraguay	Central binacional Yaciretá	Rincón, AR/ S. Patricio y otro, PY	500/220	230/800
		Clorinda	Guaranbaré	132	80
		El Dorado	Mcal. A. López	132	34
	Uruguay	Central Binacional Salto Grande	Salto Grande	500	1732
		Colonia Elia	San Javier	500	1732
		Concepción	Paisandú	132	100
Brasil	Paraguay	Central Binacional Itaipú	Varios	750/220	1078
		Foz de Iguazú	Acaray	138	60
	Uruguay	Sta. Ana do Livramento	Rivera	150	72
	Venezuela	Boa Vista	Santa Elena	230	200
Colombia	Ecuador	Ipiales (SE Panamericana)	Tulcan	138	30
		Pasto (SE J amondino)	Quito (SE Pomrasqui)	230	313
	Venezuela	Cuestesitas	Cuatricentenario	230	188
		San Mateo	El Corozo	230	188
		Tibu (Zulia)	La Fría	115	45
Costa Rica	Nicaragua	.	.	230	50
El Salvador	Guatemala	.	.	230	50
Honduras	El Salvador	.	.	230	50
México	Belice	Chetumal	Belice	115	100
	EE. UU.	Ciudad Juárez	El Paso (Texas)	115	100
		Ciudad Juárez 2da.	El Paso (Texas) 2da.	115	100
		Falcon	Falcon (Texas)	138	80
		La Rosita	Imperial Valley	230	400
		Matamoros	Brwsville (Texas)	138	60
		Matamoros 2da.	Brwsville (Texas) 2da.	138	60
		Nuevo Laredo	Laredo (Texas)	138	100
		Piedras Negras	Eagle Pass (Texas)	138	36
		Tijuana	Miguel	230	400
Nicaragua	Honduras	.	.	230	50
Panamá	Costa Rica	.	.	230	30

Fuente: Atlas de Desarrollo Eléctrico de América del Sur, CIER; y datos de países miembros de OLADE

Haciendo un análisis por subregiones, se tiene lo siguiente:

a. El Caribe

No se cuenta todavía con enlaces eléctricos entre países de El Caribe, los cuales obviamente se dificultan por las características insulares que obligan a

interconexiones submarinas que resultan muy caras para las demandas relativamente bajas y las grandes distancias.

### b. México y Norte América

México cuenta con enlaces que le permiten transacciones de electricidad con sistemas de los Estados Unidos de América y con Belice. Adicionalmente está en proceso una importante interconexión hacia Guatemala, con lo cual se integraría al SIEPAC.

Gráfico 5  
Interconexiones eléctricas entre México y los países vecinos



Fuente: Prospectiva Eléctrica 2003-2012, CFE de México

### c. Centro América

Desde hace varios años se desarrollaron las interconexiones entre Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. En el año 2004 se completó una primera etapa con líneas de 230 kV, que unen ya todos los seis países, pero tienen baja capacidad, lo cual implica limitaciones en las transacciones internacionales de electricidad.

En el gráfico siguiente se esquematiza el sistema de interconexión eléctrica disponible entre Panamá y Guatemala; el cual, a pesar de sus limitaciones, constituye el sistema más avanzado de la región, desde el punto de vista de mercado, pues no solo maneja contratos físicos bilaterales sino inyecciones y retiros de energía en función de oportunidades.

Gráfico 6  
Interconexiones existentes entre países de Centro América

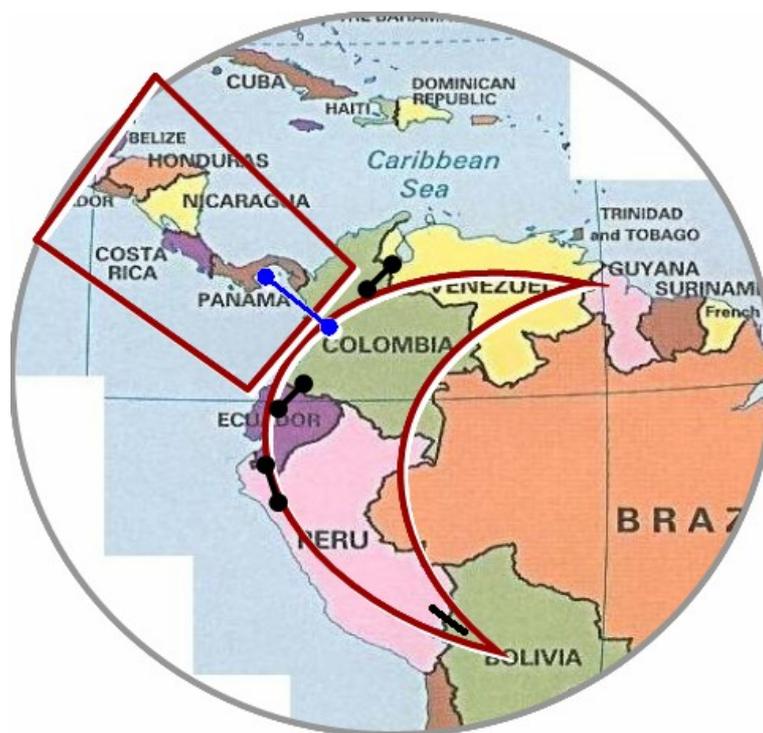


Fuente: Presentación de CRIE de Centroamérica y ARESEP de Costa Rica

En la actualidad se está ejecutando el denominado Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central, SIEPAC, con líneas de 230 kV, el cual permitirá flujos del orden de hasta 300 MW entre los países; y, una operación y Administración única del mercado eléctrico centroamericano, lo cual posibilitará una verdadera optimización del despacho.

También está en estudio una interconexión eléctrica entre Panamá y Colombia, la cual permitiría que el sistema centro americano se una al sistema eléctrico de los países que forman la Comunidad Andina.

Gráfico 7  
Interconexión prevista entre los sistemas de Centro América y la Comunidad Andina



Fuente: Presentación de CENACE de Ecuador

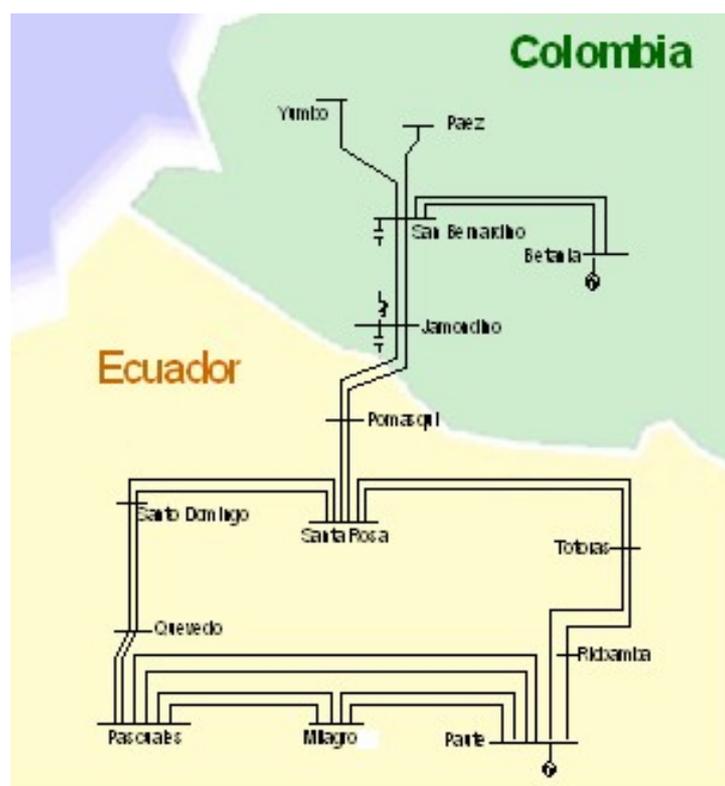
#### d. Comunidad Andina

Existen algunas líneas que conectan sistemas eléctricos de Colombia con Venezuela, pero son utilizados solo de manera unidireccional y eventual. Se esperan acuerdos importantes para aprovechar de mejor manera los sistemas de interconexión existentes y para que se construyan otros, que posibiliten una operación unificada de las redes eléctricas de los dos países.

También existe una línea de interconexión entre Venezuela y una parte norteña de Brasil. Resulta importantísimo que se desarrollen enlaces de magnitud nacional entre los dos países, para que sirvan de vínculo entre los sistemas de las naciones andinas y los del cono sur.

En 1998 se puso en operación una primera interconexión importante, de 138 kV, entre Ecuador y Colombia, pero solo podía operar de manera radial. Desde marzo del 2003 opera un sistema de 230 kV, con capacidad para 250 MW, el cual permite que los sistemas nacionales funcionen como uno solo y realicen transacciones internacionales horarias, en función de la conveniencia económica de cada país.

Gráfico 8  
Enlace de 230 kV entre Colombia y Ecuador



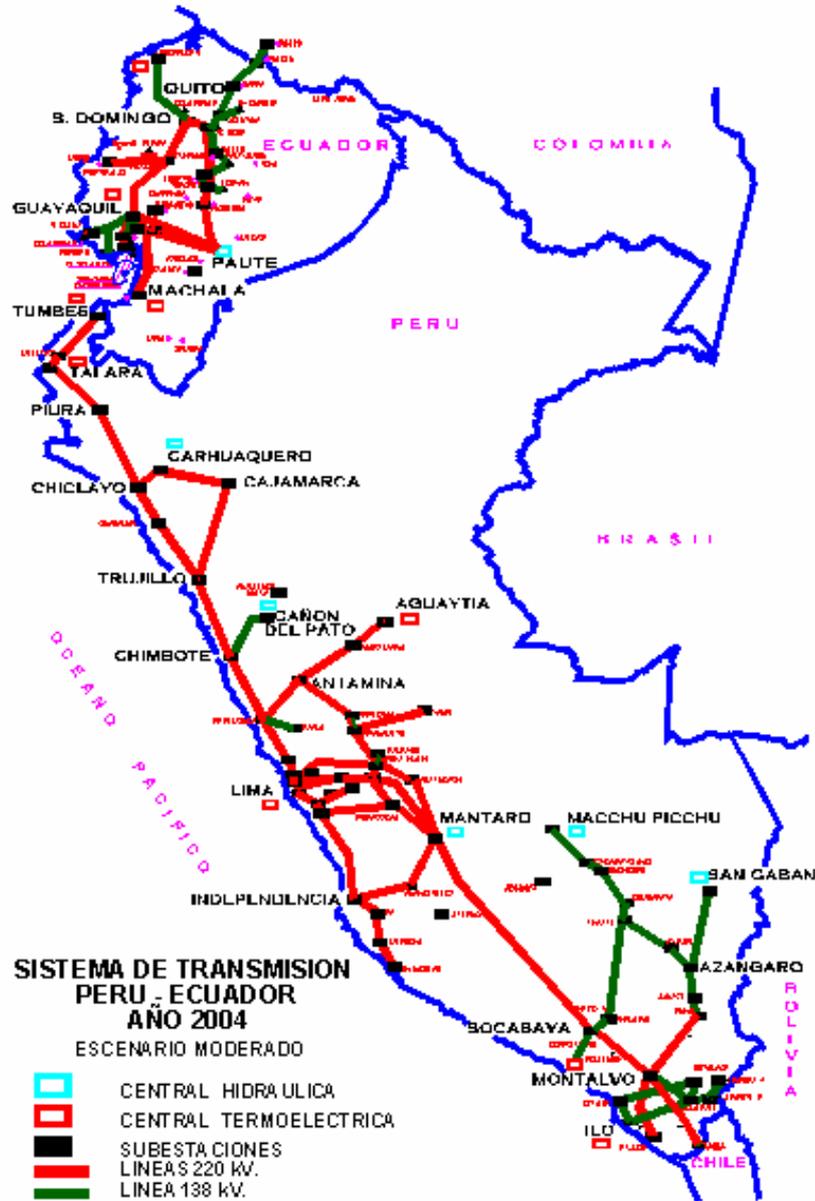
Fuente: Presentación de CREG de Colombia

Transelectric de Ecuador y Empresa de Energía de Bogotá, de Colombia están comprometidas para la construcción de una nueva interconexión que refuerce la actual y posibilite mayores transferencias de potencia y energía eléctricas.

Si bien una primera fase de interconexión eléctrica entre Ecuador y Perú, fue físicamente terminada en enero del año 2005, la misma solo podrá operar de

manera unidireccional, desconectando parte del sistema eléctrico de uno de los países y conectándolo al otro, pues debido a la debilidad de la interconexión esta no puede operar de manera sincrónica.

Gráfico 9  
Sistemas de transmisión eléctrica de Ecuador y Perú

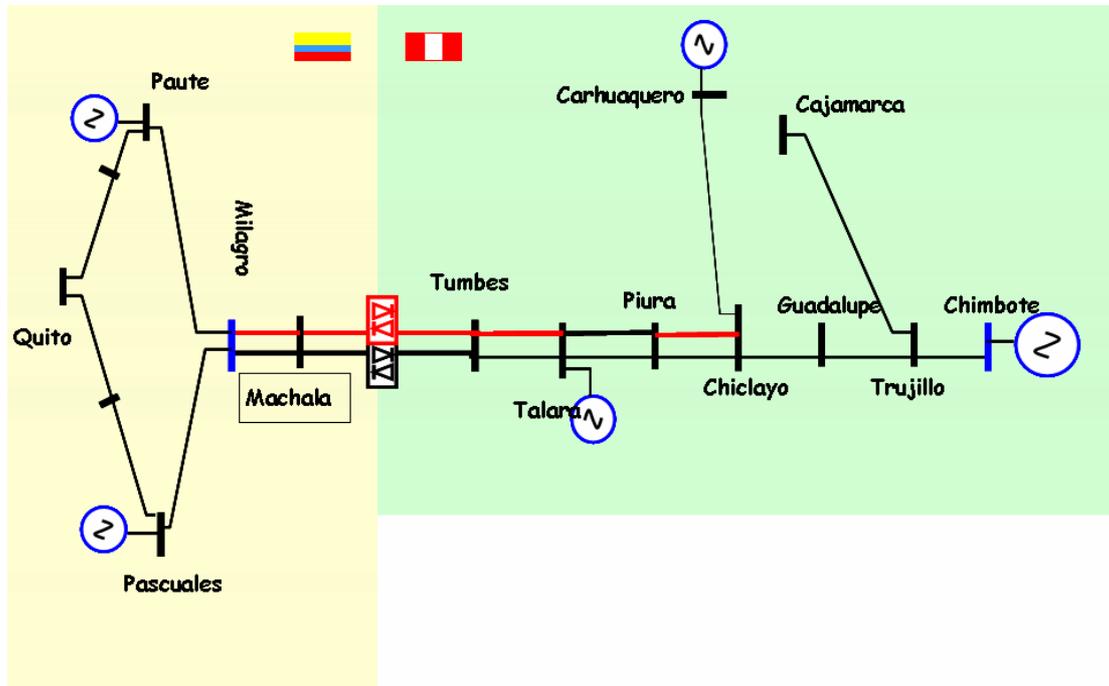


Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú

Se han analizado y continúan en estudio varias alternativas, para diseñar y construir dos o 3 fases adicionales, que permitan operar permanentemente conectados los sistemas eléctricos de Ecuador-Colombia, que ya operan sincrónicamente desde el 2003, y el de Perú.

Una de las opciones es utilizando sistemas “Back to Back”, con convertidores que pasen de corriente alterna a continua y nuevamente a alterna, a fin de evitar el sincronismo eléctrico pero permitir la transferencia continua de electricidad; esto debido a que el sistema de Perú requiere muchos refuerzos en su parte norte.

Gráfico 10  
Enlaces eléctricos previstos entre Ecuador y Perú



Fuente: OLADE – Hidro Québec de Canadá

La posibilidad de interconectar los sistemas de Perú y de Bolivia está todavía en estudio, pero existen ya los acuerdos a nivel político para llevar adelante este proyecto; y, hay empresas internacionales interesadas en el mismo.

Con las interconexiones mencionadas se contaría con un sistema eléctrico integrado en los cinco países de la Comunidad Andina, el cual facilitaría las interconexiones Colombia-Panamá, Venezuela-Brasil, Bolivia-Brasil, Perú-Chile y otras, tendientes a unir eléctricamente todos los países de América.

Gráfico 11  
Integración eléctrica entre países de la Comunidad Andina



Fuente: CENACE de Ecuador

#### d. Cono Sur

Las interconexiones entre Paraguay, Brasil, Argentina, Uruguay y Chile, son las que más se han desarrollado en lo físico, gracias a la construcción de centrales hidroeléctricas binacionales como Itaipú, Yaciretá, Salto Grande, etc..

Gráfico 12  
Interconexiones eléctricas entre Brasil y sus países vecinos



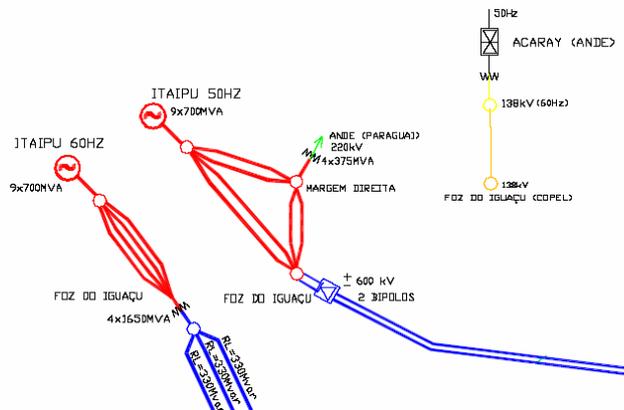
Fuente: ONS de Brasil

Como se ve en el mapa anterior, el noroeste de Brasil aún tiene sistemas aislados que no se enlazan a la red eléctrica del resto del país; y, uno de los sistemas aislados tiene una interconexión con una parte de la red eléctrica de Venezuela. El desarrollo de las interconexiones internas del Brasil requiere aún mucho esfuerzo, pues debe efectuarse en zonas selváticas con poblaciones dispersas.

Las interconexiones entre Brasil y Paraguay son las de mayor capacidad en la región y permiten evacuar la potencia y energía producidas por las unidades de generación de la central Itaipú, que es la de más potencia instalada en el mundo.

Tres líneas parten de las 9 unidades generadoras de 60 Hz, que van hasta la zona de Sao Paulo. De las 9 unidades de 50 Hz, que es la frecuencia del sistema de Paraguay, se sirve a ese sistema y mediante convertidores se obtiene corriente continua y se transmite por 2 líneas hacia Sao Paulo, en donde se convierte a 60 Hz.

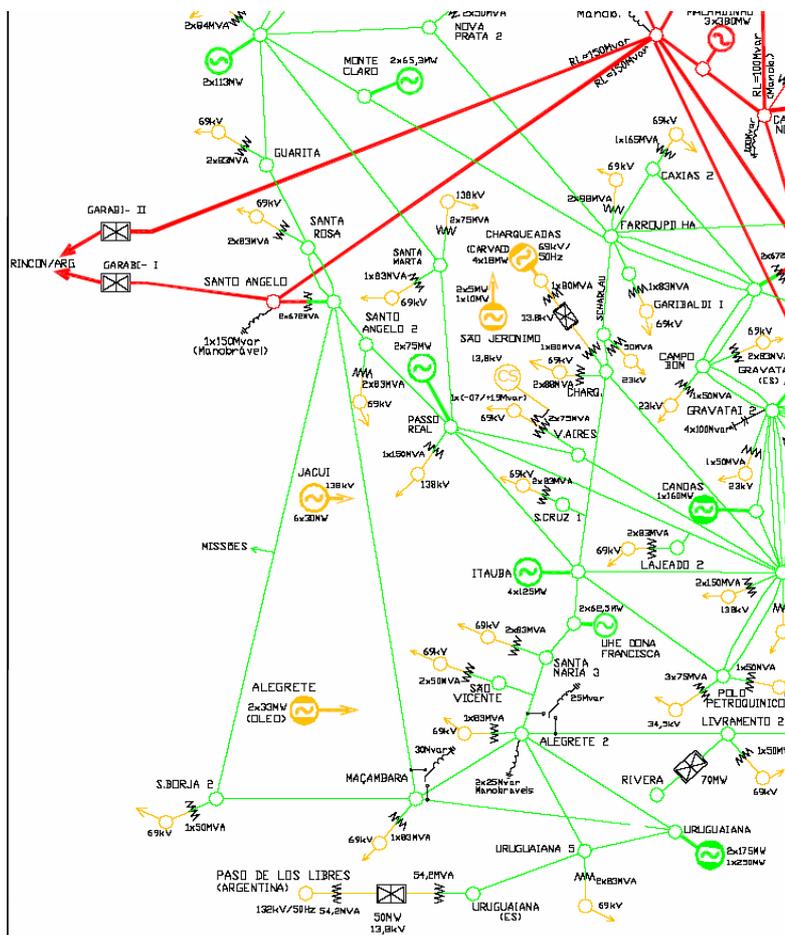
Gráfico 13  
Detalle de las interconexiones eléctricas entre Paraguay y Brasil



Fuente: ONS de Brasil

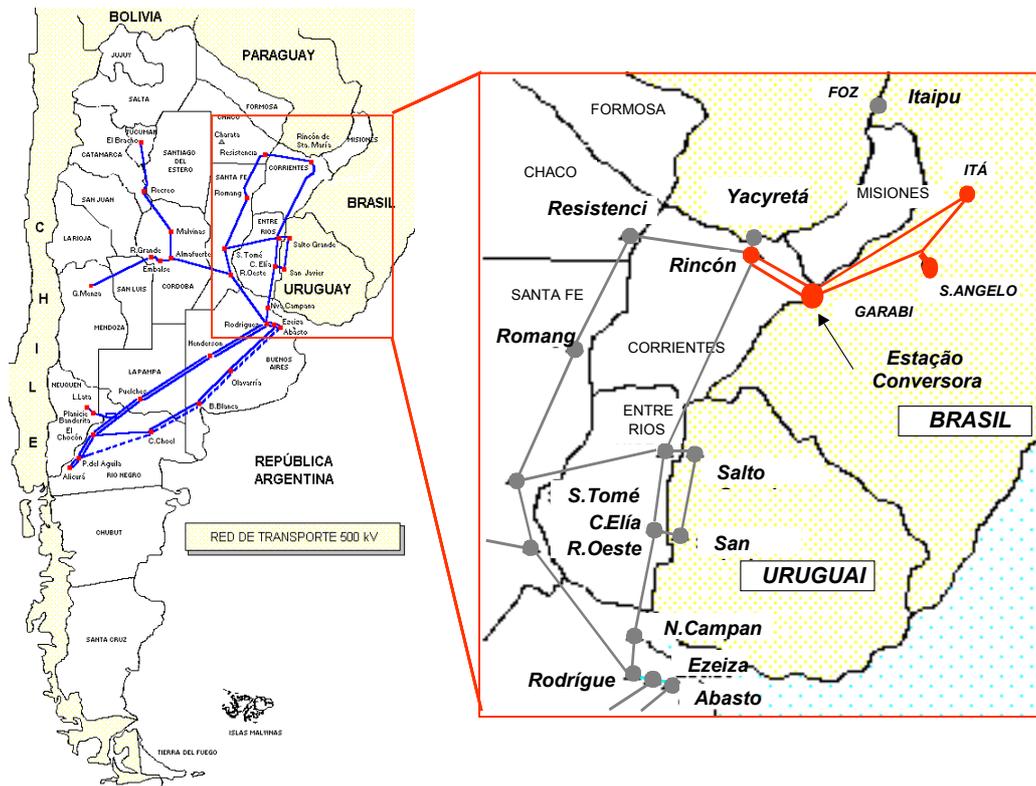
Entre Argentina y Brasil existen importantes enlaces cuyas características se pueden ver también en el sitio web del Operador Nacional del Sistema Eléctrico, ONS de Brasil. En el gráfico siguiente se ven las interconexiones desde Argentina hacia Garabí y Uruguayana en Brasil.

Gráfico 14  
Enlaces eléctricos de Brasil con Argentina y Uruguay



En la parte inferior derecha del gráfico anterior, se visualiza también el enlace entre Livramento en Brasil y Rivera en Uruguay.

Gráfico 15  
Interconexión entre Argentina y Brasil, por Garabí



Fuente: Interconexiones Eléctricas Regionales de Sudamérica. Grupo CIER 08

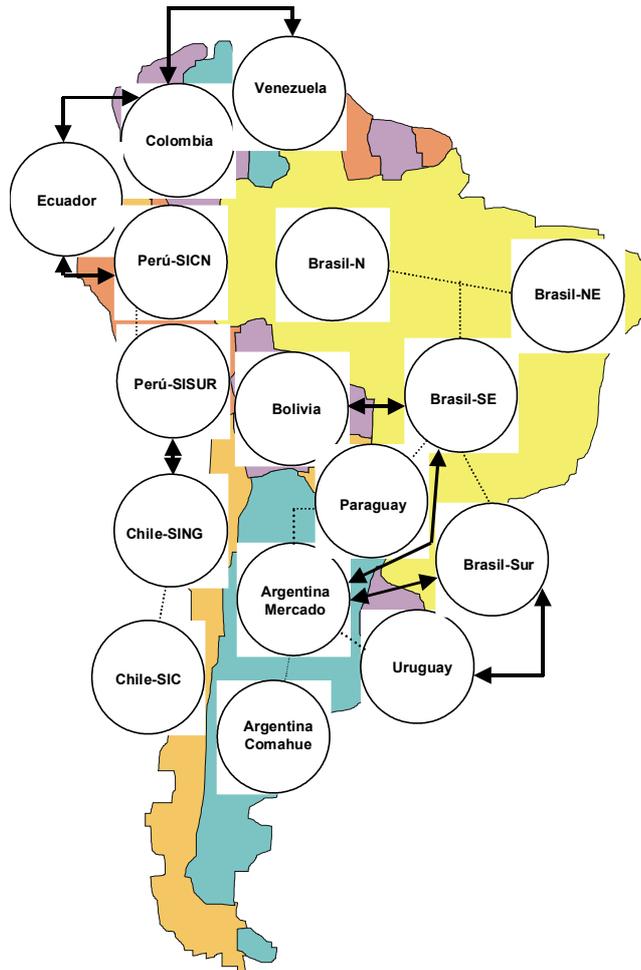
La Comisión de Integración Energética Regional, CIER, mediante grupos de trabajo y consultoras internacionales, con financiamiento de organismos internacionales, ha publicado estudios que coadyuvan a la integración eléctrica de los países sur americanos, como se ve en el gráfico siguiente.

Ese mapa muestra las transacciones de energía eléctrica factibles entre distintos países: Venezuela – Colombia, Colombia – Ecuador, Ecuador – Perú, Perú – Chile, Bolivia – Brasil, Argentina – Brasil, Uruguay – Brasil, etc.

También la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la delegación en Chile de La Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL, que es parte de la Organización de Naciones Unidas, ha realizado estudios y publicaciones respecto del tema, uno de los cuales analiza los “fundamentos para la Constitución de un Mercado Común de Electricidad” en la región.

La Corporación Andina de Fomento, CAF, y otras entidades, también vienen contribuyendo en los esfuerzos por lograr la integración eléctrica y energética de Latinoamérica y El Caribe.

Gráfico 16  
Intercambios de electricidad posibles entre subregiones de Sudamérica



Fuente: CIER

Además de las interconexiones entre sistemas eléctricos nacionales de transmisión, existen enlaces radiales entre sistemas de subtransmisión y de distribución de varios países, los cuales operan en un solo sentido, para abastecer eventual o permanentemente zonas fronterizas, en algunos casos con sistemas aislados de la red nacional. Como ejemplo, Bolivia cuenta con varias líneas que permiten recibir o entregar electricidad de o a sectores de países vecinos:

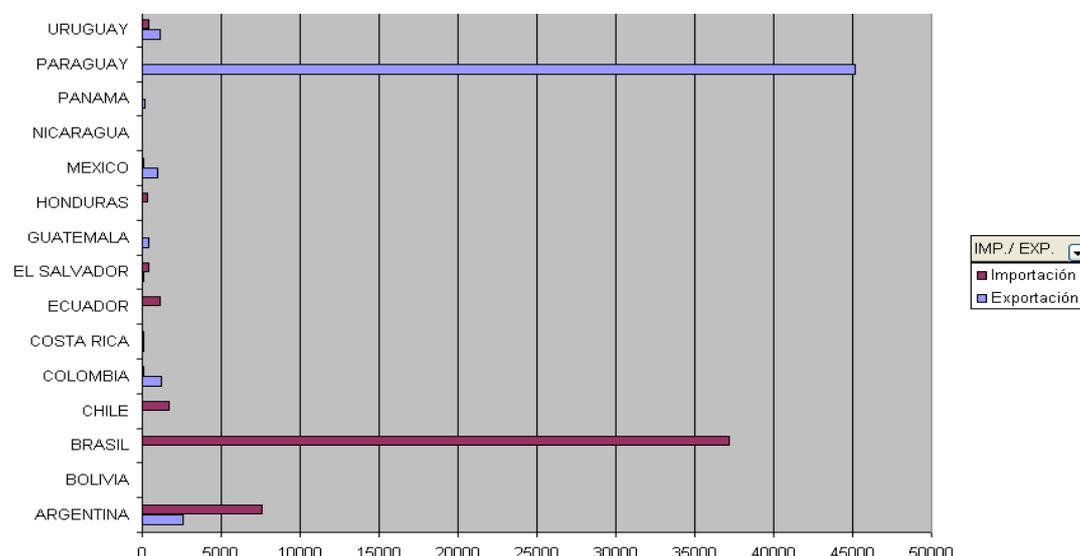
- Villazón con La Quiaca de Argentina, en 13.2 kV;
- Yacuiba con Pocitos de Argentina, en 33 kV;
- San Mateo con Corixa de Brasil, en 34.5 kV;
- Puerto Suárez con Columba de Brasil, 13.8 kV;
- Casani con Yunguyo de Perú, en 24.9 kV; y,
- Desaguadero con Zepita de Perú, en 24.9 kV.

## 5. Importaciones y exportaciones de electricidad

En los últimos años las transacciones internacionales de la región (incluyendo las realizadas entre México y Estados Unidos) han sido del orden de 49,000 GWh / año. El mayor exportador de energía eléctrica en el 2003 fue Paraguay, con 45,173 GWh y el país que más importó fue Brasil, con 37,141 GWh. Se espera con las nuevas interconexiones en ejecución y estudio, se incrementen las transacciones de electricidad ente los países de Centro América y de Sur América.

El gráfico siguiente incluye solo a los países que han reportado a OLADE exportaciones o importaciones de electricidad. Se ve que, a más de las grandes exportaciones de Paraguay a Brasil, Argentina ha importado más de lo que ha exportado; y, las demás transacciones internacionales han sido menores.

Gráfico 17  
Importaciones y exportaciones de energía eléctrica en el 2003



Fuente: SIEE – OLADE

Es necesario desglosar de mejor manera la estadística, para tener no solo los totales importados o exportados por cada país en el año, sino cuánto se importó, en períodos mensuales, diarios y ojalá horarios, de cada país vecino; y, cuánto se exportó a cada país; e inclusive, cuánto por cada una de las líneas de interconexión.

Resulta loable la tendencia integracionista y la apertura de los países para lograr economías de escala y beneficios para los habitantes, dejando de lado individualismos y favoreciendo la conformación de empresas que operen en varios países de la región, el logro de regulaciones armonizadas o supra nacionales y la creación de entes independientes para que operen y administren mercados mayoristas integrados.

Vale destacar a los países centroamericanos, que están ejecutando el proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central) y creando el Mercado Eléctrico Regional, habiendo formado desde hace varios años entidades regionales como: CEAC (Consejo de Electrificación de América Central),

la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE), el Ente Operador Regional (EOR), la Empresa Propietaria de la Red (EPR).

También en el 2003 fue importante la armonización regulatoria entre Colombia y Ecuador, que permitió la interconexión y operación sincrónica de sus sistemas eléctricos nacionales, mediante despachos horarios coordinados.

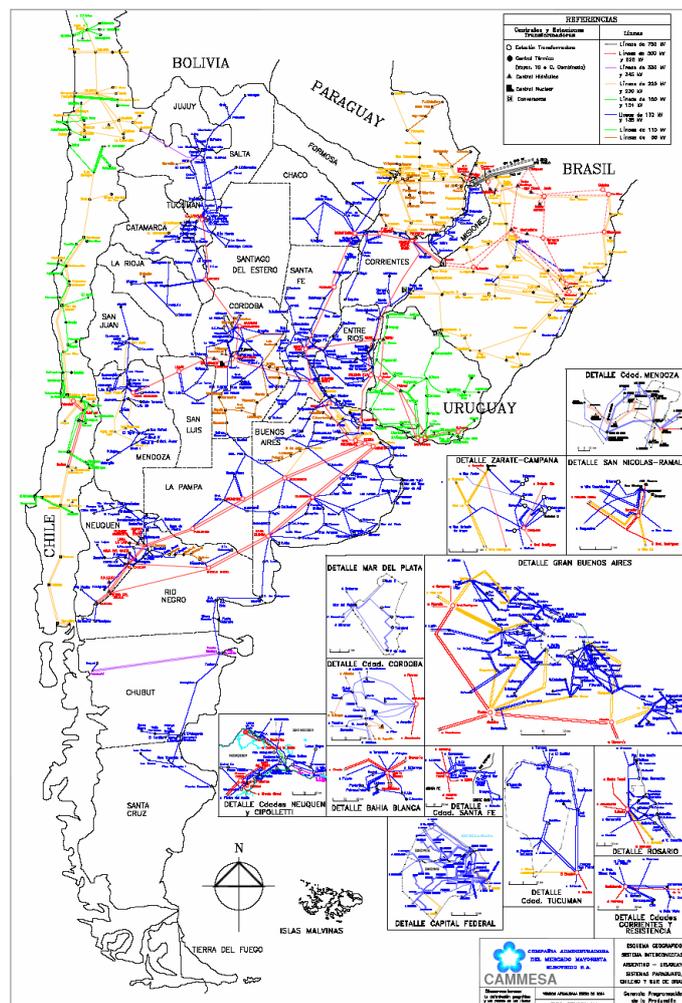
## Sistemas nacionales de transmisión de electricidad

La diferencia de frecuencia eléctrica en los sistemas de los países, dificulta la integración ente ellos. Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay operan con corriente alterna de 50 Hz, que deviene de tecnologías europeas, mientras el resto de países de norte, centro y sur América, tienen sistemas con 60 Hz, que es tecnología norte americana. Los enlaces entre sistemas de frecuencias diferentes, requieren costosas instalaciones de conversión, que utilizan corriente continua.

También las diferencias de voltajes entre partes de los sistemas de transmisión de cada país; y, entre países, complican las interconexiones, aunque en menor medida, pues las estaciones de transformación de voltaje son menos costosas e inclusive son admisibles conexiones entre sistemas con diferencias pequeñas de voltaje (Ej: 220 y 230 kV)

El gráfico siguiente, obtenido del sitio web de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A., muestra el esquema geográfico del sistema argentino de transmisión eléctrica, complementado con los sistemas interconectados de Uruguay, Paraguay, Chile y del sur de Brasil. El sitio publica también diagramas unifilares por propietarios y por voltajes.

Gráfico 18  
Sistemas interconectados de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay



Fuente: CAMMESA de Argentina



## 7. Porcentaje de viviendas con cobertura del servicio eléctrico

Uno de los aspectos más difíciles de evaluar, por falta de información reciente en muchos países, es la cobertura eléctrica, esto es el porcentaje de viviendas que cuentan con suministro de electricidad.

Según el cuadro y gráfico siguientes, que se basan en información del SIEE sobre porcentajes de cobertura, con cifras de años anteriores al 2003 en los casos coloreados; y, en datos de población y vivienda de CEPAL y CELADE, hay países como Barbados y Costa Rica, que han reportado coberturas del orden de 98 % y otros como Haití, Nicaragua, Honduras y Bolivia, que informan cifras de 34, 55, 62 y 65 %, respectivamente. Más difícil aún, resulta desglosar este indicador para estimar la cobertura eléctrica en los sectores rurales.

**Cuadro 8**  
Población, viviendas y cobertura del servicio eléctrico

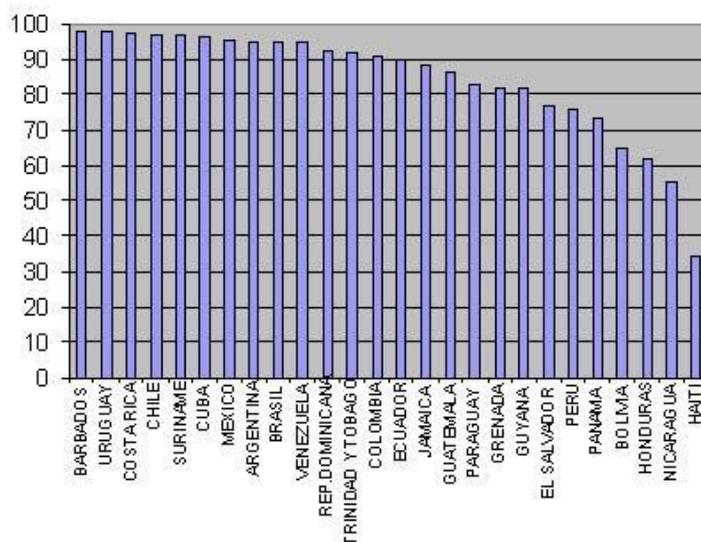
PAÍS	Población 2003 (miles)	Miles de Viviendas Estimadas	% cobertura 2003	Miles de Viviendas electrificadas	Miles de Viviendas sin servicio
ARGENTINA	38,401	7,680	95	7,296	384
BARBADOS	270	54	98	53	1
BOLIVIA	8,898	1,780	65	1,151	628
BRASIL	177,268	35,454	95	33,681	1,773
CHILE	15,774	3,155	97	3,060	95
COLOMBIA	44,562	8,912	91	8,100	812
COSTA RICA	4,245	849	98	828	21
CUBA	11,306	2,261	96	2,171	90
ECUADOR	13,343	2,669	90	2,393	276
EL SALVADOR	6,638	1,328	77	1,022	305
GRENADA	94	19	82	15	3
GUATEMALA	12,309	2,462	86	2,115	347
GUYANA	766	153	82	126	28
HAITI	8,827	1,765	34	600	1,165
HONDURAS	7,001	1,400	62	869	531
JAMAICA	2,651	530	88	467	64
MEXICO	103,301	20,660	95	19,683	977
NICARAGUA	5,489	1,098	55	606	492
PANAMA	3,116	623	73	457	166
PARAGUAY	5,922	1,184	83	980	205
PERU	27,148	5,430	76	4,126	1,303
REP. DOMINICANA	8,819	1,764	92	1,628	136
SURINAME	423	85	97	82	3
TRINIDAD Y TOBAGO	1,307	261	92	240	21
URUGUAY	3,408	682	98	668	14
VENEZUELA	25,554	5,111	95	4,855	256
<b>TOTAL REGIÓN LAC</b>	<b>536,840</b>	<b>107,368</b>	<b>91%</b>	<b>97,273</b>	<b>10,095</b>

Fuente: Elaborado con datos de SIEE – OLADE, CEPAL y CELADE

El cuadro anterior se basa en las últimas cifras de cobertura disponibles y en la población total de cada país. Se ha estimado un número de habitantes por vivienda, con lo cual se concluye que, aproximadamente el 91 % de las viviendas de la región, cuenta con electricidad; y, que más de 10 millones de hogares aún no cuentan con ese servicio.

El gráfico siguiente muestra en orden descendente por país, el porcentaje de cobertura eléctrica, lo cual ratifica la necesidad de reforzar los sistemas eléctricos nacionales y de aprovechar las disponibilidades energéticas propias y de los países vecinos, para focalizar las inversiones en dotar de energía a las zonas aisladas.

Gráfico 20  
 Porcentaje de viviendas con suministro de electricidad en los países de LAC



Fuente: SIEE – OLADE

Es muy importante que todos los países procuren desglosar de mejor manera la cobertura para zonas urbanas y rurales; y, que se consideren las viviendas que se abastecen de electricidad en forma precaria o ilegalmente, pues en esos casos se podría decir que aún requieren inversiones para servirlos adecuadamente.

Es importante resaltar el programa “Luz para Todos” que lanzó el Gobierno Federal de Brasil, el cual prevé la universalización del acceso a la energía eléctrica en ese país, en un lapso de 5 años. Según informaciones recibidas por OLADE para el SIEE, se estima que en el 2003 el 95 % de los hogares brasileños contaban con suministro de electricidad: 99 % en las zonas urbanas y 74 % en las rurales.

Varios países, como ejemplo Nicaragua, Chile, Ecuador y otros, han elaborado o están elaborando planes nacionales de electrificación rural, para aumentar, de manera organizada y con metas definidas, el porcentaje de familias con suministro de electricidad.

También conviene mencionar los esfuerzos que viene realizando desde hace varias décadas la Comisión Latinoamericana de Electrificación Rural, CLER, que tiene su sede en Costa Rica, para intercambiar experiencias y fomentar la ampliación y mejora del suministro de electricidad en las áreas rurales de los países de la región.

Tanto los enlaces eléctricos vecinales, entre sectores fronterizos de los países de América Latina y El Caribe, cuanto las interconexiones mayores entre sistemas nacionales de transmisión eléctrica, coadyuvan a llegar con el suministro de electricidad a un mayor porcentaje de habitantes de la región y especialmente a los más pobres y aislados.

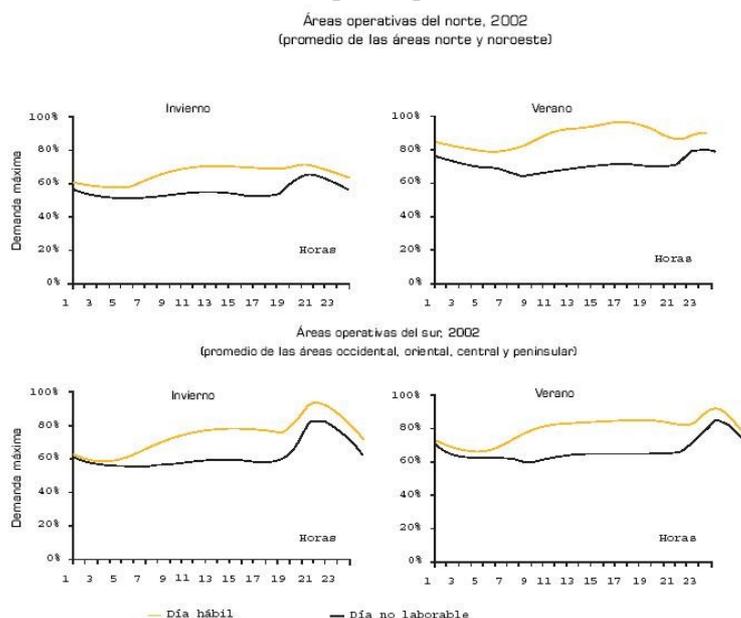
## 8. Potencias eléctricas máximas demandadas por los países

Para el dimensionamiento de las líneas, subestaciones y más elementos requeridos para las interconexiones eléctricas entre países, es necesario tener en cuenta la estadística y prospectiva respecto de la potencia máxima que demanda cada sistema que se prevé enlazar.

Será necesario completar, en la segunda fase del proyecto de integración energética que está desarrollando OLADE, la prospectiva eléctrica de cada país, para un período de al menos 10 años, con estimaciones de demandas de potencias activa y aparente máximas (MW y MVA, respectivamente) y de energía activa (MWh), a fin de que sirva como uno de los elementos de juicio para impulsar los diversos proyectos de interconexión eléctrica, tendientes a la integración energética de los países miembros de la Organización Latinoamericana de Energía.

Es importante contar con información sobre demandas máximas horarias, diarias, semanales, mensuales y anuales de cada sistema a conectar, a fin de calcular debidamente las demandas coincidentes del sistema integrado, pues cada sistema tiene curvas de demanda distintas, como se ve en el gráfico siguiente, que muestra, como ejemplo, lo que ocurre entre dos sistemas operativos de México, para días típicos, hábiles y no laborables, de invierno y verano.

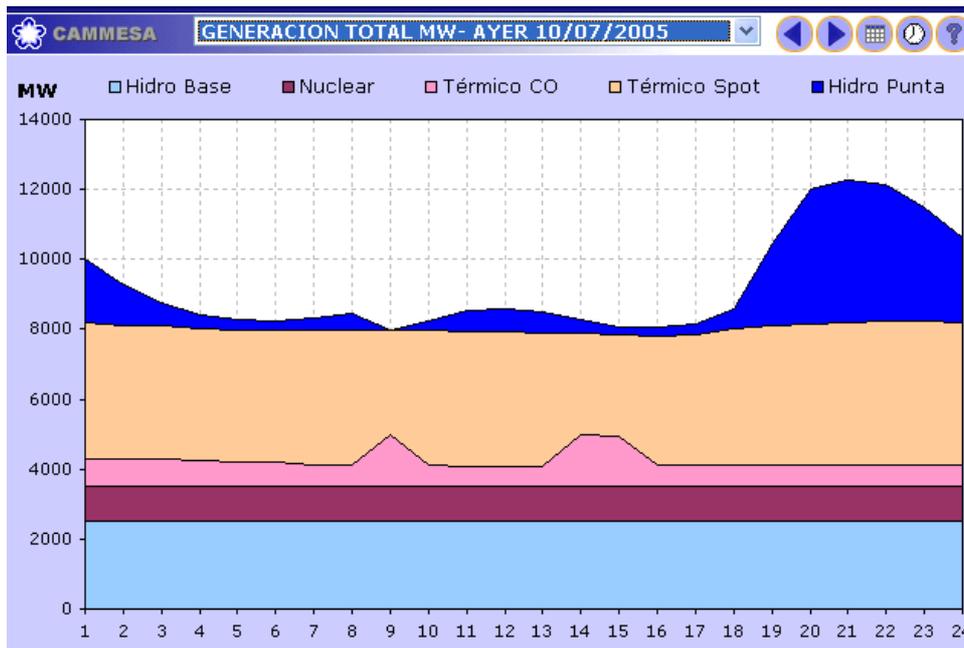
Gráfico 21  
Diferencias entre curvas de carga, según estaciones climáticas y zonas



Fuente: CFE de México

En el gráfico siguiente se visualiza con qué tipo de generación se satisfizo la demanda en cada hora de un día domingo, en el sistema eléctrico principal de Argentina. El pico, siendo un día feriado, se produce en horas de la noche; y, los componentes de generación térmica, tanto por contratos como en el mercado ocasional (spot), representan un importante porcentaje.

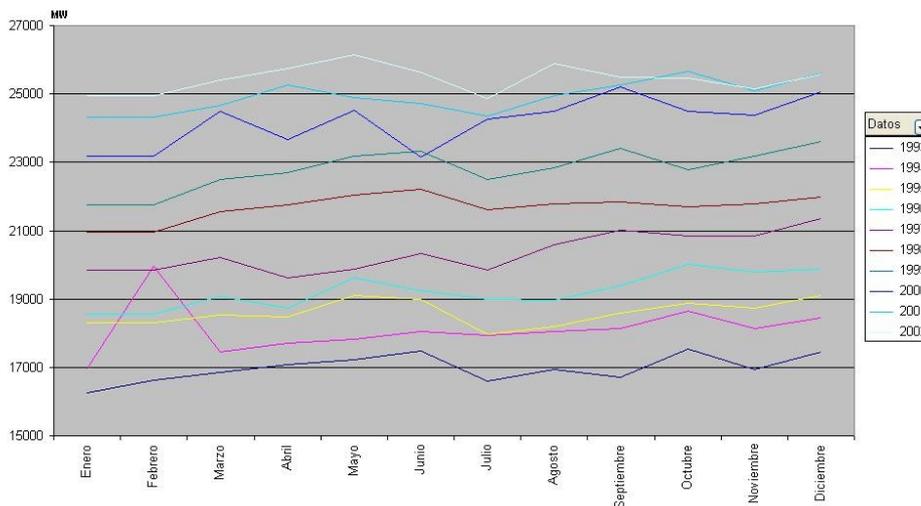
Gráfico 22  
Cobertura de la demanda eléctrica con varios tipos de generación



Fuente: CAMMESA de Argentina

Tomando también como ejemplo el sistema eléctrico de México, el gráfico siguiente demuestra las diferencias que existen en las demandas máximas mensuales de potencia activa (MW), en varios años; debidas al crecimiento cronológico de la carga y a las variaciones típicas entre meses de cada año.

Gráfico 23  
Variaciones mensuales y entre años de la demanda eléctrica



Fuente: Elaborado con datos de CFE de México

Otra forma para demostrar la gran ventaja de las interconexiones eléctricas, es sumando aritméticamente las demandas máximas de varios sistemas o subsistemas, cada uno de los cuales presenta, en cada año, su máxima demanda en un día y hora diferentes, como consta en el cuadro siguiente que se refiere al Brasil.

Como se puede ver, la suma de las demandas máximas de cada subsistema, es mayor que la demanda máxima coincidente de esos subsistemas en conjunto. Mientras mayor número de sistemas se interconecten, se tendrán mayores ventajas en este sentido.

**Cuadro 9**  
Diferencia entre demandas máximas no coincidentes y coincidentes

<b>SUB-SISTEMAS</b>	<b>Día_Sem</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Demanda Máxima Coincidente MWh / h</b>	<b>Suma de Demandas Máximas de c/subsistema MWh / h</b>
SEICO	Martes	29-Jun-99	19	33780	
SEICO	Martes	27-Jun-00	19	34929	
SEICO	Martes	24-Abr-01	19	35775	
SEICO	Miércoles	16-Oct-02	20	31810	
SUL	Martes	08-Jun-99	19	8998	
SUL	Jueves	15-Jun-00	19	9751	
SUL	Miércoles	21-Mar-01	19	10059	
SUL	Martes	04-Jun-02	20	9539	
SEICO + SUL	Miércoles	21-Jul-99	19	42317	42778
SEICO + SUL	Jueves	15-Jun-00	19	44505	44680
SEICO + SUL	Martes	24-Abr-01	19	44865	45834
SEICO + SUL	Martes	15-Oct-02	20	41256	41349
NORDESTE	Miércoles	15-Dic-99	19	7531	
NORDESTE	Sábado	02-Dic-00	20	7932	
NORDESTE	Sábado	17-Feb-01	21	7745	
NORDESTE	Sábado	21-Dic-02	21	7500	
NORTE	Jueves	04-Mar-99	20	2882	
NORTE	Miércoles	20-Sep-00	22	2918	
NORTE	Sábado	12-May-01	20	2881	
NORTE	Martes	20-Ago-02	20	2949	
NORDESTE + NORTE	Miércoles	15-Dic-99	21	10164	10413
NORDESTE + NORTE	Sábado	02-Dic-00	21	10725	10850
NORDESTE + NORTE	Sábado	17-Feb-01	21	10538	10626
NORDESTE + NORTE	Sábado	07-Dic-02	21	10285	10449
<b>TOTAL SISTEMA</b>	<b>Jueves</b>	<b>17-Jun-99</b>	<b>19</b>	<b>51972</b>	<b>53191</b>
<b>TOTAL SISTEMA</b>	<b>Jueves</b>	<b>15-Jun-00</b>	<b>19</b>	<b>54335</b>	<b>55530</b>
<b>TOTAL SISTEMA</b>	<b>Martes</b>	<b>24-Abr-01</b>	<b>19</b>	<b>55099</b>	<b>56460</b>
<b>TOTAL SISTEMA</b>	<b>Martes</b>	<b>15-Oct-02</b>	<b>20</b>	<b>50759</b>	<b>51798</b>

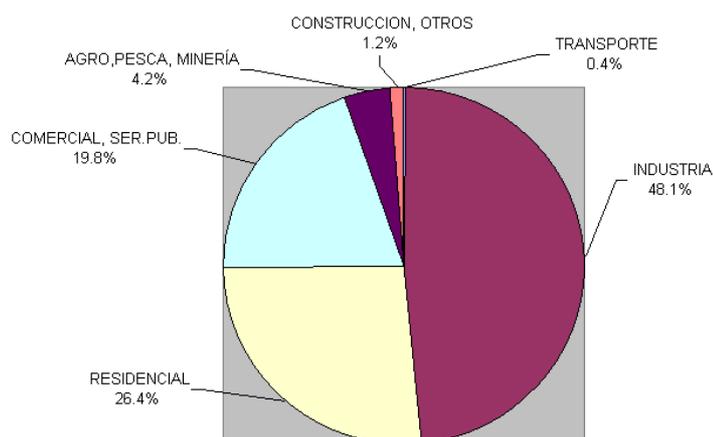
Fuente: Elaborado con datos de ONS de Brasil

Todo lo anterior confirma la importancia de interconectar sistemas eléctricos, para hacer uso de las ventajas que representa la diversidad de las curvas de carga diarias, mensuales y estacionales, entre sistemas con diferencias de husos horarios, climas, costumbres, usos de la energía, etc.

## 9. Energía eléctrica facturada y consumida

El consumo eléctrico facturado en Latinoamérica y El Caribe, fue de 820,873 GWh en el 2003, registrando un incremento de 3.6 % con relación al 2002. Esto ratifica las oportunidades para nuevos emprendimientos en el sector eléctrico regional. El gráfico que se presenta a continuación permite ver que la mayor parte del consumo de electricidad se produce en actividades industriales.

Gráfico 24  
Porcentaje del consumo de electricidad por tipo de uso en LAC



Fuente: SIEE – OLADE

El consumo per cápita de electricidad en el año 2003 fue de 1,529 kWh, mayor que los 1,498 kWh / Hab. del 2002. El consumo residencial por habitante, subió a 403 kWh, lo que ratifica una tendencia positiva, que favorece la integración energética.

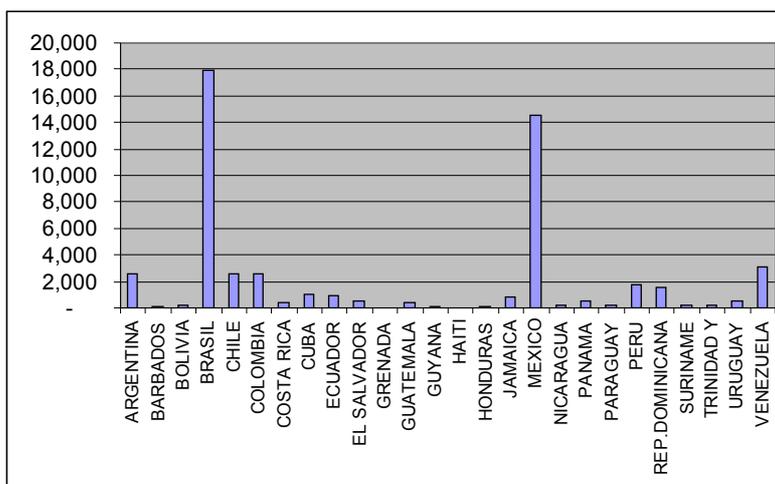
El consumo total es en realidad mayor a lo facturado, debido a la energía consumida por quienes hurtan electricidad y a errores de medición y facturación. Las pérdidas de electricidad que se analizan en el punto siguiente, incluyen aquellas que son debidas a razones técnicas y las no técnicas o comerciales.

Los precios medios de la electricidad son difícilmente comparables entre los países de la región, por la diversidad de esquemas tarifarios, por las tasas de cambio variables y por la creciente participación de autogeneradores, cogeneradores y usuarios no regulados, cuyos precios no siempre son asequibles. Para tener una base de referencia, se han convertido a dólares de Estados Unidos de América los precios medios mensuales reportados en monedas nacionales.

Con esas consideraciones y asumiendo que los precios medios de mayo 2003 son representativos del año, se han aplicado a los consumos anuales de cada país, para poder calcular precios ponderados de la región, en función de los totales facturados en el 2003, en millones de USD, cuya estimación consta en el gráfico siguiente.

Gráfico 25

Millones de dólares facturados por consumo de electricidad en el 2003



Fuente: Estimado con datos de SIEE – OLADE

Resulta que los precios medios de la electricidad en Latinoamérica y El Caribe, incluyendo impuestos, en centavos de dólar por cada kWh, resultan de aproximadamente: 8.1 para usuarios comerciales, 4.8 para industriales y 7.7 para residenciales. Las diferencias entre países son grandes.

Los países con menores precios medios de electricidad en el año 2003, debajo de 5 centavos de dólar por kWh, han sido: Trinidad y Tobago, Argentina, Honduras y Venezuela; en cambio, aquellos con precios medios superiores a 14 U\$cent./kWh, han sido: Grenada, Barbados, Nicaragua y Surinam. Mucho de esto, como se indicó anteriormente, resulta distorsionado por las variaciones en las tasas de cambio.

El cuadro siguiente resume los reportes recibidos para el Sistema de Información Económica Energética, SIEE, de OLADE, para el año 2003. Se cuenta con datos sobre las cantidades de energía eléctrica consumidas por tipo de uso (en realidad facturadas, pues no incluye los consumos mediante hurtos, que son parte de las pérdidas no técnicas de electricidad).

**Cuadro 10**  
**Consumo de electricidad por tipo de usuario**

<b>PAÍS</b>	<b>TRANSPORTE</b>	<b>INDUSTRIA</b>	<b>RESIDENCIAL</b>	<b>COMERCIAL, SER.PUB.</b>	<b>AGRO,PESCA, MINERÍA</b>	<b>CONSTRUCCION, OTROS</b>	<b>TOTAL GWh 2003</b>
ARGENTINA	400	37,972	21,745	19,423	486	-	80,026
BARBADOS	-	68	258	400	-	56	782
BOLIVIA	-	904	1,480	857	386	39	3,665
BRASIL	980	160,349	76,134	78,072	14,281	-	329,816
CHILE	221	29,013	7,290	5,377	-	-	41,900
COLOMBIA	43	11,905	15,164	8,424	935	52	36,523
COSTA RICA	-	1,910	2,857	1,777	132	36	6,712
CUBA	99	3,877	4,985	3,244	199	65	12,469
ECUADOR	3	1,937	3,331	2,333	-	763	8,367
EL SALVADOR	-	2,410	1,722	617	81	9	4,839
GRENADA	-	6	53	69	-	1	130
GUATEMALA	-	1,584	2,010	1,677	-	537	5,808
GUYANA	-	73	188	65	318	-	644
HAITI	-	98	108	25	-	52	283
HONDURAS	-	1,085	1,540	1,193	-	-	3,817
JAMAICA	-	541	1,107	1,278	3,517	73	6,516
MEXICO	1,114	93,174	39,886	18,969	7,343	-	160,485
NICARAGUA	-	355	515	691	76	17	1,653
PANAMA	-	350	1,365	2,643	-	-	4,359
PARAGUAY	-	1,055	2,602	659	-	-	4,315
PERU	-	6,306	7,334	326	6,243	-	20,209
REP.DOMINICANA	-	4,181	4,439	3,273	-	-	11,893
SURINAME	-	897	250	177	16	-	1,339
TRINIDAD Y TOBAGO	-	3,730	2,146	-	-	-	5,876
URUGUAY	-	1,462	2,610	1,720	179	-	5,971
VENEZUELA	203	29,266	15,292	9,316	-	8,400	62,477
<b>América Latina y Caribe</b>	<b>3,063</b>	<b>394,505</b>	<b>216,409</b>	<b>162,604</b>	<b>34,191</b>	<b>10,100</b>	<b>820,873</b>

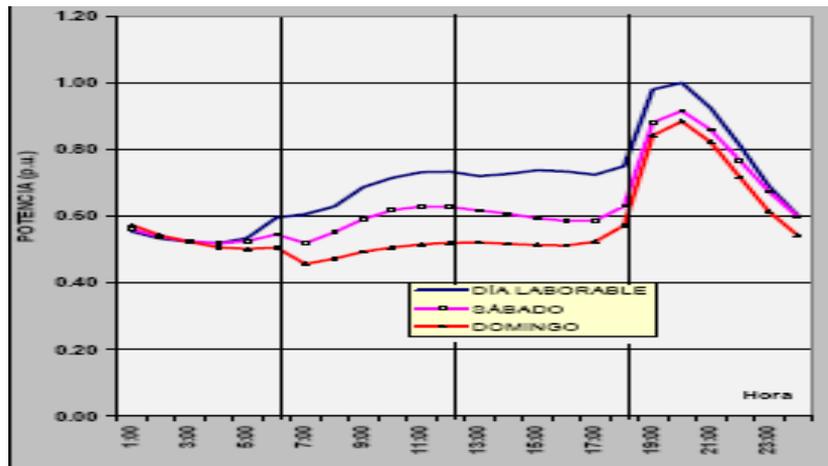
Fuente: SIEE – OLADE

Como se puede ver en el cuadro, los sectores industrial, residencial y comercial, son los mayores consumidores de electricidad.

Para efectos de la integración energética es muy importante considerar que los patrones horarios, diarios, semanales y anuales de consumo, son diferentes para cada tipo de consumidor, zona geográfica, clima, costumbres, horarios de trabajo, etc.; por lo cual, al interconectar grupos de usuarios y sistemas que tienen distintas curvas de carga, la curva de demanda total se complementa y se requiere menor potencia de abastecimiento en cada instante, lo cual redundaría en menores costos.

Como ejemplo se muestra las curvas de carga eléctrica de un día típico, para un país en donde predomina el consumo residencial, que tiene mayor demanda en las primeras horas de la noche, por iluminación, televisión, etc. Se ve la diferencia entre días de trabajo y otros.

Gráfico 26  
Curvas de demanda para días laborables y feriados, con predominio residencial

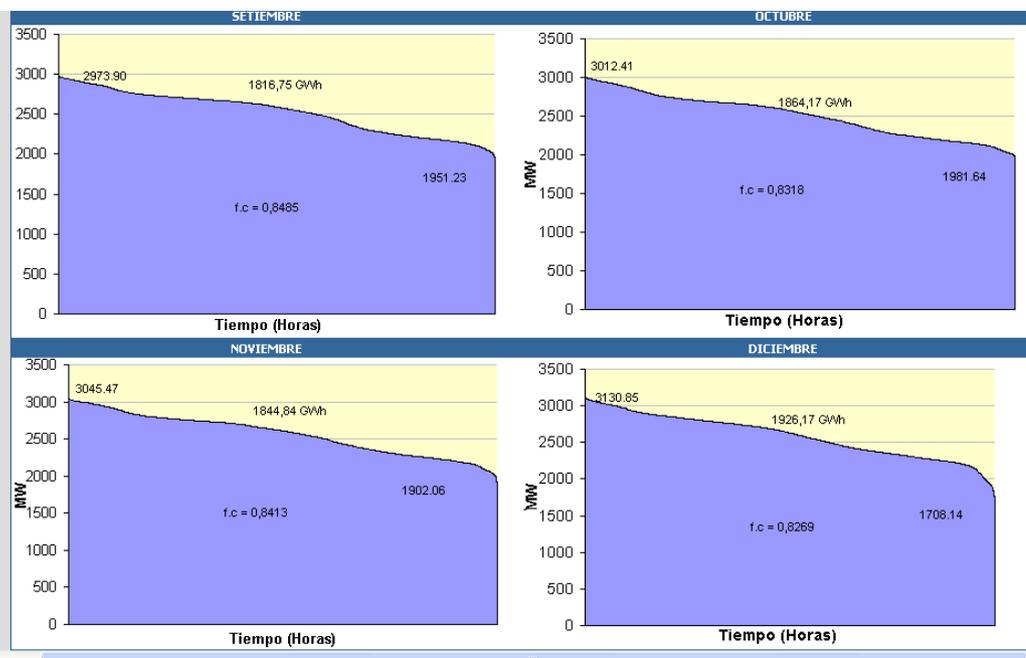


Fuente: Plan Nacional de Electrificación del Ecuador, CONELEC

En cambio, en países donde predomina la industria, la demanda se eleva durante las horas de trabajo.

A la vez, para cada sistema que va a ser enlazado, es importante analizar mes a mes, la potencia máxima, la duración de cada demanda de potencia, la energía requerida, el factor de carga (fc) y otros parámetros.

Gráfico 27  
Curvas de duración de la demanda para distintos meses

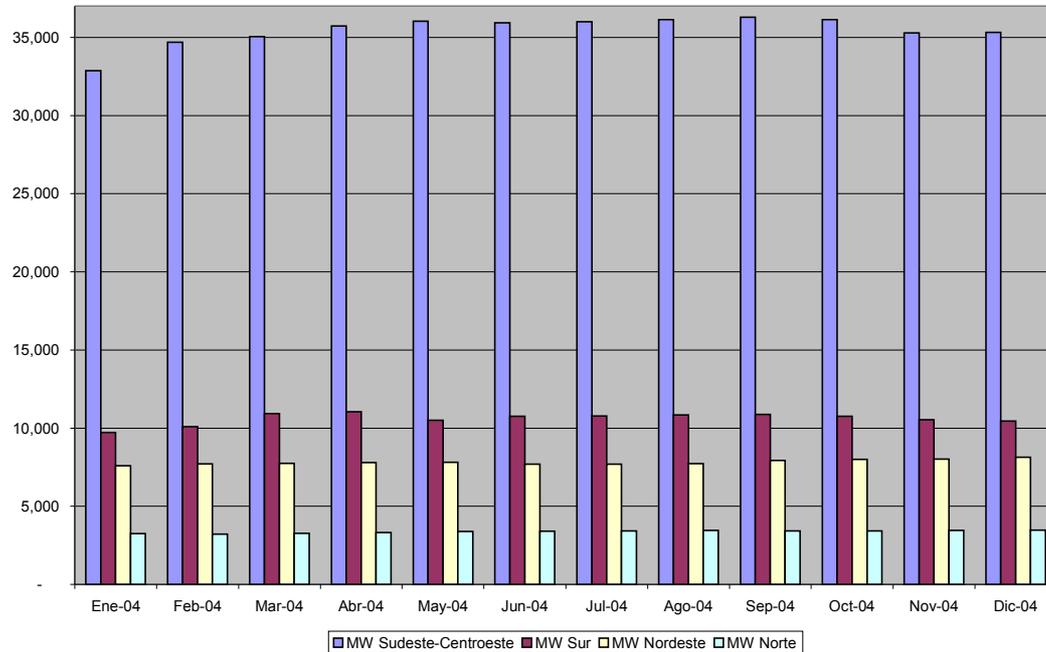


Fuente: COES de Perú

También entre los diferentes meses del año, las demandas máximas de potencia eléctrica son distintas, dependiendo fundamentalmente del clima, de los períodos

vacacionales y de las costumbres de cada zona. El gráfico siguiente muestra las diferencias entre las distintas zonas eléctricas del Brasil, en cada mes del año.

Gráfico 28  
Curvas de demanda para distintos meses y en varias zonas del Brasil



Fuente: Elaborado con datos de ONS de Brasil

Por tanto, en el análisis de interconexiones eléctricas internacionales, es fundamental considerar la gran ventaja y la oportunidad que representa la diferencia de curvas de demanda, diarias, semanales y anuales, pues los picos máximos de potencia y los períodos de mayor uso de energía, no son coincidentes entre regiones y entre países.

## 10. Pérdidas de electricidad

Según la metodología para balances de energía que se usa en el SIEE de OLADE, las pérdidas de energía eléctrica se calculan como:

$$\text{Pérdidas} = \text{Oferta Total} - \text{Consumos Propios} - \text{Consumos Energéticos} - \text{Ajuste}$$

En donde, para cada país:

- Oferta Total = Producción + Importación – Exportación
- Producción = Centrales Eléctricas + Autoprodutores
- Ajuste = valor pequeño o nulo, para compensar inexactitudes y redondeos

Uno de los problemas críticos en muchos países de la región, es el alto nivel de pérdidas de energía eléctrica, pues considerando datos actualizados del año 2003, se tiene una cifra regional ponderada de 16 %, aproximadamente, que es alta comparada con el valor adecuado del orden de 10 %, que corresponde principalmente a pérdidas técnicas inevitables, en líneas, transformadores y otros elementos. Hay países que están por debajo de ese valor referencial y otros que llegan a más de 30%, como se constata en el cuadro siguiente.

Cuadro 11  
Cálculo de las pérdidas de energía eléctrica

PAÍS	Producción	Importación	Exportación	OFERTA TOTAL = P + I - E	Consumo propio (CP)	Consumo Energético (CE)	Ajuste	Pérdidas= Oferta-CP-CE- Ajuste	%PERD= Perd.*100/ Oferta
ARGENTINA	92,053	7,578	2,543	97,088	2,384	80,026	- 633	15,311	15.77
BARBADOS	871	-	-	871	31	782	-	58	6.65
BOLIVIA	4,269	9	-	4,279	33	3,665	- 0	581	13.58
BRASIL	364,896	37,146	6	402,036	12,008	329,816	0	60,213	14.98
CHILE	45,061	1,667	-	46,728	2,032	41,900	- 31	2,826	6.05
COLOMBIA	47,689	69	1,182	46,576	793	36,523	187	9,072	19.48
COSTA RICA	7,570	41	118	7,493	49	6,712	9	722	9.64
CUBA	15,909	-	-	15,909	999	12,469	-	2,441	15.34
ECUADOR	11,503	1,120	67	12,556	277	8,367	- 112	4,024	32.05
EL SALVADOR	4,764	428	103	5,089	159	4,839	- 469	560	11.00
GRENADA	154	-	-	154	4	130	-	20	13.10
GUATEMALA	6,561	31	428	6,164	99	5,808	-	257	4.17
GUYANA	820	-	-	820	31	644	-	145	17.69
HAITI	512	-	-	512	13	283	-	216	42.19
HONDURAS	4,530	331	-	4,861	16	3,817	-	1,028	21.15
JAMAICA	7,146	-	-	7,146	10	6,516	-	620	8.68
MEXICO	203,863	71	954	202,980	10,746	160,485	- 1,355	33,105	16.31
NICARAGUA	2,590	12	21	2,581	136	1,653	-	793	30.71
PANAMA	5,671	2	182	5,491	65	4,359	32	1,035	18.86
PARAGUAY	51,769	-	45,179	6,590	392	4,315	- 0	1,883	28.57
PERU	22,930	-	-	22,930	403	20,209	0	2,318	10.11
REP. DOMINICANA	13,489	-	-	13,489	235	11,893	36	1,325	9.83
SURINAME	1,496	-	-	1,496	28	1,339	-	128	8.56
TRINIDAD Y TOBAGO	6,437	-	-	6,437	249	5,876	- 0	312	4.84
URUGUAY	8,579	434	1,139	7,874	80	5,971	31	1,792	22.76
VENEZUELA	89,817	-	-	89,817	2,248	62,477	2,173	22,919	25.52
<b>América Latina y Caribe</b>	<b>1,020,945</b>	<b>48,989</b>	<b>51,920</b>	<b>1,017,964</b>	<b>33,519</b>	<b>820,873</b>	<b>- 134</b>	<b>163,704</b>	<b>16.08</b>

Fuente: SIEE – OLADE

En este análisis resulta fundamental el tema de las transacciones internacionales de electricidad y, por supuesto, la correcta recolección y procesamiento de datos respecto de: generación en cada central, consumo propio en esas plantas; y, consumo energético o facturación a los usuarios finales.

Al reforzar los sistemas nacionales de transmisión eléctrica y enlazarlos con redes de otros países, deberían disminuir las pérdidas técnicas de energía, pues se puede optimizar de mejor manera el despacho de las centrales generadoras, evitando sobrecargas y restricciones operativas en líneas, transformadores y otros elementos.

## 11. Conclusiones

La integración energética y concretamente las **interconexiones eléctricas** entre países, posibilitan un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos y aseguran adecuadamente el abastecimiento de energía a los usuarios, que pueden beneficiarse de mejoras en calidad y precio del suministro, gracias a:

- Complementariedades hidrológicas entre países;
- No coincidencia de las demandas;
- Diversificación de la matriz energética;
- Mejores posibilidades para solventar emergencias;
- Mayor competencia en generación;
- Reducción de las capacidades de reserva necesarias;
- Etc.

Los países miembros de OLADE, especialmente los de Sudamérica, tienen importantísimos **recursos energéticos**, especialmente renovables, de los cuales vale la pena resaltar el potencial hidro eléctrico.

La **capacidad instalada para generación** hidroeléctrica aprovecha una mínima parte del potencial hidro energético de la región; y, es solo un poco superior a la capacidad termoeléctrica, lo cual demuestra la necesidad de impulsar aún más la instalación de centrales hidroeléctricas, en lugar de priorizar la inversión en centrales termoeléctricas, que si bien requieren menor inversión inicial, no garantizan la sostenibilidad económica y ambiental del suministro eléctrico.

Al contar con un sistema eléctrico interconectado, se vuelven más atractivas las **inversiones en generación**, pues tienen un mercado más grande y con mayor número de compradores.

Algunos países de Latinoamérica y El Caribe, no logran aún interconectar todos sus principales sistemas eléctricos, pero están trabajando para lograrlo. Existen **interconexiones eléctricas** importantes entre México y Estados Unidos, en Centro América, en la Comunidad Andina y entre los países del Cono Sur; y, están en marcha varios estudios y proyectos para enlazar eléctricamente México y Colombia con Centroamérica, así como varios países de la Comunidad Andina con los sistemas de los países restantes de América del Sur.

Existe una clara tendencia integracionista de muchos países para lograr economías de escala y beneficios para los habitantes, mediante **armonización de regulaciones**, aprobación de normativas supra nacionales y creación de entes independientes para que regulen, operen y administren mercados eléctricos mayoristas integrados.

La **demanda de potencia y energía eléctrica** sigue aumentando en la región, por la necesidad social de aumentar la cobertura del servicio eléctrico a la mayoría de habitantes y por la importancia de mejorar la confiabilidad del servicio, las pérdidas de energía y otros parámetros, tanto en los sistemas de transmisión como de distribución eléctrica. Esto hace conveniente aprovechar los recursos propios y de los países vecinos, para optimizar las inversiones y los costos operativos.

**En resumen, es muy conveniente para todos los países seguir impulsando las interconexiones con los demás sistemas eléctricos de la región, con la visión de tener cuanto antes una América completamente enlazada.**

## Bibliografía

País	Entidad o Autor	Tipo	Descripción	Fecha
Regional	Organización Latinoamericana de Energía, OLADE	Libro	La Modernización del Sector Eléctrico en América Latina y El Caribe	1998
Regional	Organización Latinoamericana de Energía, OLADE	Libro	Resultados de los procesos de modernización y perspectivas de integración energética en América Latina y El Caribe	1998
Regional	Comisión de Integración Energética Regional, CIER	Documento	Mercados Mayoristas e Interconexiones, Informe Final	Mar-99
Guatemala	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE	Libro	Ley General de Electricidad, Reglamento de la Ley General de Electricidad, Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista	2000
Regional	Comisión de Integración Energética Regional, CIER	Documento	Mercados Mayoristas e Interconexiones, Síntesis Ejecutiva	May-00
Regional	Comisión de Integración Energética Regional, CIER	Documento	Interconexiones Regionales de Mercados Eléctricos. Informe General	Jun-00
Costa Rica	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP	Impresión	El proyecto SIEPAC, Anexo A	2001
Regional	International Energy Agency	Libro	Competition in Electricity Markets	2001
Regional	Banco Interamericano de Desarrollo, BID	Artículo	Integración Energética en el Mercosur Ampliado	2001
Regional	Comisión de Integración Energética Regional, CIER	Documento	Diseño de una Organización para coordinar los futuros mercados regionales de electricidad de América del Sur	Ago-01
Costa Rica	Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central, SIEPAC	Impresión de presentación	Mercado Eléctrico Regional (MER) y los Mercados Eléctricos Nacionales (MEN's)	2002
Colombia	Ministerio de Minas y Energía	Archivo ppt	Proyectos de Interconexión en la Frontera Colombo - Venezolana	2003
Costa Rica	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP	Libro	Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos y Reglamento	2003
México	Secretaría de Energía, SENER	Documento	Prospectiva Eléctrica 2003-2012	2003
Regional	Comisión de Integración Energética Regional, CIER	Libro	Atlas del Desarrollo Eléctrico de América del Sur	2003

Perú	Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas	Plegable	Estadística Eléctrica por Departamentos	Oct-03
Costa Rica	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP	Libro	Normativa Técnica Eléctrica	2004
<b>País</b>	<b>Entidad o Autor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>
Costa Rica	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP	Cuadernillo	Normativa Técnica Eléctrica (Anexos)	2004
Costa Rica	Comisión Reguladora de Interconexión Eléctrica, CRIE	Impresión de presentación	El proyecto SIEPAC y la CRIE	2004
Costa Rica	ICE, EPR, SIEPAC, ARESEP, DSE	Archivos magnéticos	Varios	2004
Costa Rica	DGE, ETCEE, INDE, AMM, CNEE	Archivos magnéticos	Varios	2004
Guatemala	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE	CD	Ley, Reglamentos y Normas del Subsector Eléctrico	2004
Regional	Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL	Libro	Fundamentos para la constitución de un mercado común de Electricidad	2004
Regional	Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL	Libro	Seguridad y calidad del abastecimiento eléctrico a más de 10 años de la reforma de la industria eléctrica en América del Sur	2004
Regional	Corporación Andina de Fomento, CAF	Documento	Venezuela: Análisis del Sector Eléctrico	Ago-04
Ecuador	Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC	Libro	Plan Nacional de Electrificación 2004-2013	Dic-04
Regional	Comisión de Integración Energética Regional, CIER	Documento	Interconexiones Eléctricas Regionales de Sudamérica. Marco Legal y Comercial, Resultados y Lecciones Aprendidas	Dic-04
Regional	Organización Latinoamericana de Energía, OLADE	Documento	Competencia en Mercados Energéticos	Dic-04
Regional	Organización Latinoamericana de Energía, OLADE	Sistema en web	Sistema de Información Económica-Energética, SIEE	Dic-04
Regional	Organización Latinoamericana de Energía, OLADE	Modelo	Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional, SUPER, Versión 5.0	Dic-04
Bolivia	Daniel Gustavo Montamat	Presentación	Los pasos de la integración energética regional	09-Dic-04
Colombia	Empresa de Energía de Bogotá, EEB	Artículo en web	El Sector Energético Colombiano	2005

Costa Rica	Empresa Propietaria de la Red, EPR	Impresión de presentación	Síntesis Histórica del Funcionamiento del MER durante el Período Transitorio, RTMER y Migración al Período Definitivo	2005
Guatemala	Ministerio de Energía y Minas, MEM	Mini CD	Oportunidades de Inversión en Proyectos de Generación Eléctrica con Recursos Renovables	2005
Guatemala	Oficina Técnica del Plan Puebla Panamá, PPP	Plegable	Plan Puebla Panamá, Conectando Mesoamérica	2005
Guatemala	Oficina Técnica del Plan Puebla Panamá, PPP	Plegable	Iniciativa Energética Mesoamericana	2005
Guatemala	Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE	Libro	Memoria de Mabores mayo 2004 - mayo 2005	2005
<b>País</b>	<b>Entidad o Autor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>
Guatemala	Administrador del Mercado Eléctrico Mayorista, AMM	Folleto	Informe Estadístico 2004. Mercado Mayorista de Electricidad de Guatemala	2005
Regional	Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana, IIRSA	Artículo en web	Procesos Sectoriales de Integración. Integración Energética	2005
Regional	Fernando Montoya en Revista OLADE	Artículo en web	El Mercado Eléctrico Regional de América Central	Abr-05
Colombia	Unidad de Planeación Minero Energética, UPME	Archivo ppt	Funcionamiento del Mercado Eléctrico Colombiano. Reunión GOPLAN, Lima-Perú	19-Abr-05
Colombia	Asociación Colombiana de Comercializadores de Energía, ACCE	CD	Memorias del 3er. Encuentro Latinoamericano de Energía. Transacciones Internacionales: Experiencias & Propuestas. Lima-Perú	22-Abr-05
Colombia	Ministerio de Minas y Energía	Archivo ppt	La Interconexión Eléctrica Colombia - Panamá	16-May-05
Argentina	Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico, CAMMESA	Sitio web	<a href="http://www.cammesa.com">www.cammesa.com</a>	Jun-05
Brasil	Operador Nacional del Sistema Eléctrico, ONS	Sitio web	<a href="http://www.ons.org.br">www.ons.org.br</a>	Jun-05
Colombia	Grupo ISA	Sitio web	<a href="http://www.mercadoelectricoandino.com">www.mercadoelectricoandino.com</a>	Jun-05
Ecuador	Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC	Sitio web	<a href="http://www.conelec.gov.ec">www.conelec.gov.ec</a>	Jun-05
Ecuador	Centro Nacional de Control de Energía, CENACE	Sitio web	<a href="http://www.cenace.org.ec">www.cenace.org.ec</a>	Jun-05
Regional	Organización Latinoamericana de Energía, OLADE	Sistema en web	Sistema de Información Energética-Legal, SIEL	Jun-05
Venezuela	Oficina de Operación de Sistemas	Sitio web	<a href="http://www.opsis.org.ve">www.opsis.org.ve</a>	Jun-05

Interconectados				
Perú	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, COES	Sitio web	<a href="http://www.coes.org.pe">www.coes.org.pe</a>	Jun-05
Colombia	Unidad de Planeación Minero Energética, UPME	Sitio web	<a href="http://www.upme.gov.co">www.upme.gov.co</a>	Jun-05
Colombia	Asociación Colombiana de Comercializadores de Energía, ACCE	Archivo ppt	Primera Jornada de Comercialización de Energía Eléctrica. "Competencia en el Mercado de Usuarios Finales"	28-Jun-05
Colombia	Grupo ISA	Impresión y archivo ppt	Perspectivas de Integración eléctrica regional. América Central y Región Andina	Jul-05
Colombia	Interconexión Sociedad Anónima, ISA	Archivo ppt	Transacciones Internacionales de Electricidad de Corto Plazo	06-Jul-05
Regional	Parlamento Andino	Impresión	Agenda del XVI Consejo Presidencial Andino	18-Jul-05