



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

UNAM

**ESCENARIOS PARA LA EVALUACIÓN JERARQUICA
DE LA SUSTENTABILIDAD GLOBAL DE PLANTAS
GENERADORAS DE ELECTRICIDAD**

Ma. C. Roldán Ahumada y Manuel Martínez Fernández

15 de Mayo del 2007

OBJETIVO GENERAL

✚ Evaluación de la sustentabilidad de las diferentes tecnologías de generación de electricidad, a través del uso de un método de evaluación ambiental y un método de toma de decisión multicriterio.

ANTECEDENTES SOBRE DESARROLLO SUSTENTABLE

- ✚ 5 al 16 de junio de 1972, Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, Suecia),
- ✚ En 1976, Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, conocida como *Hábitat* (Vancouver, Canadá)
- ✚ En 1987, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo adoptó por unanimidad el documento *Nuestro futuro común* o Informe Brundtland.
- ✚ En 1996, en Bellagio, Italia, Conferencia sobre los principios de medición del desarrollo sustentable.

ANTECEDENTES SOBRE DESARROLLO SUSTENTABLE

En 1997, México se adhiere al “Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable” o Agenda 21.

En 1997, son 22 países los que integran el “Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable”

- * África: Ghana, Kenya, Sudáfrica, Marruecos, Túnez

- * Asia y Pacífico: China, Filipinas, Maldivias, Pequistán

- * Europa: Alemania, Austria, Rusia, Bélgica, Finlandia, Francia, Reino Unido, República Checa.

- * América: Barbados, Bolivia, Brasil, Costa Rica, México y Venezuela

En 1999, México realiza el documento “Indicadores de Desarrollo Sustentable en México”

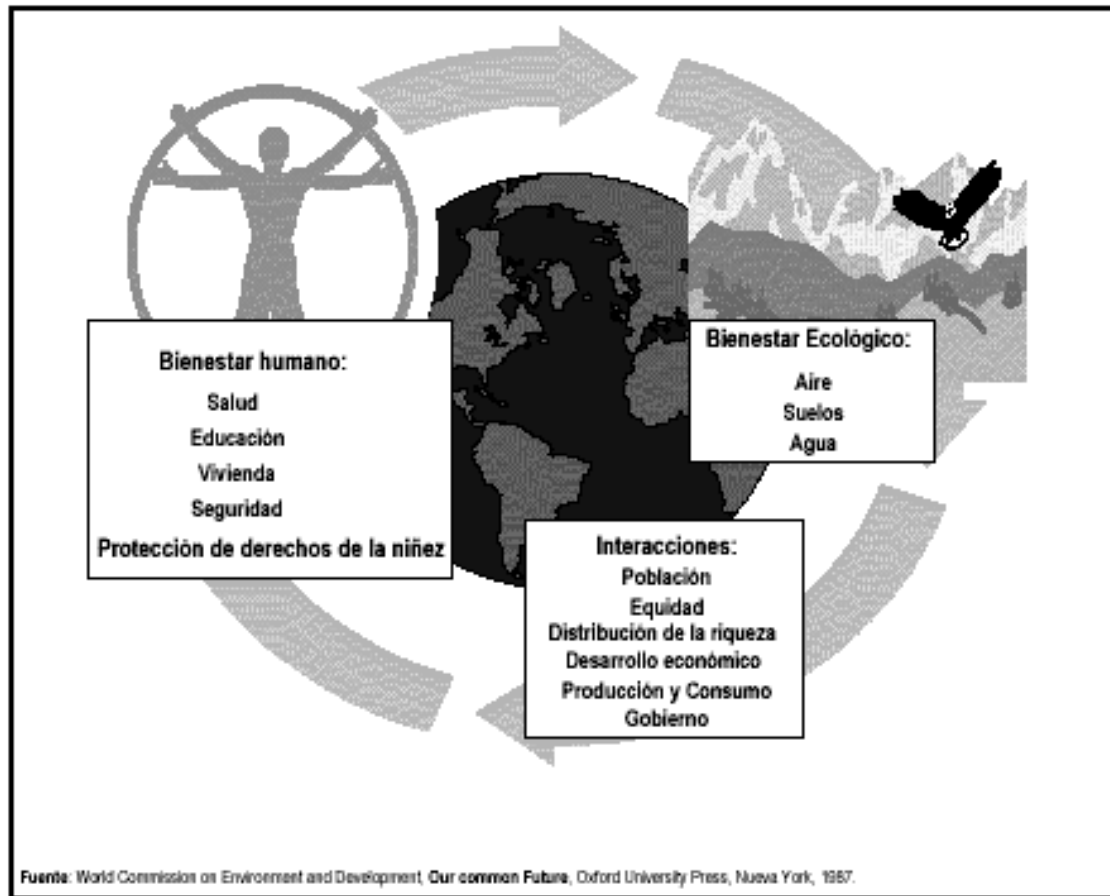
DESARROLLO SUSTENTABLE

“Aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras”

“Mejorar la calidad de de la vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan”.



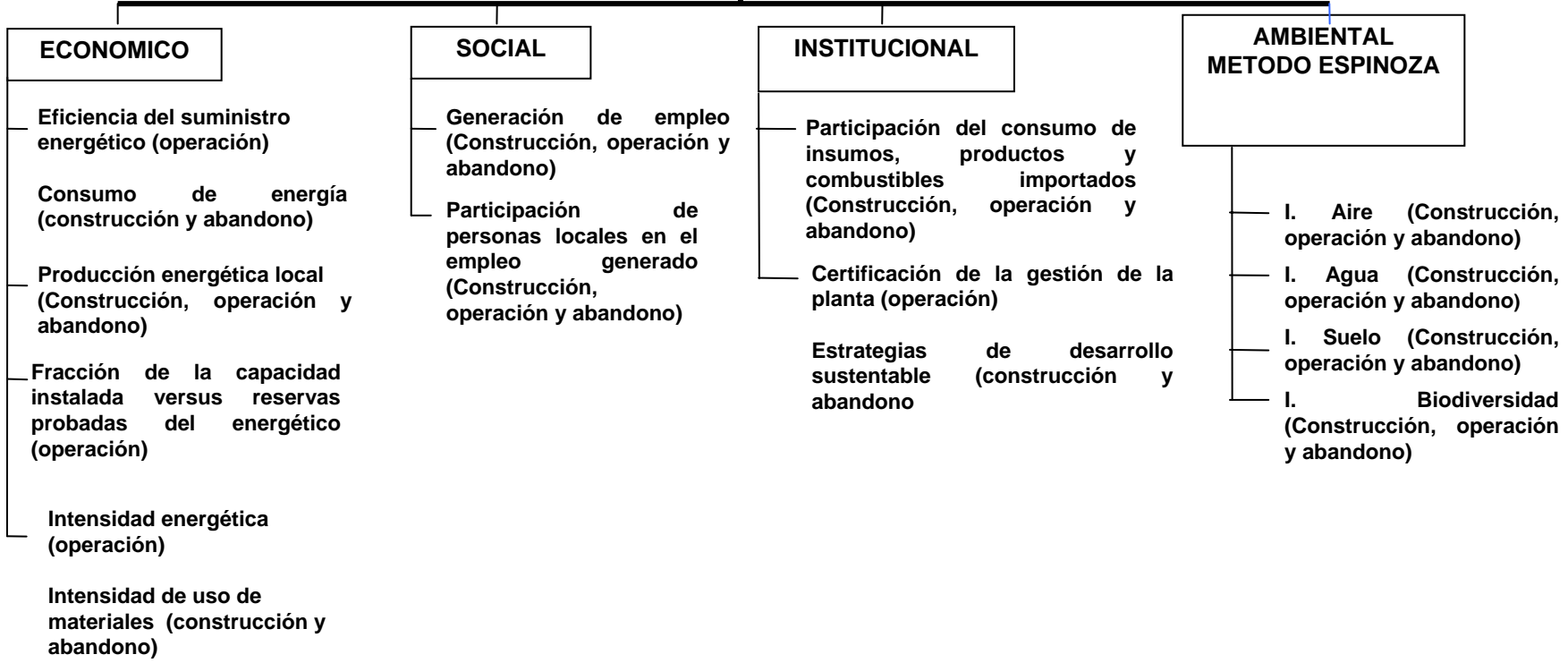
ÁREAS PRINCIPALES DE SUSTENTABILIDAD



METODOLOGÍA

SUSTENTABILIDAD POR TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD
12

MÉTODOS MULTICRITERIO



CENTRALES ELÉCTRICAS

Central/tipo de energético	Nombre
Hidroeléctrica 100% Hidroeléctrica	C.H. Manuel Moreno Torres (Chicoasen) C.I. 1500 MW, Chicoasen, Chiapas.
Carboeléctrica 62% Carbón-38% combustóleo	C.T. Plutarco Elías Calles (Petacalco) C.I. 2100 MW, La Unión, Guerrero
Termoeléctrica-Gas Natural Gas Natural 100%/Diesel solo por falla de suministro de gas natural aproximadamente 7 días al año.	Tuxpan II C.I. 495 MW Tuxpan, Veracruz
Eoloéctricidad 100% Eólica	C.E. Guerrero Negro C.I. 0.6 MW, Mulegue, Baja California Sur
Termoeléctrica combustóleo Combustoleo 550 SSF	C.T. Pdte. Adolfo López Mateos (Tuxpan) C.I. 2263 MW, Tuxpan, Veracruz
Nucleoeléctrica Uranio	C. N. Laguna Verde C.I. 1364 MW, Alto Lucero, Veracruz
Geotérmica Vapor Geotérmico	C. G. Cerro Prieto C.I. 720 MW, Mexicali, Baja California Norte
Fotovoltaica	
Fototérmica	

CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO	INFORMACIÓN			
	CONSTRUCCION	OPERACIÓN	RETIRO	SOLARES
1 Expertos, CFE, 25% ecologista	Opinión de expertos límite inferior	Información de CFE	Opinión de expertos límite inferior	Opinión con sesgo ecologista
2 Expertos, CFE, 25% ecologista	Opinión de expertos límite superior	Información de CFE	Opinión de expertos límite superior	Opinión con sesgo ecologista
3 Expertos, CFE, 25% tecnócrata	Opinión de expertos límite inferior	Información de CFE	Opinión de expertos límite inferior	Opinión con sesgo tecnócrata
4 Expertos, CFE, 25% tecnócrata	Opinión de expertos límite inferior	Información de CFE	Opinión de expertos límite inferior	Opinión con sesgo tecnócrata
5 100% ecologista	Opinión con sesgo ecologista	Opinión con sesgo ecologista	Opinión con sesgo ecologista	Opinión con sesgo ecologista
6 100% tecnócrata	Opinión con sesgo tecnócrata	Opinión con sesgo tecnócrata	Opinión con sesgo tecnócrata	Opinión con sesgo tecnócrata
7 CFE, 75% ecologista	Opinión con sesgo ecologista	Información de CFE	Opinión con sesgo ecologista	Opinión con sesgo ecologista
8 CFE. 75% tecnócrata	Opinión con sesgo tecnócrata	Información de CFE	Opinión con sesgo tecnócrata	Opinión con sesgo tecnócrata

MÉTODO ESPINOZA

MÉTODO DE ESPINOZA-2001

$$I = \frac{C * (P + I + O + E + D + R)}{54}$$

54

Donde:

C = Carácter

P = Perturbación

I = Importancia

O = Ocurrencia

E = Extensión

D = Duración

R = Reversibilidad

MÉTODO ESPINOZA

CRITERIO	CALIFICACIÓN	
CARÁCTER (C)	+	POSITIVO
	-	NEGATIVO
PERTURBACIÓN (P)	9	MUY IMPORTANTE
	7	IMPORTANTE
	5	REGULAR
	3	POCA
	1	ESCASA
IMPORTANCIA (I)	9	MUY ALTA
	7	ALTA
	5	MEDIA
	3	BAJA
	1	NULA
OCURRENCIA (O)	9	MUY PROBABLE
	7	PROBABLE
	5	POCO PROBABLE
	3	OCASIONAL
	1	ACCIDENTAL
EXTENSIÓN (E)	9	REGIONAL
	7	SUB-REGIONAL
	5	MUNICIPAL
	3	LOCAL
	1	PUNTUAL
DURACIÓN (D)	9	PERMANENTE
	7	LARGO PLAZO
	5	MEDIA
	3	CORTO PLAZO
	1	INSTANTÁNEA
REVERSIBILIDAD (R)	9	IRREVERSIBLE
	7	LARGO PLAZO
	5	MEDIANO PLAZO
	3	PARCIAL
	1	REVERSIBLE

MÉTODO ESPINOZA

Microsoft Excel - Método Espinoza etapa operación

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Escriba una pregunta

A1 CALCULO DEL INDICE DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS

		AGUA				
		Extracción anual de agua subterránea y superficial	Consumo doméstico de agua por habitante	Reservas de aguas subterráneas	Concentración de coliformes fecales en agua dulce	
3						
4	ELECTRICA	Agua embalse	0.500	1.000	0.500	0.500
5		Rejillas filtradoras	0.500	0.500	0.500	0.500
6		Presa	0.500	0.500	0.500	0.500
7		Tubería forzada	0.500	0.500	0.500	0.500
8		Turbina eléctrica	0.500	0.500	0.500	0.500

DIMENSIÓN AMBIENTAL / Agua subt / Consumo agua / Reservas sub / Coliformes / DBO / Petró / uso suelo / condición tie

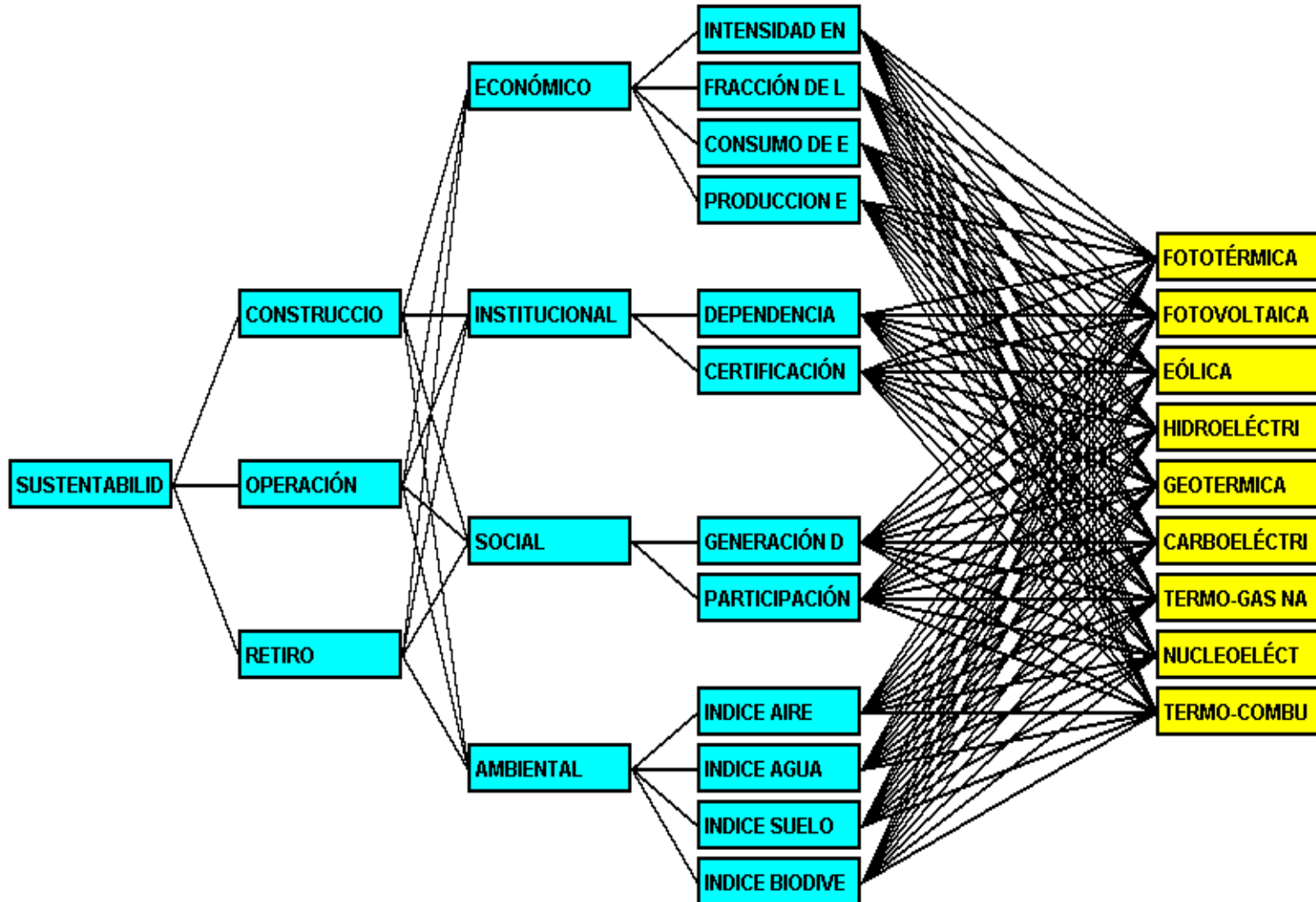
Autoformas

Inicio | Inbox for mcra@cie.u... | Microsoft Excel - Mét... | Microsoft Photo Edito... | articulo anes - Micros... | ES | 10:59 a.m.

MÉTODO MULTICRITERIO (AHP)

IMPORTANCIA/ PREFERENCIA	INTENSIDAD	SIGNIFICADO
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
9	Absolutamente, o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente, o muchísimo mas importante que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Usados como valores de consenso entre dos juicios
Incrementos de 0.1	Valores intermedios en la graduación mas fina de 01 (por ejemplo, 5.2 es una entrada válida	Usados para graduaciones más finas de los juicios.

ÁRBOL DE JERARQUIAS



MATRIZ DE JUICIO

Priorities - GENERACIÓN DE EMPLEO

Direct SMART SWING SMARTER **AHP** Valuefn Group

How many times more important?

More important 9 9

HIDROELÉCTRICA GEOTERMICA

Next Comparison 3 slightly preferred Clear All

A B C D E 1 - 9 scale CM: 0.258

	A	B	C	D	E
A HIDROELÉC	1.0	3.0	3.0	5.0	7.0
B GEOTERMIC	0.33	1.0	1.0	3.0	5.0
C FOTOTÉRMI	0.33	1.0	1.0	1.0	1.0
D FOTOVOLTA	0.2	0.33	1.0	1.0	1.0
E EÓLICA	0.14	0.2	1.0	1.0	1.0

HIDROELÉCTR	0.362	<div style="width: 36.2%;"></div>
GEOTERMICA	0.208	<div style="width: 20.8%;"></div>
FOTOTÉRMI	0.133	<div style="width: 13.3%;"></div>
FOTOVOLTAI	0.080	<div style="width: 8.0%;"></div>
EÓLICA	0.061	<div style="width: 6.1%;"></div>

Convert weights to 0-1 value scale

OK Cancel



RESULTADOS

JERARQUIZACION DE LA SUSTENTABILIDAD GLOBAL

ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4	
CENTRAL	S	CENTRAL	S	CENTRAL	S	CENTRAL	S
Fotovoltaica	0.213	Hidroeléctrica	0.185	Eólica	0.182	Eólica	0.22
Fototérmica	0.176	Fotovoltaica	0.173	Hidroeléctrica	0.157	Hidroeléctrica	0.212
Eólica	0.14	Eólica	0.166	Geotérmica	0.12	Geotérmica	0.113
Hidroeléctrica	0.096	Fototérmica	0.144	Gas Natural	0.11	Gas Natural	0.111
Gas natural	0.082	Nucleoeléctrica	0.087	Combustóleo	0.102	Nucleoeléctric a	0.093
Geotérmica	0.081	Geotérmica	0.068	Carboeléctrica	0.1	Carboeléctrica	0.072
Combustóleo	0.073	Gas Natural	0.066	Nucleoeléctrica	0.081	Combustóleo	0.067
Nucleoeléctrica	0.071	Combustóleo	0.058	Fotovoltaica	0.075	Fototérmica	0.057
Carboeléctrica	0.068	Carboeléctrica	0.052	Fototérmica	0.074	Fotovoltaica	0.055

JERARQUIZACION DE LA SUSTENTABILIDAD GLOBAL

ESCENARIO 5		ESCENARIO 6		ESCENARIO 7		ESCENARIO 8	
CENTRAL	S	CENTRAL	S	CENTRAL	S	CENTRAL	S
Hidroeléctrica	0.281	Nucleoeléctrica	0.254	Hidroeléctrica	0.205	Nucleoeléctrica	0.199
Fototérmica	0.281	Carboeléctrica	0.178	Eólica	0.189	Gas natural	0.140
Eólica	0.181	Combustóleo	0.116	Fototérmica	0.176	Carboeléctrica	0.138
Fotovoltaica	0.133	Gas Natural	0.109	Fotovoltaica	0.139	Combustóleo	0.107
Geotérmica	0.017	Geotérmica	0.103	Geotérmica	0.082	Geotérmica	0.102
Combustóleo	0.043	Fotovoltaica	0.064	Nucleoeléctrica	0.139	Fotovoltaica	0.086
Carboeléctrica	0.043	Eólica	0.063	Combustóleo	0.055	Fototérmica	0.083
Gas Natural	0.033	Fototérmica	0.059	Gas Natural	0.055	Eólica	0.074
Nucleoeléctrica	0.030	Hidroeléctrica	0.055	Carboeléctrica	0.044	Hidroeléctrica	0.070

CONCLUSIONES

1. Los resultados de la evaluación de la sustentabilidad en los ocho escenarios va de acuerdo con las preferencias señaladas por las personas (evaluadores). En seis de los ocho escenarios las tecnologías más sustentables son las energías renovables.
2. En los escenarios 75 y 100% tecnócrata, para que la tecnología nucleoelectrica resultara la más sustentable fue necesario considerar como prioridad que en la dimensión ambiental y económica de esta tecnología sustentablemente es la mejor.
3. El análisis de sensibilidad indica que no hay variación en la estructura jerárquica de las centrales eléctricas con relación a la sustentabilidad global.

CONCLUSIONES

4. Uno de los aspectos claves de las políticas energéticas del país para lograr un desarrollo energético sustentable es el desarrollo de las energías renovables por que estas contribuyen a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero principalmente CO₂ minimizando el impacto al ambiente, aseguran el suministro del combustible, además de disminuir la dependencia de los productos petrolíferos, haciendo la mejor opción el escenario ecologista
5. Dados los antecedentes disponibles y presentados aquí, la sustentabilidad del desarrollo energético nacional constituye un interrogante mayor. Ello se traduce en la urgente necesidad de establecer una política energética que apunte a:
 - Un abastecimiento seguro, de calidad y a costos razonables
 - Un compromiso real con el medio ambiente
 - La satisfacción de los requerimientos energéticos del total de la población
 - La reducción de la dependencia energética nacional