

# Análisis de la demanda de energía eléctrica necesaria para posibilitar La industrialización de productos agrícolas en el departamento de Itapúa

Autor: Prof. Ing. Guillermo Alonso<sup>1</sup>

## Resumen

Este trabajo consiste en la evaluación de escenarios energéticos del sistema eléctrico, donde se incluyen los consumos finales de la industria primaria de los productos agrícolas principales del departamento de Itapúa-Paraguay, pretendiendo de esta forma tener un marco de referencia inicial para proseguir en la investigación del diagnóstico de industrias de alimentos más elaborados llamado industria secundaria del sector agropecuario. Los productos considerados son la soja, el trigo, el arroz y el girasol. La industrialización actual en este sector es de alrededor del 34%.

El análisis del escenario del 100% de la industrialización primaria en estos rubros arroja una demanda de potencia eléctrica aproximada de 51 MVA (Megavolts-amperes) para un horizonte considerado del año 2.021.

Este trabajo puede servir de base para la elaboración de una política de industrialización en el Departamento de Itapúa.

**Palabras Claves:** escenarios, energéticos, industria, productos agrícolas

<sup>1</sup>Profesor de la Facultad de Ingeniería y Docente Investigador de la Universidad Nacional de Itapúa.  
e-mail: guillermo.alonso.c@gmail.com

## Abstract

This research consists on the evaluation of energy scenarios of the Electric System, where the final consumptions of the primary industry of the agricultural main products of the department of Itapúa-Paraguay are included, seeking this way to have a mark of reference initial to continue in the research in the diagnosis of industries of foods called more elaborated secondary industry of the agricultural sector. The considered products are the soya, the wheat, the rice and the sunflower. The current industrialization in this sector is of approximal 34%.

The scenario analysis 100% of the primary industrialization in these areas shows an electric power demand of 51 MVA approximately (Megavolts-amperes) for a considered horizon of the year 2.021.

This work can serve as base for the elaboration of an industrialization politics in the Department of Itapúa.

**Key Words:** Energy scenarios, Industry, agricultural products

## Introducción

El sector agrícola es el pilar más importante de la actividad económica nacional, con una contribución aproximada del 28,3% al PIB nacional (Arce, Herken y Ovando, 2011, p.22).

En nuestro país se tiene un déficit en la industrialización de los productos agrícolas que son exportados en aproximadamente 75% de la producción total.

La actual estructura productiva agro-exportadora

implementada en Paraguay no tiene sustentabilidad social ni ambiental (Alter Vida, 2008). Es determinante recalcar que la agricultura de los productos principales del departamento (soja, trigo, arroz, girasol) es generalmente mecanizada, por tanto la generación de empleo es escasa, tampoco existen gravámenes importantes a los principales productos agrícolas, e incluso existe subsidio al combustible utilizado por los productores, debilitando la incorporación del capital a los sectores sociales más desprotegidos.

Si bien este problema es muy amplio y tiene varias aristas, la industrialización de los productos podría ser parte de la solución, porque producirá un valor agregado a estas exportaciones pudiendo generar capital productivo a la economía nacional, traducido en la generación de empleo y ampliación de la infraestructura para el aprovechamiento de los recursos.

La utilización de la energía eléctrica disponible en el Paraguay puede facilitar la industrialización y por tanto al desarrollo económico del país. Es necesario el conocimiento de la demanda energética necesaria para dimensionar la infraestructura de la red eléctrica, y la disponibilidad de dicha energía. El análisis de la demanda de energía de un país es un tema de estudio ampliamente abarcante, comprende dimensiones técnicas, económicas, sociales y políticas, con múltiples facetas en el contexto nacional, internacional, ambiental, diplomático, comercial, financiero, de desarrollo económico y estratégico.

Este trabajo consiste básicamente en la evaluación de la demanda de potencia eléctrica estimada para la industrialización primaria de los productos agrícolas principales de la zona del departamento de Itapúa, los rubros considerados son: la soja, el trigo, el arroz y el girasol.

También comprende áreas específicas relacionadas con el Sistema Eléctrico de Potencia del departamento de Itapúa, analizando la situación actual y la prospectiva del mismo. Este trabajo arroja un panorama inicial, para la consideración de escenarios de uso industrial final en el sector eléctrico. El presente estudio no comprende el análisis de recursos energéticos para generación de calor en las calderas que utilizan este tipo de industrias, generalmente basadas en la biomasa.

## Objetivo General

Realizar un estudio técnico que permita estimar la demanda de energía eléctrica necesaria para la industrialización primaria de los productos agrícolas principales en el departamento de Itapúa, analizando escenarios a mediano plazo.

## Objetivos Específicos

Determinar la situación actual de la industrialización

de productos agrícolas principales (soja, trigo, arroz y girasol) en el departamento de Itapúa y su interrelación con el servicio de abastecimiento de energía eléctrica.

Evaluar escenarios energéticos a mediano plazo, que incluyan la industrialización de estos productos agrícolas, teniendo en cuenta la producción de la zona.

Estimar a partir de la demanda energética en cada escenario, la infraestructura para el abastecimiento de energía eléctrica necesaria.

Establecer sugerencias sobre la política de industrialización del Departamento de Itapúa, teniendo en cuenta la optimización en la disposición de las redes eléctricas y la disponibilidad de los recursos.

## Metodología

Según su finalidad este trabajo es una investigación aplicada pues busca mejorar la sociedad y resolver sus problemas aplicando los conocimientos de la investigación básica. Teniendo en cuenta la profundidad el estudio es descriptivo, de carácter cuantitativo y cualitativo.

Según su alcance temporal es del tipo longitudinal de prospectiva, teniendo en cuenta que se analizan escenarios futuros en base a los actuales.

Existen varios tipos de modelos de prospectiva energética de acuerdo a su enfoque se destacan los Modelos Econométricos y los Modelos de uso final/contabilidad, (O'Ryan, 2008, pp.24-25).

El Modelo Econométrico es el utilizado por la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), es caracterizado por la utilización del ajuste estadístico en base a indicadores económicos, es un modelo que posee muchas fortalezas en el sentido de adaptarse a los indicadores macroeconómicos, pero sin embargo los Modelos de Uso Final tienen la ventaja de poder servir en la planificación de demandas que implican un elevado grado de cambio en la infraestructura tecnológica, es decir en cambios que salen del contexto normal del desarrollo económico.

En este sentido la industrialización masiva de una zona determinada, en este caso el Departamento de Itapúa, necesariamente debe ser abordada en los aspectos

energéticos mediante el uso de un Modelo de Uso Final. Sin embargo es posible utilizar las bondades de ambos modelos, para la elaboración de la planificación del sector eléctrico, este método es denominado híbrido.

El método utilizado es la elaboración de escenarios de demanda de energía eléctrica debido a la implementación de la industria primaria de los principales productos agrícolas (soja, trigo, arroz y girasol), con un horizonte en el año 2021, que podrán ser sumados a las demandas establecidas por la ANDE en el Plan Maestro de Generación y Transmisión, Periodo 2012-2021.

Para ello se elabora un resumen de la situación actual de la industria en Itapúa y del Sistema Eléctrico en Itapúa. Posteriormente se elabora el escenario de demanda eléctrica debido a la industrialización primaria del 100% de los productos agrícolas considerados con un horizonte establecido en el año 2021.

Para la proyección de demanda del sector industrial se realizó el levantamiento de datos de las principales industrias existentes y se revisó los proyectos electromecánicos estándares, inherentes a cada tipo de procesamiento, de tal forma a dimensionar correctamente la demanda de potencia eléctrica de estas instalaciones.

Las industrias primarias que se tienen en cuenta son la producción de aceite y harina de soja y girasol, la producción de harina de trigo, la producción de arroz elaborado, y la elaboración de balanceado para animales, con la mezcla de subproductos de soja, trigo, sorgo, algodón, etc.

Los programas informáticos utilizados para el análisis de los datos de circuitos de Itapúa son el Smallworld, ArcView, CymDist, utilizados en la ANDE.

Se utilizó la base de datos de la ANDE proporcionada por la Sección de Evaluación, Programación y Estudios de Distribución Zona Sur, para analizar los valores de demanda máxima y de energía de los circuitos y principales consumidores industriales.

## Resultados y Discusión

### Situación actual del sistema eléctrico de Itapúa.

El departamento de Itapúa cuenta con 6 Centros de Distribución (CD), y comparte con el departamento de Misiones 2 CD's y uno con el departamento de Alto Paraná, las capacidades y demandas están detalladas en el cuadro 1.

Son Estaciones (ES) los CD's: TRI, NAT, CAL, CBO, SPA, y AYO, conectados a líneas de transmisión (LT) de 220 KV, el resto son sub estaciones (SE) conectados a líneas de subtransmisión de 66 KV. Estas instalaciones cuentan con un total de 26 alimentadores de 23 KV, que suministran energía a los usuarios del departamento de Itapúa, sus capacidades y demandas están detalladas en el Cuadro 2, y la configuración actual de estos circuitos se puede observar en la figura3.

**Cuadro1: Centros de Distribución**

CD	Siglas	Capacidad [MVA]	Demanda Max* [MVA]	%
Encarnación	ENC	80	58	72
Trinidad	TRI	30	23,7	79
Natalio	NAT	40	20	50
Carlos Antonio Lopez	CAL	10	5,8	58
Coronel Bogado	CBO	30	18	60
San Pedro del Paraná	SPP	20	9	45
Ayolas **	AYO	8	1,6	20
San Patricio ***	SPA	9,5	4	42
Naranjal ***	NAR	14,3	11	77
		<b>232</b>		

\* Datos del 28 de Nov. de 2011, fecha de record histórico de demanda del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de 2028 MW.

\*\* Situado en el departamento de Misiones, se comparte un alimentador.

\*\*\* Situado en el departamento de Alto Paraná, se comparte un alimentador. Se incluyen solo la capacidad de potencia de estos alimentadores, no la totalidad de los CD's.

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de la Sección Programación, Evaluación y Estudios de Distribución Zona Sur (DD/SDS2)-ANDE.

## Cuadro 2: Alimentadores de Distribución

CD	Alimentado res	Capacidad [MVA]*	Demand a Max**	%
ENC	9	132	65	51
TRI	3	40	24	60
NAT	3	37.4	24.7	66
CAL	2	16	5.8	36
CBO	3	45.3	18.5	41
SPP	3	25.4	12.6	49
AYO	1	8	1.6	20
SPA	1	9.5	4	41
NAR	1	14.3	11.1	77
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>290</b>	<b>142</b>	<b>49</b>

\* Se toma la sumatoria debido a que un alimentador puede absorber la carga de otro cambiando la configuración.  
\*\* Datos del 28 de Nov. de 2011, fecha de record histórico de demanda del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de 2028 MW.

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de DD/SDS2-ANDE.

### Proyectos de obras a corto, mediano y largo plazo que afectan a Itapúa

Se tienen previstos tres centros de distribución, uno actualmente en proceso de ejecución la SE Pirapó (SE PPO), cuya culminación se prevé para el año 2012, la ES Encarnación 2 (ES ENCII) prevista para el año 2014 (Plan Maestro 2012-2021- ANDE, 2011) y la ES María Auxiliadora (ES MAR) cuya culminación prevista para el año 2018 (Plan Maestro 2012-2021- ANDE, 2011). En la figura 1 se representa el Mapa Eléctrico, donde se puede notar los CD's existentes y futuros, las LT's de 500 KV en color verde (previstas en un plazo de 20 años), y las LT's de 220 KV en color rojo. La construcción de la de LT 500 KV que une las estaciones de Ayolas y Los Cedrales no está prevista inicialmente en el periodo 2012-2021, sin embargo en el Plan Maestro ya se incluye la construcción de esta línea en un plazo que dependa de la evolución de la demanda y de los recursos financieros de la ANDE.

En la figura 2 se amplía la zona correspondiente al departamento de Itapúa. Se puede notar que en estos escenarios se incluye la Central Hidroeléctrica de Corpus para la cual se compatibiliza la LT de 500 KV.

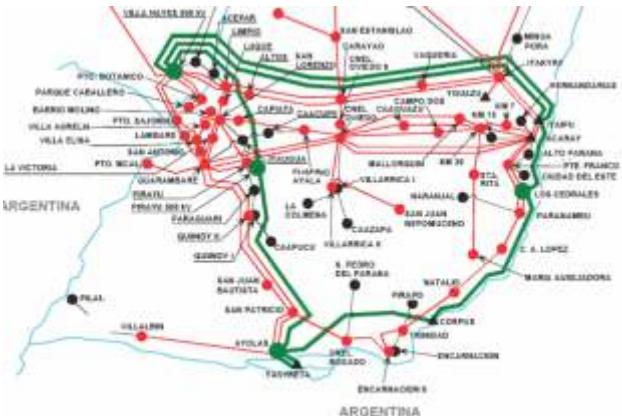


Figura 1: Mapa Eléctrico del SIN, incluyendo obras de 500 KV a (Plan Maestro de la ANDE).

Al concretarse la ejecución de las obras previstas hasta el año 2018 el departamento de Itapúa tendrá una capacidad instalada adicional de 42 MVA en la ES ENC II, 30 MVA en la SE PPO, 42 MVA en la ES MAR totalizando 354 MVA disponibles en el departamento de Itapúa.



Figura 2: Mapa Eléctrico del SIN, zona de Itapúa (Plan Maestro de la ANDE).

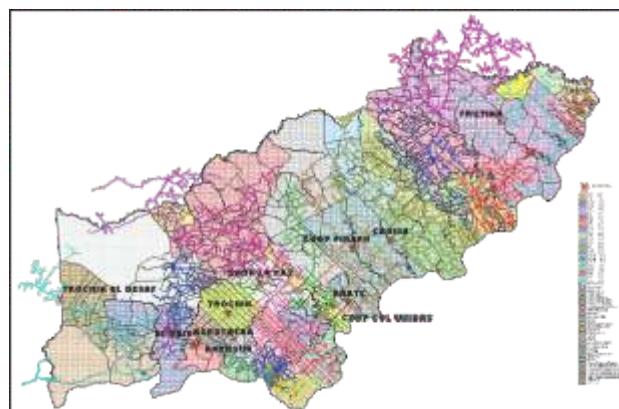
Existen varias iniciativas del sector privado para centros de distribución exclusivos: SE para las industrias de la Cooperativa Colonias Unidas y Raatz, alimentador exclusivo para las instalaciones de las industrias de Trociuk en Fram (o SE), pero ninguno de estos proyectos está concretado oficialmente (DD/SDS2, 2011). Es importante recalcar que en el departamento de Itapúa no existen alimentadores exclusivos para ninguna instalación industrial, tampoco subestaciones exclusivas.

## Situación actual de la industria en Itapúa y su relación con el sector eléctrico

Los usuarios detallados en el cuadro 3 son los principales consumidores del sector industrial, es importante aclarar que la potencia instalada de estas industrias es muy superior a la potencia contratada en la mayoría de los casos, debido a la no simultaneidad de los procesos en las industrias que se dedican a varios rubros como por ejemplo la Cooperativa Colonias Unidas, que aparte de estos rubros se dedica a la industrialización de lácteos y yerba mate que no abarca este estudio. En una industria especializada en un rubro sin embargo la potencia instalada no difiere demasiado con la potencia contratada con un factor de demanda normalmente del orden de 0,6 a 0,8, este es el caso de las industrias exclusivamente aceiteras y los molinos de harina y arroz.

Las principales industrias de acuerdo a su potencia contratada se detallan en el cuadro 3, como se puede apreciar no existen usuarios con demanda de potencia superior a 3.000 KW.

**Figura 3:** Principales Industrias del Departamento de Itapúa. Fuente: Elaboración Propia.



**Cuadro 3: Principales usuarios del sector industrial del rubro soja, trigo, arroz, girasol.**

	USUARIO	LOCALIDAD	POTENCIA*
1	Coop. Colonias Unidas	Obligado	2.100
2	Oleaginosa RAATZ	Bella Vista	1.584
3	Trociuk	Fram	1.320
4	Frutika	Carlos Antonio López	1.050
5	Molinos El País	Carmen del Paraná	990

6	Trociuk	Gral. Delgado	990
7	Molinos El País	Carmen del Paraná	800
8	Agrozafra	Carmen del Paraná	750
9	Coop. La Paz	La Paz	660
10	Cadisa	Pirapó	600
11	Arrosur	Carmen del Paraná	450
12	Coop. Pirapó	Pirapó	300
	Total		11.594

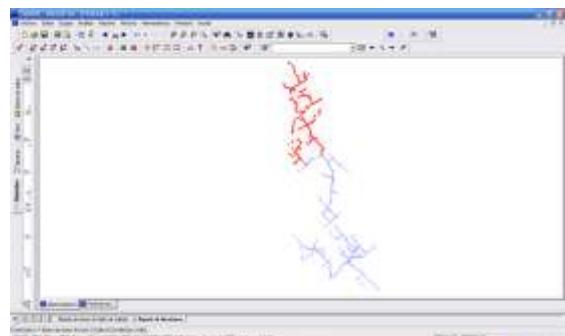
\* Potencia Contratada en KW

Fuente: Elaboración propia en base a datos de DD/SDS2-ANDE

Estas empresas no se dedican exclusivamente a la industrialización primaria en la mayoría de los casos.

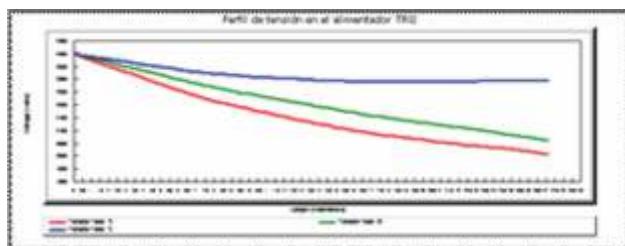
En la figura 3 se ilustra la ubicación de las principales industrias del departamento de Itapúa en los rubros de soja, trigo, arroz y girasol, como se puede apreciar estas instalaciones están conectadas a alimentadores de 23 KV compartidas con la población en general, incluyendo redes monofásicas rurales, esta condición repercute en la confiabilidad y la calidad del abastecimiento eléctrico a estas industrias. Los principales inconvenientes de las líneas largas en general son los cortes de suministro debido a averías en las redes eléctricas, que afectan tanto en la frecuencia como en la duración de las interrupciones, y también el desequilibrio de tensión en las fases, y la caída de tensión en los puntos más distantes.

En la figura 4 se representa la simulación de las condiciones del alimentador TRI02 en un punto ubicado a 27 Km del CD TRI. La demanda utilizada es de 200 A equilibrada, y la tensión de la fuente de 24 KV



**Figura 4:** Alimentador TRI02- Simulación de distribución de tensión en 23 KV en el software Cymdist.

En la figura 5 se representan los resultados del perfil de tensión del alimentador TRI02 en un punto ubicado a 27 Km del CD TRI.



**Figura 5:** Alimentador TRI02- Perfil de tensión, simulado en el software Cymdist.

Este desequilibrio podría ocasionar aumento de la corriente en los motores de industrias, particularmente en este punto de análisis no existen instalaciones de este tipo, generalmente en casos en que se requiera buena calidad de tensión equilibrada (para industrias o instalaciones especiales), son instalados reguladores de tensión, que implica mayor inversión por parte de la ANDE en infraestructura y pérdidas eléctricas. Es importante recalcar que actualmente el sector industrial generalmente no contempla estos detalles a la hora de gestionar la ubicación de una planta industrial, considerando la distribución de la figura 3.

#### Potencia instalada por unidad de producción industrial

Para prever la infraestructura eléctrica se ha realizado una investigación bibliográfica referente al diseño de estas industrias y además se ha realizado levantamiento de datos de las principales industrias instaladas en Itapúa. En el cuadro 4 se presenta en resumen las potencias instaladas por sector productivo, y en el cuadro 5 se estima el escenario actual de industrialización en base a la capacidad de estas industrias, considerando 300 días de producción al año, y comparando con los consumos energéticos registrados.

**Cuadro 4: Capacidad Instalada por sector**

INDUSTRIA	Capacidad Instalada [Ton/día]	Potencia Instalada [KW]
Soja*	1.500	6.000
Girasol*	1.500	
Trigo **	320	1.600
Arroz***	1.000	5.000
Balanceado	1.000	2.100
Total		14.700

**Fuente:** Elaboración propia

#### Elaboración de escenarios de industrialización del 100 % de la producción- Horizonte Año 2021.

Se estima la producción de cada rubro en el año 2.021 utilizando un incremento del 2 al 5% anual, se considera en este sentido que la estimación de la producción debe estar acorde a un plan elaborado por el gobierno a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería, del cual no se dispone en la actualidad en dominio público.

Se considera que estos escenarios pueden ajustarse posteriormente para reflejar este plan, pero a efectos de este trabajo son aceptables estos parámetros.

**Cuadro 5: Estimación de escenario actual de industrialización.**

Rubro	Cosecha 2011 [Ton]	Capacidad de Industrialización [Ton/día]	Estimación de Industrialización [Ton/año]	Porcentaje
Soja*	1.528.238	1.500	382.000	25
Girasol*	86.042		68.837	80
Trigo *	512.822	320	90.000	18
Arroz**	320.000	1.000	300.000	93
Total	2.447.102		840.837	34

\* Extrapolados en base a datos de CAPECO (2011) y MAG (2010)

\*\* Extrapolados en función a la cantidad de energía consumida en el sector industrial, supera la producción de Itapúa MAG (2010), probablemente porque se incorpora la producción del departamento de Misiones en la industria de Itapúa.

**Fuente:** Elaboración propia

## Escenario de Industrialización de productos principales

En el cuadro 6 se presenta el resumen de la industrialización de los principales productos en un escenario del 100% para el año 2.021, considerando una producción continua de 300 días al año durante las 24 horas del día.

Considerando la vecindad del departamento de Alto Paraná, líder en la producción de la materia prima considerada, no se tiene en cuenta la capacidad actual de la industria en este escenario.

**Cuadro 6: Escenario de Industrialización de 100% de los principales productos agrícolas - Horizonte Año 2.021**

RUBRO	PRODUCCIÓN 2021 [TN]	POT INST [KW]
SOJA	1.833.886	22.617
TRIGO	615.387	10.256
ARROZ	480.000	8.000
GIRASOL	103.251	1.584
SUBTOTAL		42.457
OFICINAS y PUERTOS DE EMBARQUE *		10.000
TOTAL		52.457
TOTAL DEMANDA [MVA]**		50,8

\*\* Estimado para servicio de oficinas y utilización de energía en los puertos.

\*\* Considerando un factor de demanda de 0,8 y un promedio de pérdidas en transmisión y distribución del 15% y un factor de potencia del 95%

Fuente: Elaboración Propia.

## Conclusiones

- La situación actual de la industria primaria de los principales productos de Itapúa (soja, trigo, arroz, girasol) representa el 34% aproximadamente de la producción total (cuadro 5).
- En general las industrias se encuentran dispersas en el departamento de Itapúa, y lejos de los centros de distribución, dificultando el abastecimiento de energía eléctrica en calidad y confiabilidad (fig.3).
- La demanda del sector eléctrico necesaria para abastecer el 100 % de la industria primaria de los productos principales (soja, trigo, arroz, girasol) en

Itapúa es de 51 MVA adicionales aproximadamente para el horizonte del año 2.021. Si este escenario es consolidado, necesariamente se tiene que reforzar la estructura del sistema eléctrico de transmisión, dado que la LT 220 KV AYO-TRI, quedará sobrecargada con esta demanda adicional (para el año 2.021), también se debe analizar la posibilidad de adelantar la obra de 500 KV Ayolas-Los Cedrales.

- Es necesario la vinculación del sector industrial, gubernamental y eléctrico, para elaborar en conjunto los proyectos de instalaciones industriales.
- Es necesario el establecimiento de zonas industriales en la zona de Itapúa, para mejorar la calidad del abastecimiento de energía eléctrica y optimizar los recursos disponibles. Se proponen las siguientes zonas: Obligado, Bella Vista, Fram, Carmen del Pna., para aprovechar la infraestructura industrial existente, y Cambyretá, San Juan del Paraná y San Cosme y Damián, considerando la infraestructura del sector eléctrico y la posibilidad de establecimiento de zonas portuarias.
- Se sugiere realizar un estudio sobre las posibilidades de industrialización secundaria de los rubros considerados, y de los productos agrícolas no analizados en este trabajo, de tal forma a aumentar el valor agregado a la producción, considerando la zonificación industrial

## Referencias

- Administración Nacional de Electricidad (2011) ,Plan Maestro de Generación y Transmisión Periodo 2012-2021, Asunción.
- Arce Lucas Daniel, Herken Krauer Juan Carlos y Ovando Fernando (2011). La Economía del Paraguay entre 1940-2008: Crecimiento, Convergencia Regional e Incertidumbres, disponible en <http://www.cadep.org.py>
- Asociación Argentina de Grasas y Aceites (2004), A&G Libro 10º Aniversario, Recopilación de Artículos Técnicos-Editiones, ed.1-41 1990/2.000, Rosario Argentina: Amalevi.
- Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de cereales y oleaginosas, Consultado el 11 de noviembre de 2011 en <http://www.tera.com.py/capeco/>.
- Comisión Estatal de Desarrollo y Reforma de China , Resumen Ejecutivo © Consejería Agrícola , Embajada Argentina en la República Popular China. República Argentina, (2008), Lineamientos para la

Promoción del Sano Desarrollo de la Industria Procesadora de la Soja, (Trad. Lic. Jiang Yan), Argentina: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

- Equipo Económico Nacional (2009), Propuestas para un crecimiento económico con inclusión social en Paraguay 2008-2013, Plan Estratégico Económico y Social, Asunción: Gobierno de la República del Paraguay.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (2010), Producción Agropecuaria 2008/2009, Asunción.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería-República de Perú, Gerencia Adjunta de la Regulación Tarifaria (2009), Estudio para la Elaboración de la Estrategia para el Desarrollo del Sector Energético, Vol. I Análisis de la Experiencia Internacional, Lima-Perú: Fundación Bariloche.
- O'Ryan Raúl (2008), Diseño de un Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo, Chile: Universidad de Chile.