UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

FACULTAD POLITÉCNICA

Construyendo el futuro

Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos

GIS Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos

PY 2013 UNA visión de desarrollo

www.pol.una.py

CONACYT

Modelo integrado de planificación multicriterio de la utilización del excedente de hidroelectricidad en Paraguay

Dr. Gerardo Blanco, Ing. Arturo Gonzalez, Ms. Cecilia Llamosas, Dr. Victorio Oxilia, Ing. Raul Amarilla

CONACYT - Proyecto 14-INV-290

M.A. Cecilia Llamosas
Facultad Politécnica - UNA

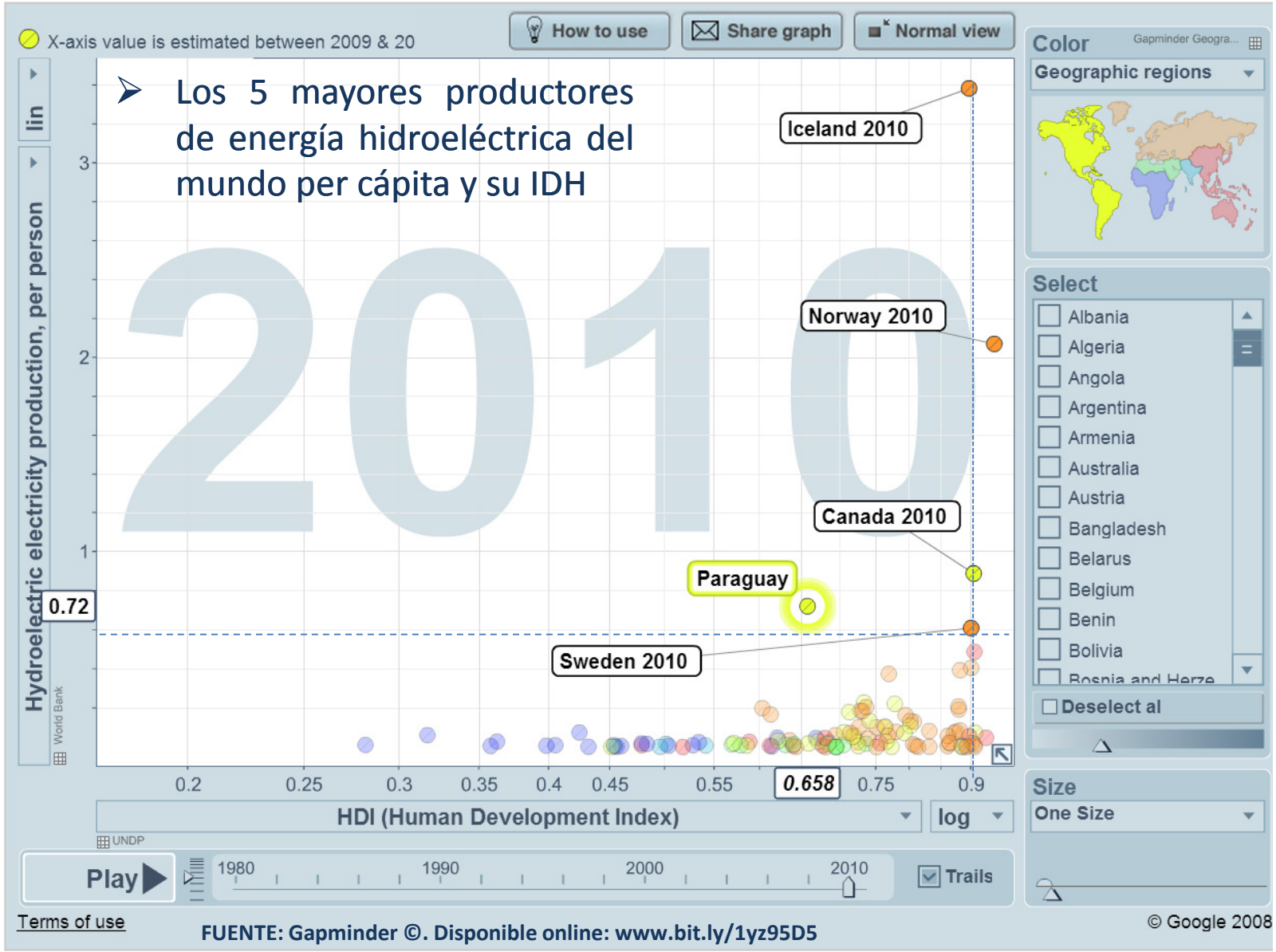
FP-UNA - CONSTRUYENDO EL FUTURO

Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos

CONTEXTO, IMPORTANCIA Y PROBLEMATICA

Energía & Desarrollo

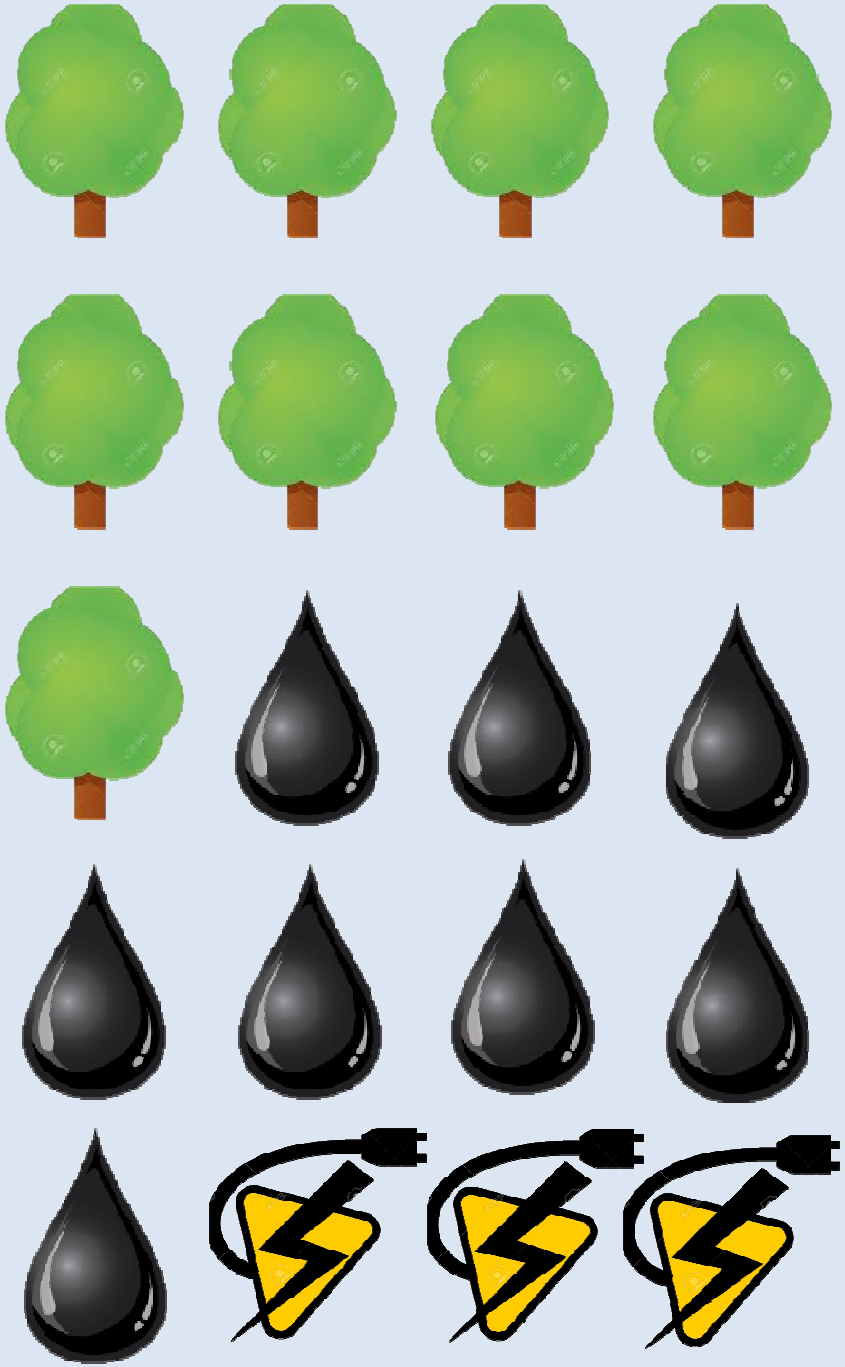
Hidroelectricidad Producida vs. Desarrollo Social



- Los 5 mayores productores de energía hidroeléctrica del mundo per cápita y su IDH

FUENTE: Gapminder ©. Disponible online: www.bit.ly/1yz95D5

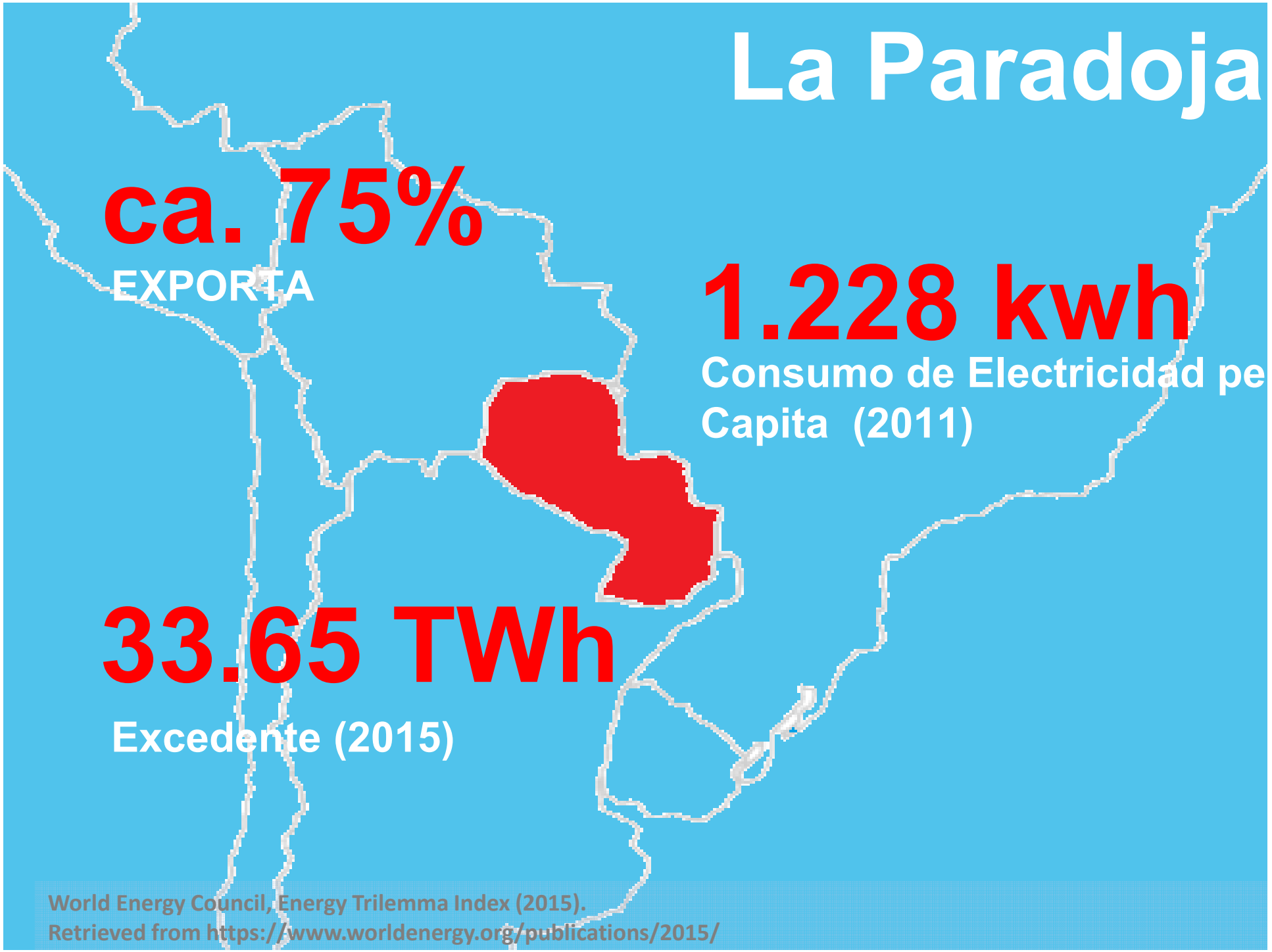
MATRIZ ENERGETICA



44%
BIOMASA

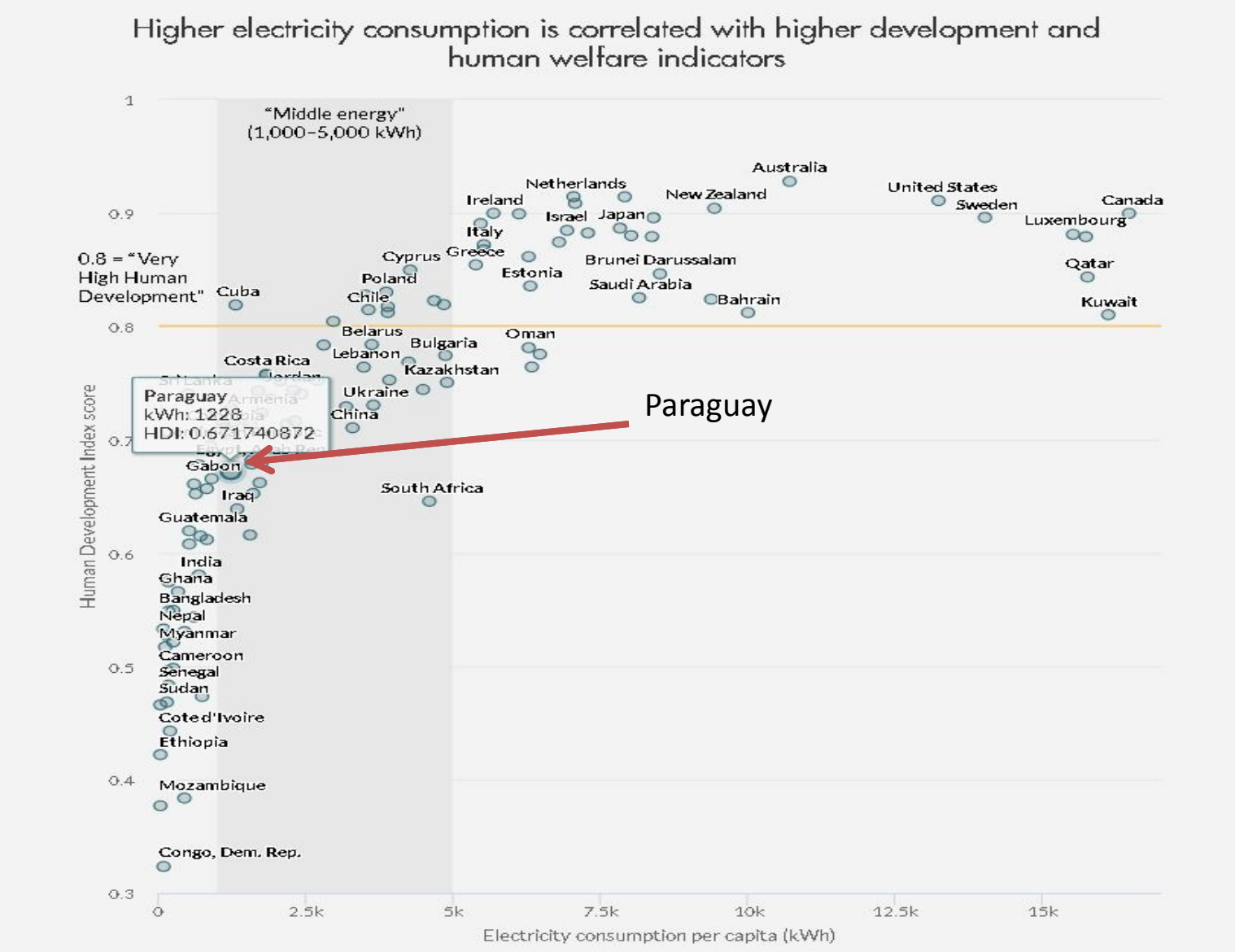
38%
HIDROCARB.

18%
ELECTRICIDAD


La Paradoja
ca. 75%
EXPORTA
1.228 kwh
Consumo de Electricidad pe
Capita (2011)
33.65 TWh
Excedente (2015)
World Energy Council, Energy Trilemma Index (2015).
Retrieved from https://www.worldenergy.org/publications/2015/

Energía & Desarrollo

Realidad y perspectivas en Paraguay



FUENTE: UNDP Human Development Index (2013); World Bank, World Development Index (2013)

2023: Punto de Inflexión

Pregunta Clave

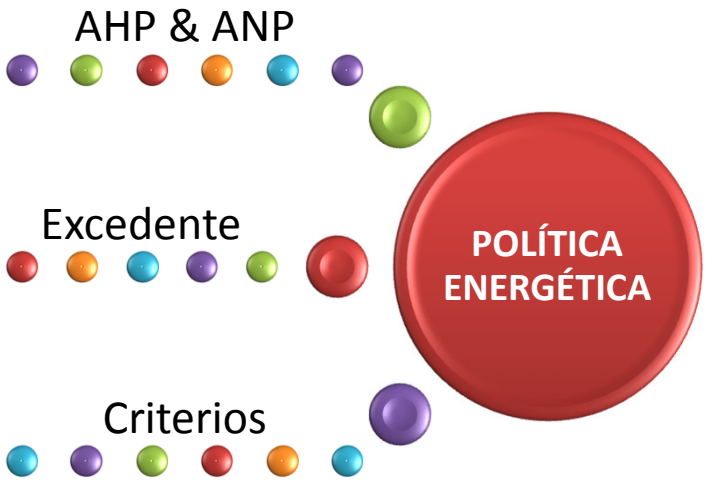
¿Cómo Paraguay puede aprovechar sus excedentes actuales de energía hidroeléctrica para impulsar su *desarrollo social, crecimiento económico e inserción en el mundo*?

Objetivo General

Desarrollar una herramienta con enfoque de decisión multicriterio de manera a identificar la mejor alternativa para el uso del excedente de energía hidroeléctrica del Paraguay, buscando maximizar los beneficios y de esta forma alcanzar un desarrollo integral del país

10

Herramientas



Ambiental

Económico

Social

Técnico

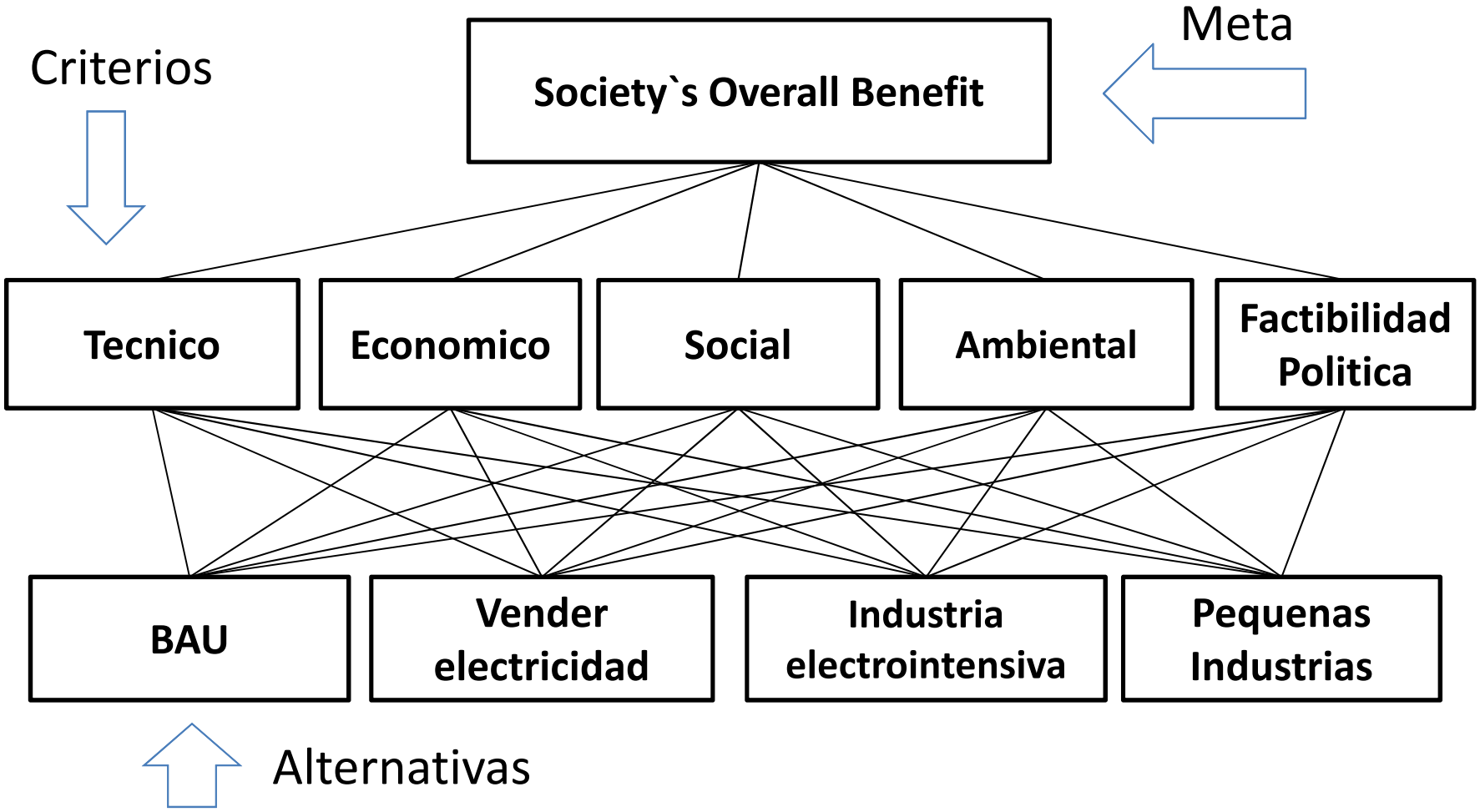
Factibilidad

11

Alternativas Consideradas

- A1 – Seguir como estamos (cediendo excedente al Brasil)
- A2 – Exportación a precio de mercado
- A3 – Instalación de una industria electrointensiva
- A4 – Desarrollo del sector productivo a traves del fomento de pequeñas industrias

Metodologia



Matriz de comparaciones de a pares

CRITERIOS	Technical	Env.	Economic	Social	Political
Technical	1	1	1	1	1
Env.	1	1	1	1	1
Economic	1	1	1	1	1
Social	1	1	1	1	1
Political	1	1	1	1	1

Vector Normalizado

$$A = \begin{bmatrix} 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{bmatrix}$$

Pair-wise comparison matrix and the weights for the criterion and alternatives

Indicadores

CRITERIO	A1	A2	A3	A4
Tecnico	29,47	29,47	12,81	32,27

$$B1=\begin{bmatrix} 0{,}249 \\ 0{,}222 \\ \mathbf{0{,}418} \\ 0{,}017 \end{bmatrix}$$

Study Case

Pair-wise comparison matrix and the weights for the criterion and alternatives

Indicadores

CRITERIA	A1	A2	A3	A4
Political	4	2	3	1

$$B2=\begin{bmatrix} \mathbf{0,434} \\ 0{,}182 \\ 0{,}286 \\ 0{,}096 \end{bmatrix}$$

Study Case

Pair-wise comparison matrix and the weights for the criterion and alternatives

Indicators

CRITERIA	A1	A2	A3	A4
Economic (%)	3,81	4,31	4,00	6,81

Matrix of paired comparisons

Normalized vector

$$B3=\begin{bmatrix} 0{,}120 \\ 0{,}190 \\ 0{,}270 \\ \mathbf{0,418} \end{bmatrix}$$

Study Case

Pair-wise comparison matrix and the weights for the criterion and alternatives

Indicators

CRIT. Social	A1	A2	A3	A4
Generated employment	0,00	0,00	6368	152339

Matrix of paired comparisons

Normalized vector

$$B4=\begin{bmatrix} 0{,}052 \\ 0{,}052 \\ 0{,}191 \\ \mathbf{0{,}704} \end{bmatrix}$$

Study Case

Pair-wise comparison matrix and the weights for the criterion and alternatives

Indicators

CRITERIA	A1	A2	A3	A4
Greenhouse gases (%)	3,95	3,95	5,85	6,03

Matrix of paired comparisons

Crit. Env.	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4
Alternative 1	1	1	2	3
Alternative 2	1	1	2	3
Alternative 3	1/2	1/2	1	2
Alternative 4	1/3	1/3	1/2	1

Normalized vector

$$B5=\begin{bmatrix}\mathbf{0,350}\\ \mathbf{0,350}\\ 0{,}189\\ 0{,}109\end{bmatrix}$$

Resultados Finales AHP

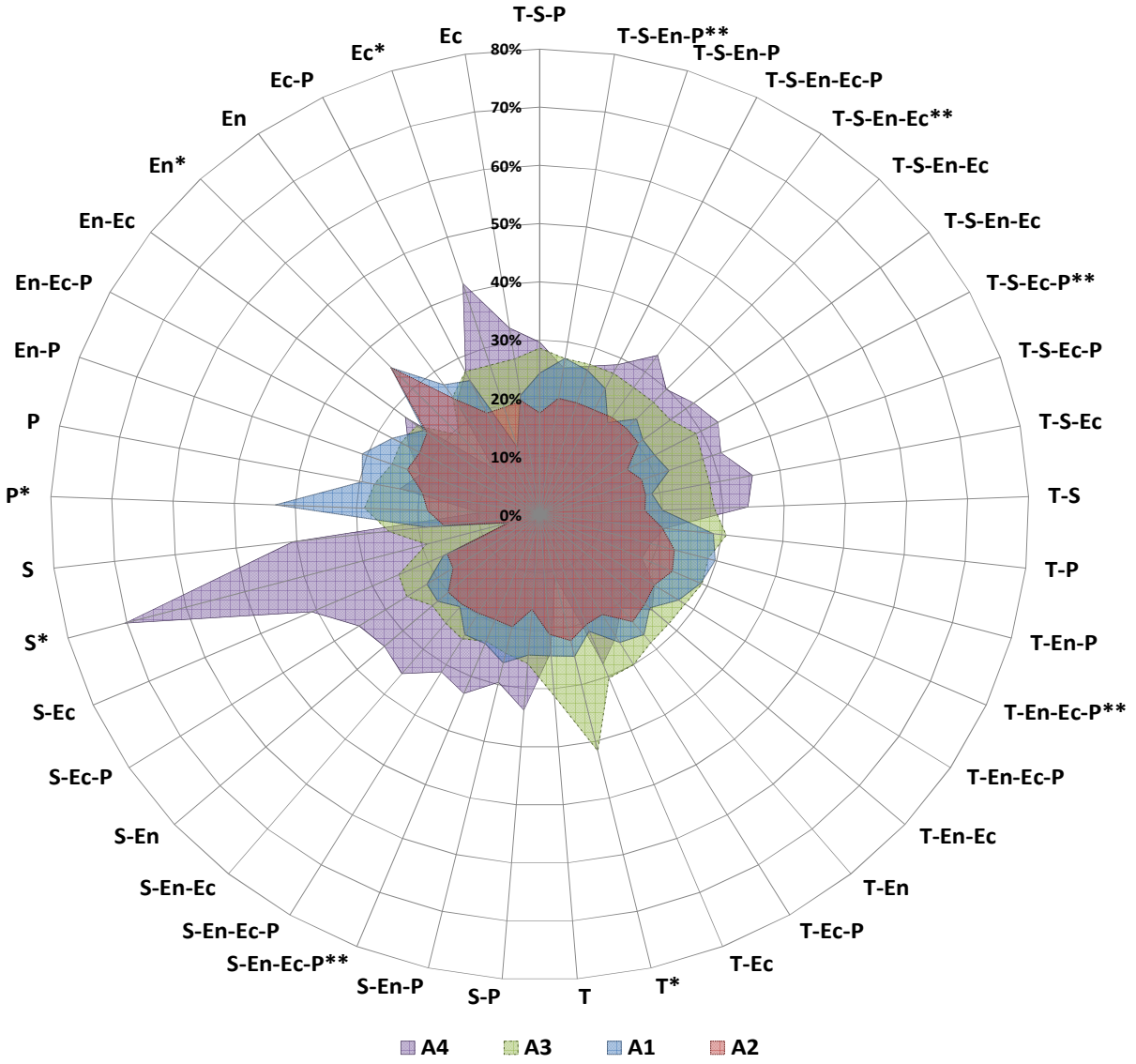
B1	B2	B3	B4	B5
0,249	**0,434**	0,120	0,052	**0,350**
0,222	0,182	0,190	0,052	**0,350**
0,418	0,286	0,270	0,191	0,189
0,017	0,096	**0,418**	**0,704**	0,109

X A= $\begin{bmatrix} 0{,}2 \\ 0{,}2 \\ 0{,}2 \\ 0{,}2 \\ 0{,}2 \end{bmatrix}$

Alternatives	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**
Priorities	0.241591	0.199644	0.271204	**0.287562**

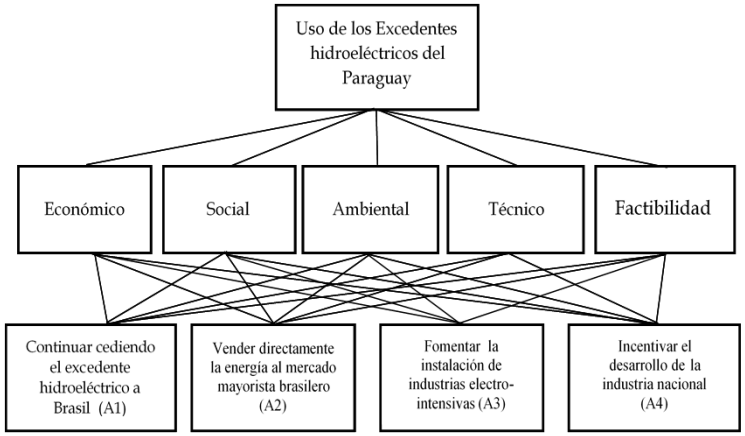
A4 – A scenario of high development of small industry

Análisis de Sensibilidad - AHP



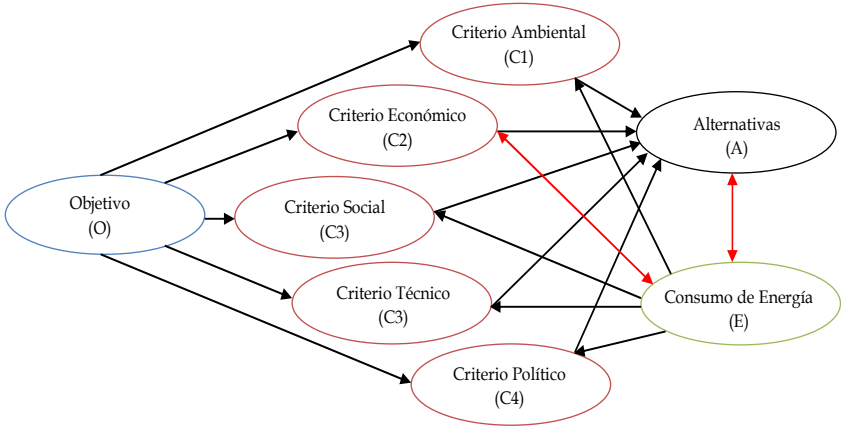
Esquema de los Modelos AHP & ANP

Modelo Basado en AHP



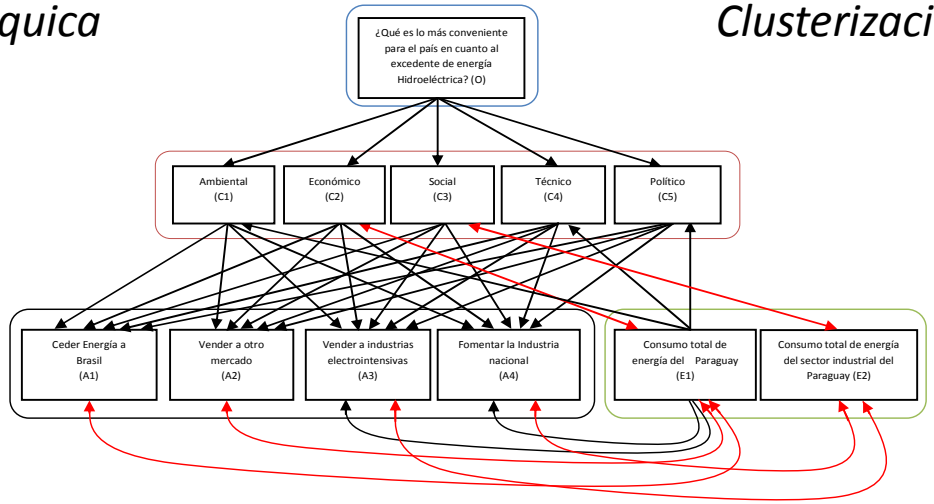
Estructura Jerárquica

Modelo Basado en ANP



Clusterización de Elementos

Análisis de Sensibilidad



Estructura en Red

22

Resultados Finales ANP

Clúster		Resultado supermatriz limite	Normalización	Prioridad (%)
A - Alternativas	A1 - Ceder energía a Brasil	0,0131	0,0302	**3,02%**
	A2 - Vender a otro mercado	0,0122	0,0281	**2,81%**
	A3 - Vender a Industrias Electrointensivas	0,1015	0,2338	**23,38%**
	A4 - Fomentar la Industria Nacional	0,3072	0,7079	**70,79%**
Totales		0,4249	0,4340	1

Modelo AHP

Alternativas	A1	A2	A3	A4
Prioridades	**24%**	**20%**	**27%**	**29%**

Modelo ANP

Clúster		Resultado supermatriz limite	Normalización	Prioridad (%)
A - Alternativas	A1 - Ceder energía a Brasil	0,0131	0,0302	**3,02%**
	A2 - Vender a otro mercado	0,0122	0,0281	**2,81%**
	A3 - Vender a Industrias Electrointensivas	0,1015	0,2338	**23,38%**
	A4 - Fomentar la Industria Nacional	0,3072	0,7079	**70,79%**
Totales		0,4249	0,4340	1

Implicancias

El conceso es necesario

Transición Energética

Desarrollo Social, Económico
e Inserción al mundo

Recientemente Publicada

Energy Policy

Energy Policy 108 (2017) 312–321

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Policy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enpol

Energy transitions and emerging economies: A multi-criteria analysis of policy options for hydropower surplus utilization in Paraguay

G. Blanco*, R. Amarilla, A. Martinez, C. Llamosas, V. Oxilia

Polytechnic Faculty, National University of Asunción, Paraguay

ARTICLE INFO

Keywords:
Analytic Hierarchy Process (AHP)
Emerging economies
Energy transitions
Public policy under uncertainty
Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)

ABSTRACT

In the context of increasing global efforts to migrate towards more sustainable energy systems, Paraguay is notable for boosting a power system based entirely on renewable sources. Paradoxically it has one of the lowest rates of electricity consumption in Latin America. Hence, a carefully crafted energy transition policy aimed at maximizing its energy resources could be the cornerstone of the country's long-term development strategy. The process of crafting public policy, particularly for emerging countries, entails an intricate decision problem involving several policy options with the potential to influence the country's welfare and all dimensions of socio-economic development. Thus, we present a policy-making tool applied to the multi-criteria decision energy policy problem in Paraguay, based on an Analytic Hierarchy Process model, which can aid in the crafting of more nuanced decisions. Here, four policy options are considered based on economic, technical, social, environmental and political criteria. Our findings are significant for the on-going policy debate on the "surplus question" in Paraguay and suggest that, considering the model employed, a policy oriented at directing the surplus to leverage the industrial cluster development is the best option. Additionally, we believe the proposed model could benefit other emerging economies for addressing similar policy dilemmas.

Aceptado para Presentación

México CCS17

Multi-criteria Planning Analysis of the Use of Hydroelectricity Surplus in Paraguay based on the Analytic Network Process (ANP)

Raúl Amarilla*[a], Arturo González*[b], Gerardo Blanco*[c], Cecilia Llamosas*[d]

*Facultad Politecnica, Universidad Nacional de Asuncion. Campus universitario, San Lorenzo 2111, Paraguay.

[a]raul7387@gmail.com, [b]argopy@gmail.com, [c]gblanco@pol.una.py, [d]ceci.llamosasd@gmail.com

Preguntas, consultas, sugerencias

cllamosas@pol.una.py