



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
ENERGÍA – ECONOMÍA DE LA ENERGÍA

Contribución del sector energético a la sustentabilidad del desarrollo, análisis sistémico del caso mexicano 1970 – 2010

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA (ENERGÍA)

PRESENTA:
M.I. Adrián Livas García

TUTOR PRINCIPAL
Dr. Víctor Rodríguez Padilla. Facultad de Ingeniería, UNAM
COMITÉ TUTOR:
Dra. Claudia Scheinbaum Pardo. Instituto de Ingeniería, UNAM
Dr. Juan Luis François Lacouture. Facultad de Ingeniería, UNAM
Dr. Arturo Reinking Cejudo. Facultad de Ingeniería, UNAM
Dr. Juan José Ambriz García. UAM – Iztapalapa

MÉXICO, D. F. 2016

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. François Lacouture Juan Luis

Secretario: Dra. Sheinbaum Pardo Claudia

Vocal: Dr. Rodríguez Padilla Víctor

1 er. Suplente: Dr. Reinking Cejudo Arturo

2 d o. Suplente: Dr. Ambriz García Juan José

Lugar donde se realizó la tesis: UNAM, Cd. Universitaria.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Rodríguez Padilla Víctor

FIRMA

Dedicatoria

A mis hijos Maya, Tamara y René.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por darme la oportunidad de realizar la investigación, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo que recibí para la elaboración de los estudios de Doctorado.

Agradezco a los Tutores de mi Comité: Dr. Víctor Rodríguez, Dr. Claudia Sheinbaum, Dr. Juan Luis François, Dr. Arturo Reinking y Dr. Juan José Ambriz por sus comentarios y apoyo, que en muchas ocasiones fueron más allá de los objetivos de la investigación, sin embargo, fueron fundamentales para poder realizarla y por confiar en mí, para que emergiera la originalidad que contribuye a la sustentabilidad de mi desarrollo... a todos gracias.

Prefacio

Es innegable la importancia del sistema energético para el desarrollo de México y su continuidad, existe una gran cantidad de investigaciones, opiniones de especialistas, funcionarios públicos y de la sociedad en general, que lo resaltan, incluso está presente en el caso mexicano un nacionalismo para el caso de los hidrocarburos.

Los vínculos de energía y desarrollo imponen grandes retos para ser abordados, son conceptos utilizados ampliamente en una gran diversidad de contextos, al igual que la economía y el desarrollo, o la energía y la economía, las relaciones no permanecen constantes, son dinámicas en el tiempo.

La noción más simple de desarrollo es *una sucesión de etapas*, donde se sobrentiende que cada una de ellas, se ubica en una dirección ascendente de mejora; lo cual es constatable al efectuar una valoración global comparativa entre ellas. Para la energía, la mejor definición que se tiene es *la capacidad de generar trabajo*, es decir, no se sabe a ciencia cierta qué es, pero se sabe que existe, porque se conocen sus manifestaciones, y algunas de ellas se han aprendido a manipular. Y para la economía, que estudia *la forma en que los seres humanos subsisten y satisfacen sus necesidades y deseos*, su definición o entendimiento siempre ha estado en continua reflexión.

Uno de los retos de esta investigación fue establecer un punto de referencia para el concepto de desarrollo, que en mi opinión es más ambiguo y delicado, porque hay que establecer qué cambios se tienen que hacer visibles. Tomé la decisión de iniciar en el momento histórico de los grandes y diversos cambios, en que la economía se convierte en uno de los pilares de la organización social, que convergen con el aprovechamiento de nuevos energéticos y tecnologías. Es la época que Karl Marx llamaba “la era de las transformaciones de energía”, me refiero a finales del siglo XVIII de Europa occidental¹.

El interés fue detectar los cambios de percepción del concepto de desarrollo, tomando como hilo conductor las diversas corrientes económicas. Dentro de ellas, se encuentran también las nociones de sustentabilidad, pero a mi parecer y aún más interesante, fue encontrarme con los supuestos que utilizaron las diversas corrientes económicas, con la presencia de estudios y reflexiones que contemplan a la energía. Aspectos que algunos historiadores definen como los antecedentes de la economía de la energía.

La información compilada de la intersección entre economía y energía, tomó un papel fundamental en la orientación conceptual y en la elección de las técnicas de investigación. Aspectos de más de doscientos años, prácticamente *dormidos*, con respecto a la difusión de las corrientes dominantes de la economía y las nociones de desarrollo de las décadas recientes, marcan el nacimiento de una nueva corriente económica que parte de enfatizar que es entrópica y no circular.

El siguiente reto fue, cómo transformar los conceptos en métricas, de qué manera se detectan los cambios de las nociones de desarrollo, y de la contribución de la energía y algunos de sus efectos; qué información se requiere, así como su disponibilidad. Para ello opte por utilizar los trabajos de diversos organismos públicos supranacionales, porque el diseño de sus métricas está en función de las estadísticas oficiales disponibles. Ello con el objetivo de identificar el inicio y el final de las etapas de desarrollo que ocupa la investigación, desde la perspectiva conceptual e histórica para el caso mexicano.

¹ (Naredo, 2015)

Por otro lado, para integrar los antecedentes de la economía de la energía, utilice los conceptos de metabolismo energético y de energía contenida en la estructura económica. Para eso se requirió de un conjunto de datos estadísticos robusto, como las Tablas de Insumo – Producto publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y las estadísticas publicadas por la Secretaría de Energía (SENER); pero con el problema de que las ramas entre ambas instituciones no son directamente equivalentes. Sin embargo, al profundizar en el sistema de cuentas nacionales y los clasificadores para las ramas de la contabilidad monetaria y energética, resulta que ambos tienen el mismo origen, siguiendo sus cambios se logra homologar las ramas.

En la aplicación de las técnicas de investigación, consideré como ejemplo a algunos países, que incluso han profundizado en aspectos como: ramas específicas, por ejemplo, Transporte, Construcción, Generación de Electricidad, Residencial, entre otros; efectos de las exportaciones, etc.. Para México no se habían realizado estas estimaciones, por lo que adquiere un toque novedoso la investigación; por ello considere relevante detectar y profundizar en los grandes comportamientos, en el contexto de los vínculos entre la energía y la economía hacia la sustentabilidad del desarrollo, más que profundizar en algún elemento en particular.

Esta investigación reconoce el carácter de ciencias complejas involucrado en el análisis de las relaciones entre desarrollo, crecimiento económico, sustentabilidad y energía. La sustentan varios ejes, tales como:

- el análisis de los orígenes de la economía de la energía correlacionados con la realidad energético – económica del México de finales del siglo veinte e inicio del siglo veintiuno;
- la identificación de los retos actuales del país, a partir de la detección de elementos de diagnóstico;
- y la aplicación de diversas técnicas para fundamentar el estado actual que guardan las relaciones entre economía y energía.

Ello para estar en condiciones de llevar a cabo la planeación de *qué y cómo hacer* la gestión de los recursos energéticos del país, dentro de las dinámicas del sistema económico nacional, con la mira de encontrar combinaciones adecuadas que mejoren la contribución de la energía a la sustentabilidad del desarrollo en un país que cuenta con recursos energéticos.

Índice

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	III
PREFACIO	V
ÍNDICE	I
ÍNDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS.....	IV
GRÁFICAS	IV
TABLAS.....	VI
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	5
MOTIVACIÓN	5
CONCEPTOS DE DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD	7
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
<i>Planteamiento metodológico del insumo – producto energético</i>	12
<i>Ajustes conceptuales y mejores estadísticas</i>	14
<i>Aplicaciones para el Desarrollo Sustentable</i>	16
<i>Aplicaciones al sector residencial</i>	18
<i>Aplicaciones al sector construcción</i>	19
<i>Aplicaciones a los flujos de de comercio Internacionales</i>	20
<i>Ampliación metodológica de las aplicaciones de Insumo – Producto de energía</i>	21
OBJETIVO.....	22
PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN	23
DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS.....	24
CAPÍTULO UNO. TEORÍA. CONCEPTOS DE DESARROLLO, SUSTENTABILIDAD Y ENERGÍA.....	33
INTRODUCCIÓN	33
1.1 NOCIONES DE DESARROLLO Y DE SUSTENTABILIDAD	40
1.1.1 <i>Corrientes mercantilista y fisiócrata</i>	40
1.1.2 <i>Clásicos</i>	40
1.1.3 <i>Historicistas</i>	42
1.1.4 <i>Karl Marx</i>	42
1.1.5 <i>Neoclásicos</i>	43
1.1.6 <i>Imperialistas</i>	44
1.1.7 <i>Joseph A. Schumpeter</i>	44
1.1.8 <i>Enfoque de la modernización</i>	45
1.1.9 <i>Enfoque estructuralista</i>	45
1.1.10 <i>Neomarxista</i>	46
1.1.11 <i>Keynesianismo</i>	46
1.1.12 <i>Neoliberal</i>	47
1.1.13 <i>Otro desarrollo</i>	48
1.1.14 <i>Enfoque de Amartya Sen</i>	49
1.2 VÍNCULO DE LA ENERGÍA CON EL DESARROLLO E IMPACTO EN LA SUSTENTABILIDAD	50
1.2.1 <i>Contribuciones antiguas</i>	50
1.2.2 <i>Contribuciones actuales</i>	56
1.3 MÉTRICAS QUE CONCILIAN A LA ENERGÍA CON LA SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO	58
CONCLUSIONES.....	60
CAPÍTULO DOS. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN E INDICADORES	65
INTRODUCCIÓN	65
2.1 MACRO COMPORTAMIENTOS. ENFOQUES DEL GRUPO I	67

2.1.1 Indicadores de Energía y Sustentabilidad (IES).....	67
2.1.2 Índice de Sustentabilidad Energética (ISE).....	71
2.1.3 Sendero de energía e IDH.....	72
2.2 EL METABOLISMO ENERGÉTICO DEL SISTEMA ECONÓMICO. ENFOQUES DEL GRUPO II.....	79
2.2.1 Insumo – Producto Energético.....	81
2.2.2 Energía Contenida (EE, del inglés Energy Embodied).....	88
CONCLUSIÓN.....	102
CAPÍTULO TRES. MACRO COMPORTAMIENTOS. ENFOQUES DEL GRUPO I.....	105
INTRODUCCIÓN.....	105
3.1 MODELOS DE DESARROLLO.....	109
3.1.1 Modelo de Sustitución de Importaciones.....	109
3.1.1.1 Fase del Desarrollo Estabilizador.....	111
3.1.1.2 Fase de Transición.....	113
3.1.2 Modelo de Globalización con perfil neoliberal o con preeminencia en el mercado.....	117
3.2 ENFOQUES DE ANÁLISIS Y SUS INDICADORES.....	123
3.2.1 Enfoque del Indicador de Energía y Sustentabilidad (IES).....	123
3.2.2 Enfoque del Índice de Sustentabilidad Energética (ISE).....	128
3.2.3 Enfoque del Sendero de energía e IDH.....	132
CONCLUSIONES.....	140
CAPÍTULO CUATRO. METABOLISMO ENERGÉTICO. ENFOQUES DEL GRUPO II.....	145
INTRODUCCIÓN.....	145
4.1 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO.....	148
4.1.1 Rendimiento energético de la canasta energética.....	149
4.1.2 Interpretación de las matrices de necesidades y requerimientos de energía.....	150
4.1.2.2 Caso dinámico. Interpretación de las matrices de requerimientos directos, indirectos y totales de energía, cálculos de 1970 a 2012.....	154
4.1.3 Análisis de Cambio Estructural en los usos de energía.....	159
4.2 ENERGÍA CONTENIDA DEL SISTEMA ECONÓMICO.....	162
4.2.1 Comportamiento general de la energía contenida del sistema económico.....	163
4.2.2 Comportamientos de los componentes directos e indirectos de la energía contenida. Desagregado a 27 ramas económicas.....	164
4.2.3 Relaciones Inter – energéticas.....	165
CONCLUSIONES.....	182
CAPÍTULO CINCO. ANÁLISIS INTEGRADOR.....	189
INTRODUCCIÓN.....	189
5.1 MODELOS DE DESARROLLO.....	191
5.2 COMPORTAMIENTOS OBSERVADOS.....	193
5.3 FACTORES QUE BLOQUEAN LA CONTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA A LA SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO.....	197
5.4 OBSERVACIONES QUE CONTRIBUYEN A LA SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO.....	199
5.5 OBSERVACIONES ADICIONALES.....	203
CONCLUSIONES.....	205
CONCLUSIONES.....	207
INTRODUCCIÓN.....	207
CONCLUSIONES GENERALES.....	213
CONCLUSIONES PARTICULARES.....	216
<i>Modelo de Sustitución de Importaciones y la fase de Transición.....</i>	<i>217</i>
<i>Modelo de Globalización con perfil neoliberal.....</i>	<i>218</i>
<i>El potencial de la energía.....</i>	<i>219</i>
CONSIDERACIONES FINALES.....	222
CONSIDERACIONES PARTICULARES.....	224
RECOMENDACIONES.....	228
ANEXO I. INDICADORES.....	231
AI.I REPRESENTACIÓN DE LOS INDICADORES COMO VECTORES DE TRES DIMENSIONES.....	231

AI.II IMPUTACIÓN DE DATOS FALTANTES	231
AI.III TENDENCIAS DE LOS INDICADORES DE ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD	234
AI.IV TENDENCIAS DEL ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA	235
ANEXO II. EQUIVALENCIAS Y TABLAS DE INSUMO – PRODUCTO MONETARIAS Y DE ENERGÍA	237
AII.I PROCESO DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LAS CUENTAS NACIONALES Y LOS BALANCES DE ENERGÍA QUE SIGUEN EL INEGI Y LA SECRETARÍA DE ENERGÍA	237
AII.I.I Cuentas nacionales.....	237
A.II.I.II Balance Nacional de Energía.....	237
AII.I.I.III Equivalencia entre clasificadores CIIU y SCIAN.....	239
AII.II TABLAS DE INSUMO – PRODUCTO MONETARIAS	245
AII.III TABLAS DE INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO	265
AII.IV TABLAS DE DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (CENTROS DE APROVECHAMIENTO DE USOS FINALES DE ENERGÍA EN TÉRMINOS DE ENERGÍA PRIMARIA).....	272
ANEXO III. INSUMO – PRODUCTO EN APLICACIONES DE ENERGÍA	277
AIII.I INSUMO - PRODUCTO ENERGÉTICO.....	277
AIII.I.I Requerimientos totales de energía a las ramas económicas en energía primaria	277
AIII.II ENERGÍA CONTENIDA	286
BIBLIOGRAFÍA.....	283

Índice de Gráficas y Tablas

Gráficas

GRÁFICA 2. 1 SENDERO DE ENERGÍA IDEALIZADO	75
GRÁFICA 2. 2 CUADRANTES DEL ÍNDICE DE RASMUSSEN	98
GRÁFICA 3. 1 GRÁFICA 3.1 INDICADOR DE ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD	124
GRÁFICA 3. 2 INDICADORES DE ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD	125
GRÁFICA 3. 3 TRAYECTORIA DEL IES.....	126
GRÁFICA 3. 4 EVOLUCIÓN DEL ISE Y LAS DIMENSIONES AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICA	129
GRÁFICA 3. 5 TRAYECTORIA DEL ISE.....	131
GRÁFICA 3. 6 SENDERO DE ENERGÍA Y DE IDH 1970 – 2012	133
GRÁFICA 3. 7 INTENSIDAD DE ENERGÍA E IDH 1970 – 2012.....	134
GRÁFICA 3. 8 SENDERO DE ENERGÍA DE ESTADOS UNIDOS 1970-2012.....	138
GRÁFICA 3. 9 SENDERO DE ENERGÍA DE CHINA 1970-2012.....	138
GRÁFICA 3. 10 SENDERO DE ENERGÍA DE INDIA 1970-2012	138
GRÁFICA 4. 1 REQUERIMIENTOS TOTALES DE ENERGÍA POR USUARIO FINAL (PJ)	155
GRÁFICA 4. 2 REQUERIMIENTOS TOTALES DE ENERGÍA POR ENERGÉTICO (PJ)	156
GRÁFICA 4. 3 COMPORTAMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DIRECTOS E INDIRECTOS CON RESPECTO AL TOTAL DE ENERGÍA.....	158
GRÁFICA 4. 4 EVOLUCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ANÁLISIS DE CAMBIO ESTRUCTURAL DE ENERGÍA (PJ).....	160
GRÁFICA 4. 5 EVOLUCIÓN DE LOS COMPONENTES DE EE DEL SISTEMA ECONÓMICO (PJ)	163
GRÁFICA 4. 6 EVOLUCIÓN DE EET POR RAMAS ECONÓMICAS (PJ).....	166
GRÁFICA 4. 7 EVOLUCIÓN DE EED PARA CADA RAMA	167
GRÁFICA 4. 8 EVOLUCIÓN DE EEI PARA CADA RAMA.....	168
GRÁFICA 4. 9 RED DE RELACIONES INTER – ENERGÉTICAS	173
GRÁFICA AI. 1 ACCESO A ELECTRICIDAD	232
GRÁFICA AI. 2 PORCENTAJE DEL GASTO EN ENERGÍA SOBRE LOS INGRESOS	232
GRÁFICA AI. 3 EMISIONES DE NOX.....	233
GRÁFICA AI. 4 EMISIONES DE HFC.....	233
GRÁFICA AI. 5 5 EMISIONES DE PFC	233
GRÁFICA AI. 6 EMISIONES DE SF ₆	233
GRÁFICA AI. 7 COMPOSICIÓN DE LOS INDICADORES DE ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD	234
GRÁFICA AI. 8 COMPOSICIÓN DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA.....	235
GRÁFICA AI. 9 COMPOSICIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	236
GRÁFICA AI. 10 COMPOSICIÓN DE LA DIMENSIÓN SOCIAL.....	236
GRÁFICA AIII. 1 DISTRIBUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TOTALES DE ENERGÍA POR ENERGÉTICO Y USUARIO FINAL	278
GRÁFICA AIII. 2 REQUERIMIENTOS TOTALES DE CARBÓN A USUARIOS FINALES (PJ)	279
GRÁFICA AIII. 3 REQUERIMIENTOS TOTALES DE PETRÓLEO CRUDO A USUARIOS FINALES (PJ)	279
GRÁFICA AIII. 4 REQUERIMIENTOS TOTALES DE GAS NATURAL A USUARIOS FINALES (PJ)	279
GRÁFICA AIII. 5 REQUERIMIENTOS TOTALES DE NUCLEOENERGÍA A USUARIOS FINALES (PJ)	279
GRÁFICA AIII. 6 REQUERIMIENTOS TOTALES DE HIDROENERGÍA A USUARIOS FINALES (PJ).....	280
GRÁFICA AIII. 7 REQUERIMIENTOS TOTALES DE GEOENERGÍA A USUARIOS FINALES (PJ).....	280
GRÁFICA AIII. 8 REQUERIMIENTOS TOTALES DE ENERGÍA SOLAR A USUARIOS FINALES (PJ)	280
GRÁFICA AIII. 9 REQUERIMIENTOS TOTALES DE ENERGÍA EÓLICA A USUARIOS FINALES (PJ)	280
GRÁFICA AIII. 10 REQUERIMIENTOS TOTALES DE BAGAZO DE CAÑA A USUARIOS FINALES (PJ).....	281
GRÁFICA AIII. 11 REQUERIMIENTOS TOTALES DE LEÑA A USUARIOS FINALES (PJ).....	281
GRÁFICA AIII. 12 AGROPECUARIO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ).....	289
GRÁFICA AIII. 13 EXTRACCIÓN PETRÓLEO CRUDO Y GAS. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	289
GRÁFICA AIII. 14 EXTRACCIÓN CARBÓN. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ).....	289
GRÁFICA AIII. 15 MINERÍA. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ).....	289
GRÁFICA AIII. 16 GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	290
GRÁFICA AIII. 17 PÚBLICO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ).....	290

GRÁFICA AIII. 18 18 CONSTRUCCIÓN. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	290
GRÁFICA AIII. 19 AZÚCAR. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	290
GRÁFICA AIII. 20 AGUAS ENVASADAS. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	291
GRÁFICA AIII. 21 TABACO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	291
GRÁFICA AIII. 22 CELULOSA Y PAPEL. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	291
GRÁFICA AIII. 23 PETROQUÍMICA BÁSICA. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	291
GRÁFICA AIII. 24 QUÍMICA. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	292
GRÁFICA AIII. 25 FERTILIZANTES. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	292
GRÁFICA AIII. 26 HULE. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	292
GRÁFICA AIII. 27 VIDRIO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	292
GRÁFICA AIII. 28 CEMENTO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	293
GRÁFICA AIII. 29 SIDERURGIA. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	293
GRÁFICA AIII. 30 ALUMINIO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	293
GRÁFICA AIII. 31 AUTOMOTRIZ. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	293
GRÁFICA AIII. 32 OTRAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	294
GRÁFICA AIII. 33 TRANSPORTE AÉREO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	294
GRÁFICA AIII. 34 AUTOTRANSPORTE. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	294
GRÁFICA AIII. 35 TRANSPORTE MARÍTIMO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	294
GRÁFICA AIII. 36 TRANSPORTE FERROVIARIO. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	295
GRÁFICA AIII. 37 RESIDENCIAL. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	295
GRÁFICA AIII. 38 COMERCIO Y SERVICIOS. EVOLUCIÓN DE LAS COMPONENTES DE EE (PJ)	295

Tablas

TABLA 2. 1 CRITERIOS PARA LA NORMALIZACIÓN DE LOS INDICADORES DE ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD.....	70
TABLA 2. 2 ESTRUCTURA DEL INSUMO - PRODUCTO ENERGÉTICO	83
TABLA 4. 1 EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO	149
TABLA 4. 2 MATRIZ DE NECESIDADES DIRECTAS	152
TABLA 4. 3 MATRIZ DE NECESIDADES INDIRECTAS	152
TABLA 4. 4 MATRIZ DE NECESIDADES TOTALES	153
TABLA 4. 5 TASA DE CRECIMIENTO Y PESO DE LOS COMPONENTES DE EE DEL SISTEMA ECONÓMICO SOBRE EL TOTAL	163
TABLA 4. 6 RAMAS CON MAYOR CONTENIDO DE EET (PJ) Y PROPORCIÓN SOBRE EL TOTAL.....	167
TABLA 4. 7 RAMAS CON MAYOR CONTENIDO DE EED (PJ) Y PROPORCIÓN SOBRE EL TOTAL	168
TABLA 4. 8 RAMAS CON MAYOR CONTENIDO DE EEI (PJ) Y PROPORCIÓN SOBRE EL TOTAL.....	169
TABLA 4. 9 ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE EED CON VÍNCULOS HACIA ADELANTE.....	178
TABLA 4. 10 ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE EED CON VÍNCULOS HACIA ATRÁS	178
TABLA 4. 11 ÍNDICE DE RASMUSSEN DE EET	182
TABLA 4. 12 ÍNDICE DE THEIL DE EET CON VÍNCULOS HACIA ADELANTE.....	185
TABLA 4. 13 ÍNDICE DE THEIL DE EET CON VÍNCULOS HACIA ATRÁS	185
TABLA AII. 1 DEFINICIÓN DE CUENTAS DE LOS BNE	238
TABLA AII. 2 EQUIVALENCIA ENTRE CUENTAS CIIU Y SCIAN	240
TABLA AII. 3 INSUMO - PRODUCTO DE 1970 (MM\$ @ 2008)	245
TABLA AII. 4 INSUMO - PRODUCTO DE 1975 (MM\$ @ 2008)	246
TABLA AII. 5 INSUMO - PRODUCTO DE 1978 (MM\$ @ 2008)	247
TABLA AII. 6 INSUMO - PRODUCTO DE 1980 (MM\$ @ 2008)	248
TABLA AII. 7 INSUMO - PRODUCTO DE 2003 (MM\$ @ 2008)	249
TABLA AII. 8 INSUMO - PRODUCTO DE 2008 (MM\$ @ 2008)	250
TABLA AII. 9 INSUMO - PRODUCTO DE 2012 (MM\$ @ 2008)	251
TABLA AII. 10 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 1970 (PJ).....	265
TABLA AII. 11 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 1975 (PJ).....	266
TABLA AII. 12 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 1978 (PJ).....	267
TABLA AII. 13 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 1980 (PJ).....	268
TABLA AII. 14 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 2003 (PJ).....	269
TABLA AII. 15 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 2008 (PJ).....	270
TABLA AII. 16 INSUMO – PRODUCTO ENERGÉTICO 2012 (PJ).....	271
TABLA AII. 17 1970 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	272
TABLA AII. 18 1975 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	272
TABLA AII. 19 1978 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	273
TABLA AII. 20 1980 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	273
TABLA AII. 21 2003 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	274
TABLA AII. 22 2008 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	274
TABLA AII. 23 2012 DEMANDA FINAL DE ENERGÍA (PJ).....	275
TABLA AIII. 1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAMBIO ESTRUCTURAL POR TIPO DE ENERGÉTICO	281
TABLA AIII. 2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAMBIO ESTRUCTURAL POR RAMA ECONÓMICA.....	283
TABLA AIII. 3 TASA DE CRECIMIENTO Y PESO DE LAS COMPONENTES DE EE SOBRE EL TOTAL POR RAMA	286

Acrónimos

ACE	Análisis de Cambio Estructural
AIE	Agencia Internacional de Energía
AIEA	Agencia Internacional de Energía Atómica
BM	Banco Mundial
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CMAE	Clasificación Mexicana de Actividades Económicas
CMAF	Clasificación Mexicana de Actividades y Productos
CO ₂	Bióxido de carbono
CONACYT	Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología
EE _D	Energía Contenida Directa
EE _I	Energía Contenida Indirecta
EE _T	Energía Contenida Total
EI	Energía de Interacción
EIO	Energy Input – Output
ENROI	Energy Return Output – Input
ETE	Eficiencia en la Transformación de Energía
EU	Estados Unidos
EZLN	Ejército Nacional de Liberación Nacional
FMI	Fondo Monetario Internacional
FOBAPROA	Fondo Bancario de Protección al Ahorro
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IES	Indicadores de Energía y Sustentabilidad
IFE	Instituto Federal Electoral
IFIAS	International Federation of Institutes for Advanced Study
INB	Ingreso Nacional Bruto
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información
IO	Input – Output
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISE	Índice de Sustentabilidad Energética
kTpe	Kilo toneladas de petróleo equivalentes
LyFC	Luz y Fuerza del Centro
MTCO ₂ eq	Millones de toneladas de bióxido de carbono equivalentes
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OMC	Organización Mundial de Comercio
PAC	Programa de Aceleración Comercial
PEMEX	Petróleo Mexicanos
PERE	Programa Extendido de Reorganización Económica
PIB	Producto Interno Bruto
PIDIREGAS	Proyectos de Infraestructura Diferidos en el Registro del Gasto
PIRE	Programa Inmediato de Reordenación Económica
PSE	Programa Sectorial de Educación
RDE	Requerimiento Directo de Energía
RIE	Requerimientos Indirectos de Energía

RRIE	Red de Relaciones Inter – Energéticas
RTE	Requerimientos Totales de Energía
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
SE	Sustitución de Energía
SENER	Secretaria de Energía
SIE	Sistema de Información Energética
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
VBP	Valor Bruto de la Producción
VUE	Variaciones de los Usos de Energía
WEC	World Energy Council

Resumen

Las necesidades energéticas, para todos los países, están en aumento. Algunos de los principales factores que lo explican son los requerimientos económicos y el crecimiento poblacional. Paralelamente, las consecuencias negativas de los procesos extractivos de los energéticos y de su consumo, toman mayor relevancia en el planeta y los seres vivos.

Por lo tanto, indagar en las relaciones que vinculan a la energía con la economía, en los procesos de desarrollo y sus capacidades de trascender en el tiempo, son uno de los grandes retos contemporáneos para los países.

La investigación se realizó para México en el periodo 1970 a 2010. El interés fue estimar cuantitativa y cualitativamente, la contribución del sector energético a la sustentabilidad del desarrollo, desde una perspectiva sistémica.

Para ello, se abordaron los conceptos de desarrollo y sustentabilidad, utilizando la visión de diversas corrientes económicas y se buscaron los aspectos que vincularon con la energía. Se consideró importante realizarlo con un panorama histórico, ello definió la base conceptual. Y se tomó a la energía como el eje transversal para los análisis y para la base explicativa.

Se definieron las técnicas de investigación y se elaboraron las herramientas de análisis con sus respectivas métricas, las cuales conformaron cinco enfoques. Tres de ellos con el objetivo de buscar los macro comportamientos de las relaciones de la energía y en los aspectos que engloban el desarrollo². Y los otros dos profundizaron en el sistema económico con el lente de las dinámicas de los intercambios de energía³.

Después se unificación los resultados e interpretaciones de los cinco enfoques para realizar un análisis que atendió el interés principal de la investigación.

Los modelos desarrollo de México fueron dos, con características específicas: el primero fue el de Sustitución de Importaciones, dividido en su última etapa por dos fases, la de estabilización y la de transición, se identifica principalmente por participación del Estado en los aspectos económicos y en los procesos de desarrollo; y segundo modelo fue el de Globalización con perfil neoliberal, el cual se identifica por la tendencia hacia la liberalización de los mercados y la intensificación en el contexto internacional⁴.

Se tomaron dos de las principales dificultades para llevar cabo los procesos de desarrollo: la transición de una lógica de fomentar mercados nacionales a globales; y la implementación de modelos de desarrollo flexibles.

² Compuestos por los Índices de Energía y Sustentabilidad, y de Sustentabilidad Energética, ambos elaborados por organismos públicos supranacionales; se aplicó el método de los Senderos de manera conjunta a la Intensidad de Energía y al Índice de Desarrollo Humano.

³ Para el sistema energético se construyó y analizó el Insumo – Producto de Energía con el Análisis de Cambio Estructural. Y el sistema económico, visto desde el lente del energético, se aplicó y cuantificó la energía contenida, con ello se identificaron las dinámicas de intercambio de la misma, en cuanto a la conectividad y su intensidad de conexión, esto último analizó a través de los Índices de Concentración, de Rasmussen y de Entropía de Theil.

⁴ En México se modificaron los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28. Con ello el constitucionalismo social, y simultáneamente se especificó la rectoría del Estado en la promoción y gestión de los procesos de desarrollo del país.

En los macro comportamiento se identificó que los indicadores e índices presentaron valores positivos hasta 1982, con respecto a 1970. Evidencia de un cierto grado de sustentabilidad, esto se fue posible en gran medida al recurso energético “Petróleo Crudo”. Y el sendero de energía mostró una “curva suave” con un comportamiento energo – intensivo y crecimiento lento de los valores de IDH, característico de las primeras etapas de desarrollo.

Después de 1982, los indicadores e índices reaccionaron de manera sensible, toman valores negativos. Los principales factores fueron la “Deuda Pública Energética” (de hidrocarburos), el “Alcance de Hidrocarburos” (dependencia energética) y el “Gasto de Energía con respecto a los Ingresos” de los hogares.

El sendero de energía mostró constantemente “nudos”, en uno de ellos se localizó el punto más energo – intensivo del periodo fue en 1989 con el valor máximo de 29.87 kTpe por cada 1000USD@2000, también detectó periodos de productividad energética asociados con rápidos aumentos en el valor del IDH⁵.

Los resultados del enfoque encargado de profundizar en el sistema energético mostró un cambio estructural en los aprovechamientos de energía en 1979. Los usos directos de la energía pasaron de tener un peso porcentual, con respecto al total, de 67% en 1970 a 46% en 1979. Y los usos indirectos, con respecto al total de energía, pasaron de 33% en 1970 a 54% en 1979. La tendencia se asoció con un comportamiento asintótico, que se interpretó como la tendencia hacia un límite en los aprovechamientos de energía⁶.

El Análisis de Cambio Estructural del Insumo – Producto Energético mostró que las variaciones en el uso de energía de las actividades económicas, explican el 98% de los cambios en los usos de energía, el efecto “Actividad”. El Petróleo Crudo y el Gas Natural fueron los principales energéticos utilizados. Y los cambios asociados con mejoras en las eficiencias de transformación de energía y en las opciones de sustitución fueron del 2%.

Los resultados del enfoque que profundizo en el sistema económico desde el lente del energético, mostraron que la energía contenida del sistema inició con una distribución de 40% para el componente directo y 60% para el indirecto. La cual cambio en 2003 a 30% y 70% para las mismas componentes. Y en 2012 llegaron a 13% y 87%, respectivamente⁷.

Se encontró que: 55% de las ramas abarcaron, el 70.44% de la energía contenida para fines de producción y de demanda hacia oferta; 59% de las ramas tuvieron el 55.66% de la energía contenida para propósitos de producción; los efectos de la demanda sobre la oferta generaron, que 77% de las ramas colocaran la energía contenida de sus producciones en una rama; los efectos de la oferta hacia la demanda produjeron que 70% de las ramas, colocaran sus producciones en una sola de la demanda final; mientras que el otro 30% de las ramas de la demanda intermedia, lo hicieron de manera proporcional con 30% de las ramas de la demanda final; y 70% de las ramas se encontraron *flotando*, es decir, no generaron perturbaciones sobre el sistema, ni éste sobre ellas, en términos de oferta y demanda; sin embargo, en intercambios de energía contenida, la mayoría entregaron toda su producción a una rama.

⁵ El registro de mayor productividad energética y crecimiento de IDH fue de 1995 a 2000.

⁶ Los usos directos de energía son los que cuantifican los aprovechamientos de energía asociados con los procesos de transformación de energía. Mientras que los usos indirectos cuantifican el costo, en términos de energía, de colocar la energía en los usuarios finales.

⁷ En el sistema económico, la energía contenida de origen directo se relaciona con la energía que se adhiere en los procesos de producción. Mientras que la energía contenida de origen indirecto se asocia a la energía involucrada en colocar la producción con los usuarios finales.

Se tiene que la contribución del sistema energético a la sustentabilidad del desarrollo ha sido parcial; no se ha aprovechado en una dirección de largo plazo que dote a la nación de perspectiva histórica.

Se tomó como conclusión principal que el sistema energético ha contribuido a sustentar las estrategias de desarrollo, que además de las aportaciones financieras, ha aumentado la conectividad del sistema económico y diversificado la oferta energética. También ha contribuido a que se acentúen las concentraciones de energía, dado que la intensidad de conexión no se ha intensificado en todos los componentes del sistema, se ha hecho parcialmente, tanto en ramas económicas, como en las interacciones entre los energéticos.

Si bien las posiciones que se debaten para las estrategias de desarrollo tienen dos vertientes: una que apela a crear nuevas instituciones que se ajusten al contexto actual, donde no hay espacio para las que ya existen, para iniciar una “nueva historia”, basados en la adopción de algunos de los modelos que han funcionado en otros países. También está otra que argumenta que se debe partir de lo que ya existe, pero con modificaciones, donde la base debe ser la asimilación de las experiencias y la revisión y adopción de nuevos arreglos institucionales específicos.

Esta investigación resalta que cualquier vertiente debe contemplar a la energía con un medio para alcanzar los propósitos de sustentabilidad del desarrollo, es decir, debe incluir (para el futuro) los costos monetario y energético de no suministrar energéticos en los procesos de producción; que la energía que alimenta al sistema económico esté en concordancia con los mecanismos que induzcan un crecimiento balanceado.

Para ello se detectaron las ramas que tienen más posibilidades para distribuir de mejor manera la energía contenida.

Las cuales son: Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Ext. Petróleo y Gas y Comercio y Servicios. Mismas que han llegado a absorber 77% de la energía contenida total. Las cuales tienen el mayor potencial para sustentar los mecanismos de redistribución.

Las ramas Otras actividades industriales, Cemento, Química, Petroquímica básica y Comercio y Servicios, registran que la energía contenida suministrada en sus procesos de producción, equivalen a 9% de la energía contenida total. Por lo tanto, son las más propicias para el diseño de estrategias que aumenten la intensidad de conexión con el sistema.

Y para incrementar la producción del sistema, el porcentaje con respecto al total tiene que aumentar en las ramas: Minería, Petroquímica básica, Química y Azúcar, Generación Transmisión y Distribución de Electricidad y Siderurgia, las cuales equivalen a 0.02% de la energía contenida total. Tienen el potencial de generar efectos multiplicadores en los procesos de producción. Por lo tanto, son susceptibles de recibir los efectos de los mecanismos de redistribución de energía contenida.

Las ramas Hule, Cemento, Aluminio y Fertilizantes, Autotransporte, Otras actividades industriales, Residencial, Extracción de Petróleo y Gas y Comercio y Servicios, absorbieron 80% de la energía contenida asociada con el costo energético de colocar la producción con los usuarios finales, y equivalen a 70% del total. Estas ramas son de atención especial para sustentar procesos de redistribución de energía contenida.

Los grandes potenciales para balancear la energía contenida del sistema económico, y con ello la contribución del sector energético a la sustentabilidad del desarrollo, están asociados con los mecanismos para colocar las producciones en los usuarios finales, así como en la intensidad de uso.

Introducción

Motivación

Las diversas aplicaciones de los energéticos han cambiado por completo la vida del ser humano, por medio de manipular las diferentes manifestaciones de la energía, todos los fines están orientados a satisfacer sus necesidades y deseos.

Los hidrocarburos son prácticamente el motor de la sociedad actual, están presentes en todo lo que nos rodea de la vida moderna, sin embargo, su uso extensivo ha acarreado grandes problemas para todos; el cada vez más complicado acceso a los yacimientos, dificulta sustituir las reservas probadas, con consecuencias inminentes en el abastecimiento energético y la seguridad energética de los países. Su extracción y consumo conlleva daños ambientales acumulativos, alterando la salud de los seres vivos y de los ecosistemas naturales.

Las posibilidades de sustituirlos por otros energéticos, en vías de alcanzar una transición energética, plantea dificultades que sobrepasan la dimensión energética. Ello, en gran medida porque es la columna vertebral de los sistemas económicos del mundo, y éstos tienen una influencia muy importante en el pensar y el sentir de gobiernos, empresarios, otros sectores y la sociedad en general.

De 1970 a 2012 la población mundial pasó de 3,700 a 7,000 millones de habitantes; el Producto Interno Bruto (PIB) del planeta creció de 12.14 a 75.59 billones de dólares estadounidenses de 1990; la oferta de energéticos pasó de 6,000 a 13,500 millones de toneladas de petróleo crudo equivalente (MTpe), donde su composición está conformada por 87% de hidrocarburos y carbón al inicio y 82% al final de ese lapso. Mientras que la demanda pasó de 4,100 a 8,979 MTpe, donde al inicio el 76% estaba compuesto por hidrocarburos y carbón, mientras que al final fue de 58%; y se estiman que los millones de emisiones de bióxido de carbono equivalentes (MtCO₂ eq) pasaron de 13,750 a 31,734 MtCO₂ eq, para ese período, [United Nations, 2015, pág. 2; IEA, 2014, págs. 6,28,40].

De acuerdo con las proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población mundial para el año 2035 será entre 8,700 y 9,300 millones de habitantes. Las previsiones de la Agencia Internacional de Energía (IEA) para el mismo año están basadas en dos escenarios:

- uno tendencial que depende de la acción de un conjunto de políticas; y
- otro que está en función de las políticas que limitan el incremento de 2°C la temperatura global.

Ambos estiman que las necesidades energéticas serán de 17,000 y 14,500 MTpe, respectivamente. La diferencia radica en la disminución del uso de los hidrocarburos y el carbón, combinado con el aumento en el aprovechamiento de las energías renovables y la energía nuclear.

Cabe señalar que también estiman que el uso final de la energía llegará a los 12,000 y 10,442 MTpe, para cada escenario; donde la diferencia se explica por la distribución sectorial, dado que se reducen el peso específico del sector transporte y ligeramente el del industrial; además de que las emisiones de bióxido de carbono (CO₂) alcanzarán 37,242 y 21,568 MtCO₂ eq, respectivamente.

De acuerdo con el informe del Índice Desarrollo Humano 2014 (IDH) de la ONU, el impacto de las actividades económicas de 1986 a 2005 sobre el calentamiento global, se verán en el periodo 2081 – 2100; estima que el incremento en la temperatura global será entre 2.6°C – 4.8°C; y entre 15% y 40% de las emisiones de CO₂ permanecerán en la atmósfera durante más de 1000 años.

El umbral del aumento en la temperatura global de planeta que detonaría el derretimiento de los casquetes polares, lo ubica entre 1°C y 4°C, por lo que el cambio climático es uno de los aspectos que impone los mayores riesgos y amenazas para el futuro de los seres humanos y los sistemas naturales, (ONU, 2014, pág. 58).

La ONU toma como uno de sus principales ejes explicativos a la vulnerabilidad, por la cual entiende la incapacidad de hacer valer los derechos (o indefensión), el aumento de la inseguridad y la exposición a riesgos, crisis y estrés. Mientras que la resiliencia humana, que toma del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) la entiende como “...*la habilidad de un sistema y sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos de un fenómeno peligroso, de forma oportuna y eficiente...*”; a la vez que añade el enfoque de las ciencias sociales, “...*capacidad de los individuos o grupos para garantizar que obtengan resultados favorables, al verse sometidos a nuevas circunstancias y si fuese necesario utilizando nuevos medios...*”⁸.

De acuerdo con el informe, la forma en que se reducen las vulnerabilidades, es a través de aumentar las capacidades de resiliencia humana, como parte de los procesos de adaptación, es decir, los efectos del cambio climático en la vida de las personas, así como en sus actividades, se van a intensificar, por lo tanto, las capacidades de generar respuestas flexibles ante los retos tendrán un papel vital.

Cuáles son las capacidades de adaptación de las personas, de los ecosistemas naturales y de los sistemas económicos y energéticos; ¿es posible modificarlos?; qué implicaciones conllevan a la estructura energética, dados los escenarios de las proyecciones de la IEA sobre la estructura económica.

Si las modificaciones que plantean a la estructura energética, están en función de reducir la oferta de energía primaria en hidrocarburos y carbón, para aumentar el uso de energía final mediante fuentes renovables o alternativas, cabe preguntarse, si éstos requieren de insumos intensivos en materia y energía, ¿esto es posible?, cómo sería.

Qué retos y oportunidades se generan en países reconocidos por su extracción de energéticos primarios; qué pasará con los sistemas económicos; ¿será posible hacer modificaciones para flexibilizarlo?; es decir, hasta dónde será posible intercambiar energéticos en las funciones de producción, para ampliar las opciones de los mecanismos de control directos e indirectos, y así reducir los riesgos que le depara el futuro a las sociedades y sus gobiernos; y ¿tendrán los mecanismos adecuados para los procesos que involucra la llamada resiliencia humana, desde la perspectiva de la ONU?

El componente energético en México es muy importante, no es posible desligarlo de su historia y explicar cómo se ha formado la nación, dado que está presente en su sociedad, es fuente de nacionalismo, de debate, de ideologías, de riqueza, de bienestar y preocupaciones.

De manera excepcional en el primer plan sexenal (1934-1940) de México se estableció de manera impecable, la relación de los recursos naturales y el desarrollo. En él se concibió que para iniciar el proceso de desarrollo, era necesario asegurar la propiedad (estatal) de los recursos naturales, entre ellos los hidrocarburos, se tenía claro que todo lo que se necesita y desea, requiere de insumos, y por supuesto, entre ellos el energético.

⁸ *Ibid.*

Sin embargo, no es suficiente asegurar los energéticos, es pertinente la introducción de mecanismos para extraer la energía contenida y convertirla en forma útil, de acuerdo con los fines para los que será aprovechada; del mismo modo que en la economía, no basta con tener ahorro, si no se tienen los mecanismos o alicientes que lo conviertan en inversión para iniciar el ciclo.

Frecuentemente se menciona la importancia que tienen los recursos energéticos de México en las finanzas públicas, en las exportaciones, sus beneficios en las entidades federativas y en los municipios, en las inversiones de infraestructura, etc.. En general que es muy relevante por sus contribuciones al desarrollo nacional, pero qué es el desarrollo para el Estado, cómo lo concibe, instrumenta, promueve y gestiona.

La población en México de 1970 a 2012 pasó de 48 a 116 millones de habitantes, con una distribución en 1970 de 59% en localidades urbanas y 41% en rurales. Para 2012 cambió a 77% y 23%, respectivamente. En 1970 el 57% de la población estaba entre los 0 y 19 años de edad, y en 2010 cambió a 48%. El PIB pasó de 3,078 a 13,283 millones de pesos de 2008 (INEGI, 2014, págs. 1.7,1.9,1.114,8.11-8.21).

La extracción de hidrocarburos ha sido una actividad muy importante en el desarrollo nacional. La relación entre las reservas de hidrocarburos y la extracción, cambió de 18 en 1970 a 32 años en 2012, aunque en la década de los 1980 y parte de los 1990 alcanzó valores entre 50 y 60 años. El consumo nacional de energéticos se incrementó de 43 a 187 MTpe de 1970 a 2012. En materia de emisiones de bióxido de carbono, asociadas con el uso de energía, se estima que se ha multiplicado por tres en el mismo periodo (de 180,233 a 530,748 MtCO₂ eq)⁹.

Conceptos de desarrollo y sustentabilidad

No es cuestionable el hecho de que todo requiere de energía. Toda economía necesita de ella, pero es válido preguntarse, qué tanta economía y energía exige el desarrollo, por qué la influencia económica en los aspectos del desarrollo es tan grande.

Es convencional medir el grado de desarrollo de los países con el valor del PIB, indicador que denota si el país es desarrollado (avanzado o industrializado), en desarrollo (emergente o en vías de desarrollo) o pobre.

En el análisis de la evolución del PIB de los países desarrollados, se ubican los periodos de crecimiento exponencial, ello lleva a cuestionar el costo de ese crecimiento, en términos de la cantidad de energía utilizada, de materiales, de trabajo humano y de tecnología, entre otros, es decir, si el uso de los factores de producción fue el más adecuado.

No existen aprovechamientos de energía, ni de materia, con eficiencias de cien por ciento, siempre hay residuos y afectaciones, por lo tanto, el modo en que se utilizan estos factores y en que se suministran en los procesos de producción, deben de tener una especial atención, lo que me lleva a preguntar, cuál es el costo energético de hacer economía en México, qué implicaciones tiene sobre el desarrollo, ¿es posible mantenerlo?, ¿se puede reducir?, y ¿es posible modificar su canasta energética?

Antes de continuar, vale la pena indagar sobre el origen del concepto de sustentabilidad en la historia de los seres humanos, el cual está asociado con el uso de los recursos forestales.

⁹ La información de energía es de elaboración propia con datos de <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas> [visitado el 2 de abril de 2013] y las emisiones de bióxido de carbono equivalentes se descargaron de <http://www.bancomundial.org/> [visitado el 8 de abril de 2013].

Platón en su obra *Critias*, en el año 400 a.c., describe la deforestación de la región de Ática en la península griega, el Atenas de nuestros días, en donde describió: “...lo que ahora queda en comparación con lo que entonces existió es como un esqueleto de un hombre enfermo, toda tierra fértil y suave ha desaparecido, y sólo queda su armazón desnudo...”, (Platón).

En esa tesitura, en el año 1300 en Alemania, mencionan en el derecho natural que, la tala “... debía ser moderada para no causar devastaciones...”, [Mantel, 1990; en Schmithüsen, 2013, pág. 4].

Es hasta 1714, con Hans Carl von Carlowitz, quien propuso el término de manera formal, aunque las interpretaciones hacia su versión moderna han cambiado. Siempre ha estado presente la noción de mantener o sustentar el uso de recursos, que involucra la previsión de los mismos, (Schmithüsen, 2013, págs. 3-11); en todo momento el concepto hace alusión al equilibrio, entre las actividades humanas y la capacidad de carga de los recursos, que tienen la cualidad de reproducción cíclica dentro de la escala temporal humana.

La versión moderna del concepto, empezó a tomar fuerza a principios de la década de los 1970, aunque se relacionó con recursos cuya capacidad de carga excede la escala temporal humana, es decir, aquellos que consideramos como no renovables.

Es en 1987, en la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, que se toma de manera formal, junto con el concepto de desarrollo. Es en esa instancia supranacional que los Estados – nación definieron el desarrollo sustentable como “...aquél [desarrollo] que garantiza las necesidades del presente, sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades...” (Brundtland, 1987, pág. 16).

Para lograr las condiciones de equilibrio entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales, se esperaba alcanzar acuerdos políticos – normativos entre las diferentes sociedades del planeta representadas por sus respectivos Estados – nación, con énfasis en los niveles tecnológicos de los dispositivos que acompañan la vida contemporánea.

Veintisiete años después la ONU, a través del IDH 2014, reconoce que ha tenido poca aplicabilidad; empero, para mí esto se debe a que no se han utilizado de manera adecuada los conceptos, y en gran medida, a que no integraron los aspectos de la energía.

En efecto, tomando en cuenta la influencia de los aspectos económicos en los asuntos del desarrollo, tiene mayor impacto plantear una economía entrópica, en vez de una circular. Así el concepto de sustentabilidad, aplicaría a recursos con capacidad de reproducción cíclica, donde los procesos de desarrollo son uno más de los recursos, y el ser humano los gestiona, para guiar tanto la organización de la sociedad, como sus actividades, en busca del bienestar de la especie, para hacer frente al principio fundamental de trascender en el tiempo, proyectarse históricamente.

La connotación más general de desarrollo es la idea de una sucesión de etapas en que, conforme se avanza, se mejora. En primera instancia se requiere de un punto de referencia para poder detectar el cambio y determinar si hubo mejoría; también es necesario establecer los criterios comparativos.

El análisis de las etapas no es estático. Si se busca evaluar el grado de desarrollo del presente, se tiene que tomar como punto de partida, algún momento del pasado y valorar tanto la dirección que tomó, como los mecanismos de control utilizados. Ello permitiría contar con elementos del grado de eficacia de las medidas adoptadas, para aprender de las incertidumbres enfrentadas en ese momento.

Al tomar el presente como punto de referencia, entonces se tiene que determinar algún referente en el futuro, como un estado específico con ciertas necesidades y deseos a cumplir, así como las incertidumbres que afectarían su concreción. El interés es planear la dirección y los mecanismos de control que ayuden a reducir la falta de certeza.

Por lo tanto, la importancia del concepto de desarrollo, es dotar de elementos subjetivos para evaluar – planear, la forma en que los Estados – nación y sus sociedades necesitan y desean llevar a cabo acciones en un determinado lapso de tiempo, así como el costo de las mismas y las capacidades de asimilación de los aspectos no alcanzados.

Para esta investigación, el concepto de desarrollo, se refiere a las acciones que toma un país de manera deliberada para alcanzar sus propósitos estratégicos, que a su parecer son relevantes, sustantivos y vitales. Su importancia radica en que es válido asociar que dichas acciones tengan dirección y mecanismos de control, que contribuyan a reducir las incertidumbres correlacionadas con las voluntades de los decisores estratégicos y de la sociedad.

El concepto de sustentabilidad, para esta investigación, se encarga de evaluar las características del desarrollo, y sus posibilidades temporales, en función de sus costos energéticos, materiales, sociales, políticos, ambientales, etc. El concepto hace alusión a sustentar un cierto estadio de desarrollo, es decir, que en principio se mantenga y en la medida de lo posible se proyecte hacia adelante.

El concepto de desarrollo, al utilizarlo con el de sustentabilidad, plantea características específicas en función del orden que se utilice, no son bidireccionales, lo que conlleva a diversas interpretaciones conceptuales y dificultades al contemplar su adecuada aplicación.

Uno de los retos para utilizar los dos conceptos es su ambigüedad, se han usado de manera indiscriminada en diferentes áreas del conocimiento. Para algunos especialistas la simbiosis es lo que hace posible el éxito conceptual y en gran medida es raíz de interminables debates¹⁰.

Sustentabilidad del desarrollo analiza, evalúa y planea el grado en que los aspectos específicos que los conforman, son posibles, se pueda mantener y en consecuencia estiman la estructura de costos; es decir, se refieren a recursos materiales, humanos, experiencias, hasta las cuestiones culturales.

Mientras que el desarrollo de la sustentabilidad busca establecer una dirección y el control, para atemperar la incertidumbre que se desprende del uso de los recursos necesarios para mantenerla. Ello involucra las necesidades – deseos de las acciones de un Estado y su sociedad para existir y proyectarse al futuro.

En su connotación más frecuente, lo que se entiende por desarrollo sustentable, esta en función de acuerdos alcanzados en el plano supranacional. Se refiere a lograr equilibrios entre las acciones del ser humano y los aspectos económicos, ambientales y sociales, para armonizarlos entre el presente y el futuro.

En mi opinión la dificultad para alcanzarlos le resta aplicabilidad, porque la capacidad para generar acuerdos internacionales que sean vinculantes, limita e impone retos aún más complejos. Esto sin tomar en cuenta las acotaciones que se derivan de los espacios nacionales, donde a su vez, también hay discusiones y el grado de consenso es variable y muchas veces frágil.

¹⁰ En el ámbito supranacional las discusiones respecto al desarrollo y la sustentabilidad, los participantes (Estados nacionales) no necesariamente discuten los mismos aspectos de necesidades – deseos de las sociedades.

Por ello, en esta investigación se utiliza el orden “sustentabilidad del desarrollo”, que plantea un marco conceptual, a mi parecer, más acorde para abordar la trayectoria y las etapas del desarrollo por las que ha transitado un país como México; porque invita a reflexionar sobre las posibilidades de establecer un proceso de desarrollo más preciso, que invite a cuestionar cómo se sustentará y si se mantiene, cómo se utilizarán los recursos y cuáles son sus disponibilidades para viabilizar el modelo de desarrollo elegido.

Desde la óptica de la economía, la sustentabilidad está ligada con su capacidad de autoreproducción, y todas las corrientes abordan, cómo lograrla o tratan de explicar por qué no se alcanza.

Para esta investigación utilizo el lente de la economía, porque su naturaleza es explicar la gestión de los recursos, además de comprender las formas en que las sociedades se organizan y relacionan (por medio de mercados, sistemas de producción y consumo de bienes y servicios) con base a necesidades – deseos humanos.

Las necesidades y los deseos de las personas en la lógica del desarrollo nacional, constituyen la base sobre la cual se establece la “dirección”. Mientras que los sistemas organizativos son los “mecanismos de control”, para encarar los riesgos y las amenazas que conlleva el grado de cumplimiento de tales necesidades – deseos. Los vacíos o *zonas grises* de las estructuras de gestión y de las políticas públicas, son las “incertidumbres”.

La reducción de ambas implica la justificación de las acciones y la asimilación de los costos.

Éstos último pueden derivarse de aspectos como:

- lo político – organizativo, dado el grado de la coherencia entre el bicanal de comunicación sociedad – Estado, es decir, la conexión entre la ética política y la ética interhumana;
- los temporales, que se refieren a la capacidad de carga de los materiales renovables, el grado de capacidad de sustitución y de reciclaje total de la materia;
- las afectaciones que se derivan de la dislocación entre los tiempos naturales geológicos del planeta, con la actividad del hombre;
- y la resistencia a los cambios, tales como las dificultades para mantener un estado estacionario de confort social – natural – material en las naciones.

La investigación toma como eje los conceptos de desarrollo, sustentabilidad y de manera transversal a la energía.

Revisión bibliográfica

Las reflexiones acerca de cómo se utilizan los recursos naturales, tales como los factores de producción; su impacto hacia el desarrollo; las capacidades de reproducción cíclica, tanto de los recursos como del sistema económico; y del modelo de desarrollo; tienen alrededor de doscientos años.

Se tienen registradas experiencias que cuestionan las interpretaciones de lo que se entiende por *necesidades* y *deseos* humanos; también se debate qué contemplar en los sistemas de intercambio y qué no, como los servicios dados por la naturaleza, desde una lógica gratuita y/o con valor económico; además de los problemas de contabilidad, que únicamente registran los usos de los factores de la producción y no lo que contienen los insumos utilizados, por mencionar algunos de los ejemplos más representativos.

Muchas de estas reflexiones se encuentran en los supuestos que utilizaron las diferentes corrientes económicas. Por muchos años tuvieron una difusión marginal, a principios de la década de los 1970, se comenzaron a retomar, en gran medida por la crisis petrolera que reveló la profundidad y la dependencia del ser humano respecto a la energía.

En ese entonces el interés se concentraba en comprender las relaciones entre la energía y el crecimiento económico, se buscaba el uso racional de la energía, modificar los procesos productivos y transferir de unos espacios nacionales a otros, las industrias energéticamente intensivas; simultáneamente que comenzaban a tomar fuerza las preocupaciones medioambientales, tratando de vislumbrar cuál era el límite del planeta, para albergar al ser humano con sus actividades en una perspectiva de crecimiento económico ininterrumpido¹¹.

En temas de energía, se debatía qué sería más adecuado para reportar en las macro cuentas nacionales, si la energía bruta o neta, así como las fronteras de los análisis de energía y las aplicaciones en la planeación¹².

Los grandes conjuntos estadísticos de energía y economía, entre otros factores, los han compilado organismos como la IEA, el Banco Mundial (BM), el Consejo Mundial de Energía (WEC por sus siglas en inglés), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), etc.. Entre ellas tienen discrepancias estadísticas en los valores reportados, aunque el orden de la magnitud es el mismo en todas.

Estas organizaciones han propuesto conjuntos de indicadores que alertan sobre la disponibilidad de energía, su uso final, la accesibilidad de la población, entre otros; y algunos de ellos abordan la escala regional, así como las actividades de exportación e importación de energéticos. Todos estos indicadores hacen alusión al crecimiento económico y el desarrollo.

¹¹ Destacan los estudios elaborados por el Club de Roma con un enfoque transdisciplinario. En la segunda mitad de la década de 1970 sobresalen las valoraciones económico – político – sociales llevadas a cabo por la Comisión Trilateral y encomendadas a S. P. Huntington, M. Crozier y J. Watanuki. Y a principios de la década de 1980 el Consenso de Washington o Williamson, o neoliberal o de mercado, inaugura la fase de estructuración de mercados globales, conocida como neoliberal.

¹²Se debatía en el Instituto para la Asistencia Internacional y Solidaridad (IFIAS por sus siglas en inglés), entre investigadores como Malcolm Slesser, J.R.L. Proops, C. Bullard, B. Hannon, R. Herendeen, *et. al.*

La integración de conceptos de energía – como la entropía – y la definición de las fronteras de los análisis de energía en el mundo de las ciencias económicas, se convirtieron en herramientas de investigación de alto impacto y marcaron el inicio de una nueva corriente económica, denominada la bioeconomía, ahora conocida como economía ecológica, que se autodenomina como la ciencia de la sustentabilidad¹³.

Esta corriente toma como base analítica los flujos de energía y de materia involucrados en los procesos económicos, desde la extracción de recursos, pasando por sus transformaciones y los aprovechamientos en los procesos productivos, hasta colocarla en los usuarios finales con los residuos generados.

Planteamiento metodológico del insumo – producto energético

Para vincular los análisis de energía con los de economía, fue necesario contar con conjuntos de datos robustos con información económica desglosada; una opción fue utilizar directamente las cuentas nacionales pero no resultaba práctico. Una de las propuestas que ayudaba a clarificar las relaciones entre los sistemas productivos, sus trayectorias y la desagregación del PIB, fue el modelo teórico de Insumo – Producto (IO del inglés input - output) desarrollado en su forma moderna por W. Leontief, (Hannon, 1974).

En ese momento se elaboraron muchos trabajos utilizando esa metodología, sin embargo, uno de ellos combinó el análisis de insumo – producto con los de energía.

B. Hannon con su artículo “The Structure of Ecosystem”, utilizó la metodología, interpretando la estructura económica como un ecosistema, definido por sus relaciones de producción y “respiración” de flujos de energía, donde las interacciones de entradas y salidas constituyen la estructura del sistema, la cual se revela a través de la dependencia directa e indirecta entre cada uno de los componentes del mismo, (Hannon, 1973)¹⁴.

Después aplicó la metodología para realizar un análisis de energía a los envases (metálicos y de vidrio) de diferentes bebidas. Estimó que los requerimientos de energía para ofertar una unidad de bebida envasada al consumidor, era alrededor de tres veces más en contenedores de vidrio que en los retornables o los envases bimetálicos; el costo de reciclar el vidrio era mayor que el costo de reciclar los materiales metálicos de los nuevos envases, (Hannon, 1973).

Simultáneamente, R. Herendeen realizó un trabajo donde estableció que el análisis de IO ofrecía un marco teórico de gran capacidad, que resulta útil para calcular el costo energético total, identificando sus componentes directos e indirectos, para los producciones de bienes y servicios. Discutió la conversión de la tabla de insumo – producto de 1963 de Estados Unidos (EU), encontró las principales fuentes de error y presentó algunas aplicaciones, tales como: la distribución del costo energético total y la eficiencia energética derivada de la relación energía – producción, entre otros, (Herendeen R. , 1973).

¹³ Uno de los precursores de la década de los 1970 fue Nicholaes Georgescu – Roegen, con sus investigaciones de la naturaleza entrópica de los procesos económicos, (Georgescu-Roegen [1971], 1996).

¹⁴ Para Hannon la “Estructura del ecosistema” es sinónimo de la “Estructura Económica” de W. Leontief.

Diez años después actualizó este estudio junto con R. Constanza, utilizando las tablas de 1967 y 1972 de EU, trabajaron la hipótesis de que la economía puede ser analizada mediante la teoría de valor de energía; según estos autores, ello es posible, sí se puede demostrar que el valor económico, es proporcional a la intensidad de energía y a la energía contenida de origen directo e indirecto, (Constanza & Herendeen, 1984)¹⁵.

B. Hannon y H. Folk utilizaron la metodología IO con vectores de intensidades de energía, de contaminantes y empleo (trabajo laboral), para estimar los contenidos de cada uno de ellos; y diseñaron escenarios para evaluar modificaciones, parte del objetivo era mostrar la metodología y direccionarla para la elaboración y evaluación de políticas públicas, (Folk & Hannon, 1973).

Esta investigación tuvo un impacto importante en trabajos futuros para evaluar los procesos de producción, o como ellos lo llamaron los “estilos de vida”, es decir, la relación de “energéticos consumidos con respecto a empleos utilizados”; resaltaron el “efecto máquina” y concluyeron que el estilo y la magnitud de producción conllevan al factor energía como sustituto de la mano de obra, (Folk, Hannon, 1973; Hannon, 1974; Sebald, Herendeen, 1974; Klein, Sehitoglu, Hannon, 1976; Constanza, 1980; Karunaratne, 1981; Constanza, Herendeen, 1984; Lenzen, 2001).

J.L.R. Proops, publicó un trabajo interesante en la misma década, donde abordaba el problema metodológico de identificar en la tabla de transacciones (la matriz A), las ramas del sector energético¹⁶, para detectar la energía utilizada en cada una de ellas y conocer la distribución de sus efectos en la matriz.

El modelo de J.R.L Proops distingue la energía vendida directamente a los consumidores y la vendida a los productores industriales; construyó dos tablas de insumo – producto, una de energía y otra monetaria, con algebra matricial demostró la equivalencia entre su modelo y el de Bullard – Herendeen – Hannon.

La ventaja del modelo de Proops es que se puede alcanzar más detalle entre las relaciones intersectoriales; y la desventaja radica en que aumenta la complejidad del análisis, debido al grado de disponibilidad de información, (Proops, 1976).

Por su parte, C. Bullard y colaboradores en una de sus investigaciones, resaltaron que la metodología adecuada para estimar la energía contenida en los bienes y servicios de una economía, era combinando los análisis de procesos, con el modelo de IO, a este tipo de análisis le llamaron Net Energy Analysis, (Bullard, Penner, & Pilati, 1976).

La misma metodología aplicaron R. Herendeen y J. Tanaka, para calcular los requerimientos de energía directos e indirectos en la distribución del gasto residencial, le llamaron el “costo energético de la vida” (economía estadounidense de 1967); añadieron un análisis de covarianza a los resultados y uno de sus hallazgos fue que el costo energético de la vida indirecto es tres cuartas partes del consumo total, (Herendeen & Tanaka, 1976).

B. Hannon y otros autores, extendieron los análisis de IO a la aplicación de la energía tanto en las plantas industriales individuales, como en los sectores completos.

¹⁵ Modificaron la metodología para resaltar los efectos de la energía contenida en el gasto residencial (o consumo privado) y en el del gobierno. Ambos fueron tratados como sectores endógenos.

¹⁶ Como “Extracción de petróleo y gas”, “Extracción de Carbón”, “Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica”, “Bombeo de agua y alumbrado público”, “Fabricación de productos químicos básicos (Refinación)”, etc.

Para el primero, llevaron a cabo procesos de recolección de información *in situ*; el estudio consistió en examinar la distribución de los requerimientos de energía por unidad de producto – producido, (Kein, Sehitoglu, & Hannon, 1976).

En el segundo, aplicaron tablas de IO publicadas por el Buró de Economía y los consumos de energía del Departamento de Energía de EU, cuantificaron los contenidos de energía en la producción del sector construcción y encontraron datos interesantes, tales como: el 20% de la energía contenida en la producción del sector construcción es directa y los requerimientos de energía indirecta y los patrones de consumo provienen de los bienes y servicios adquiridos por los subsectores individuales, (Hannon, Stein, Segal, & Serber, 1977).

Cuando había disponibilidad en la información económica y de energía, efectuaron comparaciones de las tablas de IO de energía entre diferentes países. R. Herendeen lo hizo para comparar la economía noruega con la estadounidense y concluyó que Noruega daba más evidencias de eficiencia energética en el consumo que EU, (Herendeen R. , 1978).

Conceptualmente el trabajo realizado por el IFIAS, dio un aporte importante al unir los análisis económicos con los de energía, a través de la energía contenida. En él resaltan que el término debe hacer mención a la energía aprovechada total, directa e indirecta, donde la directa se relaciona con los procesos de producción y la indirecta, es la que lleva consigo los insumos utilizados para colocar la producción de bienes y servicios en los usuarios finales, (IFIAS, 1978)¹⁷.

En esencia, en la década de los 1970, se produjeron investigaciones para mostrar que la metodología de IO, podía ser aplicada en su extensión para los análisis de la triada “energía – emisiones – empleo”¹⁸. Con ello se se hacia posible diseñar estrategias algebraicas y someterlas a las pruebas de veracidad (pruebas de error). También se podía llevar a cabo la evaluación, el diseño de políticas públicas y proyectar la importancia del concepto de energía contenida en los “estilos de vida” o procesos de producción y consumo.

Ajustes conceptuales y mejores estadísticas

En la década de los 1980, R. Constanza, publicó un artículo donde combinó los conceptos de energía contenida y de valoración económica, utilizando las tablas de IO y extendiéndolas a IO de energía; lo cual aplicó a la economía estadounidense. Concluyó que, si se incluye la energía requerida para la producción, el trabajo laboral y los servicios del gobierno, se revela la fuerte relación que hay entre la energía contenida y el valor de la moneda, (Constanza, 1980).

Este artículo fue importante porque hizo dos aportaciones. Una, es para la teoría del valor de energía; y la otra, junto con los trabajos de B. Hannon, inició la polémica para contemplar a la economía ecológica como la ciencia encargada de estudiar los flujos de materia y energía en los ecosistemas.

En los 1990 disminuyeron las publicaciones de insumo – producto de energía, sin embargo, las que hubo, fueron más concisas en sus aplicaciones.

Uno de los artículos representativos, fue el publicado por D. Hawdon y P. Pearson, en el cual hicieron simulaciones entre las interacciones de energía – economía – medio ambiente; como herramienta de evaluación de las políticas públicas aplicadas en el Reino Unido. Concluyeron, que por medio de los

¹⁷ Efectuaron la analogía entre las “horas laborales”, categoría utilizada por los economistas, y la “energía contenida”, categoría aplicada por los análisis energía – económicos.

¹⁸ Se refiere a la energía aprovechada, las emisiones de CO₂ y la mano de obra.

efectos totales de los requerimientos de energía y del análisis de las políticas, se pueden rastrear los cambios en los sistemas económico y energético, así como evaluar las políticas públicas y simular sus efectos, (Hawdon & Pearson, 1995).

V. Alcántara y J. Roca publicaron un artículo con una aplicación del IO de energía, mediante una adaptación que permite hacer los análisis en términos de energía primaria. Su trabajo consistió en contabilizar las emisiones de CO₂ de la economía española de 1980 y 1990; utilizaron las tablas de insumo – producto de energía y la económica. En la de energía, cuando la matriz R (Inversa de Energía de Leontief), se multiplica por la demanda final, se obtiene el aprovechamiento de energía final; sin embargo, tiene el problema de la doble contabilización, por lo tanto, si de la matriz R se toman solo los renglones correspondientes a los energéticos primarios y se multiplica por la demanda final, se obtiene el consumo final en términos de energía primaria.

Al llevar a cabo este ejercicio a la economía española, concluyeron que un factor importante en la disminución de las emisiones son los cambios de energéticos, en su caso, de carbón a petrolíferos y gas natural; también cuantificaron las emisiones por actividad económica, las llamaron “Responsabilidades de Emisiones de las Actividades”; y los resultados mostraron que los principales cambios en aumento los ha tenido el sector transporte; y en contraste disminuyeron en las actividades económicas, (Alcántara & Roca, 1995)¹⁹.

J.L.R. Proops y colaboradores, examinaron la economía inglesa con las implicaciones de los estudios de “ciclo de vida” (construcción – operación – desmantelamiento), en ocho formas de generación de electricidad con tres gases contaminantes. Utilizaron el análisis de IO porque consideraron que permite calcular los efectos totales de los contaminantes a la salida de la economía en cualquier actividad. La conclusión fue que en cada caso la mayor reducción es atribuible a la fase de operación de las plantas de generación de electricidad, (Proops, Gay, Speck, & Schröder, 1996).

El trabajo de P. Born, mostró que la metodología es aplicable incluso para un solo energético, (Born, 1996).

M.T. Brown y R. Herendeen, discutieron las similitudes y diferencias entre el EMERGY (análisis de energía que tiende hacia los estudios de ecología) y energía contenida, resaltando el uso de los dos enfoques para analizar los mismos sistemas, (Brown & Herendeen, 1996).

G.J. Treloar, realizó un estudio muy detallado del sector construcción de Australia, se preguntaba qué tanto del insumo – producto de energía (EIO) puede ser validado; para ello detalló con la metodología de análisis de procesos y utilizó el EIO para rastrear los flujos de energía, y concluyó que tres cuartas partes de los resultados son validados, (Treloar, 1997).

J.J. Battjes y colaboradores, realizaron un trabajo muy extenso en cuanto a recopilación de información, con las tablas de IO de los países europeos con datos de la OCDE, construyeron los vectores de los requerimientos totales de energía de los bienes y servicios y los utilizaron para determinar la intensidad de energía de importación, (Battjes, Noorman, & Biesot, 1998).

¹⁹ Para estimar las emisiones de CO₂ primero calcularon el consumo de energéticos por fuente y después con la información de la Organización para la Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) construyeron el vector de factores de emisión por fuente.

Aplicaciones para el Desarrollo Sustentable

De 2000 a la fecha, han aumentado rápidamente las publicaciones con la metodología de EIO, las principales aplicaciones son para contabilizar el consumo de energéticos y las emisiones de CO₂, ya sea con el concepto de requerimientos de energía o el de energía contenida; con ellos se comparan las interacciones entre energía – emisiones – economía, de distintos escenarios o políticas públicas.

Los trabajos de M. Lenzen, tienden a enfocarse en los análisis de la contabilidad del aprovechamiento de energía, las emisiones de CO₂ y los empleos. En otros aplica las mismas metodologías para evaluar las políticas de abatimiento de emisiones de CO₂ de Australia, a través de los requerimientos totales, directos e indirectos de energía y considera los precios energéticos en la formación de capital y en los flujos de comercio internacional; en los resultados reporta las diferentes intensidades, (Lenzen, 1998). Uno de sus estudios diseña la estrategia algebraica para indagar el “efecto máquina” en Australia, (Lenzen, 2001).

También evaluó junto a sus colegas, las opciones de crecimiento de la economía australiana, mediante los efectos directos e indirectos de la triada; encontraron que en los objetivos de crecimiento hay evidencia de criterios pro – ambientales, tales como la reducción en el consumo energético, de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la compatibilidad con los beneficios socioeconómicos, el incremento del empleo y el ingreso, además de la disminución de las importaciones, (Lenzen & Dey, 2002).

También se elaboraron estudios aplicados a España que se concentraron en las interacciones de los contenidos de energía, las emisiones generadas y la actividad económica, usando criterios de desarrollo sustentable. La relación analizada con más frecuencia fue el control y la disminución del consumo energético.

Destaca la investigación de X. Labandeira y J.M. Labeaga, que analizaron las posibilidades del control de la relación intensidad de energía – CO₂ para la economía española. Aplicaron la metodología de EIO, calcularon las intensidades, realizaron una descomposición estructural y estimaron los precios energéticos con hipotéticos impuestos al carbón y al consumo de combustibles fósiles, de acuerdo con las discusiones de la Unión Europea (los efectos de esos impuestos en ellos y en otros países). Consideraron que las políticas públicas de cambio climático en España están limitadas al contexto europeo, (Labandeira & Labeaga, 2002).

A. Carballo y colaboradores, resaltaron que el desarrollo sustentable constituye una restricción importante en el diseño de las políticas energéticas, por lo tanto, es necesario elaborar indicadores seguros para obtener información relevante del uso de los recursos energéticos; para ellos, la huella ecológica dota de un marco de referencia adecuado, para analizar la demanda y su bioproductividad, incluyendo los problemas energéticos. Propusieron las bases teóricas del análisis de la huella ecológica y la describieron con las tablas de EIO para estimarla en Galicia. Concluyeron que la energía incorporada al comercio de bienes manufacturados incrementa notablemente el uso energético de Galicia; del mismo modo, con la incorporación de la comercialización eléctrica, la exportación de electricidad excede la importación, (Carballo & Villasante, 2008).

En el diseño de políticas públicas está el trabajo de M. Llop y L. Pié, el objetivo del artículo fue analizar el impacto económico de la implementación de las políticas públicas alternativas en las actividades energéticas del sistema de producción Catalán; en esencia el efecto de los impuestos en el uso intermedio de la energía, para inducir una reducción en la demanda de energía intermedia. Utilizaron la metodología EIO con dos modalidades aplicadas a los precios, sus resultados fueron que si la

política se acompaña de impuestos y eficiencia energética, los precios no cambian y sí tienen un efecto positivo en el ingreso y la reducción del uso de energía, (Llop & Pié, 2008).

Para atender los criterios ambientales con los de desarrollo sustentable de España en el contexto Europeo, A.I. Guerra y F. Sancho, argumentaron que las mejoras en la eficiencia del uso de la energía, son uno de los aspectos más importantes para diseñar políticas públicas y planes de acción encaminados a los criterios del protocolo de Kioto. La medición de su efectividad dependería del grado en que la planeación se separa del sistema (objetivo); los vínculos inter – industriales llegarían a ser importantes para la efectividad de las políticas públicas. Propusieron el “hipotético método de extracción”, como una modificación a la metodología de EIO, para medir el papel de la energía y la ganancia de la eficiencia no energética en una economía interconectada y multisectorial. A los resultados les aplicaron el efecto “Rebote”, (Guerra & Sancho, 2010).

En otro estudio aplicado a España, I. Butnar y M. Llop, analizaron las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con el insumo – producto de energía; consideraron que la metodología era adecuada para proporcionar en detalle la generación de contaminantes en una economía, así como para analizar la descomposición estructural; a su vez, identificaron los factores que detonan los cambios.

Como herramienta de análisis, utilizaron la descomposición de cambios en los componentes de las emisiones de CO₂; los resultados mostraron que los servicios incrementan las emisiones, principalmente por el aumento de las actividades del sector para cubrir la demanda final. Los efectos de la descomposición evidenciaron que el cambio tecnológico que analizaron en el periodo 2000 – 2005, compensó el incremento de la demanda final de servicios y en consecuencia explicaba la disminución de CO₂, (Butnar & Llop, 2011).

Para las concentraciones de energía contenida y de emisiones en España, Tarancon y del Río, hicieron un análisis de sensibilidad con las técnicas de IO aplicadas a energía – emisiones CO₂. Obtuvieron los puntos focales del sistema de producción, por ejemplo, transacciones entre sectores que generan impactos importantes en la generación de energía – emisiones CO₂, (Tarancon & Del Río, 2012).

Para indagar en la complejidad de las transacciones inter – industriales en términos de energía y las dinámicas internas – regionales de la economía China, Q.M. Liang, *et. al.*, utilizaron la modalidad multiregional (MREIO), para estimar los requerimientos de energía y las emisiones de CO₂; utilizaron escenarios con análisis de sensibilidad para cada región. Los resultados demostraron que las mejoras en la eficiencia del uso final de la energía, pueden generar ahorros energéticos significativos en algunas regiones; y que a nivel nacional, habría una transferencia de energía de una región a otra de manera más acelerada de lo que se estimaba con otros métodos. Añadieron, que si bien el incremento de la población, es una "fuerza directriz", el uso de energía adicional no será un factor dominante con respecto a las dinámicas de transferencia de energía entre regiones, por lo que los esfuerzos se deberían concentrar en las dinámicas de las "buenas relaciones entre sociedades", como objetivos de las políticas de Estado y de planeación familiar para cada región. Concluyeron que se debe de tomar en cuenta que cada región tiene dinámicas distintas, (Liang, Fan, & Wei, 2007).

Por su parte, S. Lindner, *et. al.*, exploraron el objetivo de contrarrestar el agotamiento de los recursos de China; donde se dice que reducir su propia intensidad de energía (en bienes y servicios), tiene un papel importante; resaltaron que se perdió el objetivo de 20% en la eficiencia para la reducción por unidad de PIB, por lo que son necesarias políticas públicas dirigidas al objetivo. Utilizaron los perfiles industriales de uso de energía para tres provincias chinas y sus tablas de IO para construir tablas híbridas; después analizaron la energía contenida directa e indirecta en la producción industrial; también vieron cómo cada provincia tiene diferentes formas de hacer economía. El estudio reflejó las

diferencias socioeconómicas que conviven en China, su efecto en la energía contenida y su implicación en la política energética, (Lindner, Li, Guan, & Hubacek, 2008).

S. Guo y colaboradores, estimaron las emisiones de CO₂ contenidas, emitidas por el uso de combustibles fósiles en la economía de Beijing. Los resultados mostraron que las emisiones directas aumentaron (desagregadas por combustible). También calcularon el tamaño de sus industrias (primaria, secundaria y terciaria) y visibilizaron al sector construcción como el de mayor contenido, incluso que era importador neto de emisiones contenidas. Concluyeron que este tipo de análisis es adecuado para la elaboración de políticas públicas orientadas a reducir las emisiones contenidas, (Guo, *et. al.*, 2012).

Z. Liu, *et. al.*, analizaron al sector industrial chino como independiente, en la medida de que China es uno de los países de mayor consumo energético en el planeta. Consideraron que uno de los retos importares que tienen el Estado Chino, es encontrar medidas para hacerle frente a la oferta energética, lo cual indagaron mediante la aplicación del modelo EIO.

Compararon el uso de energía contenida en la demanda final de bienes y servicios, con los requerimientos de demanda y los procesos de producción en cada sector; y presentaron dos puntos de vista:

- el uso de energía final es directamente distribuido a un ente productor, y el uso de energía final es redistribuido a los sectores de cadenas de suministro desde una perspectiva de demanda, sus resultados muestran que un porcentaje considerable del uso de energía final, está contenido en la cadena de suministro, especialmente en los sectores “Construcción” y “Otros servicios”, donde no se detecta si el uso de energía final es distribuido en el contexto de la producción; y
- cuanto más dividido este el uso de la energía contenida en energía directa e indirecta, el consumo indirecto total es mucho más alto que el directo total, contabilizando 80% del total de la energía contenida, (Liu, y otros, 2012).

D.H. Varsakelis y colaboradores dimensionaron el impacto de las emisiones de GEI bajo los criterios de Kioto y de la Unión Europea. Opinaron que se tienen que tomar medidas lo más rápido posible, exploraron la reasignación de la producción griega con la base de sector – sector, para conocer las restricciones de demanda y los objetivos europeos. Plantearon un problema de optimización dentro de la tabla de EIO y medio ambiente, restringido a las opciones de cantidad de energía y contaminantes. Sus resultados fueron que las emisiones se pueden reducir significativamente con ligeros efectos en el crecimiento del PIB y que los recortes de GEI pueden permitir producciones más flexibles, (Varsakelis, Karagianni, Pempetzoglou, & Sfetsos, 2010).

Aplicaciones al sector residencial

El gasto en los hogares con frecuencia es objeto de estudio en las aplicaciones del EIO, el objetivo es analizar los efectos en los requerimientos de energía a través de los bienes y servicios demandados por el sector residencial.

Metodológicamente el estudio de R. Kok, *et. al.*, analizaron la carga del uso energético en el medio ambiente en el contexto de desarrollo sustentable; describen tres métodos para calcular los requerimientos de energía en el sector residencial y discuten los resultados. Encontraron que la variaciones no son relevantes y que el análisis de EIO es una técnica adecuada para describir los efectos de cada categoría en los usos finales. Por otro lado, añadieron que el “método híbrido” tiene

la posibilidad de identificar opciones de cambio en términos de usos sustentables, (Kok, Benders, & Moll, 2006).

Park lo hizo para el caso de Corea del Sur en el lapso 1980 – 2000, bajo la hipótesis de que los cambios en la composición de bienes y servicios, pueden generar condiciones para el ahorro de energía. En sus conclusiones resaltó el impacto que podrían tener los requerimientos indirectos de energía, en el diseño de las políticas públicas de conservación de la misma, (Park & Heo, 2007).

El caso chino lo trabajo Z. Liu, *et. al.*, con la diferencia de que distinguieron del sector residencial lo urbano y lo rural. Encontraron que la integración de mejoras de energía – eficiencia y el incremento de los precios energéticos, sirven como una medida para alcanzar objetivos de conservación de energía y también tienen un efecto positivo en el ingreso residencial, con mínimos efectos en la estructura de precios, (Liu, Guo, Qiang, & Xi, 2009).

En el contexto del planteamiento de las políticas públicas, destaca el trabajo de Q. Zhu y colaboradores. Ellos detectaron que el aumento en el uso de energía residencial, ha tenido un papel dominante en el incremento de las emisiones, sin embargo, la disminución de la intensidad de emisiones en el sector industrial (y demanda intermedia), ha tenido efectos positivos; si bien el incremento de la población genera aumento de las emisiones, calcularon que el tamaño de la población no es el factor principal. Concluyeron que reestructurar la economía y mejorar la eficiencia, tiene efectos más relevantes que disminuir la escala de usos de energía, los cuales deberían ser objetivos para la conservación de energía y la reducción de emisiones en China, (Zhu, Peng, & Wu, 2012).

También hay investigaciones que han propuesto modificaciones en la metodología para los análisis del sector residencial. Una de ellas es la elaborada por el equipo de B. Thomas, a la cual le llamaron “efecto rebote”, que consiste en rastrear los flujos de energía contenida hasta regresar al medio ambiente como residuo. Elaboraron dos artículos aplicados a EU, (Thomas & Azevedo, 2013).

Para el caso portugués, A.C. Dias, *et. al.*, evaluaron los impactos ambientales, las intensidades del uso de energía y los GEI, directos e indirectos, con el consumo de bienes y servicios para los residentes de Aveiro. Utilizando el análisis de insumo – producto medioambiental (EVI/OA), uno de sus aportes fue encontrar que la metodología puede ser aplicada a nivel municipal, (Dias, Lemos, Gabarrell, & Arroja, 2014).

La propuesta para la India de S. Jain, fue integrar el modelo de crecimiento con la matriz de transacciones de IO, para analizar los impactos del crecimiento económico en el uso de energía. También abordó la evolución de la intensidad de energía en la India, eso le permitió verificar la trayectoria del uso de energía para varios sectores en el tiempo. A la par que revisó la eficacia de las opciones para reducir las intensidades de energía y sus impactos en las emisiones de CO₂. Consideró que la eficiencia energética, los cambios tecnológicos y la mezcla energética, pueden contribuir al ahorro de energía en la demanda residencial y como resultado los GEI disminuirían, (Jain, 2012).

Aplicaciones al sector construcción

Desde las primeras aplicaciones de la metodología, el sector construcción ha tenido un interés especial en el modelo de EIO (por parte de Hannon, Herendeen, Bullard y años después por Treloar), por tener los consumos de energía indirecta más elevados (en algunas economías nacionales) y por lo tanto de energía contenida.

J. Nässen y coautores, analizaron para Suiza la cantidad de energía primaria y las emisiones de CO₂ vinculadas a la construcción de edificios, utilizaron la metodología de Top – Down con el IO. Sus resultados mostraron que hay una diferencia de 20% entre la producción de los edificios y el procesamiento de los materiales utilizados; y que los otros sectores como transporte y otras actividades de construcción, tienen valores mayores, las diferencias las asociaron con deficiencias en la definición de las fronteras de los diferentes sistemas en los estudios de Bottom – Up; y que la sobre estimación en el sector transporte y servicios en ese tipo de análisis, son marginales en comparación con los materiales escogidos, y los efectos indirectos son los de mayor magnitud, (Nässen, Holmberg, Wadeskog, & Nyman, 2007).

Y. Chang, *et. al.*, combinaron el análisis de EIO con el de ciclo de vida. Se concentraron en evaluar los recursos de consumo, energía contenida y GEI para proyectos civiles en 24 sectores con estadísticas nacionales. Primero, realizaron un inventario de energía contenida y GEI, la estimación fue basada en el nivel de actividad para la planeación del trabajo futuro. Sus resultados indicaron que la energía contenida en los proyectos de construcción, son cerca de una sexta parte del total utilizado (de Petróleo y Carbón) por la economía; y es una quinta parte del total de energía final. Concluyeron que es indispensable la implementación de tecnologías energéticamente eficientes y regulaciones para lograr objetivos energo – ambientales, (Chang, Ries, & Wang, 2010).

Aplicaciones a los flujos de de comercio Internacionales

M. Giovani, *et. al.*, aplicó el EIO a Brasil, evaluaron el impacto del mercado internacional con la energía utilizada y sus emisiones, en términos de energía contenida. Calcularon la misma en las exportaciones de bienes no energéticos y sus emisiones, la cual es superior a la importación. Encontraron que los flujos de entrada y salida del comercio internacional están en el orden de 10% a 12% del uso total de la energía; mientras que las emisiones son de 10% a 14%. Concluyeron que un dólar ganado por la exportación de un bien no energético, contiene 40% más energía y 56% más emisiones de CO₂ que un dólar gastado por importación; advirtieron que las políticas de mercado de Brasil, deberían atender los impactos en las políticas de los mercados internacionales sobre el uso de energía y las emisiones de CO₂, (Giovani, Scheaffer, & Worrell, 2001).

C. Yuang, *et. al.*, lo hicieron para la economía China, el análisis fue orientado a la exportación. Consideraron que su crecimiento sería afectado por la crisis financiera global, por lo cual el gobierno chino tendría que aplicar medidas tales como los estímulos monetarios. El artículo discutió la influencia de dichas acciones sobre el uso de la energía y el crecimiento económico; lo hicieron aplicando el modelo de EIO, el cual arrojó, que un hipotético descenso del PIB de 7.21%, se reflejaría en una disminución del uso de energía de 9.21%. También cuantificaron cómo un incremento en el uso de energía de 1.89%, se reflejaría en un incremento del PIB del 9.21%, (Yuan, Liu, & Xie, 2010).

En otro estudio aplicado a China, X. Tang, *et. al.*, propusieron una estrategia para aislar el componente de petróleo contenido (oil embodied) en las exportaciones chinas en el mercado internacional. Concluyeron que el contenido de petróleo va en aumento en el mercado internacional, e incluso identificaron las regiones “beneficiadas”, (Tang, Zhang, Feng, Snowden, & Höök, 2012).

Para indagar en los efectos de las políticas orientadas al desarrollo sustentable y los criterios del protocolo de Kioto, I. Mongelli y coautores, examinaron el caso italiano, tomando como supuesto la ausencia de los comités de GEI de los países desarrollados, que no pertenecen al Anexo I y los términos más flexibles de implementación que pueden permitir, que los países se desplacen hacia economías en transición, guiadas por la ausencia o menores restricciones en las medidas de reducción de emisiones; las cuales, en cambio pueden determinar una ventaja comparativa en la producción de altas intensidades de energía y carbón en los productos de esos países. Para ello utilizaron la hipótesis

de “Pollution Haven”, como mecanismo de atracción de los procesos de producción, en un contexto de mercados internacionales; sugirieron que podría aumentar la transferencia de energía y de bióxido de carbono contenidos en productos comercializados, procedentes de países en desarrollo y en transición hacia los países restringidos por el protocolo de Kioto. Utilizaron el IO para calcular las intensidades de energía y las relacionaron con los GEI para el caso de la economía italiana, (Mongelli, Tassielli, & Notarnicola, 2006).

A. Goldar y colaboradores, trabajaron el caso de India. Argumentaron que las propuestas del libre mercado, a menudo han aclamado al comercio internacional como el motor del crecimiento económico; sin embargo, ese sector al igual que muchos otros en economías desarrolladas, frecuentemente tienen un alto grado de incertidumbre entre los objetivos de desarrollo y los ambientales, por lo tanto, recomendaron que se debe priorizar el desarrollo “verde”, aún con un portafolio de comercio internacional competitivo, ello proporcionaría una solución ganar – ganar, evaluaron los efectos directos e indirectos desde los sectores de comercio exterior hasta el portafolio ideal de India, (Goldar, Bhanot, & Shimpoo, 2011).

Ampliación metodológica de las aplicaciones de Insumo – Producto de energía

L. Rosado, consideró que hay una fuerte necesidad de caracterizar las zonas urbanas en términos de flujos de materia y energía, dado que representan impactos potenciales a los ecosistemas en las escalas local, regional y global. Utilizó el enfoque llamado *Metabolismo Urbano*, ya que éste muestra las iteraciones entre economía y medio ambiente, donde la economía en función del medio ambiente, depende permanentemente del rendimiento de materia y energía. Con la metodología de IO estimó la energía contenida en el sector residencial de Lisboa y comparó la energía contenida directa e indirecta; mapeó las áreas urbanas para compararlas. Sus resultados mostraron la relevancia de la energía contenida en el consumo residencial, lo cual le permitió identificar los grupos de productos que son responsables de la mayor energía contenida consumida, (Rosado, 2007).

S. Liang, *et. al.*, propusieron el modelo de insumo – producto híbrido, para el análisis del metabolismo energético en unidades físicas (HPIOMEA). Consideraron que es más adecuado por utilizar unidades de energía, de masa y monetarias, simultáneamente, desde la perspectiva de los balances de energía y masa. Concluyeron que las tablas ilustran los efectos directos y acumulativos de la energía y el aire contaminado, de tal modo que refleja mejor la realidad del metabolismo energético de Suzhou, China, (Liang, Wang, & Zhang, 2010).

Objetivo

Si bien el interés de determinar el papel de la energía en los aspectos de desarrollo, sobre todo desde su dimensión económica, tiene más de doscientos años, como estimar los efectos directos e indirectos de los aprovechamientos energéticos a través del sistema económico; prácticamente se empezaron a realizar investigaciones empíricas, hasta principios de la década de los 1970, hoy en día hay muchos países que aún no realizan investigaciones de este tipo.

Estas investigaciones se han concentrado en las coordenadas estructurales de los sistemas energético y económico, profundizan en algunos de sus componentes, o hacen interpretaciones de los resultados de acuerdo con los conceptos de sustentabilidad y desarrollo, o en aspectos de crecimiento económico y emisiones de gases de efecto invernadero. Empero, son prácticamente nulas las que abordan desde la estructura de los sistemas, los criterios de conectividad, intensidad de conexión y que cuantifican la cantidad de energía que se intercambian entre los diferentes agentes de los sistemas, para la interpretación con base en los criterios de la sustentabilidad del desarrollo.

En esta última corriente se ubica la presente investigación, donde el objetivo principal es estimar:

- cuantitativa y cualitativamente la contribución del sistema energético a la sustentabilidad del desarrollo en México.

Por ello, se indaga en los conceptos de desarrollo, sustentabilidad y energía. Desde una visión histórica, se buscan:

- las nociones de desarrollo de diversas corrientes económicas;
- los aspectos que vincularon con la energía, que afectan a la sustentabilidad; y
- los modelos de desarrollo de México, enfatizando el contexto de la historia económica y política.

Se definen y elaboraran las técnicas de investigación y las herramientas de análisis. Con dos perspectivas:

- una que busca los comportamientos generales o macro comportamientos, de las relaciones de la energía con los factores que engloban al desarrollo y a la sustentabilidad. Por ejemplo: las aportaciones económicas, las finanzas públicas, los aspectos de accesibilidad de energéticos a la población, el alcance de las reservas de hidrocarburos, y las emisiones de bióxido de carbono asociadas al uso de la energía; y
- otra que busca profundizar en la estructura de los flujos de energía que pasan a través de los sistemas energético y económico de México. Cuantificando y cualificando los intercambios de energía entre los diferentes agentes que lo conforman a los, y detectando las opciones que puedan aumentar las contribuciones, de cara al contexto actual y los retos del futuro que se alcanzan a vislumbrar.

Procedimiento de investigación

Para la recopilación de información de los apartados de teoría y metodología, se utilizó el método de saturación bibliográfica y comparación continua, buscando coincidencias bibliográficas entre autores, que en aspectos específicos de interés para la investigación, se citan mutuamente. La aplicación para el caso mexicano, es un análisis empírico que parte de emplear los conceptos y las metodologías con los datos estadísticos disponibles y convencionales.

Los textos utilizados se encuentran en las bibliotecas de la UNAM de los posgrados de ingeniería “Enzo Levi”, de economía “Ramón Ramírez Gómez”, la biblioteca de la SHCP “Miguel Lerdo de Tejada” y la del INEGI “Gilberto Loyo”.

La mayoría de las fuentes electrónicas se obtuvieron a través del acceso remoto de la UNAM utilizando principalmente las revistas especializadas de Journals Elsevier (Energy Policy, Energy Economics, Ecological Economics), publicaciones del Banco Mundial, ONU, CEPAL, IEA, Open Library e INEGI.

Para alcanzar el objetivo principal de la investigación, fue necesario abordar en primera instancia las nociones del desarrollo, qué es lo que ha buscado a lo largo del tiempo, qué espacios han dejado que requieren de atención y trabajo para ajustar el concepto a los retos actuales.

Esto se realizó a través de la revisión de una amplia bibliografía de historia de la economía y del desarrollo, y en los casos que fue posible se recurrió a los textos originales, técnicos y de mensajería postal entre algunos autores, de personajes representativos de corrientes diversas, con el objetivo de efectuar el recorrido histórico de las escuelas económicas, concentrando la atención en los aspectos que resaltan el interés de modelar el desarrollo, así como de identificar los supuestos que utilizaron y los temas de polémica.

También fue necesario profundizar en la intersección de la energía con los aspectos del desarrollo y la economía, identificando las claves que determinan la importancia y el papel de la energía y de sus energéticos.

Parte de la información se obtuvo directamente de textos de historia de economía de la energía, de ahí se rastrearon las bibliografías a través de publicaciones en revistas especializadas.

Después fue necesario identificar las metodologías que se han utilizado, describiendo y valorando, primero aquellas encargadas de los macro – comportamientos (propuestas de organismos públicos supranacionales); y después a las que proponen mecanismos para desagregar los grandes comportamientos; todos con la condición de que existan bases de datos que las sustenten.

Por último, se necesitó de identificar las etapas de desarrollo por las que ha transitado México, a través de textos de la evolución de la economía nacional y los Planes Nacionales de Desarrollo, para después aplicar las metodologías escogidas; de ahí se sigue al análisis de los resultados, así como su interpretación.

Descripción de los capítulos

La tesis esta compuesta de tres partes generales. La primera parte consta de dos capítulos: el Capítulo Uno se define el marco teórico de interpretación de los conceptos de desarrollo, sustentabilidad en la economía y la energía; y el Capítulo se definen las técnicas de investigación junto con sus herramientas de análisis. La segunda parte es la ejecución del capítulo dos utilizando los elementos de interpretación del capítulo uno, a esta la conforman el Capítulo Tres encargado de los macro comportamiento, y el Capítulo Cuatro que profundiza en el papel de la energía en el sistema energético y económica. Y la Tercera parte, compuesta del Capítulo Cinco, se ocupa de integrar los resultados e interpretaciones de los capítulos tres y cuatro.

El primer capítulo es teórico, los objetivos son detectar las nociones de desarrollo para diversas corrientes económicas e interpretar el concepto de sustentabilidad²⁰, desde una perspectiva histórica se tomar los vínculos de mayor impacto de la energía con la teoría económica²¹, y enfatizar la utilidad de elaborar métricas que adviertan del grado de desarrollo y sustentabilidad que tienen los pises.

El segundo capítulo tiene como objetivo definir las técnicas de investigación. Se consideró importante contar con métricas que adviertan del grado de desarrollo y sustentabilidad desde dos perspectivas, la primera que busca macro comportamientos y la segunda que profundiza en las dinámicas de intercambios de energía en el sistema energético y económico, estas perspectivas se identifican con los enfoques del grupo I y II, respectivamente.

Los objetivos de los capítulos tres y cuatro, respectivamente para el caso mexicano, son la ejecución de las técnicas de investigación que dan origen a los enfoques de los grupos I y II²², e interpretar sus resultados.

El quinto capítulo tiene como objetivo realizar un análisis que integre los resultados e interpretaciones de los enfoques de los grupos I y II realizados en los capítulos tres y cuatro.

Y por último se tienen las Conclusiones finales de la investigación, éstas organizan las consideraciones finales de la investigación en aspectos de la teoría y de las interpretaciones para México, se enfatiza el potencial de la energía para este país y enfatizan recomendaciones que la investigación considera son importantes para integrar en los análisis de economía de la energía.

Para abordar los objetivos del Capítulo Uno se buscan: las nociones de desarrollo a través de trece corrientes económicas, en las cuales se interpreta el concepto de sustentabilidad; y los vínculos entre la economía y la energía. Se realiza desde finales del siglo XVIII hasta principios del siglo XXI.

Se partió de los mercantilistas y los fisiócratas porque ellos tomaron al desarrollo como el progreso material, condición que incluso en nuestros días persiste (en diferentes grados); y en los supuestos que utilizó la corriente clásica, que sirvieron de fundamento para el nacimiento de las corrientes neoclásica y neoliberal, en la actualidad tiene suficiente sentido para retomarlos y discutirlos.

Con los clásicos, emergieron las discusiones en torno a qué son y cómo se definen las necesidades y los deseos, así como las implicaciones y las consecuencias de las decisiones tomadas; o cuál debería ser el balance adecuado entre ambos, para alcanzar los criterios de desarrollo, criterios que se

²⁰ De acuerdo con una concepción como se definió para la presente investigación en la pág. 5.

²¹ De acuerdo con los que ésta investigación considera son los de mayor impacto hacia el concepto de sustentabilidad.

²² El Capítulo Tres “Macro comportamientos. Enfoques del grupo I” inicia estableciendo el contexto mexicano, para ello se realiza un recorrido de la historia económica – política de México.

vislumbraban en función de la coherencia entre el nacimiento de los Estados – nación, las sociedades acordes a sus intereses, la disponibilidad de recursos naturales y los avances tecnológicos. Ellos sentaron las bases de la transición del progreso material hacia la acumulación de capital.

Ya con Estados – nación formados, surgió la corriente neoclásica utilizando los principios fundamentales de la corriente clásica, sin embargo, elaboraron políticas de ajuste para atender las preocupaciones que tenían sus antecesores, de tal modo que al instrumentarlas de manera adecuada en la dirección hacia el desarrollo de la nación, conllevaría un proceso continuo, armonioso y acumulativo, iniciando la era de la acumulación de capital.

La corriente historicista, en la primera mitad del siglo XIX, partió del método histórico para encontrar la naturaleza de la economía, junto con las necesidades económicas del ser humano. Argumentaban que los principios de la economía trascendían la era de los mercados, por lo tanto, el desarrollo era visto como sucesión de etapas dentro de los procesos históricos y cíclicos.

La sucesión de etapas en los procesos de desarrollo también la utilizó K. Marx, en la segunda mitad del siglo XIX, pero identificando la evolución de los procesos de producción y de las relaciones entre las diferentes formas de organización social. Encontró que independientemente de la forma de organizarse, siempre se desvían los capitales a los propietarios de los medios de producción. Y además que los capitales tienden a las concentraciones. Enfatizaba que el comportamiento de aumento en la intensidad de producción y consumo tendía a la dislocación del ser humano con la naturaleza, por lo tanto, la noción de desarrollo para K. Marx era procesos discontinuos, oscilantes y cargados de conflictividad.

Esta misma noción la compartían las corrientes schumpeteriana y el keynesianismo en el siglo XX, aunque con diferentes líneas explicativas, en esta etapa el foco de atención cambió de la categoría de acumulación de capital, hacia el imperativo de crecimiento económico.

La corriente schumpeteriana distinguió entre desarrollo y crecimiento económico, argumentando que las discontinuidades, son un proceso natural y producto de las innovaciones tecnológicas.

Mientras que para la escuela keynesiana, las fluctuaciones responden al desequilibrio entre la oferta y la demanda. Para suavizar los ciclos propone la planeación de la senda de desarrollo, utilizando mecanismos para estimular la demanda efectiva desde los órganos de poder del Estado, es decir, haciendo macroeconomía para gestionar los agregados económicos.

Después de la segunda guerra mundial, junto con las teorías del bienestar, surgieron diferentes enfoques de desarrollo para explicar por qué los criterios de desarrollo no los alcanzan todos los países, los más relevantes fueron el de modernización y el estructuralista.

El enfoque de modernización, entre los 1940 y 1950, argumentaba que la principal causa del subdesarrollo es la brecha entre los procesos productivos tradicionales y los modernos, es decir, que los cambios en el contexto internacional son tan rápidos que no todas las naciones lograban diseñar estrategias adecuadas para su integración, de modo que al ser inevitable su alineación, se producían problemas de ahorro e inversión, que se traducían en círculos viciosos, donde el financiamiento de la maquinaria necesaria para la transición, provenía del endeudamiento externo.

Para el enfoque estructuralista, a partir de los 1950, el problema de adaptación de las naciones al contexto internacional, radicaba en la estructura interna del país; proponía que los países encontraran su propia originalidad de crecimiento económico, atendiendo las causas internas y los desajustes estructurales, con la indispensable intervención del Estado como promotor.

En la década de los 1970 los resultados de los procesos de desarrollo no fueron satisfactorios, ni las capacidades explicativas de las corrientes, surgieron otras que propusieron nuevos enfoques, este trabajo las engloba en el denominado “Otro desarrollo”, conformado por el etnodesarrollo, endodesarrollo, ecodesarrollo, desarrollo local, el humano y el sustentable.

Estos enfoques consideran que un balance racional entre las escalas de producción, de consumo de recursos, de las tecnologías que utilizan, de las implicaciones ambientales y de la integración de los insumos locales, entre otros, son necesarios para hacer del desarrollo un proceso integral e incluyente. Como el enfoque de Amartya Sen, que propone que el Estado debe de participar en los procesos de desarrollo, mediante políticas sociales que lo promuevan, vía la expansión de libertades, clasificándolas en dos: las fundamentales para la vida y de efectos multiplicadores para diferentes formas de libertad; y las instrumentales, dirigidas a contribuir con la libertad de decisión.

A principios de los 1970 retomando los supuestos que utilizó la corriente clásica, incluyendo las aportaciones de diversas áreas del conocimiento, nació la bioeconomía; ahora se le conoce como economía ecológica, parte de ampliar las fronteras del análisis económico, o como ellos la denominan, de la economía convencional, donde el papel de la estructura de los flujos de energía y materia, toman una función vital, estratégica, junto con la inclusión de las leyes de la termodinámica en la economía, colocando en el centro de las discusiones la sustentabilidad del desarrollo.

Las principales aportaciones de esta corriente para la investigación, fue rastrear los antecedentes de economía de la energía; por lo general se toma como punto de partida el inicio de la década de los 1970. No obstante, esta corriente emergió de alguna manera poco después del nacimiento de la economía como ciencia. La economía de la energía tiene propuestas conceptuales – metodológicas, sobre todo de contabilidad de flujos de energía y materia, que son de gran utilidad.

Se profundizó en la corriente de economía ecológica, porque ahí se localizaron los antecedentes de la economía de la energía, área a la que esta investigación pertenece, designando una sección a la recopilación de los autores más importantes.

Lo primero que se encontró, fue que los trabajos de la corriente clásica, elaboraron supuestos que quedaron enraizados en la teoría económica, dando lugar en primer término, a las políticas instrumentadas por la corriente neoclásica y con mayor ímpetu posteriormente por la corriente neoliberal.

El eje central es la aprovechamiento de la energía y la materia en los procesos económico – productivos, que utilizando las leyes de la termodinámica, en especial el concepto de entropía, alertan sobre la cualidad indisociable de la energía con la materia, donde su aprovechamiento conlleva inevitablemente pérdidas en los procesos; y con mayor énfasis, en los efectos que dicha cualidad tiene sobre los procesos de producción, aunado a la extracción de energéticos fósiles, que tienen asociado millones de años en su formación y que se aprovechan en tiempos geológicos insignificantes; por lo tanto, la forma en que se utilizan, enfatiza el comportamiento humano como dilapidador, así lo abordó Rudolf Clausius, a finales del siglo XIX, en una de sus conferencias.

Alertando que la forma en que se configura el sistema económico no podría ser sostenible a largo plazo, porque la disponibilidad de energía y de materia, tienden a decrecer. Explicaban que la teoría económica requiere contemplar el planeta como un sistema termodinámico cerrado (trabajo de Vladimir Vernadsky en 1926), por lo tanto, los recursos no renovables tienen caducidad; simultáneamente, las pérdidas que conllevan los aprovechamientos de energía y de materia, generan efectos que llegarían a minar la capacidad de reproducción cíclica de los recursos renovables.

Los primeros trabajos, como los de Serhii Podolinsky y Patrick Geddes, a finales del siglo XIX, abordan dicha preocupación. Utilizaron la contabilidad de flujos de energía y de materia, a través de los procesos de la agricultura y del funcionamiento de las ciudades, respectivamente; encontraron que los análisis convencionales abordan los usos directos, dejando de lado los indirectos, que es precisamente donde se encuentran las grandes magnitudes.

El coeficiente de análisis más utilizado, fue la intensidad de energía, en sus diversas variantes; con una metodología similar a la elaborada por la corriente historicista. Analizaban la evolución del dicho coeficiente, comparándolo con las variadas formas de producción y organización, encontrando que, cuando coinciden el descubrimiento de nuevas formas de energía, con los avances tecnológicos, se producen efectos positivos en las sociedades, de acuerdo con los trabajos de Eduard Sacher y Wilhelm Ostwald (entre finales del siglo XIX y principios del XX).

De acuerdo con las investigaciones de William Stanley Jevons y Henry Adams (entre finales del siglo XIX y principios del XX), las innovaciones tienden a reflejarse con aumentos en el uso de energía y de materia, cuando llevan ritmos distintos.

La historia de la organización social del ser humano muestra que tiende a las concentraciones de energía.

La corriente marxista, enfocada en los flujos de materia, argumentó que las sociedades padecen del fetiche materialista. Mientras que en la economía ecológica, a través de Alfred Loa (en la década de los 1920), se concentró en los flujos de energía, y lo interpretó como la adicción al instrumento exosomático, al fin y al cabo, concentraciones. Las observaciones de Fedderick Soddy (de 1903 a 1921) plantearon desde la economía, analizar los problemas de distribución, donde la energía toma un papel fundamental al abordar la teoría del valor de energía.

Karl Ballod y Josef Popper Lynkeus (de principios del siglo XX a la década de los 1920) contribuyeron con sus propuestas pragmáticas²³, que al tomar en cuenta las observaciones de los fundamentos de la economía ecológica, enfatizan la necesidad de elaborar planes de desarrollo, donde en primera instancia se requiere de una contabilidad de recursos extendida, que visibilice los usos directos e indirectos de la energía y la materia.

Para la toma de decisiones propusieron el uso de la intensidad de energía, junto con las medidas monetarias, encaminadas a reducir el coeficiente energético, entre ellas destacan:

- inducir los perfiles de consumo y producción por medio de mecanismos de control indirecto;
- elaboración de programas que garanticen un mínimo sustento para la población, con el fin de que se inserte en los procesos productivos;
- tomar la decisión de qué tanto Estado, qué tanto mercado, qué tanta sociedad y qué tanta tecnología;
- identificar en qué áreas es más adecuado que operen las leyes del libre mercado, y en qué otras el Estado o la sociedad;
- y el Estado como gestor de la planeación y ejecutor de los mecanismos por medio de sus órganos de poder.

²³ K. Ballod elabora planes basados en lo que denominaba “Utopías realistas”, para hacer énfasis en que la forma en que se explotaban los recursos, tienen una componente inconmensurable; donde el mercado no puede darle valor a los efectos intergeneracionales, (Agilera , K. & Alcantara, 2011, pag. 219).

Para alcanzar los objetivos del Capítulo Dos se define las técnicas de investigación de investigación, las cuales se componen de dos grupos de enfoques.

El primer grupo de enfoques se encarga de los macro comportamientos, los cuales utilizan las propuestas: de los indicadores de energía y sustentabilidad de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); del índice de sustentabilidad energética de la Agencia Internacional de Energía y la Agencia Internacional de Energías Atómicas (AIE y AIEA); y se estima el sendero de energía junto con el Índice de Desarrollo Humano (IDH) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El segundo grupo de enfoques se encargan del Metabolismo energético, para ello se utiliza la técnica de Insumo – Producto para profundiza en los intercambios de energía del sistema energético y económico: primero se cambian los balances de energía a formato de Insumo – Producto Energético; y el para el segundo se transforman las Tablas de Insumo – Producto de monetarias a Energía Contendida.

La aplicación de la estructura de Insumo – Producto parte de los aspectos que esta investigación considera que son espacios no abordados, tales como:

- estimar los aprovechamientos directos e indirectos de acuerdo con las observaciones de S. Podolinsky y P. Geddes, lo cual se logra al extraer de la información estadística de los balances de energía y de economía;
- analizar la estructura energética a través del concepto de metabolismo energético, para ello es necesario convertir la información de los balances de energía en formato de Insumo – Producto Energético;
- analizar los efectos de los aprovechamiento de energía, el efecto de sus transformaciones y las opciones de sustitución de energía en las actividades económicas, esto realizando un análisis de cambio estructural de energía.

En este marco se aprecian los flujos de energía, los costos energéticos de extracción de los primarios, su conversión a los secundarios y la distribución de energía a los usuarios finales.

Con el concepto de energía contenida se abordan las relaciones de intercambio de energía entre los usuarios finales, que son principalmente las actividades económicas. Para ello es necesario indagar en la estructura energética dentro del sistema económico utilizando la intensidad de energía como vínculo entre ambos sistemas.

Es pertinente tomar en cuenta la recomendación de Wassily Leontief (en 1971), de analizar las estructuras económicas y las relaciones entre cada uno de los agentes involucrados, para determinar el grado de interconexión del sistema y los posibles “cuellos de botella” en el aprovechamiento de los recursos, y así estar en condiciones de influir tanto en la estructura económica, como en los efectos directos e indirectos de los aprovechamientos de los recursos.

La técnica parte del producto entre la intensidad de energía modificada²⁴, y la tabla de Insumo – Producto monetaria. Convirtiendo las tablas de monetarias a energía contendida. Con lo que se obtienen los flujos de energía para el sistema económico, desde su extracción, pasando por los procesos de transformación, hasta su aprovechamiento en usos finales.

²⁴ Se utiliza el valor agregado bruto dado que contiene más factores económicos.

De tal modo que el amplio conjunto de datos obtenido, en términos de energía total, por componentes, energéticos y ramas económicas, son la base para analizar las estructuras económica y energética, así como sus contribuciones y potencialidades para los procesos de desarrollo.

Para aproximar los objetivos del Capítulo Tres se abordan las diferentes etapas de desarrollo por las que ha transitado México desde un económico – político. Y se vinculan los momentos históricos con los valores de los indicadores de energía y sustentabilidad, del índice de sustentabilidad energética y del sendero de energía e IDH. Con ello se pretenden identificar los factores de los macro comportamientos que afectaron el desarrollo.

Se identificaron dos modelos de desarrollo:

- el Modelo de Sustitución de Importaciones, compuesto en la última etapa de las fases
 - de desarrollo estabilizador, y
 - de transición; y
- el Modelo de desarrollo por Globalización con perfil neoliberal.

Para México las premisas fundamentales del desarrollo surgieron en la última etapa de la Revolución, donde la satisfacción de las necesidades y los deseos nacionales parten de la cohesión social, requerimiento mínimo para encauzar las fuerzas productivas en una dirección de común acuerdo.

El proceso de desarrollo formal, tiene como antecedentes la Ley sobre la Planeación General, que enfatiza que debe ser ordenado y armónico, al mismo tiempo que material y constructivo, donde los problemas más apremiantes eran las dificultades de los mecanismos de asignación de recursos para ampliar la infraestructura económica y la mejora regional de las condiciones de vida.

Además, con el Primer Plan Sexenal, inicia una fase en que el Estado asume la responsabilidad de guiar y gestionar el desarrollo del país. El proceso inicia con el intervencionismo del Estado, estableciendo e instrumentando una política reguladora de las actividades económicas de la vida nacional.

Los aspectos base del concepto de desarrollo en la originalidad mexicana, han tomado diferentes matices para ajustarse a las realidades temporales por las que ha transitado.

Se observa que, cuando alguna de las premisas del desarrollo no son del todo adecuadas e incluyentes, se desajusta el sistema completo, llevándolo a crisis de diferentes índoles como la política, la social y la económica.

De 1933 a 1982 el Estado tuvo una participación relevante en el proceso de desarrollo, dados los principios que se establecieron en la constitución de 1917, donde los requerimientos fundamentales fueron la cohesión social y el aseguramiento de los recursos naturales, para lograr gobernabilidad, justicia social y sentar las bases de los procesos de industrialización y urbanización del país.

Los años de 1982 a 2000, constituyeron una etapa en que disminuyó la participación del Estado en la economía, con modificaciones a los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28, entre otros.

Primero se intensificó la integración de la economía nacional en los mercados globales, mediante su inserción en el GATT (Acuerdo General de Aranceles, ahora Organización Mundial de Comercio, OMC).

Después se redefinieron las fronteras del Estado, parte de ello fueron los mecanismos para la venta de las empresas públicas, además se reclasificaron áreas estratégicas y prioritarias para el país y la economía.

Del año 2000 a la fecha, continuó disminuyendo la participación del Estado en los procesos de desarrollo, con problemas crecientes de gobernabilidad, de aspectos económicos, políticos y sociales, alejándose de su principio de alcanzar la justicia social.

Cabe destacar que en todas las etapas de desarrollo, se observan aspectos de diferentes corrientes como la keynesiana, la estructuralista, de la teoría de la modernización, de los círculos viciosos, y en la última etapa se adoptan, en el discurso, aspectos del desarrollo humano y sustentable.

Se estimaron para el caso mexicano en el periodo de 1970 a 2012 los indicadores de energía y sustentabilidad, el de sustentabilidad energética y la intensidad de energía/IDH, aplicándoles el método de los senderos.

Los indicadores de energía y sustentabilidad, contruidos a partir de los vínculos de la energía con aspectos de los subsistemas económico, social y ambiental. Identifica los riesgos, las vulnerabilidades y las restricciones para el desarrollo socioeconómico.

De acuerdo con el concepto de sustentabilidad energética emitido por la IAEA, se calculó el índice de sustentabilidad energética. Al igual que el de la CEPAL, se elabora mediante los vínculos de la energía con las dimensiones económica, social y ambiental. El propósito de índice es ofrecer métricas comparativas para la evolución de cada uno de los indicadores que lo conforman, así como de los mismos agregados a cada dimensión, y la estrategia de análisis es representar las trayectorias vectoriales del índice, en cada una de las dimensiones, identificando la dirección que toma y las variables que lo afectan.

El sendero de energía e IDH. Parte de fijar los valores de la intensidad de energía con los del Producto Interno Bruto per cápita y del uso de energía per cápita, aunado a ello se asocia también el valor del IDH.

La intensidad de energía relaciona la cantidad de energía aprovechada para la producción por unidad monetaria, evalúa el resultado total del trabajo productivo de una nación, donde a medida que la magnitud disminuye, significa menor cantidad de energía utilizada para producir valor monetario, esto se interpreta como mejoras en la eficiencia energética, con las consecuencias favorables que conlleva, como menos efectos ambientales negativos por aprovechamiento energético, además se relaciona con el IDH para visibilizar la situación de la población y su relación con el coeficiente energético.

La trayectoria de la intensidad de energía en el sendero de energía puede tener una curva suave y sin cambios bruscos, lo cual indica, en parte, la coherencia del resultado de la producción con el proyecto de nación, donde la mayoría de los agentes productivos se encuentran operando en una dirección. Caso contrario si se presentan nudos en la curva, ello sería evidencia de la falta de coordinación entre los agentes.

Para abordar los objetivos del Capítulo Cuatro se aplican los enfoques del segundo grupo de análisis, se encargan del Metabolismo energético.

Los enfoques desagrega los comportamientos generales de las estructuras económica y energética, las relaciones entre los agentes económicos, integran los aspectos que de acuerdo con la teoría revisada son fundamentales para el diseño de las potenciales rutas de desarrollo, por vía de mejorar

el aprovechamiento de los recursos energéticos. Considera que la tendencia del Estado es a desvincularse, tanto de los asuntos económicos, como de la planeación del desarrollo. Fue pertinente cuantificar los flujos de energía directos e indirectos del sistema económico, que contribuyen al diseño de los mecanismos de control (mencionando los indirectos), los cuales son necesarios para analizar las contribuciones de la energía a la sustentabilidad del desarrollo.

En la primera sección se aborda el Insumo – Producto de Energía, esta cuantifica los flujos de energía directos e indirectos, describe la trayectoria de los energéticos desde la extracción de los primarios, pasando por sus procesos de transformación, hasta las cantidades que llegan a los usuarios finales. Muestra el análisis de cambio estructural, para determinar las causas de los mismos en el comportamiento de los requerimientos energéticos, en función de la evaluación de tres aspectos: cambios en la eficiencia de transformación de energía, las capacidades de sustitución en las opciones energéticas y las variaciones en el uso energético de las actividades económicas.

La segunda sección, estima la energía contenida del sistema económico, es decir, el metabolismo energético del sistema económico. Ello para profundizar en las dinámicas de intercambio de energía entre los agentes que lo componen. Y para comprender las dinámicas de intercambio de energía contenida se estiman los índices de Concentración, de Rasmussen y de Entropía de Theil.

Y para atender los objetivos del Capítulo Cinco se analizan e interpreta desde una perspectiva integradora se utilizan los resultados de los capítulo tres y cuatro.

Se obtiene que los principales factores que bloquean la sustentabilidad del desarrollo, donde la contribución de la energía toma uno de los papeles importantes, son la falta de acuerdos políticos y de arreglos institucionales, muestra de ello son los modelos de desarrollo rígidos, con dificultades de adaptación. Se determinó que ajustar la distribución de energía contenida del sistema, dota de posibilidades para balancearlo, donde las ramas que concentran la energía contenida, aquellas que detectan los índices de concentración y de entropía de Theil, debieran ser sujeto de los mecanismos de control indirectos, que direccionen los flujos hacia las ramas que detecta el índice de Rasmussen, como aquellas que tienen el potencial para provocar efectos multiplicadores en el sistema.

Capítulo Uno. Teoría. Conceptos de desarrollo, sustentabilidad y energía

Introducción

El objetivo de éste capítulo es exponer las nociones de desarrollo a través de las diversas corrientes económicas, para visibilizar en términos amplios las diferentes estrategias que han en fluido en la estructuración de los modelos. Para el presente documento de ahí se infiere características de sustentabilidad con énfasis en su cualidad de “continuidad” en cuanto a su función de reproducción.

El principal reto para abordar el concepto de desarrollo es su flexibilidad para ser utilizado en cualquier tema y contexto, siempre y cuando se refiera a mejoras con respecto a un estado o situación anterior.

Para el ser humano puede ser desde aspectos evolutivos, aumentos en la precisión para interpretar su entorno, hasta mejorar el grado que se conoce de sí mismo y del grupo al que pertenece; incluyendo aspectos vitales como las dotaciones alimenticias y las ubicaciones geográficas.

La complejidad en las actividades realizadas ha aumentado de manera sorprendente, al grado de ser la única especie del planeta, que además de aprovechar los recursos dados por la naturaleza, ha aprendido a transformarlos para obtener beneficios que van más allá de las necesidades vitales.

Al mismo tiempo de modificar los modos de producción y sus formas de organización, ya sea para evitar la escasez de recursos, o para tomar las medidas necesarias para adquirirlos de nueva cuenta, ha tomado decisiones para que sus estilos de vida se prolonguen o asimilado el costo de no hacerlo.

Aquellos momentos en que han coincidido las innovaciones tecnológicas con el aprovechamiento de nuevos energéticos o formas de energía, se han reflejado notoriamente en el bienestar de los grupos sociales involucrados, han mejorado los alimentos, la salud, las actividades, la cantidad de individuos, la velocidad de aprendizaje y de aplicación del conocimiento, en esencia los aspectos vitales, y con ello también los deseos de lograr y obtener más.

Las escalas de obtención y aprovechamientos de los recursos han crecido, a tal grado que las formas de organización social tuvieron que idearse mecanismos para encauzar las fuerzas de los individuos, y así aumentar las posibilidades de alcanzar los propósitos, mismos que también han pasado de la escala geográfica local a la regional e internacional.

Uno de los momentos históricos más relevantes que abarcaron tales aspectos fue la revolución industrial. Convivieron simultáneamente los avances en el conocimiento de las transformaciones de energía y de materia, con mejoras tecnológicas.

En parte estas consideraciones motivaron el nacimiento de la ciencia económica, bajo la encomienda de examinar las fuerzas que subyacen en la gestión de los recursos, con los procesos de producción y las características de intercambio de productos, con sus respectivas valoraciones.

La ciencia económica, en su inicio, tomó la influencia de las corrientes mercantilista y fisiócrata para establecer el vínculo del desarrollo con el del progreso material y desde entonces quedó encarnado. La corriente clásica se concentró en analizar el sistema con el que funcionarían las fuerzas productivas, las laborales o especialización del trabajo y el consumo de los bienes y servicios, utilizando el dinero como facilitador de las transacciones, es decir, las fuerzas de la oferta y la demanda y la configuración

de los mercados, con su intermediario del dinero. Sin embargo, inmediatamente se hicieron evidentes las preocupaciones acerca de las posibilidades de sostenimiento de dicho sistema.

Se perfilaron dos vertientes: una que reconocía los límites físicos y tecnológicos, donde lo único que podía hacer el hombre era ajustarse a ellos; y la segunda, donde las posibilidades de sostenimiento, dependían de un balance adecuado entre las necesidades y los deseos humanos.

Incluso, cuestionaban el alcance de los efectos de las mejoras técnicas en el aprovechamiento de los recursos, donde al aumentar las eficiencias de las máquinas se incrementaría la cantidad de usuarios y la intensidad de uso.

En la corriente clásica, a finales del siglo XVIII, es interesante observar algunos de los supuestos, tales como:

- el de Thomas Robert Malthus con los límites físicos para la producción de alimentos [Malthus [1798], 1986, pág. 275; Hidalgo, 1998, pág., 22], se pueden interpretar como instrumentos conceptuales de las políticas de expansión – extractivistas, los cuales habían cambiado las formas de producción en la agricultura mediante el paso de cultivos ternarios a monocultivos con la eliminación del barbecho;
- el de David Ricardo aislando el costo del transporte y resaltando las bondades del comercio exterior bajo el criterio de complementariedad (Torres G., 1994, pág. 79), para atender el intercambio de recursos distribuidos de manera desigual en los territorios, mismo que fue utilizado para fomentar el comercio exterior liberalizando los mercados, pero considerando el costo del transporte como despreciable;
- y las observaciones de S.W. Jevons (1865) que se obtienen de su obra “The coal question”, en cuanto a los efectos de las mejoras tecnológicas para el aprovechamiento de los recursos, que en parte, fue utilizado para fundar un cierto optimismo en el progreso técnico.

Estos supuestos fueron trabajados simultáneamente por personas de diversas áreas, concluyendo que la extracción de energéticos, los aprovechamientos de energía y de materia (sobre todo aquellos que tienen la connotación de no renovables), son fundamentales para el sistema y aportan elementos que contribuyen a mejorar la noción de desarrollo.

Para los historicistas la noción de desarrollo es una sucesión de procesos históricos y cíclicos. En su metodología buscaban encontrar la naturaleza de la economía junto con las necesidades económicas del ser humano [Stavenhagen, 1957, págs. 162-173; Ekelund & Hébert, 2005, 264-270].

En parte la misma metodología utilizó K. Marx, en cuanto al materialismo histórico²⁵ (Ekelund & Hébert, 2005, pág. 269). Encontró que en las diferentes formas de organización del ser humano, el capital se desvía de tal modo que los propietarios alcanzan mayores aprovechamientos; esta situación afecta al sistema, porque introduce en los procesos productivos ineficiencias, al disminuir los incentivos para invertir y ahorrar. Cuestiona las políticas de ajuste de los clásicos, argumentando que el sistema tiende a las concentraciones de capital; también observó que la intensidad de los procesos productivos y el consumo, aceleraban la disociación entre las actividades del ser humano y la capacidad de asimilación de los límites de la naturaleza, por lo tanto, el desarrollo es discontinuo, oscilante y cargado de conflictividad.

²⁵ Materialismo histórico se entiende como una sucesión de etapas de sistemas sociales, donde cada uno es identificado por un modo de producción distinto, éstos últimos estarían definidos por el grado de desarrollo de las fuerzas productivas (Hidalgo, 1998, pág. 29).

La corriente tuvo un renacimiento muchos años después. En la década de 1970, los neomarxistas, reconciliaron los fundamentos a su época. Explicaron que la tendencia del sistema a las concentraciones es lo que conduce al subdesarrollo, ello ocurre en virtud de que la extracción sistemática del excedente se da por medio de un intercambio desigual.

Los neoclásicos inspirados en cierta medida en los principios fundados por los clásicos, marcaron el cambio de percepción para la noción de desarrollo. En sus antecesores se observan las inquietudes de los factores que tenían el potencial de poner en riesgo la sustentabilidad del desarrollo y con ello el sistema que había nacido. Lo percibían como un proceso continuo, armonioso y acumulativo; siempre y cuando se instrumentaran de manera adecuada las políticas de ajuste que evitaran los cambios bruscos. El objetivo principal era la satisfacción de las necesidades con el aprovechamiento óptimo de los recursos.

La corriente schumpeteriana y el keynesianismo, coincidían en la noción de desarrollo como proceso discontinuo. Para la primera, era necesario distinguir entre desarrollo y crecimiento económico, dado que cada una tiene sus dinámicas explicativas. La segunda, se debe al desequilibrio entre la oferta y la demanda, proponiendo la planeación de la senda de desarrollo, estimulando la demanda efectiva y utilizando los órganos de poder para suavizar las oscilaciones económicas.

Entre los años 1950 y 1990, se elaboraron enfoques que explicaban numerosas causas de por qué el desarrollo no alcanzaba a todos los países, uno de ellos fue el la modernización. Para éste la principal causa del subdesarrollo era la brecha entre los procesos productivos tradicionales y los modernos; añadía la pertinencia de asimilar las recomendaciones de los organismos supranacionales, en la lógica de crear e integrarse en los mercados globales. La perspectiva de modernización considera que los cambios son tan rápidos e intensos, que muchos países no logran diseñar estrategias adecuadas de integración, generando problemas de ahorro – inversión y los círculos viciosos, donde el financiamiento de la maquinaria necesaria para la transición proviene del endeudamiento.

Otro fue el enfoque estructuralista. Para éste, el problema de adaptación al contexto internacional, radica en la estructura interna del país, donde la clave está en encontrar su propia dinámica de crecimiento económico y de desarrollo, por medio de atender las causas internas y los desajustes estructurales, con la indispensable intervención del Estado como promotor de la transformación.

La corriente neoliberal enfatiza la liberalización de los mercados, con un elevado optimismo en los beneficios que supuestamente el crecimiento económico tendría en el desarrollo, mediante la construcción de mercados globales.

De la década de 1970 a la fecha, como resultado de la incapacidad de las diferentes corrientes para explicar, con plenitud y eficacia las causas del subdesarrollo, la necesidad de proponer medidas eficaces, más el alejamiento de las políticas sociales y las preocupaciones ambientales, surgieron diversas corrientes, esta investigación las denominó “otro desarrollo” en cuanto a que hacen énfasis en las cuestiones de bienestar, conciliación con los entornos naturales, étnicas y regionales.

En términos específicos el “otro desarrollo” esta compuesto por el etnodesarrollo, endodesarrollo, ecodesarrollo, desarrollo local, humano y sustentable. Estos enfoques coincidieron en abordar estrategias para hacer del desarrollo un proceso integral e incluyente, con balances racionales entre las escalas de producción, de consumo, de las tecnologías a utilizar, de las implicaciones ambientales y de la integración de los insumos locales, entre otros.

Por ejemplo, el enfoque de Amartya Sen, propone la elaboración de políticas públicas que promuevan el desarrollo vía la expansión de libertades, clasificándolas en dos: las fundamentales para la vida y de efectos multiplicadores para lograr diferentes formas de libertad; y las instrumentales dirigidas a contribuir con la libertad de decisión.

Otra corriente importante que nació a inicios de la década de 1970 fue la bioeconomía, la cual, ahora se conoce como economía ecológica, se autodenomina la ciencia de la sustentabilidad, en el sentido que utiliza como principales factores de producción la energía y la materia.

Para esta, las metodologías de contabilidad consisten en detectar las trayectorias de estos factores, desde la extracción, el aprovechamiento en diversas transformaciones, su uso final, hasta los residuos generados.

Cuantifica la actividad económica, sugiere que en gran parte, la ineficacia explicativa de los procesos de desarrollo se debe a que esta en formación una ciencia económica, que:

- concilia conceptos de otras ciencias;
- atiende los supuestos que se plantearon desde la corriente clásica; y
- cuestiona el vínculo mercantilista y fisiócrata de desarrollo con progreso material en una economía que opera en un sistema termodinámico cerrado.

Profundizando en la corriente de economía ecológica (bioeconomía), encontramos antecedentes importantes de economía de la energía, que resultaron fundamentales para ésta investigación, estos tienen su propia sección “Vínculos de la energía con el desarrollo y su impacto con la sustentabilidad”.

La bioeconomía incorporó los conceptos de energía con los de la ciencia económica, al abordar los supuestos que utilizaron las diferentes escuelas económicas para su formación en particular la clásica. También incluyeron consideraciones como la disponibilidad de recursos, por ello tomó un carácter primordial, sobre todo para los recursos no renovables. En particular en la corriente clásica reflexionaban sí los servicios que otorga la naturaleza se deberían de contabilizar en términos económicos, es decir, ser conmensurables o tomarlos como gratuitos por su carácter de “constante disponibilidad”.

Las corrientes convencionales – por agrupar a todas excepto a la economía ecológica – dieron el tratamiento de los efectos de la escasez de los recursos sobre el sistema económico, con argumentos para asegurar la disponibilidad de los mismo (en un contexto de escasez); para ellas fue necesario diseñar y poner en marcha políticas expansionistas – extractivas.

Por otro lado, las críticas de los precursores de la bioeconomía se orientaban a explicar la condición de los recursos finitos en el planeta, que sin importar en dónde se lleven a cabo los procesos de extracción y/o explotación, el resultado sería su inminente agotamiento.

Para las corrientes convencionales los avances tecnológicos se convirtieron en el contra – argumento, explicaban que con estos cada vez se utilizarían menores cantidades de recursos y de energía, porque con la inventiva humana siempre se lograría encontrar sustitutos de recursos, tanto materiales como de energía.

Los hallazgos de los trabajos realizados desde finales del siglo XIX por los precursores, sobresalen por utilizar el concepto de entropía – desde el punto de vista de la energía –, y asociarlo con los procesos productivos económicos; advirtieron que es un error del sistema contemplar los servicios de la naturaleza como gratuitos, porque dichos procesos, generan externalidades acumulativas, que incluso afectarían los recursos renovables, al alterar sus condiciones de reproducción cíclica.

El razonamiento de ellos era sencillo y aplicable a nuestra época, toda producción requiere de distintas intensidades de materia y de energía, son factores indispensables para todo proceso. La presente tesis considera que utilizando las leyes de la termodinámica se demuestra, que toda transformación de energía de disponible a útil, conlleva un gasto de energía, misma que indisociablemente a ella, requiere de materia como conductor del proceso; simultáneamente, esa materia requiere de energía y materia para su transformación a una forma útil, y así *ad infinitum*.

Tal argumento conduce a la asimilación de que cualquier actividad requiere de materia y de energía con pérdidas innegables, por lo tanto, advierten que la forma en que se configura el sistema económico, genera la dislocación entre las actividades humanas y las naturales del planeta, de manera análoga como la de un dilapidador, por ejemplo, al consumir las reservas de energía fósil.

Las primeras observaciones de los trabajos realizados por los pioneros de la corriente, demuestran que la metodología de la contabilidad energética y de la materia, estaba incompleta porque no visibilizaba parte del proceso, haciendo énfasis en que los análisis convencionales toman los usos directos olvidando por completo los indirectos²⁶.

Las adaptaciones metodológicas aplicadas primero a la producción agrícola con S. Podolinsky, después por P. Geddes, para explicar el funcionamiento de las ciudades, sentaron las bases de los conceptos de energía contenida y metabolismo económico y energético de una sociedad (Martínez A. & Schlümpmann, 1991, págs. 65-85, 116-126).

Otras observaciones dirigidas a explicar la evolución del comportamiento social – económico – energético, como los trabajos de E. Sacher y W. Ostwald, pioneros en la energética social, resaltaron la importancia de la energía para el progreso de las sociedades²⁷.

Para analizar el comportamiento del ser humano, los trabajos de A. Lotka sobresalen, dado que elaboró dos categorías para el uso de energía. Una, enfocada a las actividades vitales, como endosomáticas; y otra, como extensión del cuerpo, denominada exosomática. Además, detectó comportamientos que le permitieron identificar tendencias a las concentraciones en el uso energético, aspecto que coincidió con el grupo de los tecnócratas, aunque con visiones diferentes²⁸.

En cuanto a las preocupaciones en la disponibilidad de energía, su aprovechamiento y los efectos de la tecnología, se encuentran los trabajos de R. Clausius, W.S. Jevons, H. Adams, y la Alianza Técnica²⁹. Ellos analizaron los efectos de la abundancia energética. Para los dos primeros, el avance

²⁶ Se refiere a la cantidad de energía y de materia que llevan consigo los bienes y servicios que se producen y comercializan para su consumo intermedio o final.

²⁷ *Ibíd.*, págs. 147, 225-228.

²⁸ *Ibíd.*, págs. 167.

²⁹ Era una organización que le daba una gran importancia a la energía y a sus conceptos; entre las décadas de los 1930 y 1940 se conocían como Techocracy Inc.. Ellos calcularon la energía necesaria para realizar trabajo, comparaban el realizado por las máquinas y por el ser humano; sus miembros se hacían llamar “tecnócratas”. Esta organización fue presidida por K. Hubbert.

tecnológico no necesariamente se traduce en la reducción de uso de energía y materia³⁰; contrario a los dos últimos³¹.

V. Vernadsky propuso que la teoría económica debería de integrar en los análisis, las consecuencias de contemplar al planeta como un sistema termodinámico cerrado (Vernadsky [1926], 1997).

F. Soddy, aseguraba que sería más adecuado cambiar el objetivo de crecimiento económico exponencial, por el de distribución³².

También se integraron las propuestas de J.P. Lynkeus, A.C. Pigou, R. Coase, K. Ballod y O. Neurath, para elaborar planes de desarrollo nacionales e internalizar las externalidades generadas por los agentes de mercado. Todos coincidieron en que el Estado, a través de sus órganos de poder, es el más facultado para planear e inducir el desarrollo. Proponen implementar distintos mecanismos.

J.P. Lynkeus, elaboró un programa que denominó de Mínimo Sustento³³, este parte de comprender las realidades sociales, la disponibilidad de recursos renovables y no renovables, los grados tecnológicos y las dinámicas de producción público – privado. El efecto esperado del programa era sustentar, en primer término, las necesidades sociales, una vez mejoradas estas, iniciaría el procedimiento para responder qué tanto Estado, sociedad y mercado, para mediante combinaciones llevar a cabo balanceos para los objetivos de desarrollo nacional.

K. Ballod, argumentó que se requiere de la planeación, pero que solamente de una contabilidad extensa, sería posible esbozar un futuro realista³⁴.

Aspecto que coincidió con la propuesta de O. Neurath, incluyendo que además de las imprecisiones en la contabilidad energética y de materiales, existe el problema de la inconmensurabilidad; frecuentemente se utilizaba el valor monetario como factor de decisión; invitó a usar este último con la intensidad de energía, de tal modo, que las decisiones fueran orientadas a disminuir el coeficiente energético, sin arriesgar las posibilidades de sustento de la sociedad nacional³⁵.

A.C. Pigou y R. Coase, indagaron en el mecanismo de impuestos, para inducir perfiles de producción y consumo de productos, que internalicen las externalidades de las actividades productivas, estableciendo medidas impositivas desde los órganos de poder; de manera adicional, con la elaboración de arreglos sociales alternativos, como aquellos que tienen el mayor potencial para establecer acuerdos duraderos [Martínez & Schlüpmann, 1991, págs. 221, 284; Aguilera & Alcántara, 2011, págs. 23-26, 41-76; Martínez A. & Joca J., 2006, págs. 105-119].

Para lograr tener una noción del grado de sustentabilidad del desarrollo, se requiere de diagnósticos oportunos, de tal modo que contribuyan a confeccionar planes adecuados. Es indispensable integrar a la energía de manera conceptual, de definir las metodologías que la cuantifiquen, así como de determinar sus métricas que informen de sus situaciones y tendencias.

³⁰ *Ibid.*, págs. 96-100, 109-113.

³¹ *Ibid.*, págs. 145-149, 177-181.

³² Joan Martínez y Karl Schlüpmann, *op. cit.*, págs. 157-167.

³³ *Ibid.*, págs. 236-237.

³⁴ *Ibid.*, pág. 250.

³⁵ *Ibid.*, págs. 261-277.

La siguiente sección “Métricas que concilian la energía con los aspectos de la sustentabilidad del desarrollo” indaga en algunas tendencias. De manera general existen dos:

- la primera, cuantifica los vínculos de la energía con alguna característica definida de aspectos económicos, sociales o ambientales, esta tiene dos tipos de tratamientos, una como medidas aisladas, y otra que asocia metodologías que integren diversos vínculos, que califican a una sola medida, se obtienen medidas estáticas; y
- la segunda busca distribuir la información de los vínculos de la energía con otras dimensiones, dentro de las estructuras de sistemas definidos y lo que se obtienen son flujos.

Esta investigación utiliza las estructuras del sistema energético y económico; ambas aplican la metodología del insumo – producto, y el vínculo más importante que se utiliza es la intensidad de energía, que pertenece a los indicadores del tipo MIPS.

Como la estructura energética forma parte constitutiva de la estructura económica, es pertinente aplicar el concepto de metabolismo energético, dado que involucra el análisis de cómo se utiliza la energía en los procesos económicos. El objetivo es analizar los flujos de energía necesarios para que opere el sistema. Usando el enfoque de cuantificar los flujos que requiere el sistema, se pueden interpretar como la huella energética, por su cualidad de estimar la cantidad de energía en cada etapa de la cadena de valor (monetaria y energética).

Tiene la ventaja de estimar los flujos directos, como aquellos que están involucrados en los procesos de producción (o transformación) de energía y de materia; y en indirectos, que están relacionados con los flujos que intervienen en colocar los resultados de la producción con los usuarios finales.

La utilidad de esta metodología, además de extender la base explicativa, radica en conciliar los conceptos, tomando en cuenta las observaciones de la sección “Vínculos de la energía con el desarrollo y su impacto con la sustentabilidad” y propone las métricas.

1.1 Nociones de desarrollo y de sustentabilidad

El concepto de desarrollo desde la perspectiva de la economía, ha transitado por diversas etapas y percepciones. El contexto histórico del concepto se enfoca en la obtención del excedente de un bien necesario. De ahí surgen distintas corrientes económicas que proponen diversos mecanismos para su obtención y autoreproducción, de manera conjunta con el imperativo de la formación de las naciones, la configuración de los ciudadanos y de las sociedades con base en los mercados.

En los párrafos que siguen haremos un recorrido de las nociones de desarrollo a través de las corrientes económicas desde finales del siglo XVIII hasta el siglo XX, con los denominados: mercantilistas y fisiócratas, los clásicos, los historicistas, los marxistas, los imperialistas, los neoclásicos, la propuesta schumpeteriana, la keynesiana, el enfoque de la modernización y de los estructuralistas. Y de las últimas dos décadas del siglo XX al XXI, las corrientes neoliberal, los neomarxistas y el otro desarrollo.

1.1.1 Corrientes mercantilista y fisiócrata

Tomando como punto de partida la revolución industrial de la Gran Bretaña a finales del siglo XVIII, momento en que convergieron las revoluciones estadounidense y francesa, éstas corrientes contribuyeron a fortalecer la coherencia entre los valores de las naciones y la formación de los ciudadanos, con el progreso técnico, tales como las innovaciones en la máquina de vapor y las grandes modificaciones en los procesos productivos (la era del vapor).

En ese contexto, convivieron dos corrientes que perseguían aumentar los excedentes y las capacidades de reproducción. Los mercantilistas buscaban ampliar el comercio exterior y la manufactura; y los fisiócratas que lo hacían con la agricultura dentro de un sistema que se reproducía. Ambos buscaban lograr procesos de producción cíclica. Para ambas corrientes el desarrollo se limitaba al progreso material.

1.1.2 Clásicos

La corriente inicia con Adam Smith, conocido como el padre de la economía. Sus trabajos se consideran los primeros manuales de desarrollo (Samuelson & Nordhaus, 2002, pág. 496); junto con las contribuciones de T.R. Malthus, D. Ricardo, J.S. Mill y J.W. Jevons, entre otros, todos hicieron observaciones importantes en cuanto a los factores que afectan la sustentabilidad de su noción de desarrollo.

A. Smith, indagando en los motores de las actividades económicas, argumentó, que el hombre es egoísta por naturaleza, se concentra en aspectos como: los mecanismos de control para la avaricia y la ambición de las personas ricas; el sistema dinero, para agilizar los intercambios, que representan el valor monetario de los bienes producidos; y los mercados que regulan el egoísmo individual (Smith [1776], 1983).

En ese sistema lo importante es la acumulación de capital, la cual se obtenía con la fuerza de “la mano invisible” (o mercado) y la división del trabajo (o especialización del trabajador), que al realimentarse generaría un ciclo, donde el sostenimiento ocurre a través del proceso acumulativo, gradual y continuo del capital. Esta es para los clásicos la noción de desarrollo.

Algunos de los aspectos que afectan la sustentabilidad del desarrollo los señaló T.R. Malthus³⁶, al analizar las causas que detienen el proceso acumulativo, es decir, que rompen el ciclo, dejando de ser gradual y continuo.

Para él, los desequilibrios entre oferta y demanda son la causa que detiene el proceso acumulativo; encuentra que al correlacionar y proyectar la tendencia del crecimiento poblacional con los recursos alimenticios una tasa de crecimiento constante, llegaría un momento en que no se podría cubrir la demanda alimenticia. Esto tendría repercusiones en la oferta, porque las capacidades de producción de los mismos tienen límites físicos calculables; y por los efectos sobre los salarios que tenderían a ser de subsistencia.

Este argumento, más las observaciones de D. Ricardo, lo llevó a indagar en la teoría del valor. Incluyó la forma del valor real de cambio, el cual define como el valor de las cosas necesarias, agradables y del trabajo³⁷. En esa misma línea, en mi opinión, llega a una de sus conclusiones más importantes acerca del tratamiento de los desequilibrios. Dado que aseguraba que la forma de atenderlos era con un “adecuado” balance entre las “necesidades” y los “deseos”.

T.R. Malthus advierte que el crecimiento continuo tiene límites y resalta dos opciones:

- una física donde la estrategia consiste en modificar el límite, por medio de la expansión de los insumos de producción³⁸, aunque también estén acotados; y
- la otra la asoció con los comportamientos del ser humano, donde la estrategia esta basada en la asimilación del límite, a través del balance de las necesidades y los deseos.

Incluso D. Ricardo, que además de las aportaciones a la teoría del valor, trabajó la idea de la desigualdad en la distribución de los recursos naturales en el planeta. Por ello la importancia de encaminar los intercambios internacionales, con base en el principio de la complementariedad y no de la competencia; tomando como uno de los principales supuestos el costo del transporte, el cual paradójicamente, lo consideraba despreciable (Ricardo [1817], 1973).

Otras observaciones importantes hacia la sustentabilidad del desarrollo, las hizo J.S. Mill [Barber, 1978, pág. 94; Blaug, 2001, pág. 204], al aseverar que la medición de los placeres, debía hacerse en términos cualitativos y cuantitativos, eso lo llevó a reinterpretar las leyes que gobiernan las actividades productivas, las condiciones técnicas y la distribución de la renta.

Concluyó primero que las leyes que gobiernan la producción son inalterables, se encuentran fijas en la naturaleza y la tecnología, por tanto, el hombre solo puede ajustarse a ellas nada más; y se planteó las leyes que gobiernan la distribución del producto social, donde las consecuencias estaban socialmente determinadas y quedaban sujetas al control humano³⁹.

J.S. Mill y T.R. Malthus distinguieron los límites físicos como los topes de la naturaleza y la tecnología como el tope en el trabajo productivo. El ser humano requiere comprender dichos límites para lograr “ajustarse” o adaptarse, ello como parte sustantiva de la responsabilidad del ser humano productivo en asumir las consecuencias de sus decisiones.

³⁶ T.R. Malthus, *op. cit.*

³⁷ T.R. Malthus distinguía tres formas de valor: valor en uso o utilidad de un objeto; nominal en cambio o valor en dinero; y real en cambio o en cosas necesarias, agradables y el trabajo.

³⁸ En su estudio serían las tierras cultivables fuera de los territorios ingleses.

³⁹ *Ibid.*

La observación de W.S. Javons respecto a que los seres humanos tienen que identificar y diferenciar entre necesidades y deseos, ya que el costo que implica satisfacerlas es la utilidad, esto se conoce como el principio de la teoría marginalista. Es importante porque forma parte de las bases y de los instrumentos para el razonamiento teórico de la economía convencional (Schumpeter [1947], 1968, págs. 9 - 23).

W.S. Jevons le daba mucha importancia a la definición de las necesidades, incluso en su obra “*La cuestión del carbón: una noción sobre el progreso de la nación, y el agotamiento probable de nuestras minas de carbón*”, hace explícita su preocupación por las consecuencias de tomar como necesidades, el consumo de material no renovable, que de manera inevitable llegaría a su agotamiento, incluso con los avances tecnológicos. Principio conocido como la “paradoja de Jevons”, la cual establece que conforme la eficiencia en el aprovechamiento de un recurso mejora, lo más probable que suceda es que aumente el consumo de dicho recurso, en vez de que disminuya (Jevons [1865], 2001).

Como se puede constatar al hacer Jevons la invitación a diferenciar y definir lo que es deseo y necesidad tiene implicaciones actuales para la noción de desarrollo y en consecuencia de su sustentabilidad.

1.1.3 Historicistas

En la primera mitad del siglo XIX los historicistas buscaban leyes económicas y culturales que explicaran el mundo que los rodea. Está conformada por dos escuelas, la vieja y la joven.

La primera escuela, con autores como Wilhelm Roscher, Karl Knies y Bruno Hildebrand. Tomaban de Hegel que las ideas van evolucionando como una fuerza motivadora de los cambios en la organización social. Su objetivo era describir la naturaleza económica y las necesidades económicas del ser humano⁴⁰. Para ésta escuela era imposible separar la economía de los demás fenómenos e incorporaron en sus análisis la relación histórico – estadístico.

La segunda escuela liderada por Gustav von Schmoller y otros como Georg Friedrich Knapp, Werner Sombart, Max Weber. Él confrontaba las metodologías de análisis de la corriente económica clásica y la neoclásica austriaca con el método histórico inductivo de la escuela alemana, consideraba que la teoría económica estaba sustentada en base a supuestos irreales, ello abría una brecha analítica que sería cubierta por las leyes históricas del desarrollo⁴¹.

Para ambas escuelas la noción de desarrollo era una sucesión de etapas dentro de procesos históricos.

1.1.4 Karl Marx

A mediados del siglo XIX los K. Marx analizó los procesos históricos basados en las fuerzas económicas y materiales, encontró que éstos culminan en el cambio económico y social del orden existente.

De acuerdo con Ekelund y Hébert (2005, *op. cit.*, pág. 277), teóricamente K. Marx estaba saturado tanto de la escuela alemana, en cuanto a la historia y la filosofía, como de la escuela económica clásica británica, en cuanto a la economía. Sin formar parte de ninguna de las escuelas anteriores. Además, abrevó del fisiólogo Jacob Moleschott (1822 – 1893) el concepto de “intercambio orgánico” o “metabolismo social” y del químico Justus von Liebig (1803-1873) aspectos de la producción e

⁴⁰ Robert B. Ekelund y Robert F. Hébert, *op. cit.*, pág. 267.

⁴¹ *Ibid.*, pág. 275.

intercambio de recursos entre territorios a través de su trabajo publicado como “Química Orgánica y sus aplicaciones para la agricultura y la fisiología”⁴² [Schmidt, 1977, págs. 94-95; Toledo, 2013, págs. 42-43; Martínez & Roca, 2006, pág.399; Martínez A., 2004, págs. Martínez A., 2004, págs. 3-8; Redcliff & Woodgate, 2010, pág. 107].

Tal andamiaje teórico lo llevó a cuestionar aspectos de la corriente clásica como: la autorregulación del desarrollo y sus políticas; y rechazaba la tesis de que el proceso económico fuera gradual e ininterrumpido. Concebía el desarrollo, como un sistema discontinuo y cargado de conflictividad, porque los capitales serían desviados para alcanzar aprovechamientos individuales cada más ventajosos, lo que favorecería la ineficiencia de los procesos productivos y la disminución en los incentivos para ahorrar e invertir.

La corriente que fundó K. Marx hizo observaciones importantes para la sustentabilidad del desarrollo (de acuerdo con lo que ésta investigación entiende por éstos conceptos). En las relaciones de producción observaba una dislocación entre la naturaleza y el ser humano, a través de los modos de producción, donde las estructuras sociales tomaban un papel fundamental, por eso el primer punto de solución que propone es la conciliación entre el ser humano y la naturaleza (Schmidt, 1977, pág. 110)⁴³. Tenían la misma preocupación que algunos pensadores clásicos, pero de manera aguda, notaban que existen límites físicos e indicios de incapacidades para asimilarlos, así como para asumir los costos de las decisiones tomadas, entre ellas, la definición de necesidades y deseos humanos, que los clasificaron como una evidencia de una enfermedad sistémica – social, la llamaron “el fetiche materialista”.

1.1.5 Neoclásicos

Entre finales del siglo XIX y durante el siglo XX surgió la llamada revolución marginalista, momento que se considera el inicio de la escuela neoclásica con autores como: W.S. Jevons, L. Walras, C. Menger, A. Marshall, G. Cassel, *et. al.*

El progreso técnico y la política expansionista – extractivista, daban la percepción de neutralizar las consecuencias de los rendimientos decrecientes, por lo menos en Europa⁴⁴, con ello convirtieron en objetivo de desarrollo la satisfacción de las necesidades de los seres humanos con el aprovechamiento óptimo de los recursos⁴⁵ (Hidalgo, 1998, pág. 43).

Las noción de desarrollo de esta corriente tiene tres características importantes (Yotopoulos & Nugent, 1991, pág. 25):

- es un proceso gradual e ininterrumpido, lo que conduce a prescripciones de políticas de ajuste para evitar cambios bruscos;
- es armonioso y acumulativo y cuenta con mecanismos de equilibrio automáticos; y
- tiene un gran optimismo en las posibilidades y beneficios del crecimiento económico continuo, en base a la difusión y transmisión del desarrollo económico.

⁴² Actualmente se consideran en los debates de las relaciones entre la capacidad de carga de los recursos naturales y la demografía humana (Martínez & Roca, *op. cit.*, pág.399).

⁴³ Aspecto con el que coincidió Lenin.

⁴⁴ Robert Badwin, *op. cit.*, pág. 38.

⁴⁵ Antonio L. Hidalgo, *op. cit.*, pág. 43.

Una de las cualidades de la corriente es que los ahorradores y los inversionistas no necesariamente tenían que ser la misma persona, esto conducía a agilizar los procesos de inversión⁴⁶. Este criterio se establece en función de la tasa que se localiza en el equilibrio entre la oferta de ahorro y la demanda de capital⁴⁷. Sin embargo, se produce una paradoja para el proceso de desarrollo que afecta la sustentabilidad del mismo, mientras dicha tasa no refleje las condiciones favorables para los inversionistas, éstos no invertirán y en consecuencia, no habrá acumulación, ni progreso económico y los salarios tendrán que mantenerse, – argumento que se conoce como la “espera de Marshall” –, o incluso disminuir, – argumento conocido como el “sacrificio de Cassel” – (Furtado, 1971, págs. 51 - 61).

1.1.6 Imperialistas

A finales del siglo XIX surge la corriente imperialista o imperialista marxista, definida por Lenin como la etapa superior del capitalismo. Abrevan en “El Capital” de Marx y en los “Principios” de J.S. Mill; realizaron una extensión del análisis marxista de una economía cerrada, a una abierta con comercio e inversión internacional; internacionalización de los conflictos de las clases sociales, dadas las políticas colonialistas para la apropiación de los recursos (Barber, 1978, pág. 144).

Más que asumir una noción de desarrollo observaban posibles consecuencias de los mecanismos y dinámicas de mercado de su época, que afectaban la sustentabilidad del mismo entendiendo esta como continuidad del desarrollo. En ese contexto, para los países imperialistas, sus colonias son proveedoras de materias primas y alimentos de bajo costo, lo que reduce el costo de la subsistencia, mejorando así, la renta real de la clase no propietaria en esas naciones. También analizaron el efecto de retrasar el consumo de las materias primas. Y se referían a la escasez de los recursos naturales y al deterioro de su entorno, como aquellos factores que detenían la caída de la tasa de beneficios⁴⁸.

1.1.7 Joseph A. Schumpeter

Esta propuesta que surgió durante la primera mitad del siglo XX, estaba de acuerdo con K. Marx, en el sentido de que ambos entendían que el desarrollo era un proceso discontinuo, irregular y dinámico. Además, J.A. Schumpeter distinguía entre crecimiento económico y desarrollo.

La diferencia entre crecimiento económico y desarrollo radica en que el primero era una variación lenta de la renta, producida por el aumento de la población; mientras que el segundo era un proceso discontinuo y brusco, que desplazaba al sistema económico de un punto de equilibrio, a otro de mayor nivel⁴⁹.

Para Schumpeter el origen del desarrollo y lo que le dota de sustentabilidad se localizaba en las innovaciones que introducían los empresarios, generando el efecto de revitalizar el sistema. El agente innovador utilizaría el crédito para acceder a la inversión necesaria y sustentar el cambio tecnológico; a esto le llamaban desarrollo vía inflación. La inflación se produce como efecto de corto plazo y el crédito gira sobre la innovación, momento en que el empresario obtendría los beneficios extraordinarios o acceso a una renta monopólica temporal; esos beneficios regresarían a los préstamos, iniciando ahora un proceso deflacionario (Schumpeter [1947], 1968, p. 235; Schumpeter [1954], 1971).

⁴⁶ Robert Baldwin, *op. cit.*, pp. 38 – 42.

⁴⁷ El mecanismo era la tasa que crea ahorro, y controla los impulsos de los inversionistas a las posibilidades del sistema.

⁴⁸ Mark Blaug, *op. cit.*, pág. 288.

⁴⁹ Robert Baldwin, *op. cit.*, pág. 41 y Mark Blaug, *op. cit.*, pág. 566.

De acuerdo a la presente documento, Schumpeter construye un esquema que tiene un impacto positivo en la sustentabilidad del desarrollo, en el sentido de que hacer más lento el crecimiento económico con respecto al tamaño de la población; y en que las posibilidades de sustentabilidad descansarían en la respuesta creativa y generadora de las innovaciones.

1.1.8 Enfoque de la modernización

Entre los años 1950 y 1975 se configuró el enfoque de la modernización. Éste percibe al desarrollo, como un proceso que de manera progresiva disminuye la brecha entre la tradición y la modernidad[Hidalgo, 1998, págs. 67-68; Rist, 2002, págs. 111-118].

Asocia el desarrollo con el crecimiento económico y tiene al PIB per cápita como su indicador principal. Identifica los factores políticos y sociales con la libertad, reflexiona sobre el fenómeno del subdesarrollo como atraso económico causado por los círculos viciosos que genera el estancamiento y/o la atonía económica. El elemento fundamental del modelo de desarrollo es la industrialización, los aspectos esenciales que toman un papel protagónico son el Estado, la planificación, así como el ahorro externo (en forma de ayuda, crédito o inversión), como medios para activar el proceso de crecimiento⁵⁰.

Su principal preocupación es el subdesarrollo, considerándolo como la causa del atraso económico, por lo tanto, no se alcanza la fase de despegue, es decir, sus análisis son las causas que generan dicho atraso, el común denominador son los círculos viciosos, entendidos, como la pobreza construida por insuficiencia, tanto de ahorro interno, como externo, lo cual limita los procesos de industrialización.

1.1.9 Enfoque estructuralista

Desde finales de los 1940 hasta principios de 1990 se localiza la corriente estructuralista⁵¹.

Al igual que J.A. Schumpeter, este enfoque distingue desarrollo de crecimiento económico, y lo divide en subdesarrollo y desarrollo, donde la diferencia entre uno y otro son los factores estructurales de sus economías y del progreso técnico⁵².

Este enfoque atendía al desarrollo como una expansión continua del número de sectores que utilizan la tecnología más avanzada y que realizan un cambio en la composición final de la producción total⁵³. Tiene implicaciones importantes en la dinámica entre los países que se consideran avanzados y los que no, ya que los subdesarrollados cumplen la función de abastecer de recursos para la industrialización de los avanzados, produciendo así estructuras económicas duales con el sector moderno, exportación de productos primarios y el sector tradicional a nivel de subsistencia, a la par que se importan productos manufacturados.

Otro elemento importante del enfoque estructuralista es que no existiría una transición de países subdesarrollados a desarrollados mientras no cambien su estructura, por una que genere su propia dinámica de crecimiento y desarrollo, atendiendo las causas internas y los desajustes estructurales⁵⁴.

⁵⁰ *Ibid.*

⁵¹ Corriente de pensamiento del desarrollo latinoamericana. Inició en la CEPAL con Raúl Prebisch, con la elaboración de la tesis Prebisch – Singer basada en la teoría de la tendencia al deterioro de los términos de intercambio desiguales, es decir, el modelo de centro y periferia.

⁵² Antonio L. Hidalgo, *op. cit.*, págs. 104-107.

⁵³ En esta corriente la expansión de la producción en función de la tecnología existente es crecimiento, no desarrollo.

⁵⁴ Las causas internas las entienden como una insuficiencia en las dinámicas entre el sistema económico y el social. Y los desajustes son aquellos que debido a la estructura de los países subdesarrollados se manifiestan como desequilibrios macroeconómicos.

Además de que sólo se podría llevar a cabo la transición con la intervención del Estado, como promotor de la transformación apoyada en el desarrollo de un sector industrial nacional diversificado.

1.1.10 Neomarxista

Entre los años 1957 y 1980 la corriente neomarxista se concentró en investigar varios aspectos del desarrollo⁵⁵, entre ellos: el aumento del excedente, la desigualdad, el proteccionismo, la dependencia, el desarrollo y el subdesarrollo, los oligopolios, y el funcionamiento del sistema.

Entiende al desarrollo como la reinversión nacional del excedente que permitiría aumentar la renta y redistribuirla equitativamente. El presente de un país estaría determinado por la posición que ocupa en la economía internacional.

Su método de análisis es la perspectiva histórica y la atención hacia una distribución del producto de manera equitativa entre las diferentes clases sociales. El desarrollo solo se podría dar con un cambio político radical.

Definen al subdesarrollo como el proceso caracterizado por una continua extracción del excedente, extraído de la periferia por parte de las economías avanzadas, mediante operaciones de transvase vía las estructuras de mercado oligopólicas. Una característica es el escaso ingreso per cápita y las bajas tasas de acumulación de capital.

La relación dinámica de los países avanzados con los subdesarrollados (la periferia), consiste en la extracción sistemática del excedente por medio de un intercambio desigual que, al ser persistente bloquea el desarrollo⁵⁶, de esta forma el sector industrial en la periferia estaría controlado por un número limitado de oligopolios nacionales y/o internacionales que atraerían el excedente hacia los centros de consumo.

1.1.11 Keynesianismo

Aunque los textos elaborados por ésta corriente fue en las décadas de 1920 y 1930, se aplicó hasta después de la segunda guerra mundial. Retoma de los mercantilistas y de T.R. Malthus el contexto de crisis y el análisis de los desequilibrios económicos⁵⁷, al afirmar que la oferta no crea su propia demanda y que las políticas macroeconómicas contribuyen a suavizar las fluctuaciones⁵⁸ [Keynes [1933], 1972, p. 71 – 108; Leontief [1985], 1991, p. 158]⁵⁹.

⁵⁵ Esta corriente inicia con el trabajo de Paul Baran con su publicación “La economía política del crecimiento”.

⁵⁶ Los países subdesarrollados no pueden pasar las mismas etapas que los desarrollados, porque las condiciones internacionales cambiaron de manera irreversible, en gran medida porque los dominantes de la periferia no estarían interesados en desarrollar un capitalismo productivo periférico.

⁵⁷ Retoma a los mercantilistas en cuanto al uso del dinero y las potencialidades de asociarle un valor. Había observado, en los contextos de las guerras napoleónicas que se producía inflación con decrecimiento.

⁵⁸ Conocida como la *Ley de Say* sobre la cual basaban la tendencia al equilibrio económico y la inexistencia del desempleo.

⁵⁹ El mecanismo que elaboró consistía en estimular la demanda agregada, mediante la efectiva, vía la inversión pública a través del poder del Estado, para gravar y gastar, de tal modo que movería en esa dirección al ciclo económico, para ello se necesitaba un programa planificador a gran escala de política fiscal, con imposiciones progresivas, que lo prepararían para el pleno empleo.

La corriente diseñó un mecanismo para dotar de continuidad al proceso de desarrollo, utilizando dos aspectos importantes: primero sugería que era adecuado planear la senda del desarrollo estimulando las actividades productivas; y segundo que desde el Estado y sus órganos de poder podrían instrumentar los mecanismos de control y los estímulos necesarios⁶⁰.

Al término de la Segunda Guerra Mundial, como respuesta al ambiente posbélico, se intensificaron los estudios sobre el desarrollo en dos vías principalmente: una en la economía del bienestar; y otra en los problemas de por qué algunos países no lograban alcanzar el desarrollo (en cuanto al crecimiento económico y la mejora de las condiciones de vida de sus individuos). Es la época en que se ensambla el llamado Estado de Bienestar, motivado en gran medida por el sistema bipolar internacional: EU y URSS.

1.1.12 Neoliberal

La corriente neoliberal, surge de un reenfoque de la corriente neoclásica, es la respuesta a la crisis del keynesianismo a finales de la década de los 1970 y principios de los 1980. Los mercados nacionales habían alcanzado un cierto grado de madurez, en consecuencia se requería liberalizar las economías nacionales para configurar los mercados globales. La liberalización de los mercados internacionales indujo nuevas formas de organización supranacional⁶¹, la noción de desarrollo es similar a la clásica, en cuanto a que la entienden como procesos graduales y continuos, armoniosos y acumulativos, con un gran optimismo en los beneficios del crecimiento económico basados en la liberalización de los mercados.

Tanto la corriente neoclásica como la neoliberal comparten su optimismo sobre los beneficios que se obtendrían del crecimiento económico basado en el comercio internacional.

La estrategia neoliberal se establece en los 1980 y 1990, con la certeza de que el comercio internacional conllevaría a beneficios mutuos, creían que la liberalización económica era un incentivo humano importante, y para alcanzar la eficiencia y el bienestar era necesario que el gobierno no interviniera en las operaciones del mercado⁶².

El criterio para lograr la continuidad del desarrollo es dejar al mercado lo más libre posible, concepción de A. Smith, en cuanto al sistema de mercado puro, sin intervenciones lograría asignar los recursos de manera eficiente y controlaría las concentraciones (los impulsos de avaricia de las personas ricas).

⁶⁰ Establecieron el proteccionismo. El imperativo del sistema capitalista era crear mercados nacionales, lo cual implicaba liberalizar las actividades económicas al interior de los países. Por ello era necesario crear Estados – nación, nacionalismos e identidades.

⁶¹ Coincidían en la necesidad de proponer planes de desarrollo coordinados con las nuevas formas de cooperación entre Estados, aunque hasta la década de 1960, se inició formalmente en la resolución 1710 de la asamblea general de la ONU, que anunciaba el “decenio del desarrollo” como objetivo cuantitativo y cualitativo, y que consistía en alcanzar la tasa mínima de crecimiento anual del ingreso nacional de 5% en los países de menor desarrollo (Yotopoulos & Nugent, 1991, pág. 18).

⁶² Conceptualmente querían explicar la crisis de los 1970. En los 1980 con el triunfo político electoral, los conservadores en EU y el Reino Unido dieron un giro neoliberal a las instituciones supranacionales que elaboraban recomendaciones político – económicas (FMI – BM), en el momento en el que los países en desarrollo acudían a negociaciones por problemas financieros. Estos organismos supranacionales, con sede en Washington, realizaban estudios para explicar la crisis latinoamericana y sobre las reformas que necesitaría la región para superarla con la aplicación de políticas reformistas, conocido como el Consenso de Washington, que consistía en lograr un sendero de desarrollo, donde las economías tendrían que ser estabilizadas, liberalizadas y privatizadas. Son tres pilares que lo soporta: (1) El diagnóstico de la crisis de Latinoamérica, se debe al crecimiento del Estado, el proteccionismo, la regulación y el peso de las empresas públicas, lo que genera la incapacidad del gobierno para controlar el déficit público. (2) Recomendaciones de política – económica de corto plazo, una política estabilizadora. (3) Y las recomendaciones políticas a las reformas estructurales, donde se pretende lograr el desarrollo reduciendo el tamaño del Estado, liberalizando el comercio internacional y promoviendo las exportaciones.

Esta corriente es la más importante por su carácter convencional y dominante. Su aplicación es la más extendida en el mundo e influye de manera crucial en el diseño de las políticas económicas en los Estado – nación y en las prescripciones de las principales instituciones públicas supranacionales (FMI – BM – OMC), correlacionadas directamente con el Consenso de Washington.

1.1.13 Otro desarrollo

Inicio en la década de los 1970 con las aportaciones del informe: del Club de Roma, donde retoman los trabajos de T.R. Malthus con los modelos prospectivos de los autores; el informe Founex; la conferencia de Estocolmo sobre medio ambiente; el artículo de I. Sachs sobre el ecodesarrollo; la Declaración de Cocoyoc de la ONU; y sobre todo el “¿Qué hacer? Otro desarrollo” de la Fundación Dag Hammarskjöld.

Se estaba gestando un enfoque distinto de desarrollo, ya no como incremento de riqueza, sino como lucha contra la pobreza⁶³.

Esta corriente diversa e insatisfecha con las capacidades explicativas de las diversas corrientes, teorías y enfoques para explicar las causas del subdesarrollo, nació de la necesidad de proponer otras medidas para salir del mismo, además de la preocupación por atender el abandono de las concepciones sociales y ecológicas⁶⁴. Así, se crearon las condiciones para una noción más amplia y dinámica del desarrollo, a través de movimientos solidarios y de organizaciones de la sociedad civil.

Con estas bases iniciaron varias corrientes que se pueden englobar en lo que se denominó el *otro desarrollo*: en la década de los 1970 el ecodesarrollo, el endodesarrollo y el desarrollo autónomo; en los 1980 el desarrollo multidimensional y las reformas de orden internacional; y en los 1990 el etnodesarrollo, el desarrollo local y el desarrollo sustentable.

La esencia de las diferentes nociones y propuestas de esta corriente, consistía en:

- resaltar lo que consideran fundamental para la planeación y ejecución, como visibilizar e internalizar las externalidades ambientales en los proyectos;
- diseñar esquemas que ajusten las escalas de producción – consumo, contemplando los recursos y tamaño de las poblaciones locales;
- integrar de las tradiciones antiguas en los mercados o balance entre lo artesanal y lo industrial;
- dar coherencia integradora de las diferentes dimensiones (económica, social, ambiental, cultural y otras);
- intentar darle voz a los individuos no nacidos (intergeneracional), así como velar por sus intereses.

Simultáneamente con éstas nociones y propuestas de desarrollo nació la economía ecológica, que las engloba de manera directa e indirecta. El principio de análisis es contemplar al planeta como un sistema termodinámico cerrado, así como tomar en cuenta sus leyes en los procesos económicos, aspectos que requieren de reenfocar las nociones de desarrollo y sobretodo, de su sustentabilidad, porque pone en evidencia los límites físicos de materia y energía útil, y en cuanto a la asimilación de los límites, se suma a la admisión de la naturaleza entrópica de los procesos productivos económicos.

⁶³ La esencia de este enfoque es erradicar la pobreza a través de la satisfacción de las necesidades básicas del ser humano.

⁶⁴ Los que conforman a la corriente conciben que los modos de vida deberían de alejarse del consumismo para adoptar uno estrictamente necesario, basado en las relaciones solidarias y en el equilibrio de las relaciones del ser humano con la naturaleza.

1.1.14 Enfoque de Amartya Sen

Amartya Sen (2000), sintetiza la importancia que ha tomado el ser humano, su bienestar y su acceso a la libertad como elementos centrales para el desarrollo. Lo define como el proceso de expansión de las libertades reales que disfrutan los individuos, donde algunas de ellas son fundamentales, es decir, el goce de ellas tienen un efecto multiplicador sobre otras, como la libertad a un ingreso económico, que puede contribuir a la libertad para elegir los alimentos o la vivienda. Por otro lado, se tiene que algunas libertades son instrumentales, como la educación, la cual es un instrumento que puede contribuir a obtener un empleo mejor remunerado o, entre otros aspectos, a mejorar la calidad intelectual y así, la calidad de vida. A. Sen dignifica el papel del ser humano en el desarrollo de las naciones. Advierte que sin acceso creciente a satisfactores o derechos difícilmente se podrá sustentar la democracia (Sen, 2000).

1.2 Vínculo de la energía con el desarrollo e impacto en la sustentabilidad

Desde los inicios de la economía han estado presentes las preocupaciones de disponibilidad y gestión de recursos, entre ellos los energéticos, sin embargo, las observaciones de la energía en los aspectos de la economía, y en consecuencia del desarrollo, no han sido tan difundidas como en la actualidad. Esta sección se ocupa de compilar las observaciones antiguas y las más relevantes de las décadas recientes.

1.2.1 Contribuciones antiguas

Desde finales del siglo XIX, economistas, ingenieros, médicos, urbanistas, biólogos y químicos, entre otros profesionistas, hicieron observaciones que integran a la energía en los análisis de la teoría económica, ello contribuyó en alguna medida a ir modificando las concepciones de desarrollo. Esta investigación las considera porque impactan en los principios de la economía y además son los antecedentes de la economía de la energía.

A finales del siglo XIX Serhii Podolinsky analizó las “condiciones de la vida humana en la Tierra” mediante el análisis de los flujos de energía y de la eficiencia energética, aplicados al trabajo suministrado en la agricultura y la energética agrícola. Su trabajo fue relacionar los modos de producción con la disponibilidad energética (Martínez A., 1986, pág. 10).

Él fue el primero en utilizar el concepto de *costo energético de la energía* (energy output – input, ENROI) en diferentes tipos de tierra cultivable.

La metodología que utilizó es uno de los primeros intentos de contabilidad energética, la cual consistía en medir el gasto energético del trabajo humano aplicado a la agricultura; lo representaba como la capacidad del hombre para transformar energía en trabajo, comparándolo con la máquina térmica, lo llamó el “coeficiente económico”.

Los resultados se convirtieron en el Principio de Podolinsky “...*una sociedad no es viable a menos que el rendimiento energético del trabajo humano cubra el costo energético de ese trabajo...*”, además muestra la tendencia en las sociedades de algunos países, de convertir las necesidades básicas en necesidades posicionales, es decir, de prestigio que entre los extractos sociales se erige en aspiraciones de ascenso social (Martínez A., 1995, págs. 34-47)⁶⁵.

S. Podolinsky envió un artículo a K. Marx en 1880, comentando que quería conciliar la doctrina del plusvalor con la teoría física, aspecto que para F. Engels, era un error unir la economía con la física, aunque coincidían en que el ser humano era una gran “despilfarrador” de energía solar del pasado en sus modos de producción, en particular del sistema capitalista.

⁶⁵ S. Podolinsky concluía que el flujo de la energía solar era el de mayor importancia, en los modos de producción de la antigüedad también concluía que en la relación del trabajo humano en la agricultura observaba dos procesos paralelos que llamó “circuito de la vida”, que consistía en que las funciones vitales de las plantas y del ser humano por medio de su trabajo, cerraban ciclos naturales, gracias a que tiene la capacidad de transformar energía con mejor eficiencia que una máquina térmica.

En la misma época, Eduard Sacher analizó las etapas de la historia humana en términos de uso de la energía⁶⁶, para ello hizo investigaciones de las fuentes de energía (incluyendo la obtenida de los animales domésticos para la producción agrícola y forestal) junto con los cambios en las formas de realizar las actividades y relacionó el progreso cultural con la disponibilidad energética⁶⁷.

Después combinó en sus estudios agrícolas y forestales el Principio de Podolinsky con la contabilidad energética. Advirtió que ésta estaba incompleta, dado que no incluía la energía utilizada en los fertilizantes, ni en las máquinas de vapor.

E. Sacher también observó, al igual que S. Podolinsky, que algunos grupos sociales se apropiaban de excedentes de energía que sobrepasaban las necesidades de subsistencia. Además amplió el Principio Podolinsky en los términos siguientes “...para que una economía sea viable, la productividad energética del trabajo humano debe ser mayor o igual que el rendimiento de los trabajadores, vistos como máquinas térmicas...”.

Patrick Geddes, por medio de las cartas que intercambió con Léon Walras (1883), argumentaba que los estudios de producción de materiales necesitaban de la física, que la utilidad era un concepto poco científico, que era más adecuado expresar el valor dentro de las realidades físicas, porque el mercado no reflejaba las necesidades reales para los seres humanos. La esencia de su crítica era que la contabilidad económica no seguía los rastros de las pérdidas de energía y de materia en los procesos económicos.

P. Geddes se apoyó en el trabajo de W.S. Jevons acerca del carbón, porque ahí distingue que tiene un valor subjetivo dividido en dos, uno en su valor de intercambio y otro que representa la cantidad de energía almacenada, esta última implica un límite calculable (Martínez A. & Schlümpmann, 1991, págs. 114 - 125). Se le reconoce como uno de los primeros en analizar las etapas de la historia humana en términos de gasto energético.

También Geddes realizó trabajos de urbanismo, donde alegaba que era necesario estimar el abastecimiento de los materiales y la energía, así como de sus residuos en los centros urbanos, en los existentes y sobre todos en los que se diseñarían en el futuro (Batty & Marshall, 2009). Para ello propuso a modo de esquema e influenciado por los fisiócratas y el *Tableau Economique*, lo que se le denominó tabla de Insumo – Producto expresada en unidades físicas, que estaría dividida en tres secciones:

- extracción de combustibles y materiales;
- manufactura y transporte;
- e intercambio.

Si bien, Geddes identificaba que dicha tabla estaría integrada por la fase de extracción de los insumos, los procesos de transformación y la posterior distribución de producto terminado, aun no se contaba con información. Fue de carácter informativo donde muestra el interés de cuantificar los flujos de materiales y combustibles a través de una economía. Geddes observaba a las sociedades como máquinas en las que los fenómenos se interpretan como integración – desintegración de material con transformación y disipación de energía⁶⁸.

⁶⁶ Estimó los aumentos en la producción con el uso de energía a través de funciones logísticas. Las etapas históricas que consideró fueron: la edad de piedra, del bronce, del hierro y la era de la energía.

⁶⁷ Martínez A., *op. cit.*, pág. 15.

⁶⁸ Martínez A., *op. cit.*, págs. 25-61.

Los historiadores de la relación economía – energía consideran que S. Podolinsky, E. Sacher y P. Geddes fueron los primeros economistas de la energía⁶⁹. Esa opinión esta sustentada en:

- los estudios de evolución del progreso cultural y de los modos de producción en términos del gasto energético;
- la definición del coeficiente económico;
- los ajustes de contabilidad energética; y
- la propuesta de una metodología sistemática que representa procesos productivos desde la extracción hasta el consumo (con sus posibles efectos ambientales).

Rudolf Clausius en 1885 publicó “Reservas de energía de la naturaleza y su beneficio para la humanidad”, donde aborda las relaciones entre la energía mecánica y la economía. Explica que el carbón que consumían se había formado millones de años antes y que el ritmo de consumo era mucho mayor al de su formación. Añadía que el comportamiento de la economía era como el que dilapida una herencia de mucho valor. Explicaba que la creación de energía útil conlleva un gasto de energía, de otra forma es imposible. Propuso la hidroenergía como fuente energética para abastecer una carga base e instaba a que las naciones civilizadas se unieran para controlar la explotación de los yacimientos de carbón⁷⁰.

En 1902, Leopold Pfaundler, investigando acerca de los límites y las posibilidades del crecimiento, argumentaba que la lucha por la existencia es por la apropiación de energía libre⁷¹, y ésta debía utilizarse para estimar la capacidad de carga de la Tierra, donde la energía (solar) era la primera prioridad, incluso por encima de los flujos de materia, pensaba que era posible el reciclaje total por la ley de conservación de la termodinámica⁷².

Henry Adams examinó los efectos de la eficiencia energética del consumo de carbón en los progresos técnicos de Europa, encuentra que la extracción de ese energético se había duplicado cada diez años, y la potencia obtenida de cada tonelada de carbón había aumentado de tres a cuatro veces de 1840 a 1900, con ello propone la *ley de aceleración en el consumo de energía*⁷³, pensaba que la relación de energía útil con energía extraída aumentaría significativamente (Adams, 1904; Martínez A, 2004).

En 1909 Wilhem Ostwald publicó los “Fundamentos energéticos de la ciencia y la cultura”. Estableció que el desarrollo de la cultura depende de la disponibilidad energética y de las eficiencias de transformación de la energía; este esquema lo utilizó para analizar las etapas de las sociedades y para medir el progreso cultural⁷⁴ (Gyung, 2006).

⁶⁹ Martínez A., *op. cit.*, pág. 131.

⁷⁰ *Ibíd.*

⁷¹ *Ibíd.*

⁷² En sus investigaciones analizó la capacidad de carga de la Tierra por medio del flujo de energía solar, la fotosíntesis y las capacidades de energía alimenticia en la nutrición humana, definió la “crisis energética” como la situación en la que las personas no tienen acceso a los alimentos necesarios para su sustento (estimó que eran necesarias entre 1500 y 2000 Calorías/día), y que además dicha situación no ocurriría por factores naturales sino que sería por mala organización social y restricciones de movilidad fronteriza.

⁷³ Resaltaba que el potencial energético de América era incalculable, y, aunque se incrementaría el uso de dicho potencial, dado el ritmo de aprovechamiento de la energía, los estadounidenses que vivieran en el año 2000 sabrían como utilizar ese potencial ilimitado (Adams, 1918, p. 409).

⁷⁴ Proponía la unificación de las ciencias, que más bien era una modificación a la pirámide de ciencias de A. Comte, las clasificaba en tres, ciencias: las energéticas, compuestas por la mecánica, la física y la química; las del orden, integradas por la lógica, las matemáticas y la geometría; y las de la vida, las cuales contendrían a la filosofía, la psicología, la cultura y la genealogía.

Argumentaba que el progreso cultural, se vería reflejado en la disminución del consumo de energéticos. La disponibilidad de energía se obtendría de diversas formas de transformar la energía radiante del sol; y aseguraba que toda economía viable debía estar basada exclusivamente en la radiación solar⁷⁵.

W. Ostwald discutió el tema con Max Weber. Weber le hizo saber que no estaba de acuerdo con la unificación de las ciencias, que era un reduccionismo energético. Ostwald le contraargumento que los cambios culturales están acompañados de nuevas relaciones energéticas. A lo que Weber respondió que éstas, dependían del descubrimiento de nuevas fuentes de energía primaria, además, la transmisión de energía necesita de conductores, que son materiales agotables, por lo tanto, faltaba agregar a la percepción la disponibilidad de la materia.

Por último, Weber añadió, que los costos económicos distan de los gastos energéticos, que la relación entre costos y precios, decisivos para ser competitivos en una economía de intercambio son más remotos que la cantidad de energía utilizada; como ejemplo, comparó las intensidades de energía de los telares mecánicos respecto a los manuales, para resaltar la mejora eficiencia energética de éstos últimos, pero su costo energético dista mucho de los mecánicos (Mikkelsen & Schwartz, 1984).

Josef Popper Lynkeus, dedica parte de sus investigaciones a indagar acerca de la disponibilidad de energía y materiales en Alemania y la posibilidad de proporcionar a todas las personas lo que denominó un mínimo sustento.

En su trabajo *El deber general de nutrición* publicado en 1912, argumentó que el mínimo sustento debería de ser garantizado por el Estado, con el mecanismo de un servicio laboral obligatorio, y todo lo que estuviera por encima de ese rango de sustento, sería bajo las leyes del libre mercado.

Vio que la disponibilidad a la energía era un gran problema. Consideró que era necesario determinar las posibilidades de sustitución de energía (combustibles), examinó los biocombustibles, en especial la papa, llegó a la conclusión de que la barrera más alta era la competencia combustible – alimento, dado el sistema de precios⁷⁶.

Un ejemplo de la preocupación respecto de las actividades del ser humano y la naturaleza, fue la obra de Arthur C. Pigou en *La economía del bienestar* (1920), donde explicó que algunos costos y beneficios no están incluidos en los costos de mercado, lo cual afecta la manera en que los individuos se relacionan con el medio ambiente⁷⁷. Utilizó el concepto de externalidades para clasificar los impactos de las actividades económicas sobre el medio natural⁷⁸, y propuso el mecanismo de impuestos gestionados desde los órganos de poder, conocidos como impuestos *piguvianos* (Mártinez, Roca, & Jannette, 1998).

⁷⁵ Martínez A., *op. cit.* pág. 28.

⁷⁶ Hizo una comparación de la producción de papa en una agricultura abierta y con respecto a la producción en invernaderos del norte de Europa. En este último el balance de energía no era favorable, porque utilizaban como principal energético el carbón. Este tema lo discutió con Kropotkin, que estaba a favor de los invernaderos como posible solución a los biocombustibles (Martínez A., 1986, p. 39-41).

⁷⁷ Para la economía ambiental son las señales que manda el mercado para regular las actividades económicas con el medio ambiente, medidas de autorregulación.

⁷⁸ Y propone que las externalidades sean subsanadas mediante acuerdos voluntarios entre las partes propietarias o por el Estado (como garante de los intereses de las generaciones futuras).

En la misma dirección pero con un enfoque distinto fue el trabajo de Ronald Coase en 1920, mejor conocido como el “Teorema de Coase”. Parte de la hipótesis de que los mercados pueden no asegurar la cantidad óptima de externalidades, empero, se pueden conducir en esa dirección y de manera sutil, sin la necesidad de actividades regulatorias, por medio de sistemas impositivos o a través de limitaciones cuantitativas, y enfatiza las soluciones que conllevan acuerdos sociales alternativos⁷⁹.

En 1926 Vladimir Vernadsky con la obra *La biosfera*, hace una conexión entre la ecología y la segunda ley de la termodinámica, determinando que el mundo está compuesto de cinco realidades⁸⁰, de las cuales focaliza los seres inteligentes y sus actividades⁸¹. La obra tuvo un impacto importante en la economía porque sugería observar al planeta, de dónde se obtienen los recursos para las actividades económicas, como un sistema termodinámico cerrado, con la consecuencia inmediata de límites para la obtención y uso de energía y de materia, así como la vida de las especies que habitan el medio ambiente a través de dichas actividades.

Karl Ballod, desde 1882 hasta 1927 publicó trabajos donde evaluaba la disposición de recursos para el futuro de las sociedades (en especial la alemana), mediante la contabilidad de los mismos, infería cómo funcionaría el sistema económico.

Lo interesante de su contabilidad es que siempre buscaba combinaciones para sustentar las necesidades energéticas y las de materiales en las sociedades, los animales y las plantas.

Desde la obtención de los recursos hasta sus desechos, consecuencia de sus aprovechamientos, pasó por dos etapas, una en que le daba mucho peso a la tecnología y sus posibles beneficios en la productividad económica (consideraba positivamente los criterios de los tecnócratas y del fordismo); y otra, al contemplar los costos indirectos de energía y materiales, como los de transporte; esto último lo llevó a dejar de lado su fordismo – tecnócrata, para construir argumentos contra la expansión de la industria automotriz y de las carreteras.

La crítica que hizo tenía como base la planificación de la industrialización urbana, con el uso intensivo de recursos agotables de Alemania y sobre todo de otros territorios hacia el este.

Pensaba que lo adecuado en las modalidades de coordinación, serían combinaciones entre empresas públicas, estatales y locales con régimen colectivo, donde los técnicos hicieran la gestión; esto en conjunto con la elaboración de “planes” basados en lo que él le llamaba “utopías”, se refería a establecer un futuro ideal a seguir⁸².

Otto Neurath en 1919, tuvo dos intervenciones interesantes:

- una, al hacer comentarios de la elaboración de “planes” teniendo una sola medida para valorarlos, donde lo usual era el dinero, aunque ya se proponía la intensidad de energía con el trabajo humano realizado⁸³;
- y otra, en que propuso la idea de inconmensurabilidad, para distinguir entre la energía y los recursos agotables, con la obtenida por el trabajo humano, así como sus efectos presentes y futuros.

⁷⁹ *Ibíd.*

⁸⁰ Estas son: la atmósfera, compuesta del aire que rodea la tierra; la litósfera, conocida como la corteza terrestre; la biosfera, considerada como el conjunto de medios en donde se desarrollan los seres vivos; la tecnosfera, donde lo conforman todas las actividades realizadas por el hombre; y la noosfera, como el conjunto de seres inteligentes.

⁸¹ Vernadsky [1926], 1997 *op. cit.*, págs. 53-63, 113-139.

⁸² Martínez A., *op. cit.*, págs. 42 – 45, y Martínez A. & Schlümpmann, *op. cit.*, págs. 243 – 260.

⁸³ Martínez A. & Schlümpmann *op. cit.*, págs. 261 – 268.

Era un mecanismo para aumentar los criterios de toma de decisiones. Comentaba que J.P. Lynkeus y K. Ballod proponían “planes económicos” basados en estadísticas, pero que estaban incompletos o serían más adecuados si distinguían el origen de los recursos y se establecía explícitamente un futuro, para así, tener elementos de toma de decisiones, tales como los efectos de agotar los recursos, el subempleo y los contaminantes⁸⁴.

Frederick Soddy tuvo una larga trayectoria enfatizando, a través de sus investigaciones, la intersección de los aspectos energéticos con los económicos.

Desde 1903 afirmaba que el potencial de la energía contenida en los átomos cambiaría las perspectivas económicas de la humanidad.

En 1912 publica *Materia y Energía*, donde relaciona la energía con la civilización humana, distinguió dos tipos de energía, una para la vida y otra para la economía. Añadía que si la energía es la materia prima, entonces su producto es el conocimiento, por lo tanto, solo el conocimiento justifica su existencia retardando su declive, sin embargo, este se puede reponer mientras, que los recursos son limitados (Soddy, 1912, págs. 245-246).

Entre 1914 y 1918 criticó el trabajo de J.M. Keynes *Las consecuencias económicas de la paz* resaltó que era deficiente la explicación del cómo lograr el crecimiento económico exponencial, porque no contemplaba las necesidades energéticas para lograrlo, dado que no creía en el crecimiento económico pensaba en problemas de redistribución.

En 1921 impartió un par de conferencias tituladas “Economía cartesiana”, donde explicó la diferencia entre el uso vital y el uso laboral de la economía, aconsejó a los economistas que deberían de estudiar el uso de la energía y les reprochó el confundir la economía con la crematística, les afirmó que no utilizar las leyes de la termodinámica en la economía, en especial la entropía, le produce un carácter metafísico a la teoría economía⁸⁵.

Alfred Lotka, utilizó los conceptos de energía con la teoría de la selección natural, para construir la “Ley de la evolución”, definió los aprovechamientos endosomáticos y exosomáticos de energía, como el éxito de la reproducción de la especie; explicó que el caso del ser humano, se debía a la adición al instrumento exosomático. Entre sus conclusiones destaca la formulación de la “Ley del flujo máximo de energía”, que establece que los sistemas auto – organizativos tienden a maximizar la energía útil. También distinguió que el ser humano es la especie con las diferencias de uso de energía y materia más grandes (Lotka, 1921; 1922; 1922b; 1925).

En 1918, la Alianza Técnica, donde sus miembros se hacían llamar los “tecnócratas”, liderada por Howard Scott, analizaban las industrias de EU y Canadá, con los parámetros económicos en unidades de energía⁸⁶.

Utilizaron tanto los conceptos de energía, como sus unidades de medición, para evaluar las transformaciones de la misma a través del uso de los motores para convertirla en trabajo; determinaron la eficiencia como el trabajo realizado por cantidad de energía suministrada; lo cual lo compararon con la eficiencia del hombre para generar trabajo, coeficiente aproximado de 24%; la principal conexión era la disponibilidad de energía con el desarrollo social, la denominaban energética social⁸⁷.

⁸⁴ Las críticas que recibió, fueron que el mercado es el que hace que las cosas sean conmensurables y determina, la pauta de agotamiento de los recursos no renovables (Martínez A. & Roca J., 2001, pág. 260).

⁸⁵ Martínez A., *op. cit.*, págs. 13-15, 145-172.

⁸⁶ Martínez A., *op. cit.*, págs. 37-38.

⁸⁷ Martínez & Schlümpmann, *op. cit.*, págs. 177-181.

En los 1930 se convirtió en el movimiento “Technocracy Inc.”, en gran medida por los estudios que aportó Marion K. Hubbert, guía intelectual de acuerdo con Martínez A. (1986); entre la década de los 1930 y 1940 publicaron varias ediciones de *Technocracy study course*.

Analizaron el uso de la energía en la historia del ser humano y lo comparaban con otras especies (Technocracy Inc. [1945], 2008); algunas de sus conclusiones fueron que:

- en la naturaleza los equilibrios son dinámicos;
- que el lugar del ser humano, consistía en alejar energía de otras especies para su propio beneficio, por lo tanto, su historia esté en función del aprovechamiento de energía (diferente a la de alimentación);
- por lo que cualquier persona que tenga una tecnología para control de energía superior a otras (en términos de densidad y magnitud), tiende a dominar a los de menores capacidades.

También en los 1930, mencionaron los problemas de disponibilidad de recursos, enfatizaron que las limitaciones del poder de compra industrial, era un problema de distribución en el sistema de precios; proponían reemplazar el dinero por “certificados de energía”, porque para ellos el aprovechamiento de energía total era igual a la producción de bienes y servicios [Martínez A., 1986, págs. 37-38; Nelson, 1978, pág. 105].

En los 1950 predijeron que la producción de petróleo de EU llegaría a su máximo en la década de los 1970. Propusieron una metodología para estimar el agotamiento, que en función de las reservas totales de recursos energéticos y de materiales, modelaría el agotamiento en forma de campana.

En la primera mitad de la década de los 1950, Frederick Cottrell en la línea de W. Otswald, en cuanto a los estudios de la energética social; analizó la calidad de la energía como la diferencia entre la energía liberada de un proceso productivo, menos la energía invertida en él; con el desarrollo económico y social, en términos de la energía utilizada para subsidiar el trabajo humano.

Aplicó las variables al periodo de la revolución industrial. Su primera conclusión fue que el éxito económico de esta etapa radicó en el complemento del trabajo humano, con las enormes cantidades de energía de los combustibles fósiles. En su conclusión final, retoma los trabajos de A. Lotka, para establecer que la selección natural favorece a aquellos que pueden maximizar los flujos energéticos a través de sus sistemas.

1.2.2 Contribuciones actuales

Kenneth Boulding en 1966, retoma la idea de V. Vernadsky, de examinar al planeta como un sistema termodinámico cerrado, para su trabajo “La economía de la nave espacial Tierra”; que consistió en analizar el sistema económico cerrado; donde las relaciones de éste con su medio ambiente forzosamente caen en flujos circulares. Observó que en algún momento, tales flujos se detienen, porque no es posible reutilizar ni reciclar todo, se hizo evidente un problema de disponibilidad de energía. Argumentaba que mientras se dispongan de insumos de energía sería posible concentrar materia.

Éste último razonamiento también lo utilizó Nicholaes Georgescu – Roegen, en su obra *La ley de la entropía y el proceso económico* (Georgescu-Roegen [1971], 1996). Argumentó que existía un vacío en la teoría económica convencional, con los stocks y los flujos que generan las relaciones de equilibrio entre el capital natural y el capital manufacturado; porque la diferencia en el estado de la materia, la

acompaña la degradación de la calidad de la energía, y estas diferencias llegarán a la muerte de los gradientes (Georgescu-Roegen [1972], 1975).

Utilizó la discusión entre M. Weber y W. Ostwald de la importancia de la energía. Para N. Georgescu, la degradación de la materia, es el factor que impone las restricciones al crecimiento económico por encima de la disponibilidad de energía; dado que, aunque exista, serán necesarios sus conductores, la materia, por eso lo llevó a definir la cuarta ley de la termodinámica: “le ley de la entropía de la materia”. Además enfatizó que, al analizar procesos económicos, no se debe de perder de vista que el fin de cualquier bien o servicio producido, no es el flujo de materia, sino el disfrute de la vida, un flujo psicológico (Georgescu-Roegen, 1983).

Aspectos que discutió en repetidas ocasiones con R. Solow y J. Stiglitz, las cuales giraban en torno a lo que ellos sostenían como “amplias capacidades de sustitución” de los recursos a disposición del sistema económico.

En contraste, N. Georgescu, consideraba que esto no era así, debido a lo que él proponía como la *ley de la entropía de la materia*. Además les cuestionaba, que el largo plazo para ellos era un horizonte de cincuenta años.

A inicios de la década de los 1970, Howard T. Odum, examinó los flujos de energía de los sistemas naturales y humanos, utilizó los conceptos de C. Darwin (evolución) y de A. Lotka (concentraciones de energía). Resaltó que la calidad de la energía es una ventaja para las sociedades que la tienen, siempre y cuando desarrollen los mecanismos para su aprovechamiento. Enfocó a los sistemas económicos a partir de las relaciones entre energía y valor monetario, las cuales argumentaba y consideraba que la dinámica entre ambos, es a través de los “flujos de contracorrientes”, es decir, el valor monetario y la energía, van en sentidos opuestos en el sistema económico.

También en el inicio de la década de los 1970, Charles Hall elaboró un indicador físico que cuantifica el *costo energético* en las diferentes etapas de los procesos económicos, el EROI, Energy Return On energy Input, [Martínez A. & Roca J, 2001, págs. 416 – 420; Hall, Lambert, Balogh, 2014].

En gran medida, durante la década de los 1970 aumentaron los análisis de los vínculos de la energía en aspectos económicos, sociales y ambientales; se engloban todos en el concepto de desarrollo, como respuesta a la crisis petrolera de 1973, donde algunos países se vieron con vastos recursos energéticos a su disposición y debían encontrar la forma de utilizarlos, de tal modo que fueran una palanca para su desarrollo; mientras que los importadores observaron que la disponibilidad energética podía ser un “cuello de botella” para el suyo.

Los temas de investigación, versaban sobre la gestión de los recursos energéticos, de la conservación de energía. Donde el imperativo era estimar cuánta energía necesita el sistema económico y la población para operar; dónde es posible utilizar menos energía; cuál es el potencial de conservación; cuál es el costo monetario de consumir menos energéticos, sin modificar las funciones de producción y viceversa; en esencia, se buscaba elaborar métricas que conciliaran los conceptos de energía con los de desarrollo, de tal modo, que se contara con diagnósticos oportunos y elementos para una planeación adecuada.

1.3 Métricas que concilian a la energía con la sustentabilidad del desarrollo

De acuerdo con la sección anterior, desde hace más de cien años existen diversos trabajos que se han ocupado de integrar los conceptos (rendimiento energético, coeficiente económico, contabilidad energética, energía de retorno con respecto a la energía de ingreso, entropía, etc.) que abordan las características de la energía con aspectos económicos, sociales y ambientales; donde todos tienen impactos importantes sobre las investigaciones relativas a la sustentabilidad del desarrollo.

En la década de 1970, la búsqueda de metodologías para conciliar los conceptos de energía con los economía, y en particular con la continuidad del desarrollo, tomaron fuerza dos tendencias que están presentes en la actualidad.

Una que buscaba los vínculos de la energía en las dimensiones económicas, sociales y ambientales; con tratamientos aislados en y entre cada una de ellas. En algunos casos, se traza el comportamiento temporal para ser objeto de análisis. Y en otros, se toman conjuntos de relaciones para ponderarlos en un solo valor numérico representativo de un “todo”.

Por ejemplo la intensidad de energía, es medible, mediante el cociente del uso de la energía necesaria para producir una unidad de valor monetario, el cual engloba las características de los aprovechamientos energéticos, así como el resultado total del sistema económico⁸⁸.

Otro es el consumo energético per cápita, que reparte la cantidad de energía utilizada, en el total de habitantes. Este indicador se usa para explorar el estilo de vida. Uno más es la intensidad de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), con respecto al aprovechamiento de energía, el cual coadyuvaría a comprender el nivel de la tecnología utilizada.

Y otros más específicos que buscan evaluar aspectos más abstractos, tales como las decisiones políticas pública, por medio de los siguientes coeficientes:

- el peso del valor monetario de las exportaciones de energéticos sobre el total de las exportaciones (aplicable también para las importaciones);
- el costo de la deuda en infraestructura energética con respecto al total de la deuda pública (en el caso de un gobierno);
- la aportación monetaria de los impuestos a la extracción de energéticos sobre la finanzas públicas, entre otros.

La otra tendencia parte de cuantificar los flujos de energía a través de sistemas con fronteras definidas, como la económica y/o la energética; utilizando el modelo de Insumo – Producto, como agente que dota de la estructura definida y asociando las relaciones específicas como las de la tendencia anterior.

La base es que interpretan la estructura de un sistema, como un ecosistema en que todas las partes que lo conforman están conectadas, así como las relaciones e intensidad de la conexión entre estas determinan la viabilidad del mismo.

⁸⁸ La relación contiene la calidad de los energéticos, el grado tecnológico de sus aprovechamientos, su disponibilidad, las características del sistema económico así como sus políticas.

En gran medida la tendencia surgió con las aportaciones de W. Leontief, tanto metodológicas en el marco conceptual de Insumo – Producto, como por su potencial para conciliar los aspectos redactados en la sección anterior, y por sus observaciones sobre el desarrollo; partiendo de que cualquier estilo de desarrollo debe surgir del mejor aprovechamiento de los recursos con que cuenta un país (Leontief [1966], 1985).

Uno de los conceptos de esta tendencia más importante es el metabolismo energético, que analiza los flujos de energía necesarios para que opere un sistema. Esta misma, pero con el enfoque de cuantificar los flujos que utiliza el sistema, se puede interpretar como la “huella energética”, por su cualidad de cuantificar el uso de energía en cada etapa de la cadena de valor: monetaria y energética de los bienes y servicios.

Del marco de Insumo – Producto es posible clasificar los flujos en directos (involucrados en los procesos de producción o transformación de energía y de materia) e indirectos (relacionados con los flujos que intervienen en colocar la producción con los usuarios finales).

Esto es aplicable en los análisis de energía, al migrar el formato del balance de energía al marco del Insumo – Producto, de tal modo que se amplía la base explicativa de la información contenida en los mismos.

Que además, al combinar la intensidad de energía con el marco estructural de las tablas de Insumo – Producto (monetarias), es de gran utilidad para los análisis de la economía de la energía dado que se obtienen la información del sistema económico en términos de energía, distinguiendo los flujos directos e indirectos de energía.

La cantidad de investigaciones de la primera tendencia ha sido muy amplia y diversa en sus aplicaciones. Mientras que la segunda no ha tenido el mismo auge. Sin embargo, de la complementariedad entre las dos se obtiene una herramienta de análisis con grandes capacidades explicativas y flexible para diversos enfoques, como se aprecia en el siguiente capítulo, que aborda ejemplos de diferentes aplicaciones de la metodología que fueron importantes para ésta investigación.

Conclusiones

La decisión de utilizar parte de los servicios de la naturaleza como gratuitos⁸⁹, ha ido agudizando el dislocamiento entre los procesos del ser humano y los de la naturaleza⁹⁰. De ello se sigue que también se han debilitado las condiciones para el desarrollo.

Es pertinente mencionar que la generación de conocimientos que, aunque existen evidencias de las relaciones de isomorfismo entre las ciencias (en el sentido de Georgeescu – Roegen), se produjo un epistemocentrismo para los aspectos de desarrollo; sobre todo para su continuidad, donde la economía toma un papel fundamental porque genera en el sistema de producción e intercambio de los últimos doscientos años, el efecto de escotosis⁹¹.

Por ende se observan inconsistencias conceptuales que generan, incluso procedimientos de contabilidad incompleta, y que requiere de metodologías adicionales para extraer la información de manera precisa, tales como la utilidad de complementar las métricas aisladas de conceptos con elementos de estructura por medio del modelo de Insumo – Producto⁹².

Además del imperante económico que transporta el desarrollo, se suma la dificultad de la transición de la formación de mercados nacionales hacia los mercados globales.

En las rutas de desarrollo que han elegido los diferentes países, los principales problemas han sido, y que son la base explicativa de las teorías de desarrollo de las cinco décadas recientes, son:

- cómo ajustar el origen – destino de sus recursos y el valor de su trabajo;
- la gestión de los mismos, con modificaciones en sus marcos normativos e instituciones, eliminando algunas y creando otras; y
- la especialización de la mano de obra;

Gran parte de las corrientes de desarrollo, en particular las convencionales, están basadas en funciones de producción que tienen como base al capital, donde el interés fundamental es: su incremento y los aspectos de disponibilidad de recursos materiales, de individuos y tecnologías. Todos ellos elementos constitutivos, son el eje conductor de los diferentes enfoques.

Aunque hay que reconocer que desde sus inicios con los clásicos (T.R. Malthus y D. Ricardo), entraron en discusión particularidades complejas que incluso hoy en día están en boga, sobre todo porque sus efectos son más evidentes. Entre ellas las que toman relevancia para este trabajo, se encuentran los límites que alteran las posibilidades de sustentabilidad del desarrollo en dos vías:

⁸⁹ El presente documento entiende por servicios de la naturaleza a aquellas transformaciones de sustancias vitales para el humano que ocurren de manera natural en el planeta, por ejemplo: el ciclo del agua, del oxígeno, de nitrógeno, entre otros.

⁹⁰ Por ejemplo, las diferencias entre la cantidad de tiempo que se necesita para que los procesos biogeoquímicos del planeta, conviertan diferentes materiales en energéticos primarios, como los hidrocarburos, con respecto a la cantidad de tiempo en que los procesos del ser humano lo utilizan para aprovechar una parte de su energía útil.

⁹¹ Este fenómeno de disonancia cognoscitiva se intensifica precisamente en la etapa que detona el uso intensivo y extensivo de la energía de origen fósil para sustentar la industria masiva (la producción en línea: fordismo y teylorismo, entre otros). Destaca la claridad con la que se expresaba la organización Tecnócratas Inc. – vigente hoy en día –.

⁹² Actualmente el sistema contable de energía visibiliza el aprovechamiento directo y no el indirecto. El presente documento destaca esa insuficiencia y cuantifica el aprovechamiento indirecto de la energía.

- una a partir de las que engloba a las leyes de la naturaleza: los recursos son finitos, tienen distintas posibilidades de reproducción cíclica y las que están asociadas con los límites tecnológicos;
- y otra, que se refiere a las leyes del hombre como individuo en sociedad y sus formas de organización o instituciones con las que opera.

Las reflexiones de T.R. Malthus en cuanto al balance adecuado entre las necesidades y los deseos, del mismo modo que D. Ricardo y J.S. Mill distinguen entre las leyes de la producción condicionadas a la naturaleza y la tecnología, con las que gobiernan al hombre que determinan la distribución del producto social y la toma de decisiones sujeta al control humano.

La base del desarrollo radica en definir las necesidades y los deseos. Ambas están acotadas con los límites físicos establecidos por la naturaleza, en cuanto a la disponibilidad de los recursos y el grado de aprovechamiento definido por las características tecnológicas; y con los aspectos que solo incumben al ser humano, tales como, diseñar sus mecanismos de control en función de la organización social y las instituciones que lo operan. Simultáneamente dichos mecanismos deberían incluir la capacidad de asimilar las consecuencias y los efectos de las decisiones tomadas, por ejemplo, la distribución del producto social, las externalidades de los procesos de producción, el agotamiento de los recursos, la degradación del subsuelo, del agua y el aire, entre otros.

El tratamiento de los límites de la naturaleza, impuestos por la disponibilidad de los recursos naturales, tomó una ruta peculiar que impactó de cierta manera a todas las corrientes.

Tomando como una de las raíces a T.R. Malthus con su relación entre producción de alimentos y crecimiento poblacional, estimó el punto en que no sería sostenible la producción de alimentos, cálculo que se convirtió en argumento base para buscar dichos recursos más allá de las fronteras de una región, sin embargo, no se tomaron los supuestos de la estimación, tales como mantener constante la tendencia del crecimiento poblacional, ni la explicación de por qué la producción de alimentos (un recurso renovable), dejó de utilizar el barbecho así como el cambio de cultivos ternarios hacia monocultivos, deteriorando las tierras cultivables, disminuyendo las capacidades de reproducción cíclica en la producción de alimentos.

O los trabajos de D. Ricardo, retomados después por J.S. Mill, que reconocen los dos grandes límites partiendo de la distribución desigual de recursos, argumentando las bondades del comercio internacional, con un enfoque de complementariedad de recursos; pero utilizando el supuesto de que el peso del transporte era despreciable, factor que en las últimas décadas es uno de los de mayor peso en uso final de la energía.

Del mismo modo, se ubican las discusiones de Georgescu – Roegen con R. Solow y J. Stiglitz, respecto a las posibilidades de sustitución de recursos y qué es el largo plazo. Aspectos que alteran de manera relevante la extracción y aprovechamiento de los recursos. Mientras que Stiglitz argumentaba que las posibilidades de sustitución son infinitas y el largo plazo tiene un horizonte de cincuenta años; en cambio Georgescu defendió la posición de que las posibilidades de sustitución son finitas, porque así como existe una ley de la entropía para la energía, también se extiende a la materia, en consecuencia las posibilidades de sustitución estarían acotadas al aumento de los procesos entrópicos que requieren simultáneamente de energía y materia, para transformarlas en estados útiles (ambas). Para Georgescu, la materia, era el factor que terminaría por imponer los límites al crecimiento económico, porque está sujeta a la degradación entrópica, es decir, se agotarán primero los conductores de la energía.

Vale destacar las bases de las corrientes económicas que utilizan los diferentes estilos de desarrollo, pero es necesario abordar los supuestos de análisis que las fundan, ya que ahí se encuentran aspectos que limitan las posibilidades de concebir las mejoras de sustentabilidad del desarrollo, como son:

- los modos y las formas en que se utilizan los recursos que pueden llegar a alterar a los denominados renovables, al afectar la condición de reproducción cíclica;
- el impacto que tiene el transporte en la complementariedad de los recursos en el comercio internacional;
- y se debe tener presente que las posibilidades de sustitución de los recursos no pueden ser infinitas, por lo tanto, su adecuado aprovechamiento resulta fundamental para el desarrollo.

El argumento que ha tenido más auge para la mejora en el aprovechamiento de los recursos (entre ellos el energético) es el aspecto tecnológico, uno de los primeros en analizarlo fue S.W. Jevons. La paradoja de Jevons, establece que los aumentos en la eficiencia energética, no necesariamente se traducen en disminuciones en el aprovechamiento de la energía total, porque se presentan los efectos de aumento de usuarios y de intensidad de uso. De manera similar lo propone H. Adams con su “ley de la aceleración del uso de energía”, aunque el detonante para el aumento la misma, es la abundancia de algunos energéticos.

Lo anterior invita a reflexionar sobre los mecanismos de ingreso de tecnologías en las poblaciones, que desde el Estado o desde las leyes del libre mercado, estarían sujetas a las relaciones de la oferta y la demanda; sin embargo, el sector público cuenta con instrumentos de mayor peso racional para evitar efectos como la “paradoja de Jevons” y la “ley de la aceleración del uso de la energía” de H. Adams, al no buscar únicamente el aumento de capital.

Desde ahí que K. Marx observó en las leyes del libre mercado la tendencia a las concentraciones de capital, o con J. Schumpeter que argumentó que por medio de las innovaciones tecnológicas, tales leyes se ajustan, o J.M. Keynes al establecer que desde el Estado y sus órganos de poder se pueden instaurar los mecanismos adecuados que suavicen las oscilaciones.

Todos coinciden en que percibían al desarrollo como procesos discontinuos y en que, ya fuera desde los órganos de poder o las leyes del libre mercado, el sistema capitalista requiere de mecanismos para operar, ya sea directamente o indirectamente. A través de mecanismos como los elaborados por A.C. Pigou o R. Coase, para modelar los comportamientos y las propuestas para internalizar las externalidades generadas por la lógica de los mercados, los dos coinciden en los beneficios prácticos de lograr arreglos sociales alternativos.

Las corrientes neoclásica y neoliberal, que perciben los procesos de desarrollo como continuos y armoniosos, aseveran que el mecanismo más adecuado para los procesos de desarrollo y de distribución de recursos es el libre mercado, entre ellas, con diferentes intensidades de las posibilidades positivas del comercio internacional. El impacto que han tenido en los diversos Estados ha sido relevante, recomendando medidas e induciéndolas para que se conviertan en facilitadores del mercado, la gran mayoría de ellas son resultado del consenso de Washington.

Como conclusión y evitando la disyuntiva entre qué tanto Estado, qué tanto mercado, qué tanta sociedad y qué tanta tecnología, lo cierto es que se necesitan de mecanismos para el sistema capitalista. Que desde los procesos de desarrollo de las naciones, el Estado cuenta con los órganos de poder para instrumentar mecanismos directos de manera más amplia que las leyes del libre mercado. Del mismo modo, por medio de mecanismos indirectos puede inducir comportamientos acordes con las líneas de desarrollo que favorezcan su concreción con la complementariedad del mercado, como los propuestos por J.P. Lynkeus, O. Neurath y K. Ballod.

Sin embargo, para ello se requiere del conocimiento extenso de los recursos con que cuenta el Estado, sus alcances, sus aprovechamientos en las estructuras productivas y sociales; como la recomendación de W. Leontief, en cuanto que, para el desarrollo lo más importante es conocer qué se tiene y cómo se utiliza, porque de ahí es posible establecer las rutas que aumenten el aprovechamiento de los recursos en los procesos productivos, de tal modo que aumente el valor de la producción, así como el pleno empleo.

Desde la perspectiva de los enfoques de la modernización y la estructuralista, el principal problema para los procesos de desarrollo (de los países en vías de desarrollo), ha sido el aprovechamiento adecuado de sus recursos nacionales, a través de sus estructuras productivas, con dificultades de financiamiento, donde sus instituciones no lograron hacer los ajustes necesarios para regirse en función de la leyes del libre mercado en los contextos nacional e internacional, generando la dependencia de los recursos de capital y de tecnología, lo que a su vez propició el surgimiento limitado de los círculos de ahorro – inversión.

De ahí la utilidad de las herramientas de la economía ecológica y sus fundamentos, primero con la recomendación de V. Vernadsky para la ciencia económica de contemplar al planeta como un sistema termodinámico cerrado; que implica analizar el flujo de recursos en la estructura de un solo ente, y no por separado como: la extracción de recursos en la economía de los recursos naturales; los procesos de transformación en la economía tradicional; y los residuos en la economía ambiental.

Además de imponer en automático la condición de recursos finitos, donde lo único que cruza las fronteras del sistema es la energía solar, aspectos que contribuyen a consolidar los conceptos de desarrollo, sustentabilidad y energía, entre ellos y con sus métricas.

Tomando la crítica de F. Soddy a J.M. Keynes, por elaborar medidas de desarrollo basadas en el crecimiento económico exponencial en un mundo que pertenece a un sistema termodinámico cerrado, en vez de elaborar medidas basadas en redistribución de recursos con crecimiento económico cero, que no necesariamente tiene que ser así, tomando en cuenta la observación de G. Roegen de que la esencia de los flujos de productos que genera la economía son para el flujo sicológico: el disfrute de la vida.

Esta investigación toma las observaciones de S. Podolinsky y P. Geddes de la contabilidad de recursos, en el sentido de visibilizar los usos directos e indirectos de la energía en una economía.

Los usos indirectos de los recursos, así como sus dinámicas en les estructuras productivas, resultan fundamentales para diseñar los mecanismos indirectos, entendiendo éstos, por ejemplo, como los impuestos *piguvianos* o la negociación *coacsiana*.

Capítulo Dos. Técnicas de investigación e indicadores

Introducción

La pertinencia de transformar los conceptos en métricas, radica en tener un esbozo del estadio en el que se encuentra, es decir, la brecha que existe entre el mundo teórico y el real, que coadyuve a profundizar y ajustarlos para representar de maneras más adecuadas lo que está sucediendo o lo que se quiere lograr. Son herramientas que tienen como objetivo principal, generar información para el diagnóstico y/o la planeación.

En esta investigación se utilizan para estimar en qué ha contribuido el sistema energético a la sustentabilidad del desarrollo. Se requieren de metodologías que muestren evidencias comprobables, para ello se utilizan indicadores que definen con claridad los vínculos representativos entre los aspectos de la energía, la economía, la sociedad y el medio ambiente, de tal modo que sea posible determinar en qué ha contribuido, en qué no, en qué es posible aumentarla y qué sería conveniente dejar de hacer.

Todo indicador tiene que estar diseñado de manera que exista información confiable que lo alimente, si no carece de utilidad⁹³. Además debe tener la cualidad de poder establecer algún criterio de referencia, sea este temporal y/o con aspectos que califiquen a los vínculos definidos.

Este capítulo clasifica Su diseño indaga sobre los vínculos entre la energía y las dimensiones económicas, sociales y ambientales, que contribuyen al desarrollo de manera favorable o desfavorable.

El primer enfoque de éste grupo está conformado por el conjunto de Indicadores de Energía y Sustentabilidad (IES), diseñado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el cual lo constituyen ocho vínculos de la energía con aspectos específicos económicos, sociales y ambientales. El segundo es el Índice de Sustentabilidad Energética (ISE), elaborado de acuerdo con la definición de sustentabilidad energética de la Agencia Internacional de Energía (AIE) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), tiene la cualidad de integrar aquellas variables que se consideren necesarias. Y el tercero utiliza la técnica de los senderos de energía combinado con el Índice de Desarrollo Humano (IDH), esta investigación lo estima a través de tres indicadores (la intensidad de energía, el PIB per cápita y el consumo energético per cápita) y un índice (IDH).

Se elabora un segundo grupo de enfoques que realiza el análisis desde la perspectiva de la energía, donde el diseño de sus índices explica las dinámicas de la energía dentro de estructuras definidas⁹⁴, para ésta investigación son la energética y la económica, es decir, aborda el análisis del metabolismo energético de la economía.

El primer enfoque de éste grupo se adentra en el sistema energético, al trasladar la información de los balances de energía al formato de Insumo – Producto. Con éste se estima el Rendimiento Energético y se realiza el Análisis de Cambio Estructural.

⁹³ Información de organismos oficiales, como secretarías o ministerios de economía, de energía, de medio ambiente, etc., también organismos supranacionales como el Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la Organización de las Naciones Unidas, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, la Agencia Internacional de Energía, etc.

⁹⁴ Para la presente investigación la estructura está definida por las relaciones de intercambio de bienes y servicios que describen las tablas de Insumo – Producto monetario y Energético.

El segundo enfoque del segundo grupo busca explicar las dinámicas económicas en términos de energía. Para ello, se parte de un vector de aprovechamientos de energía en los usuarios finales y se convierte en uno de intensidades de energía⁹⁵, que junto con la técnica de Insumo – Producto monetario, ayuda a conciliar los sistemas energético y económico. Así se obtiene la estructura económica en términos de energía contenida para cada componente de la misma y en cada uno de los eslabones de la cadena de valor⁹⁶. De la información obtenida toman relevancia las interacciones de energía contenida entre cada componente del sistema económico, y para analizarlos se utiliza el concepto de “vínculos hacia delante” y “vínculos hacia atrás”⁹⁷, a través de la interpretación de una Red de Relaciones Inter – Energéticas y los de índices de Concentración, de Rasmussen y de Theil.

Este tipo de análisis parte de la analogía entre sistema y ecosistema, donde sus componentes son organismos (interconectados) que cumplen un papel importante para el todo, tiene como objetivo principal explicar cómo funciona el ecosistema, de dónde provienen sus nutrientes, cómo los utiliza y cuáles son sus residuos.

Se aprovecha el hecho de que la energía es un factor indispensable, es uno de los “nutrientes” para el sistema económico.

Las técnicas de investigación se aplican para el caso mexicano en el periodo de 1970 a 2012. Los enfoques del primer grupo se aplican en el Capítulo Tres “Grupo I de análisis. Macro comportamientos”. Después los enfoques del segundo grupo se estiman en el Capítulo Cuatro “Metabolismo energético”. Además en el Capítulo Cinco “Análisis” se integra la información de los capítulos anteriores para atender el objetivo principal de la investigación. Para fundamentar técnicamente se presentan tres anexos: en el primero se expone la técnica para representar vectorialmente los indicadores y sus trayectorias, las técnicas de imputación de datos faltantes, así como las tendencias de cada una de las variables utilizadas para los enfoques del primer grupo; en el segundo se localizan las tablas de equivalencia para los clasificadores CIIU y SCIAN y las tablas de Insumo – Producto monetarias, energéticas y las de demanda final de energía; y en el tercero los resultados detallados del metabolismo energético.

⁹⁵ El componente del valor económico proviene de la información de las tablas de Insumo – Producto monetario y el componente de energía del Insumo – Producto de energía.

⁹⁶ La ventaja de estimar la energía contenida de ésta forma radica en que visibiliza los flujos para cada rama y entre ellas a través del sistema económico.

⁹⁷ Los “vínculos” son las relaciones inter – industriales de un sistema económico representado con el modelo de Insumo – Producto, el cálculo de éstos valoran las magnitudes de las transacciones, monetarias o físicas, entre las industrias. Las técnicas para estimarlos se les llama “medidas de interconexión industrial”.

2.1 Macro comportamientos. Enfoques del grupo I

La característica principal de esta familia de indicadores, es que buscan aspectos específicos de la energía con respecto a algún vínculo de las dimensiones de la economía, la sociedad y el medio ambiental. Su disponibilidad está en función, por ejemplo de:

- una determinada tasa de aprovechamiento;
- la calidad de sus energéticos dada la cantidad de carbono;
- la diversificación de la mezcla energética;
- su accesibilidad con los usuarios finales;
- el peso del valor monetario de las exportaciones sobre las finanzas públicas;
- la magnitud de las importaciones con respecto a lo extraído, ya sea en unidades de energía o en términos monetarios; y
- la cantidad de energía disponible transformada en energía útil.

Las dos vertientes de indicadores están en función del nivel de agregación, para aislar el impacto de algún indicador sobre un todo, y/o cuantificar conjuntos de indicadores, para después agregarlos en una sola medida, como es el caso de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad, así como el Índice de Sustentabilidad Energética.

Es posible tomar los indicadores de cada uno para vincularlos con los aspectos económicos, sociales y ambientales, y así transformarlos en vectores para graficar la trayectoria temporal que han transitado.

La otra vertiente, son los indicadores derivados de la contabilización de los flujos de materiales y energía, éstos se conocen como los indicadores del tipo MIPS (Material Input Per Service or Product), uno de ellos es la intensidad de energía, que evalúa la cantidad de energía utilizada para generar una unidad de valor monetario (Martínez A. & Roca J., 2001, págs. 416-420).

El nivel de agregación del indicador es muy alto, de ahí su dificultad para interpretarlo. Contiene el nivel tecnológico y el perfil de aprovechamiento con el fin de generar valor monetario, también tiene el marco jurídico para las cadenas de valor energéticas y económicas y sus políticas, entre otros.

Al elaborar el sendero de la energía, amplía la base conceptual y sus métricas, al integrar el tamaño de la población, que a su vez se enriquece más, al asociar el IDH para expandir la base explicativa.

2.1.1 Indicadores de Energía y Sustentabilidad (IES)

El primer enfoque del grupo uno de las técnicas de investigación son el conjunto de indicadores elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), a través de la División de Recursos Naturales e Infraestructura, se basa en el enfoque sistémico, en cuanto a que el componente energético es un subsistema de los sistemas económico y social que afectan al ambiental y analiza el estado de la sustentabilidad energética [Salgado & Altomonte, 2001, pág. 7; OLADE, 2000, pág. 74]. Son indicadores transversales porque se construyen a partir de los vínculos del sistema energético con los subsistemas social – económico – ambiental, el grado de sustentabilidad del sistema se estima por medio de ocho indicadores: “Autarquía energética”; “Robustez” frente a cambios externos; “Productividad energética”; “Cobertura eléctrica”; “Necesidades energéticas básicas”; “Pureza relativa del uso de energía”; “Uso de energía renovable”; y “Alcance de los hidrocarburos”.

2.1.1.1 Descripción

Dentro de los ocho indicadores la investigación los clasifica en tres conjuntos que indagan en los vínculos que afectan la sustentabilidad del desarrollo y el sistema energético de manera transversal en lo económico, lo social y lo ambiental. Tales relaciones están en función de detectar y valorar los riesgos como las dependencias y las vulnerabilidades económicas; las restricciones para el desarrollo socioeconómico como los sesgos inequitativos en el abastecimiento energético; las posibles incoherencias en el uso de los recursos; así como los efectos externos sobre el medio ambiente⁹⁸.

Para los aspectos económicos, los riesgos están en función de las capacidades de garantizar el suministro energético con recursos propios y el impacto de los mercados energéticos internacionales en la economía nacional.

Los indicadores que evalúan tales riesgos son: el grado de la “Autarquía energética”, que mide la dependencia energética por medio del peso de las importaciones energéticas en la extracción (doméstica) total de energéticos primarios; la “Robustez” frente a los cambios externos⁹⁹; y la “Productividad energética”, coeficiente que muestra la eficiencia económica en términos de energía, su aumento indica la mayor cantidad de valor generado con menos energía, lo cual constituye un comportamiento deseado.

Entre las restricciones para el desarrollo socioeconómico que puede generar el sistema energético están el abastecimiento inequitativo y los aprovechamientos inadecuados. Los indicadores que indagan en estas relaciones son: la “Cobertura eléctrica” que determina la disponibilidad de energía eléctrica en los hogares¹⁰⁰; la “Cobertura de las necesidades energéticas básicas”, que evalúa la eficiencia de transformación de energía final a energía útil per cápita; y el peso del costo monetario de los energéticos respecto a los ingresos totales de los hogares.

Los efectos externos sobre el medio ambiente, asociados a los aspectos de energía, se evalúan por medio de las emisiones de bióxido de carbono, emitidas por los aprovechamientos de energía (únicamente con fines energéticos), la integración de las energías renovables y el estimado de la cantidad de años que se pueda abastecer de energéticos primarios.

Los indicadores que lo estiman son: la “Pureza relativa de uso de energía” como la cantidad de emisiones de bióxido de carbono equivalentes, asociadas con el aprovechamiento de energía de usos finales, con las transformaciones de diferentes formas de energía a electricidad y del propio sistema energético; la participación de las “Energías renovables” como el peso específico de los dispositivos que las utilizan con respecto al aprovechamiento de la energía nacional total; el “Alcance de los hidrocarburos”, por medio de la relación entre la extracción de hidrocarburos en un periodo de tiempo establecido, con respecto a las que abastecen las reservas 3P (probadas, posibles y probables).

⁹⁸ Salgado & Altomonte, *op. cit.*

⁹⁹ Para el caso de países que exportan energéticos, que tienen empresas estatales con un modelo de coordinación central, tal circunstancia implica determinar la participación del valor monetario de las exportaciones energéticas sobre el Producto Interno Bruto (PIB), el impacto de los ingresos energéticos en los ingresos públicos totales, así como el peso de la deuda pública energética sobre la deuda pública total.

¹⁰⁰ Desde hace décadas es evidente que se considera a la energía eléctrica como un energético moderno, que tiene un impacto positivo en el bienestar de los hogares.

Una vez estimados los indicadores se normalizan bajo criterios adecuados, los valores resultantes se pueden tratar aislados o sumados para tener un valor general¹⁰¹, así se detecta con claridad y rapidez aquellos aspectos que obstaculizan el estado ideal de sustentabilidad, además de dotar de una base comparativa temporal, con la que es posible detectar las tendencias (con las variables que lo guían), que conllevan las políticas establecidas y los posibles sesgos.

La interpretación para cada uno de los indicadores es que a mayor magnitud mejora el grado de sustentabilidad, del mismo modo que si se suman para obtener una valoración general.

Las opciones de representación son a través de gráficas de áreas para obtener un valor global, gráficas de radar que muestran los ocho indicadores y las trayectorias vectoriales para mostrar la dirección que toman los aspectos económicos, sociales y ambientales¹⁰².

2.1.1.2 Valoración

La principal valoración de los indicadores está relacionada con la idea del concepto de sustentabilidad en cuanto a su cualidad de “continuidad”, que busca, tanto equilibrios entre las dimensiones económicas, sociales y ambientales, desde la óptica de la energía como eje transversal; como la noción de mantener un estadio idealizado o también llamado parámetros de “normalización” (ver la Tabla 2. 1), que se basan en criterios arbitrarios consensados por especialistas e instituciones. Ahí radica su debilidad, porque no alerta cómo sería posible, sino que cuantifica los aspectos por lo que no se puede mantener, lo que induce a la idea de que para lograrlo (o acercarse a tal “normalización”), se requiere de mantener en el tiempo una cierta tasa de extracción de energéticos primarios, con los efectos de las emisiones de bióxido de carbono equivalentes – asociadas a los aprovechamientos de las transformaciones y los usos de la energía – y con las necesidades de aumentar la densidad de los usos de energías renovables.

Se adhieren a las valoraciones, el diseño de los criterios de normalización (que no dota de una base comparativa que atienda las diferencias cualitativas entre los diferentes países); así como las variables que cuantifican los riesgos y las vulnerabilidades, por ejemplo el peso de la desviación ilícita de recursos energéticos sobre el total disponible, el aprovechamiento de la biomasa en el sector residencial (y sus mejoras en la eficiencia energética), la pérdida de biodiversidad y el costo de los daños ambientales asociados a los derrames y las fugas de combustibles.

¹⁰¹ Cada uno de los indicadores se elabora con diferentes variables, la Tabla 2.1 los muestra así como una propuesta de normalización redactados en Sheinbaum, *et. al.*, (2012, pág. 147). Para el cálculo y resultados sobre el caso mexicano de 1970 a 2012 consultar en el Capítulo Tres la sección 3.2.1 “Enfoque del Indicador de Energía y Sustentabilidad (IES).

¹⁰² Del Anexo I se muestra la técnica para representar sus trayectorias vectoriales en la sección “Representación de los indicadores como vectores de tres dimensiones” y las tendencias del cálculo para el caso mexicano de cada uno de los indicadores del IES en la sección “Tendencias de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad”.

Tabla 2. 1 Criterios para la normalización de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad

Núm.	Indicador	Definición	Normalización
1	Autarquía energética	Porcentaje de las importaciones con respecto a la extracción de energía primaria	0 = 100%
2	Robustez frente a cambios externos	Porcentaje de las exportaciones energéticas sobre el PIB	Valor 5% = 0% 0% = 100%
		Ingresos petroleros con respecto a los ingresos totales del Sector Público	Valor 30% = 0% 0 = 100%
3	Productividad energética	Deuda del Sector Energético con respecto a la deuda total del Sector Público	0 = 100%
		Inversa de la intensidad energética	1 Máx. {Productividad Energética 1970 – 2012} = 100%
4	Cobertura eléctrica	Porcentaje de hogares electrificados	1 = 100%
5	Cobertura de necesidades energéticas básicas	Energía útil per-cápita del sector residencial	1 = 100%
		Equidad en el gasto de energía por deciles	0 = 100%
6	Pureza relativa del uso de energía	CO ₂ /Consumo energético	95% (CO ₂) ₁₉₉₀ = 100%
7	Uso de energías renovables	Participación de energía renovable en la oferta energética	Valor ≥ 50% = 100%
8	Alcance de los hidrocarburos	Relación entre producción y recursos fósiles (R/P)	Valor ≥ 45 años = 100%

Fuente: Salgado & Altomonte, (2001, pág. 15) y Sheinbaum, *et. al.*, (2012, pág. 121).

2.1.2 Índice de Sustentabilidad Energética (ISE)

El segundo enfoque del grupo uno de las técnicas de investigación es el ISE, éste parte del concepto de “Sustentabilidad Energética” desarrollado por la AIE y la AIEA en 2001, éste es: “el suministro de energía a un costo accesible para la población, asegurando el servicio y respetando el medio ambiente” [IAEA/IEA, 2001, pág. 1; Ibararán, Davidsdottir & Gracida 2009, pág. 9].

2.1.2.1 Descripción

El índice se calcula como un promedio ponderado de indicadores específicos que vinculan la energía con aspectos de la economía, la sociedad y el medio ambiente¹⁰³.

Los vínculos con la economía son la intensidad energética, la dependencia de las importaciones netas de energía y el porcentaje de las fuentes renovables de energía en el total producido.

Los aspectos sociales son el porcentaje del ingreso disponible de los hogares destinado a combustibles y electricidad, y el porcentaje de la población con acceso a electricidad.

Y los ambientales son las emisiones de bióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos fluorados (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de sulfuro (SF₆).

El ISE se estima como la suma de los indicadores de cada dimensión, ecuación 2. 1. Para cada una de las dimensiones, sus indicadores se elaboran en función de la ecuación 2. 2. Es pertinente observar que la base comparativa es un año base, además de que cada uno de los aspectos considerados tiene una ponderación, que está en función del número de variables involucradas.

Para calcular el ISE se tiene:

$$ISE_t = I_{DE,t} + I_{DS,t} + I_{DA,t} \dots (2.1)$$

donde

t: es año *t*

DE: Dimensión Económica

DS: Dimensión Social

DA: Dimensión Ambiental

¹⁰³ La definición reconoce a la energía como un recurso vital para cubrir las necesidades básicas, que contribuye a la producción de bienes y servicios, y que su uso tiene impactos sobre el medio ambiente.

El componente del ISE para cada dimensión se estima:

$$I_{i,t} = \sum_{j=1}^n w_i \left(\frac{E_{i,j,t}}{E_{i,j,t=0}} - 1 \right); w_i = \frac{1}{n} \dots (2.2)$$

donde

i: Dimensión, DE para la económica, DS para la social y DA para la ambiental;

j: sub-indicador dentro de cada dimensión;

t: año;

t = 0: año base;

n: número total de variables utilizadas por el indicador de cada dimensión;

w_i: ponderación para cada dimensión; y

I_{i,t}: índice compuesto para la dimensión *i* en el año *t*.

La representación del ISE es a través de gráficas para cada dimensión, para el indicador compuesto y la representación vectorial del mismo¹⁰⁴. El análisis de éste último consiste en identificar las direcciones que toma el indicador compuesto, de tal modo que se identifica la aportación o freno a la sustentabilidad en cada uno de los aspectos considerados¹⁰⁵.

2.1.2.2 Valoración

El índice tiene la ventaja de mostrar el grado de sustentabilidad de manera rápida, detecta los aspectos que están dotando o no de viabilidad, así como el de las variables involucradas. La técnica de cálculo tiene la flexibilidad de aumentar o disminuir los vínculos de la energía en cada aspecto considerado de la economía, la sociedad o el medio ambiente.

Una de las incertidumbres que conlleva el índice es la idea de sustentabilidad (como con el IES), y la ponderación *w_i* de la ecuación 2.2 que le otorga la misma importancia a cada variable.

Otro aspecto a considerar es la comparación entre un estadio de sustentabilidad y otro, es decir, el resultado total de la toma de decisiones de una nación es con respecto a un año base.

2.1.3 Sendero de energía e IDH

El tercer enfoque del primer grupo de las técnicas de análisis parte de la intensidad de energía, éste es un indicador que se ha utilizado prácticamente desde hace poco más de un siglo¹⁰⁶, sigue siendo de gran utilidad, sin embargo, su interpretación es difícil por la cantidad de conceptos que contiene, para visibilizar algunos de ellos, se representa con la técnica de los senderos combinado con el IDH, con la intención de indagar en las reacciones de éste último con respecto a los cambios de intensidad energética, la actividad económica y la cantidad de habitantes.

¹⁰⁴ En el Anexo I se muestra la técnica para representar sus trayectorias vectoriales en la sección “Representación de los indicadores como vectores de tres dimensiones” y las tendencias del cálculo para el caso mexicano de cada uno de los indicadores del ISE en la sección “Tendencias de los Indicadores de Sustentabilidad Energética”.

¹⁰⁵ Para el cálculo y resultados sobre el caso mexicano de 1970 a 2012 consultar el Capítulo Tres en la sección 3.2.2 “Enfoque del Índice de Sustentabilidad Energética (ISE)”.

¹⁰⁶ Consultar el Capítulo Uno sección “Vínculos de la energía con el desarrollo e impacto en la sustentabilidad”.

El sendero de energía incluye como indicadores:

- la cantidad de energía;
- la energía necesaria para producir una unidad de Producto Interno Bruto; y
- la energía utilizada por habitante.

Se buscan tres aspectos con esta técnica, por medio de la forma de la curva, suave o con nudos, se infiere el grado de coherencia del proyecto de nación con los agentes económicos; la forma de la curva también informa acerca del grado de desarrollo en que se encuentra el país; una curva ascendente refleja procesos de producción intensivos en energía, como la construcción de la infraestructura necesaria para el desarrollo; una curva horizontal se asocia con un periodo de transición hacia actividades del sector terciario; una curva descendente es la consolidación en ese sector; y la magnitud del indicador muestra un nivel económico definido, así como el uso de la energía per cápita y el valor del IDH.

2.1.3.1 Descripción

La intensidad de energía es una función del uso de energía con respecto al valor monetario de la producción.

$$F_t = \frac{\text{Uso de energía}_t}{\text{Valor de la producción}_t} [=] \frac{PJ}{\text{\$@año base}} \dots(2.3)$$

El comportamiento esperado de la intensidad de energía, es que su magnitud disminuya en el tiempo, como evidencia de mejoras en los aprovechamientos de energía, y de un sistema económico más eficiente que requiere de menor cantidad de energéticos para generar valor monetario.

El IDH se estima según la estructura y los valores de referencia recomendados por el PNUD (ONU, 2011, pág. 186).

$$IDH = \left(\frac{EV_t - EV_{min}}{EV_{max} - EV_{min}} * \frac{AE_t}{AE_{est}} * \frac{\ln(INB_t) - \ln(INB_{min})}{\ln(INB_{est}) - \ln(INB_{min})} \right)^{1/3} \dots(2.4)$$

donde

EV: esperanza de vida;

AE: años de escolarización; y

INB: Ingreso Nacional Bruto.

El EV_{min} es de 20 años, el EV_{max} es de 83 años; el AE_{est} es de 14 años de escolarización; el INB_{min} recomendado es de 960 dólares del año 2000; y el INB_{est} recomendado es de 9,835 en las mismas unidades.

El comportamiento esperado del IDH es que aumente su magnitud en el tiempo, como evidencia de que sus factores constituyentes mejoran con base en los criterios establecidos.

El método de los senderos parte de una función del tipo $z(x, y) = x y$. Como se desea graficar z en función de las variables x y y , en un plano de dos dimensiones, se construyen las curvas de nivel z , llamadas isoclinas, para ello se toman $z(x, y) = C_n$, donde C_n es una constante y se evalúa con un factor de ajuste $I_n = C_n/x'$.

Para este caso, las variables independientes son los cocientes PIB/Pop , $E_{uso\ final}/PIB$ en el sendero de energía; para las isoclinas de energía se estiman $E_{uso\ final}/Pop = C_n$ y se estima $I_n = C_n/(PIB/Pop)'$ en unidades de $E_{uso\ final}/PIB$ [OLADE, 2000, págs. 95 – 113; Rodríguez-Padilla, 2011].

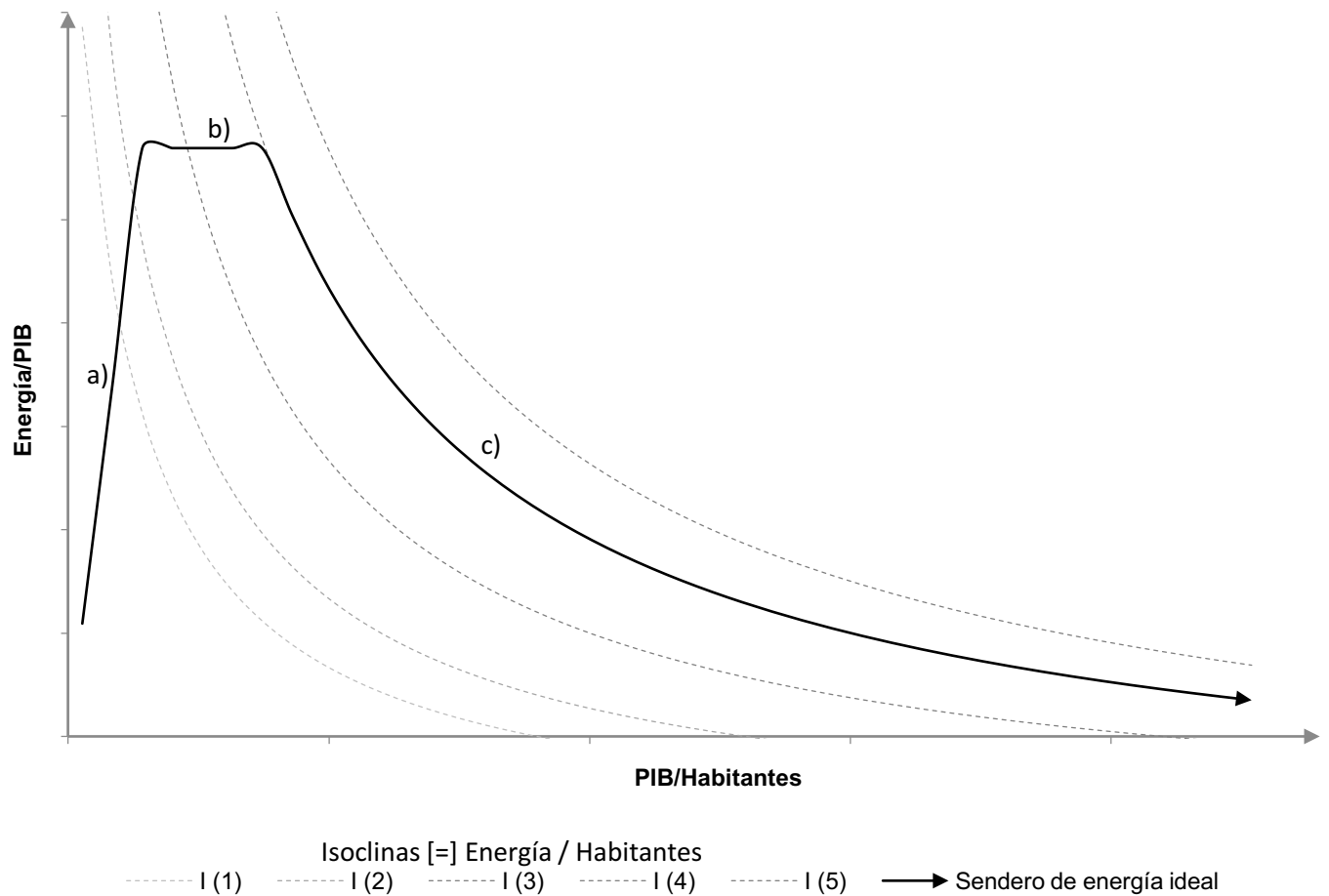
Después de graficar el sendero de energía, se toman los valores del IDH para graficarlos (en un eje vertical secundario) con respecto al cociente PIB/Pop .

De esta forma se puede comparar el comportamiento del sendero de energía, con el valor del IDH, un estado específico del valor económico y un nivel de uso de energía per cápita.

El comportamiento ideal del sendero de energía, ver la Gráfica 2.1, en los aspectos del desarrollo, está compuesto de tres secciones (a, b y c): una que refleja un periodo ergo – intensivo, caracterizado por actividades intensivas en energía¹⁰⁷, ver la sección a; la siguiente etapa es la estabilización de la intensidad de energía, que muestra evidencias de una transición de las actividades productivas primarias y secundarias hacia las terciarias, parten de la infraestructura construida en el periodo anterior, ver la sección b; y la tercer etapa se refiere a la consolidación de las actividades terciarias, su aumento y diversificación, de ellas se espera que la intensidad de energía disminuya¹⁰⁸, ver la sección c.

¹⁰⁷ Necesaria para la construcción de la infraestructura requerida por los procesos de desarrollo; como carreteras, puentes, hospitales, edificios gubernamentales, plantas industriales, y otros; que demandan productos manufacturados como cemento, vidrio, acero, aluminio, productos derivados del petróleo, entre otros.

¹⁰⁸ Cada etapa tiene un perfil de uso de energía.



Gráfica 2.1 Sendero de energía idealizado

El sendero de energía contiene información de las interacciones entre la energía y las dimensiones económica y social. También interpreta otras dimensiones como la política¹⁰⁹.

El sendero responde ante cambios estructurales de un Estado, tales como:

- la estructuración de extracción de fuentes energéticas primarias y transformaciones a secundarias;
- las formas de organización productiva e institucional;
- las modalidades de coordinación del propio sector energético;
- los esquemas de regulación sectorial; y
- la estructura de consumos energéticos por sectores y fuentes.

También es sensible a los aspectos económicos, dados los consumos de energéticos en los sectores productivos y a que en su diseño contiene variables macroeconómicas. Por ejemplo, la relación del consumo de energéticos y los niveles de actividad sectorial y de fuentes de energía.

De igual manera responde a aspectos demográficos como cantidad de energía con respecto los habitantes, así como el grado de urbanización.

¹⁰⁹ OLADE, *op. cit.*, págs. 97-98.

Con el sendero de energía, aunque es debatible, es posible identificar la etapa de desarrollo en que se encuentra un país, se espera que cada una de ellas tenga una curva suave y continua, como evidencia de que el estilo de desarrollo elegido o acordado, tiene la aceptación de la mayoría de los agentes económicos, del factor trabajo y del gobierno; de tal modo que la energía y los recursos nacionales se dirigen en una sola dirección, es decir, la del estilo de desarrollo elegido; contrario a si la curva presenta nudos, que refleja que el proyecto de nación no tiene el común acuerdo; como resultado de la falta de éste, se resta sustentabilidad al estilo de desarrollo elegido. En esa medida la información que contiene el sendero de energía tienen un impacto relevante en los aspectos estructurales de una nación (ver los ejemplos de Estados Unidos, China e India en el Capítulo Tres subsección “Senderos de energía e IDH”).

De la relación entre la intensidad de energía y el IDH, se espera que sea inversa, es decir, que el aumento de la magnitud en alguno de ellos, se refleje como disminución en el otro; en esta idea subyace, que los beneficios en los aprovechamientos de energía, se reflejen en el bienestar de una población, con todo lo que implica, como la disponibilidad de energía útil, disminución de emisiones de bióxido de carbono equivalente, así como la dotación de la infraestructura necesaria para los servicios.

2.1.3.2 Valoración

La complejidad del sendero de energía combinado con el IDH es la interpretación conjunta de los indicadores (intensidad de energía, uso de energía y PIB per cápitas e IDH) aplicado a una nación radica en la cantidad de información que contiene, así como sus vínculos en los aspectos económicos y sociales.

El componente de energía contiene información de la disponibilidad energética, su mezcla y el perfil de aprovechamiento en usos finales. Dentro de estos tres aspectos generales, se encuentran:

- las cantidades extraídas de energía primaria;
- las eficiencias de transformación de energía disponible a útil;
- las tecnologías involucradas;
- el conocimiento técnico de los recursos humanos del ramo;
- el perfil de aprovechamiento de los usuarios finales;
- el grado de accesibilidad de los diferentes usuarios;
- el perfil de la infraestructura; y
- en parte, las relaciones de compra – venta de energéticos en el plano internacional.

El indicador macroeconómico de uso de energía por unidad de PIB generado suele utilizarse como indicador de eficiencia energética y de la estructura de consumo para los sectores productivos. Sin embargo, dentro de éste, también se tienen evidencias de las modalidades de coordinación e integración energética, por lo que los cambios en estos últimos dos aspectos modifican el comportamiento del indicador.

El indicador de PIB per cápita, también macroeconómico, es la cantidad de valor monetario distribuido en los habitantes de una nación. Su comportamiento ideal es que aumente. Para profundizar en su valoración se requieren de variables, indicadores, índices y técnicas de análisis adicionales, como las de distribución, por ejemplo el coeficiente de Gini.

El indicador de uso de energía por cantidad de habitantes de un país, las isoclinas del sendero de energía, muestra una aproximación del perfil del uso de la energía para el sector residencial, para ahondar en ello se requiere combinarlo o compararlo con indicadores de ingreso, así como de su distribución y variables demográficas.

La información que contiene el IDH, de acuerdo con la recomendación del PNUD, es la valoración de qué tanto se acerca un país a los criterios básicos que la ONU considera como mínimos, por ello, mientras sea mayor su valor numérico, más cerca se encuentra de cumplir con el objetivo. En esa línea, utilizar el IDH combinado con el sendero de energía, resulta adecuada porque su valoración se ubica en una configuración o estadio de un país en términos energéticos, económicos y sociales.

Un comportamiento ideal entre el sendero de energía y el IDH es que la evolución descendente de la intensidad de energía se coloque en isoclinas de menor valor, es decir, menores cantidades de energía para generar mayores valores de PIB, con menores usos residenciales, pero con beneficios sociales mayores.

Todas estas características definen la estructura de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con los aprovechamientos de energía de los usuarios finales; además de los daños ambientales ligados a las actividades de extracción, distribución y almacenamiento de energéticos; tales como, los derrames, las fugas, las alteraciones a los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad.

La componente económica conlleva la disponibilidad de los insumos de producción (el capital natural, manufacturado, humano y social), los procesos de transformación de materia, los servicios generados por el sistema económico, las relaciones entre oferta y demanda internas y externas, es decir, el perfil de producción y consumo; aunado a esto contiene también el resultado de la toma de decisiones en el plano político, así como del marco normativo que lo racionaliza y su participación en el plano internacional.

Si bien está claro que todo requiere de energía, la economía descansa en la simbiosis entre el valor monetario y la energía, son indisociables. Los capitales natural y humano son los principales factores de producción, que alimentan al sistema económico, tanto para la generación de valor monetario, como de la materia y de las diferentes formas de energía que requiere¹¹⁰.

Para los conceptos de desarrollo y sustentabilidad, la intensidad de energía es uno de los indicadores más adecuados, por la gran cantidad de información que contiene, y además porque contribuye a darle pragmatismo al desarrollo, donde la versión convencional lo entiende como un proceso, en el largo plazo, de acumulación y gestión adecuada de las diferentes formas de capital, que se reflejan en el grado de riqueza que se tiene, por ejemplo en una nación.

¹¹⁰ La idea incluye a las diferentes formas de energía y la relacionada con el trabajo humano.

El indicador, al vincular la energía con el valor de la actividad económica, incluye los aprovechamientos energéticos, con ello un deterioro inminente que afecta la sustentabilidad, y pone en tela de juicio la percepción de largo plazo¹¹¹.

Empero, la gestión adecuada de las diferentes formas de capital, entre ellas la energía y sus energéticos, como parte del capital natural, apela a indagar, desde esta simbiosis, en los aspectos estructurales del sistema económico, para determinar si la gestión es adecuada, si ha generado vicios o tiene posibilidades de mejora.

¹¹¹ El largo plazo se entiende como un periodo de tiempo de cincuenta años, dos generaciones en términos demográficos, el cuestionar esta valoración es para incluir en la investigación periodos de tiempo más amplios, que le doten de perspectiva histórica y realismo a las posibilidades de mejora en la gestión de las diferentes formas de capital, así como del tiempo de adaptación y sus costos asociados.

2.2 El metabolismo energético del sistema económico. Enfoques del grupo II

Esta sección describe técnicas que permiten profundizar en la investigación de las relaciones entre diversos aspectos de energía y la sustentabilidad del desarrollo.

La familia de indicadores del tipo MIPS, como la intensidad de energía, resultan muy útiles para indagar en los aspectos específicos, pero tienen la desventaja de ser puntuales entre los diferentes vínculos que se determinen y un nivel de agregación específico. Sin embargo, al aplicarlos en las estructuras económica y energética, la base explicativa se incrementa, revelando información que no sería posible de otra forma. También, dentro de límites establecidos, es posible pasar de un análisis de nivel macro a uno de nivel micro y viceversa. Además, la combinación de los indicadores tipo MIPS con la técnica de Insumo – Producto permite fortalecer las capacidades de análisis e investigación de la sustentabilidad del desarrollo, dado que de ahí es posible inferir la gestión de las diversas formas de capital a través de las estructuras (energética y económica), así como de identificar los límites de las mismas.

El concepto de metabolismo resulta útil para explorar en las relaciones de los insumos necesarios para la producción económica y la naturaleza, es decir, permite analizar las relaciones entre los procesos de la naturaleza con los de las sociedades desde una perspectiva holística o integradora (Toledo, 2013, pág. 41).

El origen del concepto de metabolismo proviene de la fisiología con J. Moleschott, sin embargo, K. Marx lo toma para definir el intercambio orgánico de su teoría. El sentido en que Marx utilizó el concepto fue como una metáfora biológica para ilustrar la circulación de las mercancías, a esto le llamó “intercambio entre hombre – naturaleza” o “intercambio sociedad – naturaleza”. En donde el trabajo es una progresiva humanización de la naturaleza, acto que simultáneamente coincide con la naturalización del hombre (Schmidt, 1977, págs. 81, 94-110). Y Marx concibe a la naturaleza como el sustrato del trabajo, es decir, la fuente de todos los medios y objetos de trabajo¹¹².

El concepto de metabolismo estuvo latente desde principios de 1900 hasta 1960 que Kenneth Boulding y Robert Ayres lo toman sin saber de su origen¹¹³, después en 1997 con Marina Fisher – Kowalski lo retoma y lo presenta como el concepto estelar para analizar los flujos de materia¹¹⁴.

La mayoría de los análisis se concentran en estimar los flujos de materiales y de energía para diversas sociedades. Una de las técnicas útiles para estimar tales flujos es el Insumo – Producto porque permite poner en evidencia las interrelaciones sectoriales¹¹⁵. La técnica consiste en desagregar la economía en diferentes sectores y contabilizar los flujos.

¹¹² V.M. Toledo, *op. cit.*, pág. 43.

¹¹³ *Ibid.*, pág. 45.

¹¹⁴ *Ibid.*

¹¹⁵ Éstas pueden ser en unidades monetarias o las asociadas con la medición de los materiales o energía en cuestión.

La idea que subyace en la estimación de los flujos de materiales y de energía en una economía (en cuanto a los criterios de desarrollo, crecimiento económico y sustentabilidad) radica en su contribución para analizar la “hipótesis de la desmaterialización”, ésta consiste en que “... *los problemas ambientales no son resultado directo de la escala monetaria de una economía, sino más bien de su dimensión física...*”, dicha hipótesis argumenta que es posible desacoplar el crecimiento económico de los flujos de materiales y energía (Matthews, *et. al.*, 2000, pág. 52).

El argumento anterior es la razón por lo que la mayoría de los análisis se concentran en estimar tales flujos (de materiales y de energía) a través de las diferentes economías y así: comparar países¹¹⁶; sus cambios en el tiempo (Krausmann & Haberl, 2002); realizar diagnósticos y analizar la correlación de los flujos con parámetros económicos (Opschoor, Johannes B., 1995. En Redclift & Woodgate, 1997, págs., 274-286); determinar los perfiles metabólicos de los países (Eisenmenger & Giljum, 2006. En Hornborg & Crumley, 2006, págs. 288-302); y, entre otros, para evaluar el perfil de los flujos con respecto a estilos de desarrollo (Eisenmenger, Ramos, & Schandl, 2007).

La aplicación del concepto de intercambio orgánico para el caso de la energía se conoce como el Metabolismo Energético. Para ésta investigación resultan útiles la aplicación del concepto y de sus técnicas de análisis, porque parten del hecho de que una sociedad es un sistema físico y toda su producción requiere de energía, entonces se le puede analizar desde una abstracción energética que responda a cómo el flujo de energía traspasa un sistema productivo. Una aproximación de la energía que fluye en un sistema económico y que arroje información acerca del grado de desarrollo se puede obtener con la energía contenida, dado que el crecimiento económico (importante para los criterios de desarrollo) se mide como cambios en la producción de bienes y servicios, éstas son manifestaciones físicas de la energía al ser integrados en una sociedad (King & Hall, 2011).

En análisis de Metabolismo Energético de una sociedad pretende responder a:

- cómo son los intercambios de energía entre el sistema energético y el económico;
- cuáles son los requerimientos de energía, directos e indirectos, tanto desde una perspectiva energética únicamente, como desde una que integre lo energético – económico; y
- cuáles son las relaciones que existen entre los diferentes energéticos, entre sus conversiones de energía, de éstas con los usuarios finales, y entre estos últimos desde la óptica energética¹¹⁷.

La técnica que se utiliza es el Insumo – Producto, su aplicación se divide en dos.

¹¹⁶ Matthews y col., *op. cit.*

¹¹⁷ Los estudios de metabolismo son amplios y diversos, se encuentran evidencias desde hace más de 150 años, fue utilizado primero por la corriente historicista alemana; después por K. Marx para denotar los intercambios de materiales entre el ser humano y la naturaleza desde una perspectiva antropológica; luego la recomendación de S. Podolinsky para atender la contabilidad incompleta de energía en la agricultura; y la P. Geddes aplicado al funcionamiento de las ciudades.

La primera subsección, es el Insumo – Producto Energético, se determinan:

- la matriz de aprovechamientos de energía en los usuarios finales;
- las matrices de necesidades y requerimientos de energía del propio sistema energético (totales, directos e indirectos).

Las herramientas de análisis que utiliza este enfoque son:

- el rendimiento energético; y
- un análisis de cambio estructural en los aprovechamientos de energía.

La segunda subsección transforma la tabla de Insumo – Producto monetario a una tabla de Energía Contenida.

Esta parte utiliza la matriz de aprovechamientos de energía de los usuarios finales para estimar:

- las intensidades de energía (por usuario y por energético) con el vector de valor bruto de la producción que proviene del Insumo – Producto del sistema económico. Al realizar su producto con las matrices de demanda intermedia y final, se obtiene la estructura del sistema económico en términos de energía, es decir, la energía contenida del sistema (también se interpreta como la “huella” o “mochila” energética).

Los instrumentos de análisis que utiliza éste enfoque son:

- la red de relaciones inter – energéticas; y
- tres índices que profundizan en las características de los intercambios de energía contenida entre los diferentes agentes: de Concentración, de Rasmussen y de Entropía de Theil.

2.2.1 Insumo – Producto Energético

Las herramientas para analizar el sistema energético son diversas. Estas consisten en analizar cada eslabón de la cadena energética, y en tomar de manera separada cada energético y analizar su trayectoria desde la extracción (o su conversión en forma útil), hasta los centros de aprovechamiento final.

La utilidad de convertir los balances de energía al formato de Insumo – Producto Energético, radica en representar bajo el principio de conservación de energía, la trayectoria de cada energético que conforma al sistema de una región determinada, en un periodo de tiempo establecido, que se suministra a un sistema económico y social, de tal modo que la información resultante alimenta el análisis de metabolismo energético para la región de estudio.

En otras palabras, la metodología analiza los flujos de energía a través de la extracción, los procesos de transformación de energía y el aprovechamiento de los usos finales en los diferentes sectores económico, público y residencial.

Para ello, se estiman los requerimientos energéticos de energía, es decir, el costo energético de aprovechar energía en formas útiles, [Slesser, 1987; Alcántara & Roca, 1995], parte de descomponerlos en dos categorías: los relacionados con los procesos de conversión de energía; y los asociados a la transmisión, distribución y almacenamiento de energéticos.

El cálculo se hace en términos de energía primaria para evitar una doble contabilidad de energía y para incluir las características cuantitativas y cualitativas de los aprovechamientos de energía en los centros de usos finales, es decir, toma los efectos globales del sistema económico y energético [Proops, 1988. En Ciaschini, 1988; Alcántara & Roca, 1995].

La técnica permite determinar las relaciones inter – energéticas del sistema energético, como las relaciones que tienen los diferentes tipos de energía primaria, con sus productos de energía secundaria, y sus aprovechamientos en usos finales.

Además, al contar con información para la construcción de las tablas en diferentes años, la técnica tiene diversas estrategias de análisis, una de ellas es el de cambio estructural, que en esta subsección se utiliza para cuantificar cambios: en la eficiencia de transformación de energía, en la capacidad de sustitución de energía y en los niveles de aprovechamiento.

Por lo tanto, la técnica de Insumo – Producto Energético y sus herramientas de análisis, permiten evaluar y prospectar el comportamiento del sistema energético vinculando el nivel macro con el micro.

2.2.2.1 Descripción

Las tablas de Insumo – Producto Energético se construyen bajo el principio de la primera ley de la termodinámica, conservación de energía; dichas tablas están compuestas de tres secciones, donde se presenta la información obtenida de los procesos de extracción de energía primaria (la oferta energética), las conversiones de energía (de energía primaria a secundaria y terciaria), y el aprovechamiento de los diferentes energéticos (la demanda en usos finales).

Existen diversas fuentes de información para los balances de energía para el caso mexicano, como la secretaría de energía (SENER), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Organización Latino Americana de Energía (OLADE), Agencia Internacional de Energía (AIE), entre otras.

La técnica utilizada para expresar los balances de energía en el formato de Insumo – Producto Energético se describe a continuación.

Todos los energéticos se expresan mediante el principio de conservación de energía, desde una óptica de demanda:

$$(Transformación\ de\ energía) + (Aprovechamiento\ de\ energía\ final) = (Energía\ total)$$

La energía total es la aplicación de conservación de energía, esto es, la energía extraída (de diversas fuentes, de la corteza terrestre, la biomasa, el aprovechamiento de la energía contenida en el viento, en el movimiento de las mareas, y la que proviene del sol), es igual a la energía aprovechada en alguna forma útil más sus respectivas disipaciones de energía.

El término Transformación de energía, contiene la magnitud de la extracción de energía primaria que es convertida a formas útiles¹¹⁸.

Tabla 2. 2 Estructura del Insumo - Producto Energético

	$E_{intermedia}$					E_{final}					E_{total}
	$e_{1,1}$	$e_{1,2}$	$e_{1,3}$	...	$e_{1,j}$	$e_{1,1}$	$e_{1,2}$	$e_{1,3}$	...	$e_{1,k}$	E_1
	$e_{2,1}$	$e_{2,2}$	$e_{2,3}$	...	$e_{2,j}$	$e_{2,1}$	$e_{2,2}$	$e_{2,3}$	...	$e_{2,k}$	E_2
	$e_{3,1}$	$e_{3,2}$	$e_{3,3}$	...	$e_{3,j}$	$e_{3,1}$	$e_{3,2}$	$e_{3,3}$	...	$e_{3,k}$	E_3
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	$e_{i,1}$	$e_{i,2}$	$e_{i,3}$	...	$e_{i,j}$	$e_{i,1}$	$e_{i,2}$	$e_{i,3}$	...	$e_{i,k}$	E_i
Fac. de prod. ¹¹⁹	e_1	e_2	e_3	...	e_j						
E_{total}	E_1	E_2	E_3	...	E_j						$E_i = E_j$

La expresión en términos de energía parte de la Tabla 2. 2, le ecuación es la siguiente:

$$(e_{i,j}) + (e_{i,k}) = E_i = E_j \dots (2.5)$$

donde:

- $e_{i,j}$: Matriz de transformación de energía o demanda intermedia de energía;
- $e_{i,k}$: Matriz de aprovechamiento de energía en usos finales o demanda final;
- i : Tipo de energía i aprovechada para la conversión al tipo de energía útil j ;
- j : Tipo de energía j convertida; y
- k : Aprovechamiento de energía i en el centro de consumo k .

Las características de la relación anterior son:

- los elementos que corresponden a los subíndices $i = j$ representan el aprovechamiento de cada tipo de energía para su propia extracción, o en el caso de las formas secundarias y terciarias, para su aprovechamiento en su forma útil, es decir, la energía i necesaria para el aprovechamiento de la energía i , en términos de los balances de energía se le denomina autoconsumo, está compuesto del aprovechamiento de la energía i más las pérdidas o disipaciones por transporte, distribución y almacenamiento físico de esa forma de energía;

¹¹⁸ En términos de modelo de Insumo – Producto, la relación es $(Demanda Intermedia) + (Demanda final) = (Demanda total)$.

¹¹⁹ La sección factores de producción, tiene una connotación económica, esta compuesta por la suma de los factores de cada energético, los datos de esta tabla proviene de los balances de energía, los cuales son: producción nacional; producción proveniente de otras de fuentes; importación; variaciones de inventarios; energía no aprovechada; y maquila e intercambio neto.

- los elementos $i > j$ son las cantidades de energía j proveniente de la forma de energía i . Estos elementos muestran información de la conversión de energía primaria a secundaria y de esta a terciaria¹²⁰; y
- los elementos $i < j$ representan la cantidad de energía i que fue aprovechada para convertirla en la energía j .

Una observación importante sobre este planteamiento y la información de los balances de energía, es que se observa la cantidad de energía aprovechada para extracción en energía primaria, como ejemplo, la cantidad y tipo de energía aprovechada en los procesos de extracción de petróleo crudo, de igual forma con todos los elementos $i < j$.

Otra observación es que en el modelo de Insumo – Producto se observa directamente los centros de transformación de energía, coquizadoras, refinerías, plantas de gas y centrales eléctricas, en cantidades de energía y no por centro de transformación.

También, el planteamiento produce doble contabilidad, esto se debe a que se contabiliza la energía primaria a transformación más la energía secundaria y terciaria; eso se corrige al hacer el análisis en los centros de aprovechamiento de usos finales de energía, donde se pueden expresar en términos de energía primaria.

Con el balance de energía en términos de Insumo – Producto se puede iniciar el análisis de W. Leontief. Lo primero es evaluar los Requerimientos Directos de Energía (RDE) para todo el sistema energético¹²¹.

Se define el peso específico de la conversión de energía j , proveniente de la fuente energética i , con respecto al aprovechamiento Total de energía j derivado de todas las formas de energía i .

$$g_{i,j} = \frac{e_{i,j}}{E_j} \dots (2.6)$$

Después, a la matriz $g_{i,j}$, se le aplica la operación $(1 - g_{i,j})^{-1}$, esta matriz es la Inversa de Leontief de Energía (ILE), y expresa los Requerimientos Totales de Energía (RTE)¹²².

Los Requerimientos Indirectos de Energía (RIE) se obtienen de la diferencia $RIE = RTE - RDE = ILE - G$.

Aquí se encuentra el problema de doble contabilidad de energía, al ajustarlo se obtiene la distribución sobre los centros de aprovechamiento de energía en usos finales en términos de energía primaria.

¹²⁰ Por ejemplo, en la conversión a energía eléctrica, un porcentaje proviene de fuentes primarias como Carbón, Hidroenergía, Nucleoenergía, Geoenergía, etc., y otro porcentaje tiene origen en fuentes secundarias como Combustóleo, Diesel y Gas seco.

¹²¹ Las necesidades directas de energía, son todos los uso de energía en los procesos de transformación de energía.

¹²² Las necesidades totales de energía, son todos los aprovechamientos de energía realizados directa e indirectamente, es decir, en los procesos de transformación más los asociados con las pérdidas por transformación, distribución y almacenamiento.

El procedimiento es tomar las filas de la ILE (correspondientes a energía primaria) para realizar el producto matricial con la matriz de los centros de aprovechamiento de usos finales de energía ($e_{i,k}$), la expresión resultante es:

$$EP_i = (1 - g_{i,j})^{-1} e_{i,j} \dots (2.7)$$

en notación matricial es:

$$EP_i = ILE C; C = e_{i,k} \dots (2.8)$$

Una manera alternativa de expresarlo es:

$$E_{intermedia} + E_{final} = E_{total} \dots (2.9)$$

se define

$$\bar{G} \hat{E}_{total} = \bar{E}_{intermedia} \Rightarrow \bar{G} = \bar{E}_{intermedia} \hat{E}_{total}^{-1}$$

$\bar{G} \hat{E}_{total}$, la energía total y la matriz de coeficientes de necesidades directas de energía¹²³, se sustituyen en la ecuación (2.8),

$$\bar{G} \hat{E}_{total} + \bar{E}_{final} = \hat{E}_{total} \Rightarrow \bar{E}_{total} = (\bar{I} - \bar{G})^{-1} \bar{E}_{final} \dots (2.10)$$

Para resolver el problema de doble contabilidad, se toman solo los renglones de la matriz $(\bar{I} - \bar{G})^{-1}$ correspondientes a energía primaria, y se produce el vector \bar{EP}_{total} como el aprovechamiento total de energía en términos de energía primaria:

$$\bar{EP}_{total} = (\bar{I} - \bar{G})_p^{-1} \bar{E}_{final}; \text{ se define } (\bar{I} - \bar{G})_p^{-1} = \bar{ILE}_p$$

De este modo al estimar la energía total, se obtiene la información en términos de energía primaria, incluyendo las características cuantitativas y cualitativas de todos los centros de usos finales de energía, más los efectos de los mercados internacionales de energía primaria (Proops, 1988).

Por lo tanto, el uso de energía total desagregado en total, directo e indirecto es:

$$\bar{EP}_{Total} = \bar{ILE}_p \bar{E}_{final} \dots (2.11)$$

$$\bar{EP}_{Directa} = \bar{G}_p \bar{E}_{final} \dots (2.12)$$

$$\bar{EP}_{Indirecta} = (\bar{ILE} - \bar{G})_p \bar{E}_{final} \dots (2.13)$$

¹²³ $\bar{E}_{final} = \sum_i^n e_{i,k}$ es el resultado de la suma de cada tipo de energía en los centros de aprovechamiento de energía en usos finales.

2.2.1.2 Herramientas de análisis para el Insumo – Producto Energético

Las matrices de necesidades totales, directas e indirectas son las proporciones energéticas que necesita el propio sistema. Al aplicar el producto de cada una de las matrices anteriores por la matriz de demanda final se obtienen los requerimientos totales, directos e indirectos. Que son los requerimientos de energía para el sistema.

La lectura de estas matrices es importante, porque informa acerca de las eficiencias de conversión entre los diferentes energéticos, de disponibles a útiles, en la categoría de directos (la demanda intermedia), así como las eficiencias del sistema energético para colocar una unidad de energía de un energético con el usuario final.

2.2.1.2.1 Rendimiento energético

Con información de la matriz de Insumo – Producto Energético, en la sección de demanda intermedia y de energía total, se obtiene el Rendimiento Energético, desde una perspectiva de oferta es el cociente entre la cantidad de energía necesaria para su propia extracción en caso de la energía primaria, o conversión en energético útil o energía útil, o para la energía secundaria con respecto al total extraído o convertido. La evolución del cociente indica:

- el costo en energía de extraer un energético; y
- el costo energético de convertir un energético primario en alguna forma útil o en energía útil.

Los valores mayores a la unidad son una exclusividad de los energéticos primarios, los explican sus procesos de extracción. Conforme los yacimientos de cada uno de ellos decline, el valor debe tender a cero; para que sea económicamente explotable, necesariamente debe ser mayor a uno, por su cualidad de energético primario. Qué tan cercano a uno, lo determinan las características de los mercados y qué tan apreciado sea para el mercado.

Los energéticos secundarios, siempre deben tener valores menores a la unidad, como resultado de las irreversibilidades en sus procesos de conversión de energía a formas útiles, en términos de termodinámica, que ponen límites a las eficiencias de conversión, siempre por debajo del 100%. Qué tan cercano a uno, lo determina la abundancia de su fuente primaria y el nivel tecnológico; y que aparezca en la matriz energética, depende de qué tan apreciado sea para el sistema económico y social, por ejemplo la Electricidad, que es en extremo un recurso estratégico porque no se conoce sustituto y dicho sistema está dispuesto a asumir el costo energético de conversión y el monetario.

2.2.1.2.2 Análisis de Cambio Estructural

Con el planteamiento de los requerimientos de energía se analiza el metabolismo energético, se utiliza el instrumento del Análisis de Cambio Estructural (ACE), el objetivo es determinar cuáles han sido los efectos que guían los cambios en los usos de energía¹²⁴.

Se utiliza la ecuación (2.11) evaluada en el ACE para diferentes años, este mide los cambios como la suma de cuatro efectos:

1. Eficiencia de Transformación de Energía (ETE), son las pérdidas en los procesos de producción, distribución y almacenamiento de energía (en la nomenclatura del balance de energía).
2. Las formas de Sustitución de las diferentes opciones de Energía en el aprovechamiento de usos finales (SE).
3. Variaciones en el Uso de la Energía en los centros de aprovechamiento de usos finales (VUE). Estas variaciones son resultado de diferentes factores como: la demanda de energía final en los sectores económicos, son el efecto de la actividad (PIB de cada rama) y la estructura energética; en el caso de la demanda residencial, los efectos dependen de la cantidad de equipamiento de los hogares y la eficiencia de obtención de energía; para el sector transporte, la demanda depende del nivel de actividad, y de la eficiencia energética en términos de transporte.
4. El último es el Efecto Interacción que se interpreta como un residuo no explicable (EI).

Las expresiones para medir cada uno de los efectos son las siguientes:

$$\Delta \overline{EP}_{total} = \overline{EP}_{total,t} - \overline{EP}_{total,0} = \overline{ETE}_t + \overline{SE}_t + \overline{VUE}_t + \overline{EI}_t \dots (2.14)$$

donde

$$\overline{ETE}_t = (\overline{ILE}_t - \overline{ILE}_0) \overline{A}_0 \hat{B}_0 \dots (2.15)$$

$$\overline{SE}_t = \overline{ILE}_0 (\overline{A}_t - \overline{A}_0) \hat{B}_0 \dots (2.16)$$

$$\overline{VUE}_t = \overline{ILE}_0 \overline{A}_0 (\hat{B}_t - \hat{B}_0) \dots (2.17)$$

Las matrices \overline{A} y \hat{B} , provienen de la descomposición de la matriz $\overline{E}_{final} = \overline{A} \hat{B}$, la primera es la proporción de los diferentes energéticos con respecto a la demanda final de energía para cada rama; y la segunda es un vector diagonal que expresa la demanda final de energía de cada una de las ramas¹²⁵.

¹²⁴ Alcántara & Roca, 1995, *op. cit.*

¹²⁵ La matriz \overline{E}_{final} proviene de los elementos $e_{i,k}$.

2.2.1.2 Valoración

El marco metodológico parte de un sistema definido, el sistema se encuentra acotado entre la extracción de energéticos primarios, sus transformaciones en formas útiles y sus aprovechamientos en los usuarios finales.

Migrar la información de los balances de energía al formato de Insumo – Producto tiene la utilidad de estimar las eficiencias de transformación entre energéticos del sistema simultáneamente, así como aquellas relacionadas con colocar la energía en los usuarios finales, la de los costos energéticos de extraer energéticos primarios y convertirlo en secundarios y de determinar las causas dominantes que motivan los cambios en los usos de energía.

Si bien, tiene la ventaja de observar todo el sistema simultáneamente, a todos los energéticos y sus etapas en la cadena de valor, también tiene la desventaja de no identificar las tecnologías que los transforman como plantas de ciclo combinado, carboeléctricas, coquizadoras, refinerías, etc.. Sin embargo, es posible intuirlos por el tipo de energético involucrado en los procesos de transformación.

Una de las principales ventajas es la comparación entre la energía de origen directo e indirecto con respecto al total, como para evaluar los efectos tecnológicos con la gestión de cada energético para el sistema.

2.2.2 Energía Contenida (EE, del inglés *Energy Embodied*)

El vínculo entre el sistema energético y económico es la intensidad de energía, se estima con la matriz de usos finales de Insumo – Producto Energético y el vector del valor bruto de la producción de Insumo – Producto monetario.

Al realizar el producto del vector (o matriz) de la intensidad de energía con las matrices de demanda intermedia y final monetaria, se obtiene la matriz en términos de energía. Cada una de las ramas lleva consigo la energía necesaria para su transformación en forma útil y la necesaria para llegar a ella. Contiene una parte de su “huella energética” o su “mochila energética”. Aún está incompleta, falta la energía que involucran sus procesos de transformación de materia o de elaboración de servicios, así como el costo energético de colocar la producción en la demanda final. Estos aspectos se descomponen en la matriz de energía contenida.

Esta sección describe el modelo de Insumo – Producto monetario, la técnica para transformar el modelo a términos de energía contenida¹²⁶, así como las herramientas de análisis y una valoración.

¹²⁶ Si bien la energía contenida se obtiene de los balances de energía, éstos no permiten cuantificar los usos directos e indirectos para cada rama productiva, ni los intercambios de energía contenida entre las ramas. Por ello resulta de gran utilidad aplicar el modelo de Insumo – Producto porque permite desagregar los componentes de los usos de la energía contenida entre cada una de las ramas, así como identificar las tres fases básicas de la cadena de valor de una economía (producción, transformación y comercialización).

2.2.2.1 Descripción del modelo de Insumo – Producto monetario

La base de la técnica de Insumo – Producto monetario son las identidades de contabilidad nacional.

El modelo muestra las interrelaciones entre los bienes y servicios en un espacio económico. A esto se le llama *interdependencia*, la cual es representada por medio de identidades contables que indican el destino de la producción de cada sector y la aplicación o empleo de la misma, [Miller & Blair, 2009; Schuschny, 2005; SSP, 1980].

El modelo aplicado a una nación se basa en la *Identidad de Contabilidad Nacional*¹²⁷, donde la producción total nacional es igual a las ventas totales nacionales:

$$X_j = X_i \dots(2.18)$$

El primer término de (2. 18), X_j , se expresa con la función de producción de la aplicación, esto es, cada sector utilizará ésta para comprar productos intermedios como insumos para su proceso productivo y para pagar todos los gastos originados en los procesos (pago a factores), en otras palabras la función de producción representa el uso que el sector j – ésimo haga de su valor de producción.

$$\begin{aligned} & (\text{aplicación del valor de la producción}) \\ & = (\text{adquisiciones de insumos intermedios}) + (\text{uso de los insumos primarios}) \end{aligned}$$

Algebraicamente se expresa de la siguiente forma:

$$X_j = (x_{1,j} + x_{2,j} + \dots + x_{n,j}) + [M_{1,j} + M_{2,j} + \dots + M_{n,j} + S_j + B_j + A_j + (T_j + Sb_j)] \dots(2.19)$$

donde:

X_j : Aplicación del valor de la producción;

$x_{1,j} + x_{2,j} + \dots + x_{n,j}$: Adquisición de insumos intermedios; y

$M_{1,j} + M_{2,j} + \dots + M_{n,j} + S_j + B_j + A_j + (T_j - Sb_j)$: Uso de insumos primarios.

donde:

$M_{1,j} + M_{2,j} + \dots + M_{n,j}$: Importaciones de insumos intermedios del sector i que compra el sector j ;

S_j : Salarios, remuneraciones, seguridad social, pagados por el sector j ;

B_j : Beneficios y excedentes de la explotación del sector j ;

A_j : Amortizaciones y consumo de capital fijo del sector j ;

T_j : Impuestos pagados por el sector j ; y

Sb_j : Subvenciones y subsidios recibidos por el sector j .

¹²⁷ La cual contempla que todos los bienes y servicios de una economía tienen dos componentes generales: productos intermedios de todo proceso y productos de demanda final.

La suma de los salarios y beneficios más la diferencia entre el pago de impuestos y las subvenciones, suelen incorporarse en el Valor Agregado Bruto de la Producción, $VAB_j = S_j + B_j + A_j + (T_j - Sb_j)$.

Por lo tanto, la expresión para la función de producción es:

$$X_j = \sum_{i=1}^n x_{i,j} + \sum_{i=1}^n M_{i,j} + VAB_j \dots (2.20)$$

El segundo término de (2.18), X_i , se representa con la función de utilización, describe el destino de la producción del sector i que vende al sector j .

$$X_i = (x_{i,1} + x_{i,2} + \dots + x_{i,n}) + C_i + I_i + G_i + Z_i + E_i \dots (2.21)$$

donde:

X_i : Destino de ventas del sector i ;

$x_{i,1} + x_{i,2} + \dots + x_{i,n}$: Producto intermedio del proceso de producción del sector i al sector j ;

C_i : Bienes de consumo a residentes;

I_i : Bienes de inversión;

G_i : Ventas al sector público;

Z_i : Valor de la producción a inventarios; y

E_i : Exportaciones.

El valor del producto de la demanda final es la suma de $Y_i = C_i + I_i + G_i + Z_i + E_i$.

Por lo tanto la expresión para la función de utilización es:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{i,j} + Y_i \dots (2.22)$$

Para demostrar la *Identidad de Contabilidad Nacional* en sentido inverso es necesario notar que $x_{i,j} \neq x_{j,i}$, sin embargo, elemento a elemento lo es.

Igualando las ecuaciones (2.20) y (2.22) se tiene:

$$\sum_{i,j=1}^n x_{i,j} + \sum_{i=1}^n M_{i,j} + VAB_i = \sum_{i,j=1}^n x_{i,j} + Y_i \dots (2.23)$$

Elemento a elemento la adquisición de insumos intermedios es igual a la suma de su uso, por lo tanto, se eliminan uno a uno los términos $\sum_{i,j=1}^n x_{i,j}$, y considerando que el PIB es $PIB_i = \sum_{i=1}^n (Y_i - \sum_{j=1}^n M_{i,j}) = VAB_i$, ajustándolo a (2.23) se obtiene:

$$PIB = \sum_{i=1}^n VAB_i \dots (2.24)$$

Esta expresión es equivalente a la ecuación (2.18).

También se puede representar en las ecuaciones (2.20) y (2.23) expresadas en forma matricial.

De la ecuación (2. 19), se toma $\bar{H} = \sum_{i,j=1}^n x_{i,j}$, se tiene que $\bar{X} = \bar{H}\bar{1} + \bar{Y}$, donde $\bar{1}$ es un vector unitario de $1 \times n$, equivalente por las identidades del PIB y del VAB de la ecuación (2.23):

$$\bar{X} = \bar{H}\bar{1} + \bar{M}\bar{1} + \bar{v} \quad \bar{v} = \sum_{i=1}^n VAB_i$$

Para realizar el análisis, partiendo de $\bar{X} = \bar{H}\bar{1} + \bar{Y}$, se definen los elementos de la matriz de coeficientes técnicos:

$$\bar{A} = \bar{H}\hat{x} \Rightarrow \bar{H} = \bar{A}\hat{x}^{-1} \dots(2.25)$$

donde \hat{x} es la matriz diagonal de producciones domésticas, $\hat{x}_{i,i} = X_i$ y $\hat{x}_{i,i}^{-1} = 1/X_i$, y la matriz \bar{A} también se le llama la matriz de requerimientos directos.

Finalmente el análisis se realiza de la siguiente forma:

$$\bar{X} = \bar{A}\bar{X} + \bar{Y} \Rightarrow \bar{X}(\bar{I} - \bar{A}) = \bar{Y}$$

obteniendo

$$\bar{X} = (\bar{I} - \bar{A})^{-1}\bar{Y} \dots(2.26)$$

La relación $(\bar{I} - \bar{A})^{-1}$ se conoce como la inversa de Leontief o matriz de requerimientos totales (suma de los directos e indirectos), la diferencia $((\bar{I} - \bar{A})^{-1} - \bar{A})$ son los requerimientos indirectos.

El planteamiento del modelo aplicado a un periodo de tiempo específico conlleva cuatro hipótesis:

1. Homogeneidad sectorial, supone que cada insumo es suministrado por un solo sector de producción.
2. Invariancia de precios relativos, para homogeneizar la medición de los agregados.
3. Proporcionalidad estricta, los insumos comprados son una función del nivel de producción de ese sector.
4. Hipótesis de actividad, el efecto total de la producción en varios sectores será igual a la sumatoria de los diferentes efectos.

Las implicaciones respectivamente son:

1. Se emplea un solo método de producción, por lo tanto no es posible la sustitución entre insumos intermedios, y cada sector tiene una sola producción primaria.
2. No acepta variaciones de precios en el periodo de análisis.
3. La f. p. del modelo es lineal, por lo tanto, sus coeficientes técnicos también lo son, esto implica que el nivel de producción que el sector i vende al sector j , es una proporción constante del nivel de producción del sector j . Y dado que los coeficientes técnicos son constantes por hipótesis, significa que la función de productividad marginal de cada factor es constante e igual a su productividad media; ello implica que la función de producción tiene los rendimientos constantes a escala.

4. Excluye toda interdependencia externa de los sectores, excepto la que se especifique en el modelo.

También la matriz \bar{A} cumple con algunas propiedades importantes:

1. El insumo total es igual a la producción total de cada sector.
2. Cada coeficiente de insumo – producto es menor a uno.
3. La suma de los coeficientes de insumo – producto, más los coeficientes de valor agregado bruto por unidad de producción de cada columna es igual a uno.
4. Y los elementos de la diagonal de la matriz $(\bar{I} - \bar{A})^{-1}$ deben ser mayores o iguales a uno. Ello significa que para producir una unidad adicional para satisfacer la demanda final es necesario aumentar la producción al menos en una unidad.

Las principales causas de alteraciones en los coeficientes técnicos en el tiempo son:

- Cambio tecnológico.
- Incremento en los beneficios surgidos en las economías de escala.
- Variaciones en la combinación de productos.
- Cambios en los precios relativos.
- Cambios en los patrones de intercambio.

2.2.2.2 Técnica para obtener la Energía Contenida a partir de las Tablas de Insumo – Producto monetario y de la intensidad de energía

El vínculo para estimar la EE de un sistema económico, es la intensidad de energía. La información que genera aborda las relaciones inter – energéticas dentro de la economía.

Al estar preparadas las tablas monetarias y energéticas se estima el vector de Intensidad de Energía (F), o la matriz de intensidades por tipo de energético.

$$IE_{i,k} = F_{i,k} = \frac{E_{i,k}}{X_{i,k}} \dots (2.27)$$

donde los subíndices i y k denotan el tipo de energético y la rama económica (usuario final de energía).

Los valores monetarios que se toman para construir las intensidades de energía (los $X_{i,k}$) son los Valores Brutos de las Producciones de cada centro, que combinado con los usos de energéticos, contemplan las características cuantitativas y cualitativas de todos los centros de usos finales de energía, los efectos de los mercados internacionales de energía primaria y las dinámicas económicas de cada sector (Proops, 1976).

La energía contenida se estima con el producto del vector de intensidad de energía, la matriz L monetaria y el vector diagonalizado de demanda final y , monetaria.

En términos de aprovechamiento de energía total, se tiene:

$$EE_T = F(I - A)^{-1}\hat{y} = FL\hat{y}...(2.28)$$

para desagregar el contenido de energía por tipo de energético, así como las transacciones energéticas entre las diferentes ramas se diagonaliza el vector F ,

$$EE_T = \hat{F}(I - A)^{-1}\hat{y} = \hat{F}L\hat{y}...(2.29)$$

Para identificar los efectos directos, indirectos y totales de la economía en el contenido de energía, se utilizan las matrices monetarias A , I' y L . De la matriz A se obtiene el EE_D , asociada al aprovechamiento energético en la producción. La matriz I' genera la EE_I , relacionada con el costo energético de colocar las producciones entre las diferentes ramas y en la demanda final. Y de la matriz L estima la EE_T , es la suma de los efectos directos e indirectos.

Si bien el análisis se puede extender a los efectos directos e indirectos de energía descritos en la sección anterior, la investigación lo acota a los efectos en el sistema económico.

2.2.2.3 Energía Contendida. Herramientas de análisis

De la transformación de las tablas de Insumo – Producto monetarias a tablas de energía contenida, se obtiene un conjunto de datos robusto (con un cierto nivel de agregación), se requieren de técnicas de análisis específicas para extraer la información que contienen tales tablas.

Los primeros análisis empíricos acerca de las relaciones que hay dentro de las tablas de Insumo – Producto surgieron durante la década de 1950 con W. Leontief y P.N. Rasmussen. Ellos realizaron estudios comparativos de la estructura productiva para diferentes países, con el objetivo de detectar y analizar patrones que guiaban el desarrollo económico. Partieron de que no existe un “mejor método” de desarrollo, por lo tanto, detectar los patrones que desencadenan a la economía, revelaría características de los procesos de desarrollo y de los mecanismos de trabajo. Y el entendimiento de ello tendría el potencial de conducir a la selección de estrategias de desarrollo más adecuadas (Soofi, 1992).

La búsqueda de los patrones (desde una perspectiva iniciática para los estudios de Insumo – Producto) los hacían a través de:

- los análisis de las relaciones inter – industriales, buscaban entender los cambios de la estructura de producción a través de la circularidad entre sectores o como W. Leontief (1953) le llamaba la “... *triangulación sobre las tablas de Insumo – Producto como mecanismo para entender la estructura interna de las transacciones inter – industriales...* “ [Soofi, 1992, pág. 349; Miller & Blair, 2009, pág. 304]; y
- para medir los cambios en la estructura de producción con P.N. Rasmussen (1956), que es medir el efecto del cambio técnico, propuso un método para la cuantificación de los vínculos industriales [Soofi, 1992, pág. 349; Miller & Blair, 2009, pág. 556].

A partir de éstos estudios pioneros, se vitalizó la aplicación del modelo de Insumo – Producto para la representación de la estructura productiva. Se entendía que estaba definida por diversas fuerzas, algunas guiadas por la uniformidad entre países¹²⁸. Y para extender la estructura de producción de los países sería necesario satisfacerlos en primera instancia desde una perspectiva biológica, que estaría determinada por las necesidades humanas, basadas en un mismo grado de conocimiento y restringidas al mismo mundo físico.

Con esto iniciaron las evaluaciones de las estrategias de crecimiento económico que involucraban a las aplicaciones del modelo de Insumo – Producto. El primero en presentar el concepto de “Vínculos hacia adelante y vínculos hacia atrás” fue Albert O. Hirschman en 1958.

El concepto de “Vínculo” proviene de la observación “... *que mientras se desarrollan algunas actividades, algunos agentes “inducen” a que se tomen nuevas actividades, ello es el efecto del vínculo entre lo que se está haciendo y lo nuevo que se hará, los efectos de los vínculos hacia atrás se asocian con la demanda derivada, mientras que los efectos de los vínculos hacia adelante están relacionados con el uso de los productos...*” (Drejer, 2002, pág. 3).

Los vínculos están relacionados con los coeficientes técnicos, éstos son los insumos directamente requeridos (la matriz \bar{A} , ecuación 2.25) por una industria a fin de que produzca una unidad de valor el producto de otra industria. La medición de éstos son una magnitud de las transacciones inter – industriales¹²⁹.

La definición y medición de los vínculos toman un papel central en los análisis desde la segunda mitad de la década de 1950 a la fecha, porque en ellos se encuentran las relaciones ocultas (Hirschman, 1983). La valoración de las medidas de interconexión industrial para los aspectos de desarrollo económico (orientados al desarrollo) se conocen como la “Hipótesis de Vínculo” o “Hipótesis de Hirschman”, ésta ha tomado un papel importante para evaluar las pruebas de “Estrategia de crecimiento balanceado”, el sustento radica en la detección de los sectores clave, donde la evidencia de éstos se encuentran en que los estudios empíricos han encontrado que en los de altos valores en los vínculos tienen más posibilidades de desencadenar altas tasas de crecimiento que en los de bajos valores en sus vínculos [Yotopoulos & Nugent, 1976. En Kurz, Dietzenbachen y Lager, 1998, págs, 13-15, 556].

Las técnicas para medir los vínculos, del modelo de Insumo – Producto, se han utilizado ampliamente, desde sus inicios, sin embargo, para la medición de los patrones en los intercambios de energía directos e indirectos entre los sectores de una economía ha sido parcial, por ello se propone transformar las tablas de Insumo – Producto monetarias a tablas de energía contenida.

La representación de las interrelaciones industriales se ha utilizado ampliamente, desde una perspectiva cuantitativa, ello puede complicar su interpretación, se propone utilizar las herramientas computacionales actuales que permiten hacerlo gráficamente, obteniendo así una medida cualitativa, la cual se complementa con las medidas de interconexión industrial y la perspectiva cuantitativa.

¹²⁸ Los estudios de Cherney y Watanabe realizaron una comparación de las estructuras de la producción entre países, observaron que a pesar de las grandes diferencias en las dotaciones de factores de producción, los niveles de ingresos y las preferencias entre los países estudiados, la similitud en la tecnología de producción genera un alto grado de uniformidad en la estructura de la producción de varios países (Soofi, 192, pág. 350).

¹²⁹ Abdol Soofi, *op. cit.*

En esta sección se define: una técnica para la representación gráfica de la Red de Relaciones Inter – Energéticas (RRIE), es decir, de los intercambios de energía entre sectores; y tres técnicas para cuantificar los vínculos e intercambios de la RRIE, se utiliza el índice de Concentración, el de Rasmussen y el de entropía de Theil.

2.2.2.3.1 Red de Relaciones Inter – Energéticas

La red representa visualmente la interpretación entre la estructura económica y el ecosistema económico, lo cual se observa en las interacciones entre los sectores (Hannon B. , 1973).

Existen varias opciones para interpretar las matrices de energía contenida. Este trabajo toma el método “Spring – Electrical Embedding” del software Mathematica, en el cual los vértices cercanos están sujetos a “fuerzas de resorte”, que son proporcionales a la distancia entre ellos y también todos los vértices están sujetos a fuerzas eléctricas de repulsión, que son inversamente proporcional a la distancia entre ellos. El algoritmo utilizado construye la red minimizando la energía del sistema.

El algoritmo construye la gráfica al asociar a cada nodo dos fuerzas:

- 1) fuerza atractiva $f_a = d_{i,j}^2/\kappa$ que es restrictiva a los vértices adyacentes y es proporcional a la distancia euclídea entre ellos,
- 2) fuerza eléctrica o repulsiva $f_r = \kappa/d_{i,j}^2$, ésta es global y es inversamente proporcional a la distancia entre los nodos i y j .

Por lo tanto, la fuerza total del sistema es $\sum_{i=1}^{|V|} f_i^2$, donde:

$$f_i = -C \sum_{i \neq j} \frac{\kappa^2 (x_j - x_i)}{d_j} \frac{1}{d_j} + \sum_{i \leftrightarrow j} \frac{d_{i,j}^2 (x_j - x_i)}{\kappa} \frac{1}{d_j} = -C \sum_{i \neq j} \frac{\kappa^2}{d_j^2} (x_j - x_i) \sum_{i \leftrightarrow j} \frac{d_{i,j}}{\kappa} (x_j - x_i)$$

C es una constante que regula las fuerzas atractiva y repulsiva, y $d_{i,j} = \|x_i - x_j\|$ es la distancia euclídea entre los nodos i y j .

Para trazar los vértices de la gráfica el algoritmo calcula la minimización de la función de energía, lo hace moviendo de forma iterativa cada uno de los vértices a los largo de la dirección de la “fuerza resorte”, hasta que alcanza un equilibrio aproximado.

El resultado de minimizar las fuerzas del sistema y del número de interacciones, de cada elemento con los demás, tiene como resultado que en el centro de la gráfica se aglomeran los elementos con el mayor número de interacciones que son las de mayor peso para el sistema y conforme se alejan del centro disminuyen¹³⁰.

La interpretación del modelo es que las fuerzas atractivas son aquellas que representan la demanda del sistema y las repulsivas la oferta. Así las ramas que aparecen en el centro son aquellas que tienen más balanceada su oferta – demanda, y que se caracterizan por tener mayor cantidad de vínculos con las demás ramas del sistema. En términos de energía

¹³⁰ www.reference.wolfram.com [visitada 15-08-14].

contenida y las que tengan menor la distancia entre ellas significa que su vínculo tiene mayor fuerza.

Por otro lado las ramas que aparecen en el exterior son aquellas que sus vínculos con el sistema se caracterizan por abastecer a la oferta o como insumos para otras ramas.

También, las ramas que tienen la mayor cantidad de iteraciones (las zonas más oscuras de la red), son aquellas que tienden a acumular más energía contenida, dependiendo del balance de fuerzas, dotan o absorben energía (en forma de insumos consumidos).

La herramienta es muy útil por mostrar visualmente las ramas que tienen un dinamismo importante en el sistema, sin embargo, para profundizar, se desarrollan índices que determinan la cantidad de interacciones de cada elemento con los demás, de desigualdad, e identifican si el enlace es por la oferta o la demanda.

2.2.2.3.2 Índice de Concentración

Permite conocer los grupos con cantidades de interacciones similares en la demanda intermedia, en las Tablas Insumo – Producto de unidades monetarias se utiliza la matriz A , que son los coeficientes técnicos o la matriz de requerimientos directos, es decir, son los insumo directamente requeridos por un sector a fin de que produzca una unidad de valor en el producto de otro sector¹³¹.

En esta investigación se utiliza la matriz EE_D .

Las ecuaciones de los índices de concentración son:

con vínculos hacia delante

$$G_i = \left[n \left(1 - \sum_{j=1}^n (c_{i,ij})^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \dots (2. 30)$$

donde $c_{i,ij} = \frac{EE_{D_{i,j}}}{EE_{D_i}}$ y $EE_{D_i} = \sum_{j=1}^n EE_{D_{i,j}}$

con vínculos hacia atrás

$$G_j = \left[n \left(1 - \sum_{i=1}^n (c_{j,ij})^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \dots (2. 31)$$

donde $c_{j,ij} = \frac{EE_{D_{i,j}}}{EE_{D_j}}$ y $EE_{D_j} = \sum_{i=1}^n EE_{D_{i,j}}$

Los vínculos hacia adelante muestran la respuesta del incremento de una unidad de la oferta sobre la demanda, son los productos que venden las ramas i 's a las ramas j 's, que son los insumos en forma de energía contenida para los procesos de producción.

Los vínculos hacia atrás miden el efecto del incremento de una unidad de la demanda sobre la oferta, es la energía contenida en los productos que compran las ramas j 's de la ramas i 's.

Para cada uno se buscan dos comportamientos: de igualdad perfecta y de máxima concentración. Y en cada uno se detectan las ramas, que si bien no pertenecen a los comportamientos, tienen la tendencia hacia alguno de ellos.

¹³¹ Soofi, *op. cit.*

La interpretación de *igualdad perfecta con vínculos hacia adelante* sucede cuando $\sum_{j=1}^n (c_{i,ij})^2 = 1$ o $c_{i,ij} = 1/n$, por lo tanto, $G_i = [n - 1]^{\frac{1}{2}}$, indica que la rama i utiliza la misma proporción de energía contenida en sus procesos de producción, que la que coloca como ventas en todas las ramas j 's (que le compran).

La interpretación para la *igualdad perfecta con vínculos hacia atrás* es la siguiente: la rama j adquiere la misma proporción de energía contenida en sus compras que la resultante de los procesos de producción de las ramas i 's.

La máxima concentración ocurre cuando $c_{i,ij} = 1$, para una sola rama, y $c_{j,ij} = 0$ para las demás, por lo tanto, $G_i = 0$.

La *máxima concentración con vínculos hacia adelante* es cuando las ramas i 's, colocan toda la energía contenida de la producción como venta en una sola rama j .

La *máxima concentración con vínculos hacia atrás* ocurre cuando las ramas j 's, adquieren toda la energía contenida de sus insumos solamente de la rama i .

2.2.2.3.3 Índice de Rasmussen

Las razones para utilizar la técnica de Rasmussen son: que al utilizar la matriz inversa de Leontief, el índice toma en cuenta los efectos directos e indirectos de un incremento en la demanda final; la diferencia de los pesos en cada sector describen adecuadamente, en términos cuantitativos, la importancia de los sectores estratégicos de una economía; y el carácter unidimensional del índice permite hacer comparaciones inter – industriales entre países [Laumas, 1979. En Kurz, Dietzenbachen y Lager, 1998, págs, 54].

Identifica los encadenamientos de las ramas hacia adelante (Forward Linkage, FL) y hacia atrás (Backward Linkage, BL), se calcula a través de la inversa de Leontief, $L = (I - A)^{-1}$, se utiliza la matriz EE_T porque el resultado es una matriz de intercambios totales de energía contenida del sistema económico.

El Índice de Rasmussen es un índice de sensibilidad de dispersión; mide el efecto de absorción en las ramas de la demanda final ante un incremento de una unidad de la oferta de las ramas i 's, se conocen como los vínculos hacia adelante. Y el efecto de difundir un incremento de una unidad de las ramas de la demanda final sobre los procesos de producción de las ramas j 's, son los vínculos hacia atrás.

El índice se genera de la siguiente forma:

Vínculos hacia adelante (FL)

$$U_i = \frac{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n r_{i,j}}{\left(\frac{1}{n^2}\right) \sum_{j=1}^n r_{i,j}} \dots (2. 32)$$

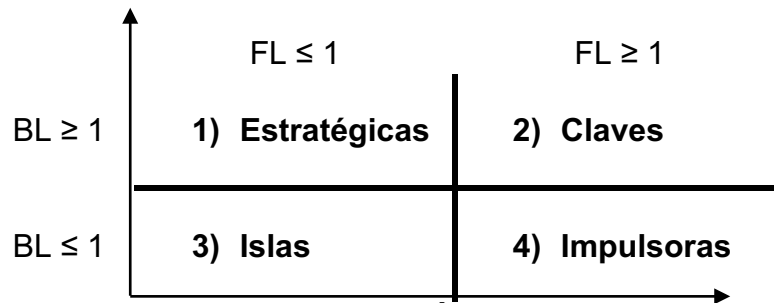
Vínculos hacia atrás (BL)

$$U_j = \frac{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n r_{j,i}}{\left(\frac{1}{n^2}\right) \sum_{i=1}^n r_{j,i}} \dots (2. 33)$$

donde $r_{i,j} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_i}}$ y $EE_{T_i} = \sum_{j=1}^n EE_{T_{i,j}}$

donde $r_{j,i} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_j}}$ y $EE_{T_j} = \sum_{i=1}^n EE_{T_{i,j}}$

Para su interpretación se suele construir diagramas de dispersión, donde en el eje de las abscisas se colocan los encadenamientos hacia adelante y en la ordenada los encadenamientos hacia atrás. En el Gráfica 2.2 se identifican cuatro cuadrantes:



Gráfica 2.2 Cuadrantes del Índice de Rasmussen

Cada cuadrante se define a continuación:

- 1) $FL \leq 1$ y $BL \geq 1$, son las ramas estratégicas, pueden constituir estrangulamientos al sistema, tienen altos encadenamientos hacia atrás y bajos hacia adelante, su destino es la demanda final, dependen de abastecimiento inter – industrial¹³²;
- 2) $FL \geq 1$ y $BL \geq 1$, son las ramas clave, con elevados encadenamientos hacia adelante y hacia atrás; compran y venden mucho a la demanda intermedia, generalmente son dependientes de otros sectores¹³³;
- 3) $FL \leq 1$ y $BL \leq 1$, son las ramas isla, en la terminología de Rasmussen, son ramas que no provocan efectos de arrastre sobre el sistema, ni reaccionan ante el efecto de arrastre provocado por variaciones de la demanda final de otras ramas, tienen pocos encadenamientos en ambos sentidos, su destino es la demanda final, generalmente son independientes de otros sectores¹³⁴;
- 4) $FL \geq 1$ y $BL \leq 1$, son las ramas impulsoras, producen efectos mayores sobre el sistema, que éstas sobre él, tienen altos encadenamientos hacia adelante, se caracterizan porque una parte elevada de sus productos son vendidos a otras ramas que los utilizan como bienes intermedios, generan vínculos hacia la oferta, dependen de la demanda inter – industrial¹³⁵.

¹³² Miller & Blair, *op. cit.*, pág. 360.

¹³³ *Ibíd.*

¹³⁴ *Ibíd.*

¹³⁵ *Ibíd.*

2.2.2.3.4 Índice de Entropía de Theil

A principios de la década de 1960 Henri Theil fue pionero en combinar el concepto de entropía de la teoría de la información con la economía¹³⁶.

Utilizó el concepto de entropía como una medida de la información contenida en una tabla de Insumo – Producto, es decir, aplicó la teoría de la información a los análisis de economía desde su área de interés: concentración industrial y análisis de Insumo – Producto [Theil, 1967, págs. 70-72; Batten, 1981, pág. 32-37].

La formulación del índice de entropía de Theil es: si se considera que una industria consiste en n empresas, entonces se puede escribir p_1, p_2, \dots, p_n para el número de ventas anuales de las empresas¹³⁷, medidas como una fracción del total de ventas en la industria. Y la entropía (S) es interpretada como una medida inversa de la concentración, donde $S = -\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i)$.

Cuando $S = 0$ representa una situación monopólica, y alcanza su máximo en $S = \log(n)$, cuando las n empresas son del mismo tamaño, el aumento de éste máximo se incrementa conforme el número de empresas lo haga¹³⁸.

H. Theil conectó la entropía con el modelo de Insumo – Producto al normalizar los flujos intermedios (x_{ij}) como una fracción de los productos totales de todos los sectores (x_k)¹³⁹:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^n x_k} \dots (2.34)$$

Y expresó la demanda intermedia de los productos del sector i , llamados p_i , en forma de fracción, junto con la oferta total p_j .

$$p_i = \frac{x_i - y_i}{\sum_{k=1}^n x_k} \dots (2.35) \text{ y } p_j = \frac{x_j}{\sum_{k=1}^n x_k} \dots (2.36)$$

Los elementos de la matriz $\{p_{ij}\}$ son parte de la distribución bi-variable, por lo tanto, se cumple que

$\sum_i \sum_j p_{ij} = 1$ dado que para todo elemento de $p_{ij} \geq 0$.

Con lo anterior Theil adoptaba el concepto de entropía de la teoría de la información al modelo de Insumo – Producto.

$$H = \sum_i \sum_j p_{ij} \log \frac{p_{ij}}{p_i p_j} \dots (2.37)$$

¹³⁶ A mediados de los 1960 Claude E. Shannon conectó el concepto de entropía con la teoría de la información. Buscó una medida de la capacidad del código de un sistema para que fuera transmitido o almacenado, sin contemplar si la información tenía valor o no. Consideraba que "el número de mensajes... o cualquier función monótona de éste número, puede ser considerado como una medida de la información producida cuando se elige un mensaje del conjunto". La fórmula que encontró y demostró era idéntica a la de definición de entropía de Boltzmann (Batten, 1981, pág. 23).

¹³⁷ En vez de número de ventas se puede expresar en número de trabajadores o número de intercambios de energía contenida, entre otros.

¹³⁸ *Ibid.*

¹³⁹ Es una distribución de probabilidad bi-variable.

La relación 2.37 mide la diferencia entre el contenido de información en una distribución de una Tabla de Insumo – Producto que esta contenida solamente en la suma de los renglones p_i y en las columnas p_j .

Para los fines de esta investigación el índice se utiliza para analizar las relaciones inter – energéticas de la EE_T , se obtienen vectores de desigualdades de las inter – conectividades entre la oferta y la demanda, y viceversa.

Los vínculos hacia a delante detectan los efectos de la oferta hacia la demanda, y los vínculos hacia atrás de la demanda sobre la oferta.

Al igual que en el índice de concentración, dentro de cada uno de los vínculos se buscan los comportamientos de igualdad perfecta y máxima concentración, además de detectar las ramas que se encuentran en la tendencia hacia alguno de ellos.

La forma de calcularlo es la siguiente:

Vínculos hacia adelante

$$H_i = \sum_{j=1}^n c_{i,ij} \log\left(\frac{1}{c_{i,ij}}\right) \dots (2.38)$$

donde $c_{i,ij} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_i}}$ y $EE_{T_i} = \sum_{j=1}^n EE_{T_{i,j}}$

Vínculos hacia atrás

$$H_j = \sum_{i=1}^n c_{j,ij} \log\left(\frac{1}{c_{j,ij}}\right) \dots (2.39)$$

donde $c_{j,ij} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_j}}$ y $EE_{T_j} = \sum_{i=1}^n EE_{T_{i,j}}$

La *máxima concentración con vínculos hacia adelante*, ocurren cuando $H_i = 0$, detecta que el efecto asociado al incremento de una unidad en la oferta de las ramas i 's es proporcional al incremento en la rama j de la demanda final.

Para la *máxima concentración con vínculos hacia atrás*, que sucede con $H_j = 0$, encuentra que el efecto debido al incremento de una unidad de las ramas j 's de la demanda final es proporcional al incremento en la oferta de la rama i .

El comportamiento *igualdad perfecta con vínculos hacia adelante* ocurre con $H_i = \log(n)$, localiza que el efecto asociado con el incremento de una unidad en la oferta del conjunto de ramas i 's es proporcional al incremento de la demanda final de las ramas j 's, y los intercambios son proporcionalmente equivalentes.

El comportamiento de *igualdad perfecta con vínculos hacia atrás* sucede cuando $H_j = \log(n)$ encuentra que el efecto del incremento de una unidad de las ramas j 's es proporcional al incremento en la oferta de las ramas i 's, y los intercambios se realizan de manera proporcional entre las ramas.

2.2.2.3.4.1 Valoración

La aplicación de las herramientas de análisis tiene la cualidad de conciliar los conceptos de energía y economía con los de sustentabilidad del desarrollo, desde aspectos de contabilidad, hasta cuestiones de simbiosis entre los sistemas energético y económico, con sus capacidades de reproducción, como lo hacen los análisis de metabolismo.

Además en todo momento es posible estimar el valor de la “huella energética” o “mochila energética”, porque a través del modelo de Insumo – Producto de energía contenida se tiene la trayectoria del flujo de energía a través del sistema económico, desde el origen hasta el usuario final, esto contribuye a detectar y cuantificar los límites naturales que conlleva, así como aquellos que involucran la inventiva del ser humano para organizarse.

La ventaja de las herramientas de análisis, es evaluar al sistema en su conjunto, no por componentes aislados; y de integrar los aspectos del metabolismo energético del sistema económico, tomando en cuenta que la energía es uno de los factores indispensables para la economía, por lo tanto, detectar cómo atraviesa la energía al sistema, contribuye a entender el metabolismo, esto por medio de las señales de conexión e intensidad entre cada uno de los elementos con los demás.

La desventaja que puede acarrear la aplicación de las metodologías, es la cantidad de información generada, cabe la posibilidad de que el conjunto de datos exceda la capacidad de análisis.

También se encuentra la desventaja que conlleva la aplicación de conjuntos de datos estadísticos, así como el tratamiento para llevar todos los datos a una base comparable.

Sin embargo, la valoración general es positiva por las capacidades de conciliar conceptos, mejoras en el tratamiento de datos y la facilidad de utilizar diversos enfoques de análisis simultáneamente, pero sobre todo por la capacidad de valorar la gestión de los recursos energéticos en el sistema económico.

Conclusión

Se describieron y valoraron las técnicas de investigación con las que se analizan los vínculos de la energía con los aspectos de la sustentabilidad del desarrollo, abordando las dimensiones económica, social y ambiental, donde la energía se utiliza como eje transversal. Con la aplicación de las técnicas y del análisis e interpretación de los resultados se pretende detectar las características del sistema energético que contribuyen o desfavorecen a la sustentabilidad del desarrollo.

Las técnicas abordan dos niveles de análisis:

- El primero, compuesto de tres enfoques, pretende detectar comportamientos generales a escala macro. Cada uno de ellos con criterios de evaluación y representación distintos y en todos se utilizan recursos gráficos que cubran el periodo de estudio. Los enfoques aplicados son:
 - La perspectiva de la CEPAL que ofrece ocho indicadores de análisis para formar los Indicadores de Energía y Sustentabilidad de carácter múltiple. Diseñados para detectar, desde el lente de la energía, tanto los riesgos como las dependencias y las vulnerabilidades económicas que imponen las restricciones al desarrollo. La base comparativa son criterios consensados por opiniones de expertos en la materia, de instituciones académicas y del sector público, entre otros.
 - El enfoque construido desde la propuesta del concepto de sustentabilidad energética de la AIE y la AIEA, llamado Índice de Sustentabilidad Energética está compuesto de diez relaciones de la energía, correlacionados con los aspectos de las dimensiones económica, social y ambiental. Su objetivo es analizar el comportamiento de tales intersecciones. El criterio de evaluación es comparativo con respecto a un año base.
 - Y el sendero de energía combinado con el IDH involucra tres indicadores y un índice. Con ello se busca visibilizar los estadios del uso de energía de una nación con respecto a la economía y la población, detectando cualidades de variables demográficas con requerimientos de bienestar recomendados por PNUD. Los criterios de evaluación se desprenden de la interpretación de los indicadores desde los aspectos económicos, políticos y demográficos, entre otros.
- El segundo constituido por dos enfoques. Con eso se busca analizar la estructura del sistema energético y ahondar en la del económico en términos de la energía, para ello se utiliza el concepto de energía contenida. Se interpreta la estructura como la información que se desprende del modelo de Insumo – Producto, de tal modo que desagrega la energía contenida por rama productiva y fase de la cadena de valor. Los enfoques son los siguientes:
 - El Insumo – Producto de Energía. Transforma la información de los balances de energía en términos del modelo de Insumo – Producto, con ello la interpretación de las diversas matrices, así estima e interpreta el Rendimiento Energético de cada combustible y se extiende al análisis de cambio estructural, para determinar los principales factores que inducen los cambios en el uso de la energía.

- La energía contenida se calcula a través de la combinación de la intensidad de energía con el modelo de Insumo – Producto monetario, obteniendo éste último en unidades de energía. Concentrando el análisis en interpretar las relaciones de intercambio de energía contenida en las tres fases básicas de la cadena de valor (producción, transformación y comercialización) y en cada rama del sistema económico.

Toma un interés especial la intensidad de energía por la cantidad de información que contiene para los asuntos del desarrollo, por si solo su interpretación es complicada, pero en complementariedad con los demás indicadores y su distribución en la estructura económica, dota de una base explicativa amplia; en gran medida por conciliar conceptos y características de la energía, con los de sustentabilidad del desarrollo, junto con observaciones y preocupaciones que han estado en el debate por más de 150 años.

Con el análisis del metabolismo energético del sistema económico, se vislumbran los límites naturales físicos de los sistemas energético – económico, como las eficiencias de transformación de energía y materiales, es decir, sus aprovechamientos, y aquellos que involucran las formas de organización del ser humano, como los procesos de producción, los perfiles de consumo de bienes y servicios y para el caso de la energía aquella que no fue posible utilizar.

En conclusión, se tiene un conjunto de técnicas de investigación diseñado para detectar y cuantificar las relaciones de la energía con las dimensiones económica, social y ambiental. Con ello se pueden interpretar los aspectos que han dotado de sustentabilidad al desarrollo o que lo han desfavorecido, desde el lente de la energía; toman relevancia los efectos tecnológicos, como las mejoras en los aprovechamientos energéticos, y sobre todo la evaluación de las dinámicas de intercambio de la energía contenida entre los elementos que conforman al sistema económico.

En la aplicación de las técnicas de investigación para el caso mexicano de 1970 a 2012 se tiene que en el Capítulo Tres se aborda la aplicación de la primera parte de las técnicas (conformada de tres enfoques). En el Capítulo Cuatro se estima la segunda parte (compuesta de dos enfoques). Y en el Capítulo Cinco se realiza un análisis donde se integra la información obtenida de los capítulos anteriores. De manera adicional: en el Anexo I se describen las técnicas de imputación de datos faltantes; se profundiza en las tendencias de cada uno de las relaciones de la energía con las dimensiones económica, social y ambiental de los enfoques del primer grupo; en el Anexo II se presentan las tablas de equivalencia entre los clasificadores CIIU y SCIAN, las tablas de Insumo – Producto monetario de México, las tablas energéticas y las tablas de demanda final de energía; y en el Anexo III, el detalle de Insumo – Producto Energético (las aportaciones de energía para cada rama económica y cada energético, y los resultados del análisis de cambio estructural), así como de la energía contenida para cada rama económica (las tasas de crecimiento y el peso de las componentes de la energía contenida sobre el total y la evolución de las mismas).

Capítulo Tres. Macro comportamientos. Enfoques del grupo I

Introducción

El objetivo principal de este capítulo es identificar los modelos de desarrollo de México y las fases por las que ha transitado, identificando los aspectos que han impulsado o desfavorecido la sustentabilidad del desarrollo.

Para ello, se utilizan los aspectos teóricos de los modelos de desarrollo reseñados en el Capítulo Uno y los enfoques del grupo I descritos en el Capítulo Dos¹⁴⁰.

Los criterios de desarrollo se rastrean a través de los Planes Nacionales de Desarrollo¹⁴¹, en ellos se encuentran los aspectos básicos para identificarlo como un vector, en cuanto a las necesidades y los deseos, los mecanismos de control, así como los de reducción y asimilación de la incertidumbre.

Los indicadores utilizados para cada enfoque tienen el objetivo de establecer las métricas de los vínculos de la energía con aspectos económicos, ambientales y sociales en los conceptos de desarrollo y su sustentabilidad, para después correlacionarlos con la información de los modelos de desarrollo de México.

El presente capítulo consta de dos secciones. En la primera se abordan los diferentes modelos de desarrollo por las que ha transitado México.

Se identificaron dos modelos de desarrollo con características definidas: el Modelo de Sustitución de Importaciones con las fases de desarrollo estabilizador y de transición (que implementaron las estrategias de desarrollo compartido y desarrollo por el crecimiento económico acelerado con inflación controlada); y el Modelo de Globalización con perfil neoliberal o preeminencia de mercado.

Para México las premisas fundamentales del desarrollo surgieron en la última etapa de la Revolución y quedaron plasmadas en la Constitución de 1917; donde la satisfacción de las necesidades y los deseos nacionales, parten inicialmente de la pacificación y la generación de instituciones del sistema, para crear las condiciones adecuadas de cohesión social y los requerimientos mínimos para encauzar el proyecto de nación en una dirección de común acuerdo.

Plutarco Elías Calles, sugirió a finales de los años veinte, que era necesario formar un programa de acción basado en las experiencias, el cálculo y la estadística, que estudiara lo posible de alcanzar y que cubriera el periodo Presidencial corriente y el siguiente (Primer Plan Sexenal, 1933).

¹⁴⁰ Ver en el Capítulo Dos la sección 2.1 “Macro comportamientos. Enfoques del grupo I”.

¹⁴¹ En las primeras etapas se les llamaba Planes Sexenales.

Pascual Ortiz Rubio, en 1930, decretó la “Ley sobre Planeación General”, documento que enfatiza que el desarrollo debe ser ordenado y armónico, al mismo tiempo, que material y constructivo. Identificaba que los problemas más apremiantes eran la dificultad para contar con los mecanismos de asignación de los recursos, para ampliar la infraestructura económica y la mejora regional de las condiciones de vida de las clases populares (DOF, 1930, pp. 7; SPP, 1985, pp.23).

Desde entonces se ubicaba al crecimiento económico, como el objetivo principal del desarrollo, dados los efectos positivos de la mejora material sobre la calidad de vida de los individuos.

Lázaro Cárdenas del Río, a través del Primer Plan Sexenal, inicia una fase en que el Estado asume la responsabilidad de guiar, gestionar y velar por el desarrollo del país, es decir, tiene que llevar cabo un papel activo, estableciendo e instrumentando una política reguladora y promotora de las actividades económicas de la vida nacional¹⁴².

Los aspectos base del concepto de desarrollo en la originalidad mexicana, tomaron diferentes matices para ajustarse a las realidades temporales por las que ha transitado. En la revisión de la historia, se observa que cuando alguna de las premisas fundamentales del desarrollo se plantea e instrumenta de manera inadecuada, desajusta el sistema, llevándolo a situaciones de inestabilidad de diferentes índoles (política, social y económica)¹⁴³.

Se observa que el Modelo de Sustitución de Importaciones duró de 1933 a 1981, una de sus características principales fue que el Estado tuvo una participación dominante en los procesos de desarrollo y de las actividades económicas, dados los principios que se establecieron en la última etapa de la Revolución, que se observan con claridad en los primeros dos Planes Sexenales, que utilizan como requisitos fundamentales para iniciar el desarrollo: la cohesión social (Reforma agraria) y el aseguramiento de los recursos naturales (expropiación petrolera), con fases simultáneas para lograr la justicia social e iniciar los procesos de industrialización y urbanización de la nación.

Siguió el Modelo de Globalización, inicia en 1982 con una fase en que disminuye la participación del Estado en la economía de manera significativa, con modificaciones a los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28¹⁴⁴, donde se establecen las fronteras del Estado. Parte importante de ello fue la venta de las empresas públicas y la reclasificación de las áreas que se tenían como estratégicas y prioritarias para el país y su economía, mientras que se intensificó la integración en los mercados globales, a través de la inclusión de México en el GATT.

De 2000 a la fecha los procesos de disminución del papel del Estado en el desarrollo acumularon problemas de diversa naturaleza, alejándose de su principio de alcanzar la justicia social.

¹⁴² Primer Plan Sexenal, *op. cit.*

¹⁴³ Desequilibrios debido a que la insuficiencia de los arreglos o acuerdos institucionales entre las distintas esferas sociales y económicas, por problemas de financiamiento para dinamizar los procesos productivos y de consumo, debilidad para encarar los choques externos, etc..

¹⁴⁴ De acuerdo con Miguel de la Madrid Hurtado los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28 son “... *el corazón de las normas constitucionales en materia económica...*” (Instituto de Investigaciones Jurídicas [IIJ], 2009, págs. 598-605).

Cabe destacar que en todas las fases se observan aspectos de las diferentes corrientes desarrollo como la keynesiana, la estructuralista, de la teoría de la modernización, de círculos viciosos y, en la última fase, paradójicamente se adopta de manera discursiva aspectos del desarrollo humano y sustentable.

En la segunda sección, se elaboran tres enfoques de análisis evaluados de 1970 a 2012, éstos son: el Indicadores de Energía y Sustentabilidad (IES), el Índice de Sustentabilidad Energética (ISE) y el Sendero de Energía e IDH. Tienen por objetivo evaluar e identificar los factores que afectaron la sustentabilidad del desarrollo.

Los Indicadores de Energía y Sustentabilidad se diseñaron a partir de ocho vínculos de la energía en los subsistemas económico – social – ambiental. Tiene por objetivo identificar los riesgos, las vulnerabilidades y las restricciones para el desarrollo socioeconómico, así como los efectos al medio ambiente. Su representación numérica y gráfica están diseñados para que la magnitud y área simbolicen el grado alcanzado de sustentabilidad de acuerdo con criterios establecidos¹⁴⁵.

El Índice de Sustentabilidad Energética parte del concepto de sustentabilidad energética emitido por la IEA e IAEA¹⁴⁶. De igual forma identifica los vínculos de la energía con las dimensiones económica – social – ambiental. El diseño de la estrategia de análisis tiene el propósito de ofrecer métricas comparativas para la evolución de cada uno de los indicadores que lo conforman, así como de los mismos agregados a cada dimensión¹⁴⁷.

Para los enfoques del IES e ISE se proponen agregarlos en las dimensiones económica, social y ambiental para formar, con los valores de éstas, vectores de tres componentes que representen sus trayectorias vectoriales, precisando la dirección que toma y las variables que los afectan.

El Sendero de Energía e IDH que informa del estado de la intensidad de energía al fijarlo con el PIB per cápita y el consumo de energéticos per cápita, junto con la valoración del IDH¹⁴⁸.

Los indicadores de interés especial son: la intensidad de energía que relaciona la cantidad de energía necesaria para producir una unidad monetaria. Es útil porque evalúa el resultado del trabajo productivo de un país, donde a medida que la magnitud disminuye, significa menor cantidad de energía utilizada para producir, con las consecuencias favorables que conlleva, dados los menores efectos ambientales por aprovechamiento energético; y el IDH que informa acerca de la situación de la población en función de la Esperanza de Vida al nacer, el Ingreso Nacional Bruto per cápita y los años promedio de Educación.

¹⁴⁵ Los criterios utilizados en esta investigación se pueden consultar en la Tabla 2.1 “*Criterios para la normalización de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad*”.

¹⁴⁶ Definido como “... el suministro de energía a un costo accesible para la población, asegurando el servicio y respetando el medio ambiente...” [IAEA/IEA, 2001, pág. 1; Ibararán, Davidsdottir & Gracida 2009, pág. 9].

¹⁴⁷ Se utiliza un año base (1970 para la investigación) como punto de referencia.

¹⁴⁸ Calculados con los criterios, detallados en la sección 2.1.3.1 del Capítulo Dos, recomendados por la ONU.

La utilidad del método de los senderos, aplicado a los dos indicadores anteriores, radica en observar sus magnitudes con respecto a un nivel de aprovechamiento energético per cápita (las isoclinas) con la trayectoria y forma del sendero que revela información de la etapa de desarrollo en que se encuentra un país¹⁴⁹. Una curva suave (sin cambios bruscos), indica la coherencia del resultado de la producción con el proyecto de nación, los agentes trabajando de manera “coordinada” en una dirección; caso contrario, al observar nudos en las curvas, que son evidencia de la falta de “coordinación” entre los agentes productivos. Como se aborda en esta investigación la presencia de nudos del sendero de la intensidad de energía, se refleja con reducciones en la magnitud del IDH.

¹⁴⁹ Ver la descripción en la sección 2.1.3.1 y la Gráfica 2.1 “Sendero de energía idealizado”.

3.1 Modelos de desarrollo

3.1.1 Modelo de Sustitución de Importaciones¹⁵⁰

Parte del modelo de desarrollo keynesiano¹⁵¹, que busca activar el mercado interno por medio de sustituir en varias etapas bienes básicos, intermedios, hasta industria pesada. El modelo se identifica por utilizar mecanismos como: la protección a las industrias nacientes, mediante aranceles a la importación y subsidios dirigidos a las industrias que producen los sustitutos.

Las medidas tienen como objetivo activar los procesos de producción para que generen efectos de arrastre sobre las demás ramas de la economía. Las medidas de protección hacia la competencia externa, tienden a activar el mercado interno, las exportaciones y a incrementar las inversiones industriales.

Parte de la premisa de contar, tanto con los bienes primarios que ingresan a las cadenas de valor agregado, como con las industrias que los transforman. Los países que optaron por este modelo se enfrentaron en diversos grados y maneras a los problemas de financiamiento y de falta de personal capacitado para crear e instalar la maquinaria adecuada en las industrias elegidas¹⁵².

Este modelo de desarrollo duró varios sexenios, la base se estableció en las administraciones de: Lázaro Cárdenas del Río, Miguel Ávila Camacho y Miguel Alemán Valdés.

Lázaro Cárdenas (1934-1940) consolida la primera etapa del modelo, al asegurar los recursos, lo hizo en tres líneas principalmente: con la expropiación petrolera y los ferrocarriles; el reparto de agrario; y al convencer a las diversas clases, grupos y sectores, la pertinencia de iniciar el proceso de industrialización¹⁵³.

Fue una fase de redefinición de las relaciones con el exterior, el inicio del proceso sistemático de planear el desarrollo del país. La primera fase de un régimen progresivo de economía dirigida con la propuesta – solución del propósito de llevar a cabo el “desarrollo capitalista independiente” y la política de economía nacionalista¹⁵⁴.

De tal modo que se planteó la aspiración de industrializar la nación. El contexto internacional era favorable, los efectos de la segunda guerra mundial, habían aumentado la demanda de bienes y servicios mexicanos, ello produjo altas tasas de empleo y el aumento de los turnos

¹⁵⁰ Es conveniente mencionar que el Modelo de Sustitución de Importaciones en un sentido estricto se aplica de 1940 a 1982. En ese entonces el imperativo era crear mercados nacionales.

¹⁵¹ Eran los años en que J.M. Keynes, empezaba a publicar sus obras más importantes. En ellas destacaba sus críticas a las limitaciones de los mecanismos automáticos del sistema capitalista y proponía la participación del Estado mediante la macroeconomía para suavizar las oscilaciones sistémicas.

¹⁵² Aspectos que plasma Pascual Ortiz Rubio en la “Ley sobre la Planeación General de la República” al enfatizar la necesidad de planear el desarrollo.

¹⁵³ Primer Plan Sexenal, *op. cit.*

¹⁵⁴ Se reunió con capitalistas de Monterrey liderados por Eugenio Garza Sada, para sensibilizar y consolidar las relaciones de la clase política con la clase empresarial, así como la necesidad de adecuar las relaciones obrero – patronales (Cárdenas [1935], 1972). Convocó a cooperar en la “obra nacional” atrayéndolos, al decirles que “de parte del gobierno tienen completas y estimuladoras garantías para sus inversiones” (Tello, 2014, pág. 220).

de trabajo, para satisfacer las demandas internas, aprovechando la demanda externa, así se sentaron las bases del Modelo de Sustitución de Importaciones.

El sexenio de Miguel Ávila Camacho¹⁵⁵ (1940-1946), transcurrió en un ambiente de estabilidad política y con evidencias de crecimiento sostenido en la agricultura y la industria en su primera fase; planteó aprovechar el contexto internacional (segunda guerra mundial) para consolidar los procesos de industrialización al aumentar la producción y garantizar su mercado.

Para ello firmó diversos acuerdos con EU para indemnizar a las empresas petroleras extranjeras; rehabilitó los ferrocarriles; y estableció convenios comerciales, donde los estadounidenses se comprometían a comprar de México la producción de algunos productos de exportación, al mismo tiempo, que exhortaba a la sociedad a elevar sus esfuerzos para alcanzar las metas de producción¹⁵⁶.

Publicó el Segundo Plan Sexenal, inició una nueva fase. En su planeación incluyó una especie de criterio de sustentabilidad, al expresar que la gestión de los recursos naturales, en especial los hidrocarburos y los minerales, debían ser a una tasa en que se conciliaran las demandas de crecimiento económico, a la vez que se garantizaran las reservas para generaciones futuras. Pero sobre todo establece que los procesos de producción se debían reorientar hacia los recursos reproducibles como la agricultura (Segundo Plan Sexenal, 1939).

En parte, la eficacia radicó en la continuidad de primer plan sexenal y en que la agricultura financió en gran medida la primera fase del modelo de desarrollo, (Gracida, 2004).

Miguel Alemán Valdés¹⁵⁷ (1946-1952), no elaboró ningún plan sexenal, porque no había cambio de etapa sino continuidad¹⁵⁸, controló las importaciones de bienes de consumo, pero aumentaron las de bienes de capital, se importaron maquinaria y equipo extranjeros. Desde entonces empezaban a acumularse algunos desequilibrios.

Se necesitaba adquirir tecnología extranjera, pero las inversiones necesarias estaban sustentadas por el gasto público, eso provocó el aumento de los precios, de la inflación de costos y los problemas de escala en la producción.

Esta etapa se caracterizó porque el Estado tomó la responsabilidad de asegurar el proceso de desarrollo, conciliando las distintas clases sociales, integrando a las fuerzas productivas, así como, asegurando su mercado y los recursos naturales. Muestra de ello es el crecimiento económico a tasas superiores al 5% en el periodo de 1940-1945, cuando la producción atendió la demanda externa. Y en lapso de 1946-1950, el crecimiento se basó en la demanda interna estimulada por el gasto público, por la consolidación de la primera fase del Modelo de Sustitución de Importaciones (bienes básicos: alimentos, textiles y calzado) y el inicio de la segunda (bienes de consumo de "línea blanca": refrigeradores, estufas, planchas, entre otros).

¹⁵⁵ Último Presidente de origen militar.

¹⁵⁶ Al cerrarse los mercados europeos por la guerra, el comercio exterior se concentró en los EU.

¹⁵⁷ Primer Presidente civil.

¹⁵⁸ Conocido entre otros aspectos como la transición en que la silla presidencial la ocuparían en adelante civiles y no militares.

El Modelo de Sustitución de Importaciones inició desde 1940 y fue, en gran parte, el motor del crecimiento económico, al orientarse a la sustitución de algunos productos manufacturados que México importaba, no solo impulsó el proceso de industrialización, sino que formó la estructura fundamental de la industria¹⁵⁹, sin embargo, le faltaba articulación y el proteccionismo paradójicamente también beneficiaba a las empresas transnacionales.

En síntesis el Modelo de Sustitución de Importaciones buscaba:

- arribar a un desarrollo industrial estable y estabilizador del orden social;
- utilizando los ingresos de las exportaciones agrícolas, mineras y del turismo para financiar el crecimiento industrial;
- hacia el interior, el objetivo era mantener los precios bajos en los productos agrícolas y mano de obra barata, para los procesos de industrialización y urbanización;
- así como establecer las barreras para proteger la industria nacional de la internacional, garantizando el mercado, con apoyos fiscales, crédito e infraestructura básica.

3.1.1.1 Fase del Desarrollo Estabilizador

Coincide con la Era de Oro del sistema capitalista que menciona Angus Maddison, definida por la prioridad de alcanzar el pleno empleo con arreglos institucionales que contribuyeran a suavizar las fluctuaciones económicas, además de instrumentarse cambios hacia la liberalización del comercio bajo la lógica de uniones aduaneras¹⁶⁰, (Maddison, 1997).

Para atender las presiones inflacionarias derivadas de la relación peso – dólar estadounidense, se diseñó una fase que fue denominada “crecimiento con estabilidad de precios” y se tomó como condición necesaria para el desarrollo (Tello, 2014, pág. 361).

Para llevarlo a cabo se incluyeron nuevas facultades para los distintos órganos del Estado, sobre todo para la Secretaría de Hacienda, la fase tuvo vigencia casi tres sexenios¹⁶¹.

En este periodo no se elaboraron planes de desarrollo. Las señales del rumbo del desarrollo con los instrumentos y medidas a utilizar, estaban en los diferentes programas, uno de los más importantes fue el Programa de Inversión, en general, y el de Desarrollo Rural en particular, estaban dirigidos a financiar el proceso de expansión económica al alimentar fideicomisos, comisiones, banca, etc..

Adolfo Ruiz Cortines (1952-1958) inaugura la gestión de la estabilización, se amplió la participación del Estado en la economía, a través de organizaciones descentralizadas, la banca nacional, empresas de capital mixto en distintos grados, conformación de consejos, comisiones y fideicomisos¹⁶².

¹⁵⁹ Orientada al rápido crecimiento urbano.

¹⁶⁰ Iniciaba la transición de buscar crear mercado nacionales hacia mercados globales.

¹⁶¹ Antonio Ortiz Mena lo denominó Desarrollo Estabilizador en un documento que presentó en la reunión anual del FMI y del BM en 1969, (Ortiz, 1998).

¹⁶² El mecanismo de financiamiento se recargaba en la cuenta de Inversiones Financiamiento y Erogaciones Adicionales (IFEA) de la Secretaría de Hacienda, que según Carlos Tello, ahí “todo cabía” y se instauró un “presupuesto paralelo”, era el mecanismo que le daba la flexibilidad presupuestal al Estado, para proponer acelerar, promover y resolver problemas de gastos, al mismo tiempo que estimulaba algunas actividades o regiones y atendía asuntos urgentes. La proporción de capital que IFEA otorgaba a las diferentes actividades

Adolfo López Mateos (1958-1964) continuó canalizando las inversiones hacia la construcción y modernización de la infraestructura (eléctrica, caminos, comunicaciones, hospitales, museos). En ese lapso, el Estado mexicano lleva a cabo la nacionalización de la industria eléctrica como condición indispensable para consolidar las dos primeras fases del Modelo de Sustitución de Importaciones (productos básicos y productos duraderos).

La inversión extranjera representaba 10% del total y se ubicaba en las actividades más dinámicas de la economía, por ello desde su campaña comentó “... es necesario crear una base empresarial mexicana sin afectar la imagen de México ...”; por eso llevó a cabo medidas para mexicanizar la industria, empezando por la nacionalización de la eléctrica y así asegurar el abastecimiento del flujo eléctrico en la urbanización y los procesos productivos. Iniciaba la tercera etapa del Modelo de Sustitución de Importaciones: la industria pesada.

Con Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970), aumentaron las inversiones extranjeras y las nacionales hacia la infraestructura, mejoraron los sueldos y salarios de los trabajadores, aumentaron las ganancias, así como la recaudación de impuestos.

En materia energética fue relevante y de alto impacto el Tratado de Tlatelolco (a favor de los usos pacíficos de la energía nuclear).

En esta administración se buscaba frenar el gasto del gobierno y los aumentos salariales, a la par que se fomentaba la inversión extranjera. Ya eran palpables las evidencias del agotamiento del Modelo de Sustitución de Importaciones. Tal vez el principal indicador que mostraba el desgaste era que desde 1966 la balanza de pagos del sector agropecuario, se había tornado negativa, ya no proveía de dólares estadounidenses para financiar las importaciones, y los bienes salarios provenientes del campo mostraban precios ascendentes, ambas se constituían en fuentes inflacionarias.

Las paradojas creadas en esa fase de desarrollo, también llamada “Milagro mexicano”, parten de las condiciones favorables de inversión para el ascenso en términos reales del PIB, las ganancias, los sueldos y salarios, y los impuestos y con una baja inflación. La economía crecía a tasas de 6% anual, de manera acelerada, sostenida y estable; aunque ya había indicios de la fragilidad de la paz social, que se reflejó con los acontecimientos de 1968. La esencia era invertir con estímulos y apoyos y justo en la fase de mayores logros, se produjo la caducidad del estilo de desarrollo.

Las medidas e intervención del Estado, que se implementaron con el Modelo de Sustitución de Importaciones, surgieron en parte, por la necesidad de que no había ningún otro ente que pudiera impulsar y sostener el crecimiento económico, en las palabras de Ortiz Mena “... el Estado tiene la responsabilidad con las leyes básicas de la nación, de promover y encauzar el desarrollo... México ya cuenta con las instituciones necesarias, los sectores impulsores son propiedad pública, el Estado tiene el control del petróleo, la electricidad y los ferrocarriles, hace falta promoción en las actividades básicas... y cuenta ya con la estructura productiva de los intereses nacionales...”¹⁶³. Lo cual era cierto, incluso la transformación social ya estaba hecha

económicas directamente, era mucho menor en comparación con la que se otorgaba a través de los fideicomisos, comisiones, la banca nacional y los apoyos. Empero, el mecanismo no dejaba visualizar del todo directamente el hueco financiero que se estaba produciendo. Cabe señalar que Antonio Ortiz Mena crea un Consejo de Inversiones Nacionales en la administración de Adolfo López Mateos.

¹⁶³ Antonio Ortiz Mena, *op. cit.*

de lo rural – agrícola, a lo urbano – industrial; empero, el tamaño de la deuda en 1969 ya indicaba que se iba a convertir en una cuestión de atención especial e invocaba la búsqueda de un nuevo modelo de desarrollo.

3.1.1.2 Fase de Transición

A principios de la década de 1970, era palpable que el Modelo de Sustitución de Importaciones, para el caso mexicano, mostraba y acumulaba signos de agotamiento. Si en el plano nacional, eso ya se dejaba sentir; en el internacional, se proyectaban evidencias de inestabilidad, que secuencialmente se presentaron: aumento del precio del petróleo y desligamiento del dólar estadounidense respecto al oro.

Sin duda, las medidas adoptadas por esa estrategia económica contribuyeron a alimentar el proceso de desarrollo nacional; sin embargo, también se generaron huecos y vicios importantes.

Las observaciones de los especialistas, se concentraron en criticar la política fiscal, en particular, la de gasto público, que junto con las medidas de protección a las industrias, produjeron varios déficit en la balanza de pagos, que tenían que ser financiados. Para el lapso 1970-1976 el endeudamiento externo, creció cinco veces¹⁶⁴.

Si bien el Modelo de Sustitución de Importaciones, en su fase más próspera, el desarrollo estabilizador o “milagro mexicano”, había llegado a sus límites estructurales y de aspiraciones para el proyecto de nación (inicio de la industria pesada), no había integrado de manera acabada los soportes de la sustentabilidad del desarrollo.

Añádase entre las observaciones críticas a la estrategia de desarrollo, que se había generado una dependencia de importaciones sustituidas de otros sectores de la economía, además el modelo no incluía la exportación de esos bienes, estaba dirigido a satisfacer el mercado interno.

Se había formado un círculo vicioso, que conforme el modelo avanzaba en el corto plazo, se limitaban las posibilidades de ampliación para el largo plazo. Se necesitaba financiamiento para las inversiones en infraestructura, apoyos para seguir integrando y consolidando la clase empresarial industrial, así como los recursos para mantener estimulado el mercado interno, correspondiente a una sociedad que había dejado de ser rural para convertirse en urbana.

Las consecuencias fueron la inestabilidad política, social y económica, que obligaban a buscar nuevos modelos de desarrollo, inició un periodo de transición que duró dos sexenios. Los desarreglos institucionales del sistema mexicano se hicieron palpables y se prolongaron para esas dos administraciones.

Vale comentar que las inercias de la aplicación del Modelo de Sustitución de Importaciones persistieron en ese periodo (1970-1982). Aunque la estrategia adquirió nombres distintos: “desarrollo compartido” y “desarrollo por crecimiento económico acelerado con inflación controlada” (o alianza para la producción).

¹⁶⁴ Carlos Tello, *op. cit.*, p. 422.

3.1.1.2.1 Desarrollo compartido

La estrategia que estableció el sexenio 1970 – 1976, fue una política de “consolidación” basada en revitalizar el desarrollo estabilizador, por medio de adquirir apoyo popular y reorientar el marco institucional del desarrollo, además de algunas medidas de mayor apertura política¹⁶⁵.

Las condiciones de inversión privada no eran las adecuadas y se recurrió a aumentar la deuda externa y el gasto público. Se acentuaron los conflictos políticos entre el gobierno y los empresarios correspondientes a las estructuras oligopólicas. Como evidencia está la carta de Declaración de Principios de la Consejo Coordinador Empresarial (CCE), así como el interés de los privados de integrarse al sistema de partidos políticos¹⁶⁶.

Mientras tanto la dinámica de energía, en especial los hidrocarburos, había sido autosuficiente; sin embargo, en 1970, como consecuencia del acelerado crecimiento de la demanda interna, México, se convirtió en importador neto de derivados de petróleo, aunque el descubrimiento del complejo Canterell en 1971 (que inició sus operación ocho años después), modificó la estructura de la actividad económica, así como los accesos al financiamiento de las finanzas públicas, sobre todo a partir de la segunda mitad de esa década.

La estrategia planteaba satisfacer las demandas mínimas de los trabajadores, sin afectar los intereses financieros de las empresas, así como mantener el estímulo de la demanda interna.

Las señales de crisis y de contradicciones se acumulaban:

- el Estado adquiría las empresas en quiebra;
- otorgaba aumentos a sueldos y salarios;
- sostenía el gasto público en infraestructura;
- contrataba más deuda externa; y
- recurría a la emisión de billetes y monedas, sin el correspondiente soporte productivo.

En ese lapso, se agudizó el descenso de las actividades primarias provocando con ello que aumentara la importación de alimentos. Los desequilibrios se tradujeron en presiones inflacionarias: debido al incremento de los precios, tanto del petróleo como de los alimentos, lo cual impulsó los contextos de crisis.

Al final del sexenio, el país se encontraba con mayor endeudamiento externo, con un problema grave de fugas de capitales. El sector privado consideraba que muchas de las medidas que se habían tomado estaban en contra de sus intereses, lo que se estaba viviendo era consecuencia de las políticas económicas, en las que se persistía con las inercias del Modelo de Sustitución de Importaciones; todo ello convergió en la devaluación de 1976 y con la posterior firma de una Carta de Intención con el FMI.

¹⁶⁵ Carlos Tello, *op. cit.*, p. 501.

¹⁶⁶ En el consejo participaban la CONCAMIN, COPARMEX, la Asociación Mexicana de Banqueros (AMB), la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) y el Consejo Mexicano de Hombres de Negocios (CMHM).

3.1.1.2 Desarrollo por crecimiento económico acelerado con inflación controlada

En el contexto de la devaluación y la fuga de capitales, la estrategia de desarrollo que se implantó en el sexenio de 1976-1982, fue de crecimiento acelerado con inflación controlada, utilizó el discurso “la solución somos todos”.

El principal problema era atender la inflación de costos, su táctica consistía en dividir el sexenio en tres: primero controlar la inflación; después instalar los mecanismos para iniciar el proceso de crecimiento; y por último, mantener el ritmo de crecimiento.

Para ello se necesitaba un programa que comprometiera a los diferentes agentes económicos a promover la producción de bienes y servicios necesarios para el desarrollo no inflacionario, por medio de ofrecer alternativas que conciliaran los objetivos nacionales con las demandas específicas¹⁶⁷. En ese periodo se diseñaron el Plan de Nacional Desarrollo Industrial (PNDI) y el Programa de Energía (PE).

La política económica de adaptación, dado que se mantenían las inercias, fueron:

- apoyos a la producción de alimentos;
- combate a la pobreza; y
- la explotación de los energéticos.

En esa administración se decía que el Estado mantendría la planeación y la coordinación junto con las entidades federativas y el sector social y privado. Así se trataba de proyectar que los arreglos institucionales habían sido restaurados.

Los problemas más graves eran la inflación y la fuga de capitales; la oferta insuficiente por el bajo nivel de inversión privada; el gabinete económico discutía los mecanismos de financiamiento del FMI y la dirección para instrumentarlos.

En gran medida el acceso a los organismos públicos financieros supranacionales, estaba sustentado en el descubrimiento de yacimientos petroleros, que además de abrir la puerta para los créditos, se decidió participar en los mercados de exportación de hidrocarburos¹⁶⁸.

La importancia del recurso energético se observa en los PNDI y el PE, dado que vincularon la expansión de los energéticos con el desarrollo industrial; donde su dimensión y el rápido crecimiento del sector energía, permitiría irradiar fuertes estímulos a las ramas industriales con que se encuentra directamente vinculado, de tal modo que el objetivo era modernizar, fortalecer y diversificar la estructura económica del país, bajar la intensidad de energía por medio de racionalizar su uso y los procesos de producción, utilizándola como palanca del

¹⁶⁷ El gobierno ofrecía estímulos y protección a cambio de que las empresas se comprometieran a cumplir metas de inversión, producción, precios, exportación y de integración de componentes nacionales a sus procesos de producción.

¹⁶⁸ En 1980 estaba en cuestión si México debería de ingresar al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT), que por una parte, demandaban los socios comerciales que compraban petróleo, pero las cláusulas del acuerdo se contraponían con el Plan de Desarrollo Industrial, que utilizaba subsidios, estímulos y protecciones, además de las regulaciones y controles a las importaciones de bienes necesarios para la producción que tenía el país. En ese entonces México no ingreso al acuerdo.

desarrollo (abastecedor de financiamiento y de divisas) y para fortalecer la infraestructura científica y tecnológica del país (SPP, 1985, pág. 328).

Se estimaba, que además permitiría al Estado y a los empresarios, planear y programar sus actividades; tendrían mejores estimaciones del comportamiento de las actividades económicas e industriales, así como lo que el gobierno estaba dispuesto a hacer. Era un proyecto de nación que se suponía compartían el gobierno y el sector privado¹⁶⁹, en particular los oligopolios.

El efecto fue que la economía se volvió más dependiente de las exportaciones de petróleo afectando tanto la balanza de pagos, como las finanzas públicas.

En tal contexto, el planteamiento del uso del recurso energético para su contribución al desarrollo, bajo una condición *ceteris paribus*, parecía ideal: precios altos del petróleo crudo, aumento de la capacidad de endeudamiento público externo con el FMI y el diseño de un programa de estabilización económica para gestionar los desequilibrios interno (finanzas públicas) y externo (balanza de pagos); lo cual funcionó para explotar el recurso, ampliar su infraestructura, equilibrar temporalmente las finanzas públicas, mantener ciertos aumentos de ingresos de los trabajadores y en parte a reducir la tasa de desempleo.

Sin embargo, la condición no se cumplió, porque los precios del petróleo se redujeron y las tasas de interés internacionales aumentaron, ambos comportamientos ocurrieron de manera abrupta. El Estado no lo pudo anticipar con los márgenes adecuados, el sobreendeudamiento se agudizó, la inflación se disparó, las actividades productivas se contrajeron, el PIB descendió, el desempleo aumentó e inició una crisis estructural.

No se pudo aprovechar con propósitos de largo plazo la “abundancia” de recursos que el petróleo dio a la economía; y las estrategias, si generaron una dependencia excesiva con una creciente fragilidad financiera, que contribuyeron de manera importante a la crisis de 1982 (Tello, 2014, pág. 570).

Así fue como en ese año, coincidieron los signos negativos externos e internos. La magnitud de la crisis fue tal, que se dio un viraje significativo en la estrategia de desarrollo. En efecto, de un Modelo de Sustitución de Importaciones con sus matices incorporados en la década de los 1970, adscrito al consenso keynesiano, se pasó, a uno donde se le da preminencia a los mercados a costa del papel del Estado, es decir, uno neoliberal, también llamado consenso de Washington o de Williamson o simplemente de mercado¹⁷⁰.

¹⁶⁹ Carlos Tello, *op. cit.*

¹⁷⁰ Vale comentar que la crisis del consenso keynesiano, que afectó los espacios nacionales e internacionales, se hizo palpable en las preocupaciones de los tomadores de decisiones, a través de los estudios del Club de Roma de 1969 a principios de los 1970; los diagnósticos de la Comisión Trilateral elaborados en 1976, 1978 y 1979; así como el decálogo de Washington en 1982.

3.1.2 Modelo de Globalización con perfil neoliberal o con preeminencia en el mercado

Este estilo de desarrollo que se prolonga de 1982 a la fecha, ha implicado la inclusión del país en el plano internacional, regional y global, de manera distinta. Las capacidades de negociación entre los diferentes actores, el conocimiento del inventario de los recursos nacionales y en particular el energético; juegan un papel dinámico y determinante en las relaciones que se gestan. Del mismo modo, cambia de manera significativa el papel que cumplen las instituciones del Estado y los diferentes agentes económicos, para integrar la economía nacional en el plano global en cualquiera de sus escalas (mundial y regionales).

Este periodo esta compuesto por dos etapas. Una en que el argumento dominante es que el Estado tiene un papel excesivo en la economía nacional, y se propone establecer las bases para iniciar su retraimiento; y otra, donde el Estado no únicamente gestiona una distancia de su participación directa en los asuntos económicos, sino también de su obligación como guía y promotor del proceso de desarrollo.

Esta periodo también se caracteriza porque se reanuda la elaboración de los Planes Nacionales de Desarrollo. Se observa que en los primeros tres sexenios (1982-2000), los objetivos principales de cada uno, son más o menos claros con el estilo de desarrollo, en cuanto a las medidas y acciones que se tomarán. Mientras que en los siguientes tres, se tornan cada vez más ambiguos.

Paradójicamente el modelo de desarrollo establecido a partir de 1982 y perfeccionado hasta el año 2000, se mantiene vigente en la actualidad, pese al *impasse* que se verificó de 2001 al 2012, y reanuda su “vigor” reformista en 2013.

La aplicación de la estrategia con preeminencia de mercado, se inaugura en la administración 1982 – 1988. Dicho modelo también es identificado como la corriente económica neoliberal¹⁷¹; o consenso de Washington¹⁷², que consiste en redefinir las relaciones entre los factores de la producción, donde los cambios están dirigidos a la liberalización tanto del comercio exterior como del interior. En esta gestión el gobierno incorpora a México en el GATT, (Cordera & Tello, 2010).

La crisis estructural de 1982 redujo de manera significativa los márgenes del Estado mexicano, lo cual se tradujo en severas debilidades en los procesos de negociación con los acreedores externos y en una elevada condicionalidad. Por ello, la Carta de Intención que se signó con el FMI y el BM, colocaron al país en una estrategia que debía liberar los espacios económicos a los sectores privados, nacionales y extranjeros. La principal medida con la que inició éste proceso de cambio de modelos de desarrollo, consistió en la adscripción al GATT.

Se señalaba que todo ello mejoraría la competitividad por medio del acceso a recursos de capital y tecnológicos, para flexibilizar la economía, supuestamente eso mejoraría las condiciones para la inversión (nacional y extranjera), y por lo tanto, lograría un crecimiento económico sostenido, con estabilidad de precios y con niveles de bienestar¹⁷³.

¹⁷¹ Según Carlos Tello, *op. cit.* p. 631, en parte se debe a la influencia del FMI, BM, de la Reserva Federal y del Depto. del Tesoro de EU, sobre el gobierno mexicano, al crecer la deuda externa que, en su asesoría, a través de la Secretaría de Hacienda, se fortalecieron los vínculos personales y profesionales.

¹⁷² Para detalles ver Capítulo uno subsección Neoliberal.

¹⁷³ Carlos Tello, *op. cit.*, p. 629.

La Carta de Intención les recomendaba a los decisores estratégicos, la pertinencia de programar los cambios estructurales, entre ellos destacan:

- el desmantelamiento del nacionalismo económico;
- la privatización de las empresas públicas;
- la desregulación de las actividades económicas;
- las adecuaciones constitucionales y de las leyes secundarias;
- el “adelgazamiento” del sector público; y
- el control de los desbalances interno (finanzas públicas) y externo (balanza de pagos).

En la administración 1982-1988 el PND, estableció que los objetivos eran:

- conservar y fortalecer las instituciones democráticas;
- vencer la crisis;
- recuperar la capacidad de crecimiento; e
- iniciar los cambios cualitativos que requiere el país en sus estructuras económicas, políticas y sociales (PND, 1983).

Se decía que antes de acometer las políticas de reformas estructurales, había que estabilizar la economía nacional, dado que se estaban registrando tasas de inflación de tres dígitos, que distorsionaban las transacciones entre los agentes económicos.

En ese sexenio el imperativo de la estabilización dio origen a las experiencias “pactistas”: Programa Inmediato de Reordenación Económica (PIRE); Programa Extensivo de Reordenación Económica (PERE); Programa de Aliento y Crecimiento (PAC); y al término de la administración, el Programa de Solidaridad Económica (PSE).

Se argumentaba que eran necesarios para combatir la inflación, proteger el empleo y recuperar las bases del desarrollo, a la vez que, se restablecían los pagos de los servicios de la deuda externa¹⁷⁴.

Paradójicamente cuando inicia el establecimiento de las bases para pasar del consenso keynesiano al consenso de mercado, el Estado mexicano modificó el artículo 25 constitucional, y con ello introdujo la Directiva de Desarrollo de la Nación: donde se estableció que el Estado es el rector del desarrollo de la economía. La esencia fue que colocó criterios para la definición de las fronteras del Estado que están vigentes hasta la fecha, pese al distanciamiento que ha sostenido mediante la profundización del modelo de desarrollo actual.

El artículo 26 constitucional define y mandata en la Ley de Planeación de principios de 1983, al Ejecutivo Federal para que identifique las necesidades nacionales de desarrollo y las coteje contra los ingresos disponibles para que emita el PND en un tiempo perentorio.

¹⁷⁴ Vale recordar que en esos años, se discutía en muchos espacios internacionales, en particular en América Latina, por parte de los Estados – nación que tenían problemas de deuda, la necesidad de configurar un Club de Deudores, lo cual políticamente no prosperó. Tanto el FMI – BM, como el Club de Acreedores de París, señalaron que negociarían caso por caso.

Inició la primera etapa de privatización de empresas públicas, incluyendo las pequeñas y medianas que el Estado había adquirido en la década de los 1970. En número pasaron de 1155 a 310, sin embargo, no tuvo un efecto relevante en el peso del sector público sobre la economía; las empresas industriales representaban el 40% de las públicas y dejaron de participar en 22 actividades (Moreno-Brid & Ros Bosch, 2009, pág. 227).

Con las modificaciones constitucionales, la suscripción de México al GATT, la aplicación de las políticas de estabilización macroeconómica o de precios y el desmantelamiento del proteccionismo (eliminación de los permisos previos de importación, reducción y compactación de las tarifas arancelarias), inició la remodelación del Estado – nación mexicano y en consecuencia de las pautas de la estrategia de desarrollo.

En el siguiente sexenio, 1988-1994, se continuó con las políticas de estabilización y se profundizaron las medidas neoliberales.

Los objetivos del PND fueron:

- defensa de la soberanía y promoción de los intereses de México en el mundo;
- ampliación de la vida democrática; recuperación económica con estabilidad de precios;
- y el mejoramiento productivo del nivel de vida de la población (PND, 1988).

Se reiteraba que el país había avanzado en sus procesos estabilizadores y que por ello era necesario echar a andar las reformas estructurales en la economía nacional, lo cual, añadían, no era compatible con reformas estructurales en la política.

Según el PND la estrategia consistía en invertir la tendencia de transferencias de recursos al exterior, para atraerlos al interior; así como fortalecer el financiamiento del BM para proyectos en sectores considerados prioritarios. El interés consignado en el PND fue promover un estilo económico basado en la innovación y la adaptación tecnológica dirigido a modernizar la infraestructura promoviendo la participación de los particulares¹⁷⁵.

En la segunda etapa de privatizaciones, el argumento central del gobierno, fue que consideraba que la intervención del Estado en la economía había sido excesiva, afectando el potencial del crecimiento económico, así como su capacidad para proveer de justicia social; aunque el número de empresas desincorporadas fue menor, las cantidades monetarias fueron muy superiores a la primera etapa, entre las relevantes destacó la venta de Teléfonos de México y la reprivatización de la Banca (Salinas, 1989).

Además, modificó los artículos 27 y 28 constitucionales, así como diversas leyes secundarias, para permitir la desincorporación de empresas del Estado, donde algunas estaban clasificadas como estratégicas y prioritarias¹⁷⁶. Otra modificación relevante fue la efectuada al artículo 27 constitucional, donde se da por concluido el reparto de tierras y hace posible la venta de ejidos y tierras comunales.

¹⁷⁵ *Ibid.*

¹⁷⁶ Constitución Política, *op. cit.*, (648 – 682).

En ésta administración el modelo de desarrollo con preeminencia de mercado, se ve fortalecido gracias a las negociaciones de los decisores estratégicos de México, Canadá y EU para alcanzar el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), con su respectivo apartado energético. Las negociaciones iniciadas en 1990 con el llamado “espíritu de Houston”, arribaron a finales de 1992 cuando fue signado. En 1993 se negociaron los acuerdos paralelos (solución de controversias, laboral, ambiental y formación del Banco de Desarrollo de Norteamérica). El TLCAN entró en vigor en enero de 1994.

Se afirmaba que el objetivo principal del TLCAN era fortalecer el mercado regional, eliminando barreras comerciales y relajando las restricciones a la inversión extranjera.

Cabe destacar que los problemas de seguridad interna por acontecimientos como el levantamiento del Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN) y los asesinatos de Luis Donaldo Colosio y José Francisco Ruiz Massieu, candidato presidencial y secretario general del PRI, respectivamente.

La firma del TLCAN vino a proveer de mayor perspectiva al modelo de desarrollo basado en el mercado, dado su carácter de Estado. Empero, la inestabilidad política interna mostraba también límites. A ello se añadió que la emisión de los Tesobonos para contrarrestar el déficit de la cuenta corriente, detonaron la crisis de 1994, a la cual se le denominó “efecto tequila”.

En ese contexto de crisis económica inició el sexenio de 1994 – 2000. Las medidas que el Gobierno instrumentó fueron para detener la fuga de capitales y obtener recursos para los procesos económicos. Para eso se creó el Fondo Bancario de Protección al Ahorro (FOBAPROA) y se negoció otra Carta de Intención con el FMI – BM. El principal soporte para empezar a salir de la crisis fue el préstamo otorgado por el gobierno de EU.

En esa administración se decía que las reformas estructurales al campo económico no podían sostenerse, sin continuar con las políticas de estabilización y con la puesta en marcha de las reformas estructurales al campo político.

Sobresalió en este periodo la venta de Ferrocarriles Mexicanos y el diseño de los instrumentos financieros de endeudamiento del sector energético: los Proyectos de Inversión de Infraestructura Productiva con Registro Diferido al Gasto Público (PIDIREGAS).

Los objetivos del Planes Nacionales de Desarrollo fueron:

- fortalecer el ejercicio pleno de la soberanía nacional, como valor supremo y como responsabilidad del Estado;
- consolidar un régimen de convivencia social, regido plenamente por el derecho, donde la ley sea aplicada a todos por igual, y la justicia sea la vía para la solución de los conflictos;
- construir un desarrollo democrático que proporcione la base de certidumbre y confianza para la vida política pacífica;
- avanzar a un desarrollo social que propicie y extienda las oportunidades bajo principios de equidad y justicia; y
- promover un crecimiento económico vigoroso, sostenido y sustentable en beneficio de los mexicanos (PND, 1995).

La gestión se concentró en las acciones para recuperar la estabilidad política y social:

- atendiendo el levantamiento armado del EZLN;
- detención de Raúl Salinas de Gortari;
- reiterando los acuerdos económicos con los agentes oligopólicos;
- estableciendo el pacto “Compromisos para el Acuerdo Político Nacional”, con los partidos políticos de mayor peso;
- el Instituto Federal Electoral (IFE) adquiere autonomía; y
- la consolidación de la alternancia que ya se había manifestado en municipios, entidades federativas y congresos locales, y que ahora ocurría en la máxima institución de la República: la Presidencia en el año 2000.

Durante la campaña para el siguiente sexenio (2000-2006), en contextos de bajo crecimiento y con una opinión pública negativa respecto al desempeño de la economía, un partido de oposición (PAN), afirma la necesidad de llevar a cabo cambios en lo económico y en lo político con el lema “Alianza por el Cambio”. Sin embargo, continuó con el modelo de desarrollo con preeminencia del mercado.

Los principales objetivos del PND mostraron un carácter ambiguo en comparación con los redactados en los tres anteriores que expresan con mayor claridad las intenciones y estilo de desarrollo, para este sexenio fueron:

- desarrollo social y humano;
- crecimiento con calidad; y
- orden y respeto (PND, 2001).

La estrategia económica siguió basándose en: otorgar más importancia al objetivo nacional de estabilidad macroeconómica o de precios; por encima del otro gran objetivo nacional, de crecimiento y desarrollo económico.

Le siguió otro sexenio con alternancia en el lapso 2006-2012. Los objetivos rectores que planteó en su PND fueron:

- Estado de derecho y seguridad;
- economía competitiva y generadora de empleos;
- igualdad de oportunidades, sustentabilidad ambiental;
- democracia efectiva; y
- política exterior responsable, (PND, 2007).

En los hechos, constituyó un eslabón más de una larga cadena establecida desde 1983 y que ha ido consolidando el modelo de desarrollo de mercado, es decir, es la única política pública que alcanza el rango o estatus de Estado.

Es pertinente recordar que el PND toma de la ONU la iniciativa de Desarrollo Humano Sustentable. Si bien, este concepto fue introducido en la ONU en la segunda mitad de los 1990, es hasta esta administración que los decisores estratégicos nacionales deciden incluirlo en el instrumento de planeación.

El análisis de los PND muestra que:

- las grandes dificultades para alcanzar los equilibrios macroeconómicos indispensables para el crecimiento sostenido con estabilidad;
- las estrategias instrumentadas con preeminencia del objetivo de estabilidad por encima del de crecimiento y desarrollo, han generado desbalances nacionales y sectoriales que se acumulan conforme se profundiza la estrategia de mercado; y
- en parte, y derivado del desequilibrio anterior, también se han producido desbalances entre los objetivo de crecimiento y seguridad, en el sentido de que aumenta la asignación de recursos nacionales a éste último;

Dicho de otra manera, los decisores estratégicos del Estado mexicano han gestionado los asuntos sensibles de la nación y particularmente respecto al modelo de desarrollo con base en la estabilización y los agentes económicos oligopólicos (nacionales y extranjeros), desbalanceando con ello las posibilidades para acceder a tasas de crecimiento y desarrollo mayores, e inclinándose a los aspectos de seguridad.

El Estado mexicano ha utilizado dos modelos de desarrollo de 1933 a la fecha. El primero de 1933 a 1981 fue el Modelo de Sustitución de Importaciones, se identifica por tomar características keynesianas, donde el papel del Estado en los procesos de desarrollo y de las actividades económicas tiene una gran importancia, lo cual converge de manera positiva en las primeras etapas del modelo con el momento histórico económico que se basaba en la lógica de crear mercados nacionales, sin embargo, en su última etapa (década de los 1970) el imperativo económico internacional cambió a crear mercados globales.

El cambio fue tan drástico que muchos países no tuvieron los mecanismos para adaptarse aunque se integraron en la nueva lógica. Esto es la fuente de ocupación de corrientes que explican el por qué del sub desarrollo como la estructuralista, la de modernización y la de centro – periferia¹⁷⁷.

Para México los cambios en el modelo de desarrollo son evidentes en 1982 con la integración al GATT y la modificación de lo que se considera el corazón de las normas constitucionales de la economía mexicana¹⁷⁸. Los impactos económicos han sido tan severos para el país que los objetivos nacionales han priorizado los aspectos de estabilización de precios (o macroeconómica) más que los de crecimiento económico y de desarrollo.

La siguiente sección se ocupa de valorar desde los tres enfoques los vínculos de la energía y sus energéticos en aspectos económicos, sociales y ambientales en el contexto de desarrollo y su sustentabilidad. El objetivo es correlacionar el resultado de las métricas con información de la presente sección para hacer una interpretación de las aspectos en que la energía ha contribuido a la sustentabilidad del desarrollo.

¹⁷⁷ Ver el Capítulo Uno, sección 1.1 “Nociones de desarrollo y de sustentabilidad”.

¹⁷⁸ Insituto de Investigaciones Jurídicas [IJJ], *op. cit.*.

3.2 Enfoques de análisis y sus indicadores

Para la evaluación de los indicadores se toma el periodo de estudio de la investigación 1970 a 2012, se aplican las metodologías de los indicadores descritos en el Capítulo Dos, sección “Enfoques del grupo I. Indicadores que vinculan a la energía en aspectos de la sustentabilidad del desarrollo”. Su principal característica es otorgar una valoración de la energía con respecto a sus vínculos con las dimensiones de la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Se aplican tres enfoques: el Indicador de Energía y Sustentabilidad, elaborado por la CEPAL; el Indicador de Sustentabilidad Energética, elaborado en función del concepto de sustentabilidad energética de la AIE y la AIEA; y el del Sendero de energía e IDH.

3.2.1 Enfoque del Indicador de Energía y Sustentabilidad (IES)

Éste es un indicador múltiple, lo componen: “Autarquía energética”, se estima con el porcentaje de las importaciones con respecto a la extracción de energía primaria; “Robustez” frente a cambios externos, se calcula como el porcentaje de las exportaciones energéticas sobre el PIB, el peso de los ingresos petroleros en los ingresos públicos, el porcentaje de la deuda energética en la deuda total; “Productividad energética”, es la inversa de la intensidad de energía; “Cobertura eléctrica” como porcentaje de hogares electrificados; “Necesidades energéticas básicas”, se aprecia con la energía útil per cápita del sector residencial y la equidad en el gasto de energía por deciles; “Pureza relativa del uso de energía”, se valora con la cantidad de CO₂ por unidad de consumo energético; “Uso de energía renovable”, es el porcentaje de participación de energías renovables en la oferta energética; y “Alcance de los hidrocarburos”, es la relación entre producción y recursos fósiles.

La normalización de cada de los indicadores esta en función de los criterios definidos en la Tabla 2.1 “Criterios para la normalización de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad”.

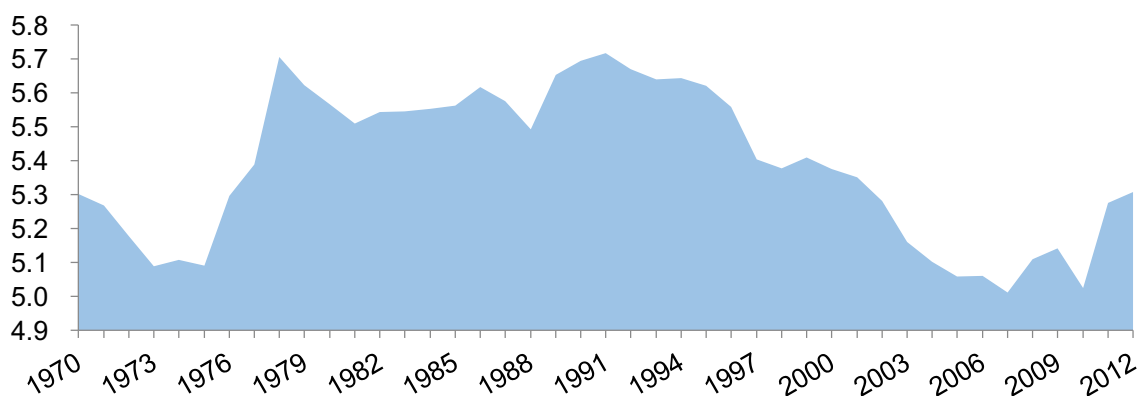
Una vez normalizados los ocho indicadores, se realiza: la suma de los ocho indicadores para obtener una sola valoración (ver Gráfica 3.1); después se muestran las valoraciones para cada indicador con respecto a los años 1970, 1982 y 2012 (ver Gráfica 3.2); en seguida se agregan los indicadores en la dimensión social (“Cobertura eléctrica” y “Necesidades energéticas básicas”), en la ambiental (“Pureza relativa de energía”, “Uso de energías renovables” y “Alcance de los hidrocarburos”) y en la económica (“Autarquía”, “Robustez” y “Productividad energética”), con ello se construye un vector de tres dimensiones para graficarlo y obtener la trayectoria del IES (ver Gráfica 3.3); y se realiza una interpretación de los resultados obtenidos¹⁷⁹.

¹⁷⁹ La técnica para construir la trayectoria vectorial se detalla en el Anexo I sección “Representación de los indicadores como vectores de tres dimensiones”. El comportamiento de cada uno de los indicadores se observa en detalle en la Gráfica AI. 7 del Anexo I.

3.2.1.1 Cálculos y resultados

Se evalúa los ocho indicadores del IES para el periodo 1970-2012. El nivel general del sistema revela que de 1970 a 1975 el grado de sustentabilidad disminuye; de 1976 a 1978 aumenta rápidamente; de 1979 a 1990 se presentan ligeras variaciones, salvo 1988; de 1991 a 2009 inicia un descenso constante en el valor del indicador; y de 2010 a 2012 aumenta, en particular en 2010.

La tendencia ha sido el decremento de la sustentabilidad energética, pasando por dos puntos máximos en 1978 y 1991, con valor de 5.7 de IES en los dos años, a partir de 1991 se estableció el descenso en la suma de sus componentes, seguido por un aumento en el valor global a partir de 2010, el comportamiento se observa en la Gráfica 3.1.



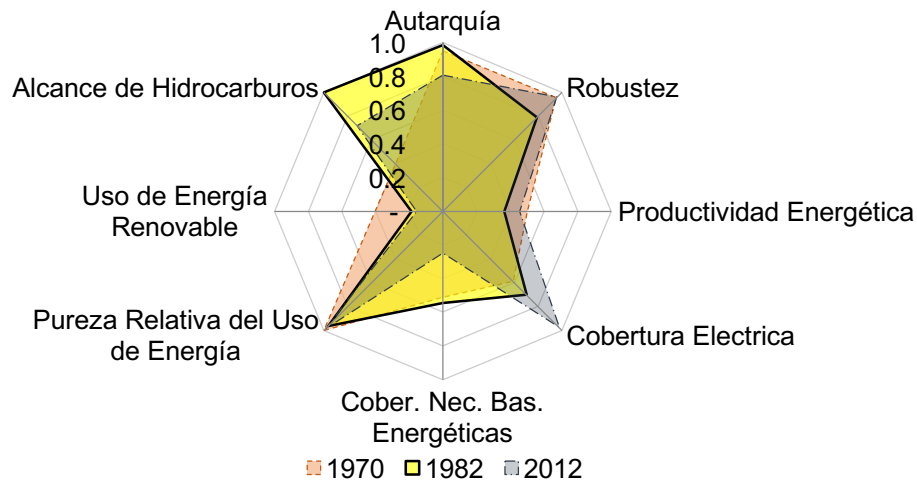
Gráfica 3. 1 Gráfica 3.1 Indicador de Energía y Sustentabilidad

Se toman los valores de los indicadores que conforman al IES para graficarlos con respecto a tres estadios: el inicial en 1970, uno intermedio en 1982 y el de 2012, ver Gráfica 3.2. Para observar las tendencias individuales durante todo el periodo ver el Anexo I sección "Tendencias de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad" Gráficas AI. 7 a AI. 10.

La disminución del área se debe, principalmente al decremento en los valores de las componentes: Autarquía, Alcance de los Hidrocarburos y Cobertura de las Necesidades Básicas Energéticas.

Por otro lado, las componentes que propiciaron el aumento del valor general del indicador fueron: Robustez, Pureza Relativa del Uso de Energía, Cobertura Eléctrica y Productividad Energética, que han presentado los valores más altos en el conjunto; y con menor intensidad: Uso de Energía Renovable y la Productividad Energética¹⁸⁰.

¹⁸⁰ *Ibíd.*

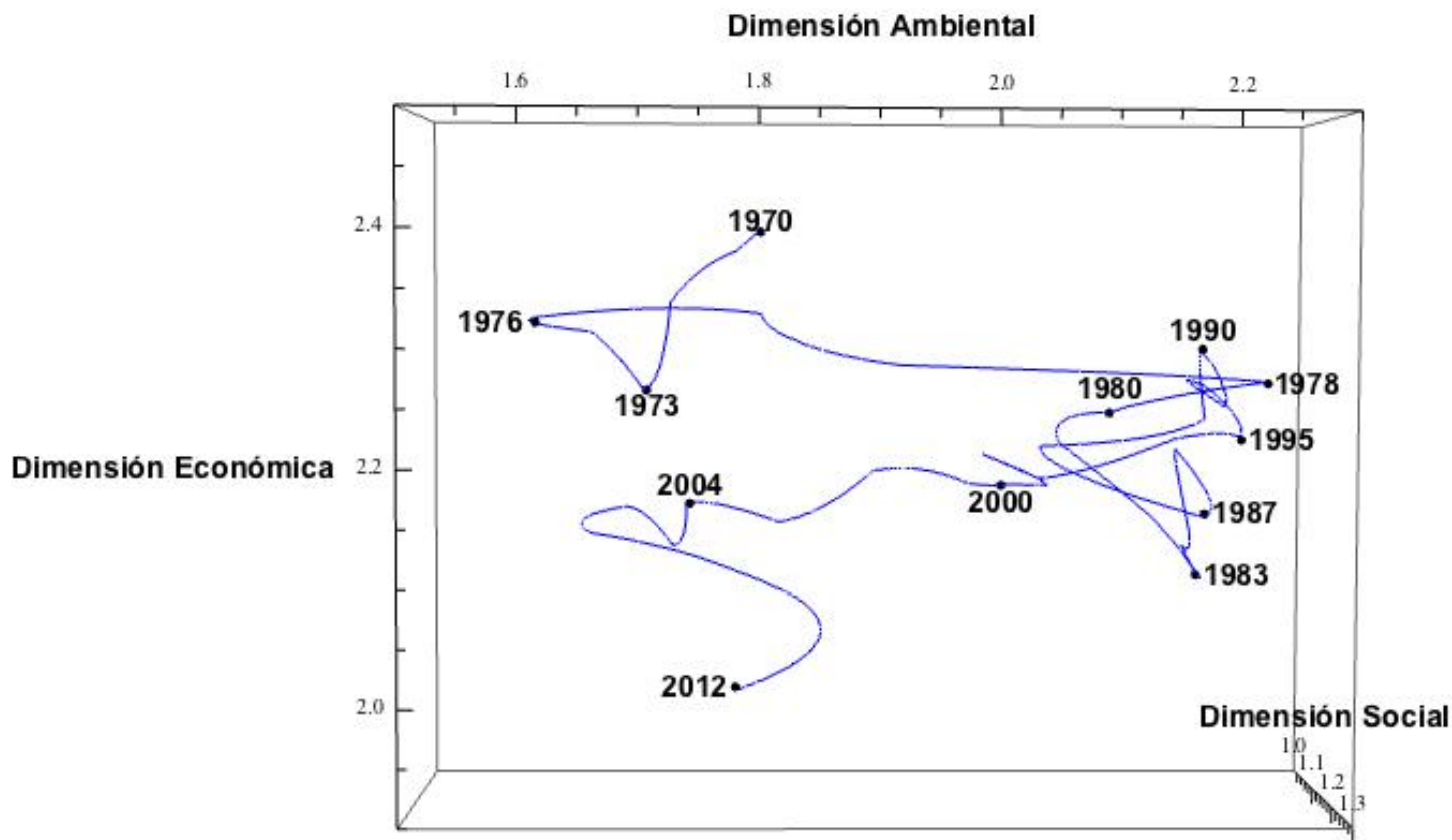


Gráfica 3. 2 Indicadores de Energía y Sustentabilidad

Para la representación de la trayectoria del IES en un espacio vectorial de tres componentes, se agregaron los indicadores en tres dimensiones, la social (“Cobertura eléctrica” y “Necesidades energéticas básicas”), la ambiental (“Pureza relativa de energía”, “Uso de energías renovables” y “Alcance de los hidrocarburos”) y la económica (“Autarquía”, “Robustez” y “Productividad energética”); la trayectoria del IES esta constituida por la línea azul, ver Gráfica 3.3.

Se observan cuatro etapas identificadas por las flechas negras, estas fueron:

- El primer periodo (1970-1982), tuvo un descenso dominado por la dimensión económica; aunque en las dimensiones social y ambiental, la dirección fue de aumento en sus valores.
- El segundo periodo (1983-1997), el comportamiento es errático, se observan nudos; en cuanto a la trayectoria, el vector se mueve principalmente en la dimensión social, en dirección de la disminución del valor, con un ligero aumento en la dimensión económica.
- En el tercer periodo (1998-2003), se distingue un ligero aumento en los valores de la dimensión social y económica, combinado con un ligero decremento en la dimensión ambiental.
- En el cuarto periodo (2004-2010), en la trayectoria del vector, disminuyen los valores en las componentes económica y ambiental, acompañadas de un ligero aumento en la dimensión social.



Gráfica 3.3 Trayectoria del IES

3.2.1.2 Interpretación

El indicador de la CEPAL y sus componentes, son útiles para comparar los estadios de la Sustentabilidad Energética en periodos de tiempo definidos, al evaluar los aspectos que pueden bloquear la sustentabilidad del desarrollo.

El comportamiento de los valores de los componentes del IES, muestran el potencial de los energéticos para alcanzar criterios de sustentabilidad.

La situación de la sustentabilidad del IES, es que el grado de sustentabilidad energética ha disminuido durante el periodo de análisis, esto se complementa con la complejidad que involucra el concepto de sustentabilidad dominante, que induce a la posibilidad de lograr equilibrios entre (principalmente) los aspectos económicos, sociales y ambientales; los resultados muestran la dificultad de esto, el aumento en una dimensión registra el descenso en las otras dos.

En el primer periodo (1970-1982), el descenso del IES fue por la caída de la dimensión económica, lo cual se explica por la componente Robustez, debido al peso específico de la deuda energética en la deuda total del sector público. Esta tuvo una gran caída de 1972 a 1982, dado el crecimiento exponencial en la extracción de petróleo crudo y las necesidades de

financiamiento¹⁸¹. Las otras componentes del indicador: ingresos petroleros con respecto a los ingresos totales del sector público y la aportación de las exportaciones petroleras al PIB; tuvieron mejora en sus valores.

En el segundo periodo (1983-1997), los efectos económicos de la crisis de 1982 y la dimensión social explican los comportamientos en ese lapso. La componente gasto en energía con respecto a los ingresos es la que marca la evolución del indicador, mientras que del 1970 a 1983 el indicador mejoró ligeramente, a partir de ese año se desplomó, es decir, el peso de los gastos de energía en los hogares ha estado creciendo, simultáneamente que la infraestructura energética ha aumentado (tomando la componente Cobertura Eléctrica).

Es debatible que el porcentaje de los gastos en energía con respecto a los ingresos de los hogares, tenga una implicación directa sobre el sector energético (desde la perspectiva de los ingresos en los hogares), sin embargo, en la administración del sector energético en coordinación con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, requieren integrar en su política de precios el efecto de esta variable sobre la demanda, por ejemplo, en las implicaciones del consumo ilícito de energéticos.

El tercer y cuarto periodo (1998-2003 y 2004-2012), la dimensión ambiental marca el comportamiento del IES, esto se debe a tres puntos principales:

- el rezago de la Participación de las Energías Renovables sobre el total del consumo de energéticos, dado que se ha priorizado el incremento de plantas generadoras de electricidad a base de energía de origen fósil;
- el Alcance de los Hidrocarburos inició un comportamiento de descenso en 1996, que se mantiene hasta el final del periodo, las reservas no se han podido sustituir, en parte porque ha aumentado su aprovechamiento como consecuencia de los aspectos demográficos y económicos del país, porque no se ha modificado la intensidad de exportación, ni ha disminuido el peso de los ingresos petroleros sobre el sector público;
- y la componente Pureza Relativa del Uso de Energía tiene un comportamiento ligeramente a la baja, sin embargo, es cuestionable que los altos valores de ésta componente se deban a la pureza de los combustibles consumidos y no al descenso de las actividades economía, ni al valor de los factores de emisión que se utilizan para el cálculo, publicados por el IPCC.

El indicador IES de la CEPAL es útil para la valoración de las aportaciones de los energéticos, en sus diferentes vínculos, con la sustentabilidad de un país, empero, los indicadores no necesariamente muestran lo que está sucediendo en su dimensión, por ejemplo, Alcance de Hidrocarburos (pertenece a la dimensión ambiental), sería más útil en la dimensión económica con las componentes ingresos petroleros, deuda y exportaciones de energía.

La dimensión ambiental contabiliza las emisiones por tipo de combustible y sector, así como los gastos relacionados con aspectos ambientales y ecológicos.

¹⁸¹ Se empezó a explotar el complejo Canterell, mismo que se sumó al descubrimiento de los dos primeros campos más importantes en la zona denominada Ku Maloob Zaap.

Las componentes de la dimensión social informan si en los hogares cuentan con energía eléctrica, la eficiencia del consumo y la proporción del gasto destinado a energía en los ingresos, no revelan información sobre el acceso a otros combustibles como gas (natural o LP), leña u otros, ni el nivel de equipamiento de los hogares, tampoco de la gestión en la política de precios.

3.2.2 Enfoque del Índice de Sustentabilidad Energética (ISE)

El ISE es un índice diseñado en función de la definición de “Sustentabilidad Energética” (de la AIE y la AIEA) muestra los indicios de sustentabilidad energética en las dimensiones social, ambiental y económica. Las valoraciones de cada dimensión se suman para tener una magnitud representativa, en esta investigación de México.

La dimensión economía se estima con la intensidad energética, la dependencia de las importaciones netas de energía y con el porcentaje de las fuentes renovables de energía con respecto al total producido.

La dimensión social calcula la sustentabilidad energética con el porcentaje de ingreso disponible de los hogares destinado a combustibles y electricidad y con el porcentaje de la población con acceso a electricidad.

La dimensión ambiental lo hace con las emisiones de bióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos fluorados (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de sulfuro (SF₆).

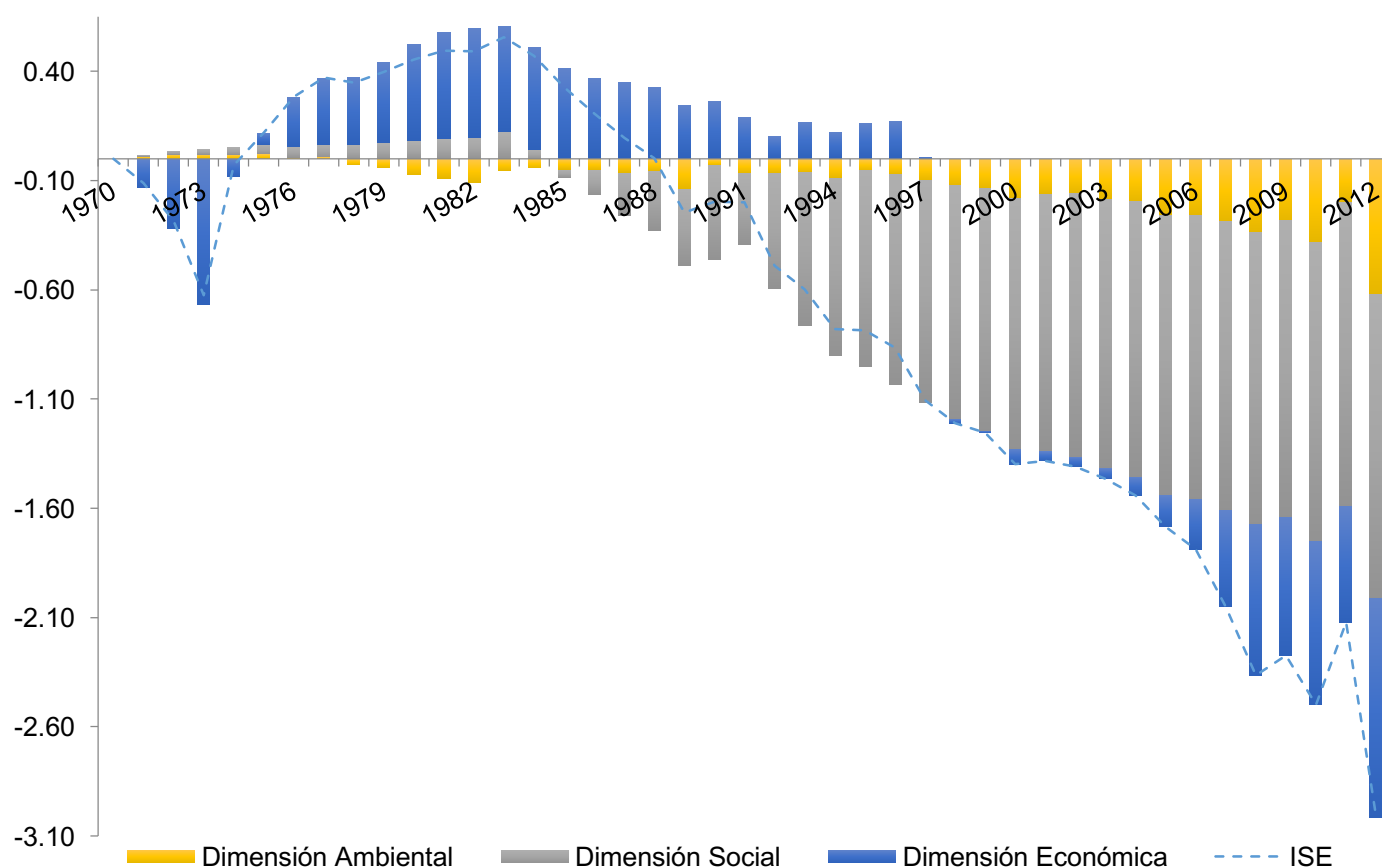
La evaluación del índice y de los indicadores de cada dimensión se realizan de acuerdo con las ecuaciones 2.1 y 2.2, respectivamente. La técnica de evaluación es mediante una comparación anual, se utiliza 1970 como el año base y se realiza para el periodo 1970 a 2012.

Una vez calculados los diez indicadores y el índice, se grafican para observar su comportamiento (ver Gráfica 3. 4). Después se toma el indicador de cada dimensión como elemento de un vector de tres componentes para representar la trayectoria vectorial de la sustentabilidad energética de México. Por último se realiza una interpretación de los resultados¹⁸².

¹⁸² La técnica para representar los indicadores de cada dimensión como un vector se detallan en el Anexo I sección “Representación de los indicadores como vectores de tres dimensiones, en el mismo anexo se muestra también la evolución de los indicadores para cada dimensión en las graficas AI. 8 a AI. 10.

3.2.2.1 Cálculos y resultados

La evolución del índice y de sus dimensiones ambiental, social y económica para el periodo de 1970 a 2012 y tomando como año base 1970, se muestra en la Gráfica 3. 4. Se observan cuatro etapas: la primera, de 1970 a 1973 el índice tomó valores negativos, pasó de 0 a -0.62; la segunda, de 1973 a 1983, los valores del ISE “rebotaron” al pasar de -0.62 a 0.56, este último fue el valor máximo del periodo de estudio; la tercera de 1983 a 1992 inició un descenso en la magnitud del índice, pasó de 0.56 a -0.20, y en los últimos tres años el valor del índice (negativo) osciló entre -0.25 y -0.20; y la cuarta, de 1992 a 2012 el descenso continuó de -0.20 a -3.02, a excepción de 1998 a 1999 y de 2010 a 2011 que aumentó, de -2.36 a -2.27 y -2.5 a -2.12, respectivamente.



Gráfica 3. 4 Evolución del ISE y las dimensiones ambiental, social y económica

El descenso de la primera etapa (1970-1973) se asocia con la dimensión económica (0 a -0.67), donde el indicador de dependencia energética mostró que aumentaron las importaciones de energéticos de 5% a 15% con respecto a la producción.

En la segunda etapa (1973-1983), el aumento en el valor del ISE se debe a la dimensión económica con el indicador de “Dependencia Energética” que fue disminuyendo hasta llegar a cero en 1982 y en menor medida al indicador de “Porcentaje de Energías Renovables” que continuó aportando magnitudes positivas; y la “Intensidad de Energía” creció, lo que desfavoreció la valoración del índice dado que se considera negativo. Y en menor medida por

la dimensión social con el indicador de “Porcentaje de la Población con Acceso a la Electricidad”.

La tercera etapa (1983-1991) inició el descenso del ISE. Éste se debe al decrecimiento de la dimensión económica asociado con las cada vez más pequeñas aportaciones de la “Dependencia Energética” y el “Porcentaje de Energías Renovables”, combinado con el aumento de la “Intensidad de Energía”. La dimensión social disminuyó, ello se registró por el comportamiento del indicador de “Porcentaje del Gasto de Electricidad y Combustibles en el Ingreso” de los hogares. Y en menor medida se redujo la dimensión ambiental con el indicador de “Emisiones de CO₂”, además de que inició el registro de valores negativos en las “Emisiones de NO_x”.

En la cuarta etapa (1991-2012), el decrecimiento del ISE lo guía principalmente la dimensión social con el indicador de “Porcentaje del Gasto de Electricidad y Combustibles en el Ingreso” de los hogares. En menor medida la dimensión económica registró decrecimiento en los valores positivos hasta 1998, año en que la “Intensidad de Energía” dejó de marcar valores negativos al índice, después (junto con las demás dimensiones) tomó valores negativos, éstos asociados con el indicador “Dependencia Energética”. Y la dimensión ambiental acentuó los registros negativos en los indicadores “Emisiones de CO₂” y “Emisiones de NO_x”.

Para dimensión social en 1986 inicia la caída de su valor y en consecuencia su aportación positiva al ISE, sobre todo durante la década de los noventas. De 2000 a 2010 disminuye la tasa o ritmo de decrecimiento.

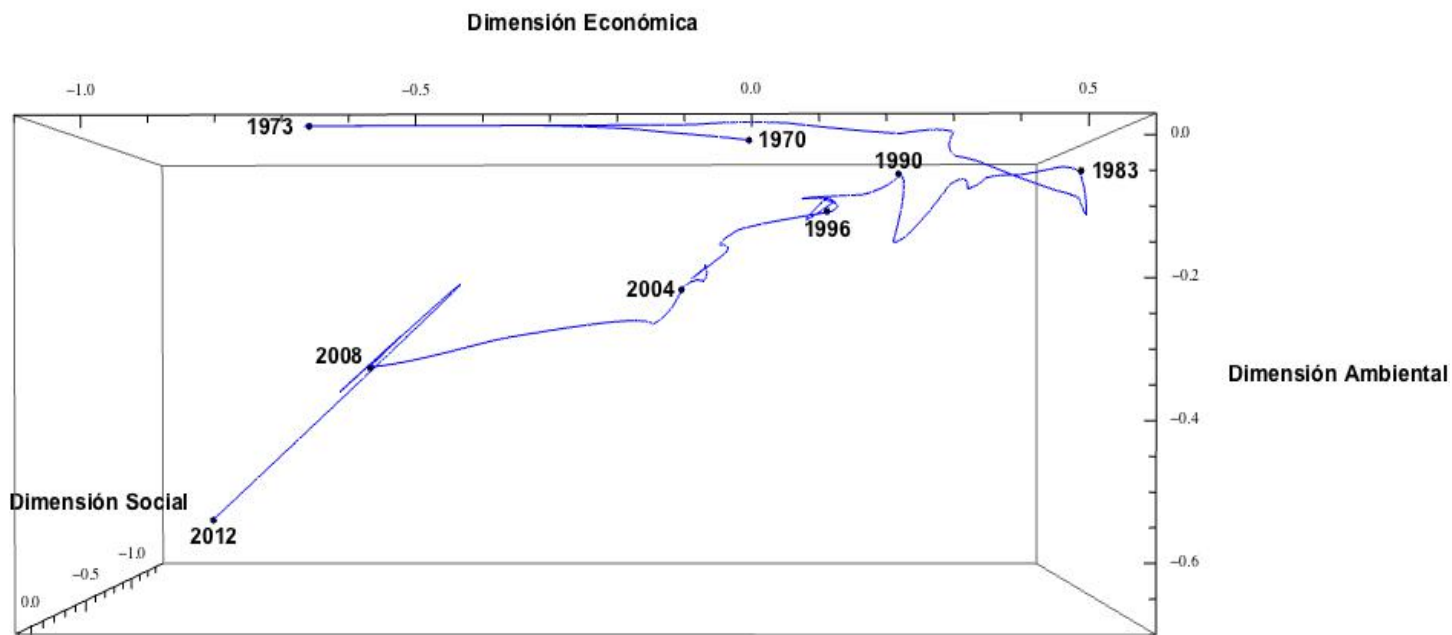
En la dimensión económica los cambios más grandes en valor fueron de 1995-1996 (-0.12 a -0.24), 2004-2005 (-0.36 a -0.42), 2006-2007 (-0.56 a -0.72) y 2008-2009 (-0.69 a -0.86).

El peso de la dimensión ambiental ha sido la de menor peso durante todo el periodo de estudio, los cambios en el ISE se deben principalmente a las dinámicas entre las dimensiones económica y social.

Otra perspectiva se tiene al representar la trayectoria del ISE en un espacio vectorial de tres componentes, equivalentes a las dimensiones ambiental, social y económica, ver la Gráfica 3.5.

Se observa que durante el periodo 1970 a 1983 aumentó ligeramente el índice, dado que los vectores están en los espacios positivos de cada dimensión, sin embargo, de 1983 a 1997 se desploma el valor en la dimensión social, lo mismo pasó de 1998 a 2003 aunque con mayor intensidad. Y del 2004 al 2012 el índice se colocó en zona negativa para las tres dimensiones¹⁸³.

¹⁸³ El comportamiento deseable del índice es que los movimientos registrados se coloquen en las regiones de valores positivos para las dimensiones ambiental, económica y social, es decir, que la sustentabilidad energética compuesta mejora con respecto a los años anteriores.



Gráfica 3. 5 Trayectoria del ISE

3.2.2.2 Interpretación

El ISE es útil para valorar la evolución del sector energético de un país, de acuerdo con la definición de sustentabilidad energética de la AIE y de la AIEA¹⁸⁴; al identificar y evaluar los aspectos que generan presión sobre el Estado y la respuesta del mismo; de ahí, toma relevancia evaluarlo en series de tiempo largas, dado que las políticas establecidas tienen efectos de distintas temporalidades; también, tomando en cuenta sus estructuras, es posible identificar las dimensiones y los factores que están alterando la curva.

Los aspectos que generan incertidumbres al índice son: la ponderación, w_i , en cada dimensión; la cual implica que todos los factores de las dimensiones tienen el mismo peso. El año base, $t = 0$, lo que mide son las políticas y las acciones establecidas en ese año y no el estado actual.

En la evolución del índice se observa que inicia con valores negativos, lo cual es congruente dado que la principal variable que lo afecta fue la “Dependencia Energética” de la dimensión económica, es decir, los efectos del choque petrolero, años en que México importaba crudo.

Después los valores positivos se deben principalmente al cambio de comportamiento del factor “Dependencia Energética”, por el *boom petrolero* de la década de los setentas y de la expansión en la electrificación, factor “Porcentaje de la Población con Acceso a la Electricidad” de la dimensión social.

¹⁸⁴ “... suministro de energía a un costo accesible para la población, asegurando el servicio y respetando el medio ambiente...” (IAEA/IEA, 2001, pág. 1)

El cambio de inflexión en su valor global, entre los años 1983 y 1985, son: los efectos del cambio del modelo económico y de la “Crisis de 1982”, en parte, como resultado de las exportaciones petroleras¹⁸⁵; y el factor de la dimensión social, “Porcentaje del Gasto en Electricidad y Combustibles en el Ingreso”, aunque la electrificación continuó, el peso porcentual del gasto en energía siguió aumentando.

La siguiente caída del valor del conjunto de indicadores se localiza entre los años 1995 y 1998, sobre todo para la dimensión económica en los factores “Dependencia Energética” y “Porcentaje de Energía Renovable”, esto se debe a la importación de gasolinas, vía subsidio para su importación, con respecto a la producción interna y al aumento de plantas generadoras de electricidad con base en los hidrocarburos, con respecto a centrales capaces de aprovechar distintos combustibles y energías renovables, así como sistemas híbridos.

Dentro del descenso del valor del ISE, en los años 1989 y 1995, la dimensión social fue la que cayó más rápido, contrario a la dimensión económica, sin embargo, a partir del 1996 a 2012 se intercambiaron los comportamientos.

En conclusión el ISE es útil, teniendo consideración del año base que se tome, es decir, las características estructurales de ese año, y para ajustar la lectura de los indicadores, dada la incertidumbre de la ponderación w_i .

3.2.3 Enfoque del Sendero de energía e IDH

La utilidad de aplicar el método de los senderos es fijar el comportamiento de la intensidad de energía respecto al PIB per cápita y a la energía per cápita, lo cual permite notar el resultado global de una nación en términos de la interpretación de la energía, valor de la producción y cantidad de habitantes; además, al combinar la intensidad de energía con el IDH se obtiene una base comparativa aspectos de desarrollo humano de acuerdo con los estándares de la ONU (la esperanza de vida, años de escolarización e ingreso nacional bruto).

La intensidad de energía se estima de acuerdo con la ecuación 2.3, el IDH con la ecuación 2.4. Y el procedimiento para elaborar el sendero se detalla en la sección 2.1.3.1.

3.2.3.1 Cálculos y resultados

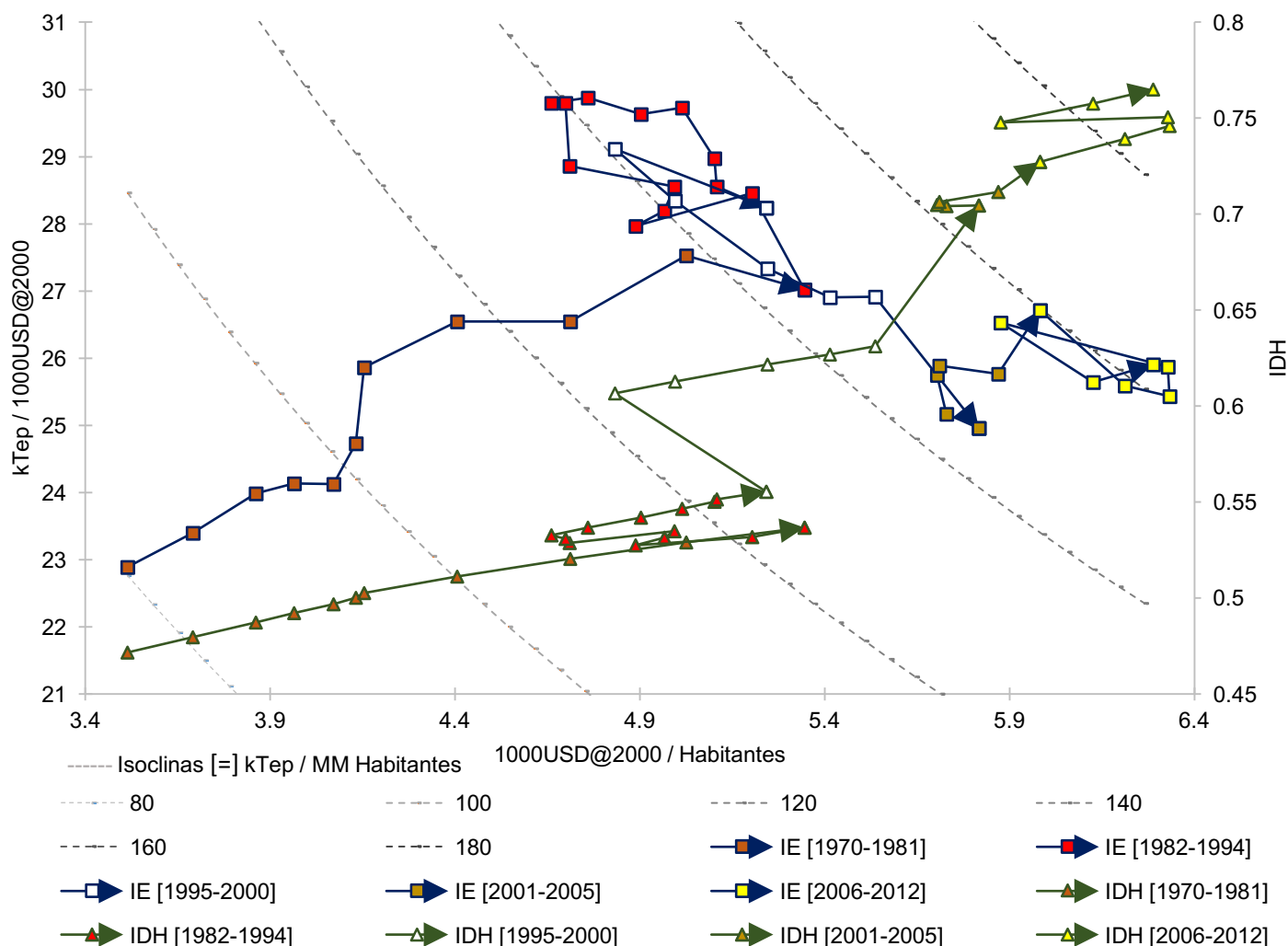
El sendero de energía tiene cuatro cortes definidos, ver Gráfica 3. 6. El primero fue un periodo ascendente de 1970 a 1981, con una dirección de cruce de isoclinas acelerado, es decir, aumento rápido en el uso de energía per cápita; en once años pasó de la isoclina de 80 a 140 kTep por cada millón de habitantes.

El segundo corte va de 1982 a 1997, se identifica por el primer nudo en el sendero, alcanzando el punto más energo – intensivo del sistema económico en 1989 con valor máximo de 29.87 kTep por cada 1000USD@2000, con una diferencia de intensidad de energía de 2.53 (con las mismas unidades); ese lapso se encuentra alrededor de la isoclina de 140 kTep por cada millón de habitantes.

¹⁸⁵ Síntomas similares a la *enfermedad holandesa*.

Durante el tercer corte de 1998 a 2003, aumentó la productividad energética, es decir, disminuyó la intensidad de energía, alcanzando una diferencia de 1.95 kTep por cada 1000USD@2000, ese corte, junto con el anterior, trabajan entre las isoclinas del corte anterior (veinte años alrededor de esta isoclina).

Y en el cuarto corte está el segundo nudo de 2004 a 2012, el cual empezó con un aumento de intensidad de energía (alcanzando el punto máximo del periodo, 26.71 kTep por cada 1000USD@2000) 25.77 a 25 kTep por cada 1000USD@2000, pero pasó a la isoclina de 160 kTep por cada millón de habitantes.



Gráfica 3. 6 Sendero de energía y de IDH 1970 – 2012

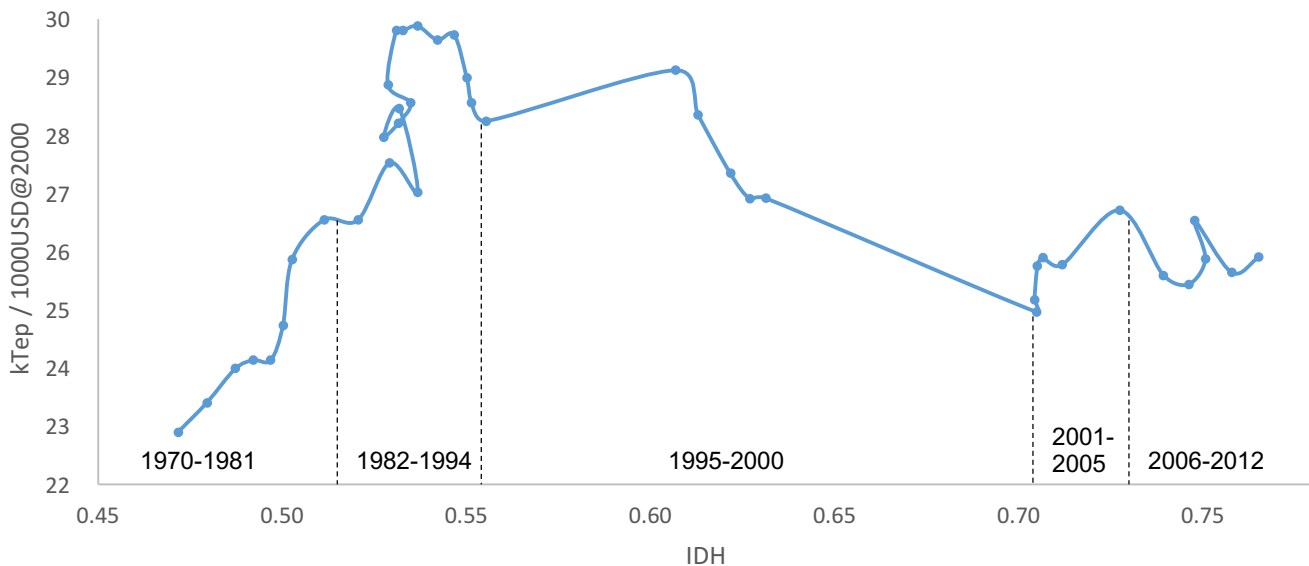
El IDH tiene un comportamiento general ascendente en magnitud, con periodos cortos de estancamiento, como los que se registraron en 1982-1988, 1991-1993 y 2007-2009¹⁸⁶.

Se observa que la forma de la curva del IDH tiene una pendiente cercana a uno en los periodos que aumenta la intensidad de energía y cuando ésta disminuye, tiende a cero.

¹⁸⁶ Se toma como estancamiento cuando el valor del IDH se mantiene constante o retrocede al menos tres años consecutivos.

De 1970 a 1990 el IDH aumentó de valor junto con el de la intensidad de energía, pasó de 0.47 a 0.54, después se produjo un punto de inflexión, de 1991 a 2010 pasando de 0.54 a 0.77.

En los primeros veinte años, el periodo energo – intensivo, la diferencia en los valores del IDH fue de 0.07, mientras que en los siguientes veinte años disminuye la intensidad energética, incluyendo el periodo de productividad energética 1998-2003, la diferencia del IDH fue de 0.23, ver Gráfica 3.7.



Gráfica 3. 7 Intensidad de energía e IDH 1970 – 2012

3.2.3.2 Interpretación

El primer corte coincide con la etapa de desarrollo denominado “Transición” descrita en la primera sección del presente capítulo, conformada por dos sexenios, que los caracterizó por la búsqueda de modelos de desarrollo dado que el modelo de sustitución de importaciones había caducado, empero, continuaron vigentes las inercias.

La aproximación del primer sexenio (1970-1976), conocida como desarrollo compartido, utilizó como eje una “política de consolidación”, por las dificultades de coordinación del Estado con los empresarios; eso se mostraba en los bajos niveles de inversión y la condición de México como importador neto de derivados de petróleo. Al no hacer cambios de fondo y continuar con las inercias del Modelo de Sustitución de Importaciones, el mecanismo que instrumentaron fue aumentar la deuda externa y el gasto público, sin embargo, la “consolidación” no se logró y generó problemas de fuga de capitales que convergieron en el problema de la deuda de 1976. No obstante, ya para entonces, y en el cambio de relevo sexenal, ya se sabía del complejo Canterell.

Las inversiones dirigidas a los proyectos de infraestructura, la adquisición de empresas y el pago de sueldos, generaron que tanto el PIB, como el consumo de energéticos, tuvieran tasas de crecimiento ascendentes (con respecto a 1970) lo que explica el aumento en la intensidad de energía, la cual pasó de 22.89 a 24.13 kTep por cada 1000USD@2000, también de la Gráfica 3. 6, se observa el paso de la isoclina 80 a 100 kTep por cada millón de habitantes.

El siguiente sexenio que pertenece al corte 1976-1982, inicia con el problema de la deuda externa.

El diagnóstico realizado en ese momento interpretó la deuda externa como un problema de oferta asociado al bajo nivel de inversión, por ello propusieron un desarrollo por crecimiento acelerado con inflación controlada, con un eje de política en la que invitaban a que “la solución somos todos”.

La estrategia comienza con la publicación, entre otros, del Programa Nacional de Desarrollo Industrial y el de Energía. Ambos buscaban vincular la expansión de los energéticos con el desarrollo industrial, más el plan de estabilización del FMI sustentado en gran medida por los yacimientos del complejo Canterell.

Los mecanismos iniciaron con una intensidad de energía, que tuvo una pendiente cercana a uno; de 1976 a 1978 pasó de 24.73 a 26.54 kTep por cada 1000USD@2000, seguido del comportamiento de cruce de isoclinas acelerado asociado con las inversiones en infraestructura y la preparación para la explotación del yacimiento Canterell, que al iniciar operaciones generó un salto que colocó a la intensidad de energía en la isoclina de 140 kTep por cada millón de habitantes, el aumento de intensidad fue de 0.98 kTep por cada 1000USD@2000 para el año 1980, el paso relevante se observa en la componente de PIB per cápita, 4.41 a 5.02 1000USD@2000 por habitante.

El conjunto de medidas fue útil para explotar los recursos petroleros, canalizar el capital a la infraestructura, a las finanzas públicas, al pago de salarios y en parte para reducir la tasa de desempleo, pero no instrumentaron mecanismos adecuados para el caso de la caída de los precios de petróleo, situación que ocurrió, y el país quedó sobreendeudado, con inflación y desempleo, lo cual desembocó en la crisis de 1982.

La característica principal para el periodo 1970-1981 es que fue una etapa energo – intensiva, las causas que explican el comportamiento coinciden con la interpretación de la Gráfica 2. 1 “Sendero de energía idealizado” tramo a), es decir, las actividades intensivas en energía están relacionadas con la construcción de infraestructura requerida para los procesos de desarrollo.

En ese año ocurrió el cambio en el modelo de desarrollo. El consenso keynesiano al estilo mexicano fue relevado por el consenso de Washington, donde acababa de ser codificado el nuevo modelo a seguir en los espacios internacionales, incluyendo los organismos públicos financieros y de desarrollo supranacionales.

Así inició el nuevo modelo de desarrollo, denominado “Globalización”. Las consecuencias en el sector energético de México fueron de gran calado. Se generó el primer nudo del sendero de energía, que además fue el más grande de todo el periodo analizado, duró de 1982 a 1994, caracterizado por la diferencia de intensidad de energía de 2.53 kTep por cada

1000USD@2000, siempre alrededor de la isoclina de 80 kTep por cada millón de habitantes durante 12 años, es decir, dos administraciones.

El nudo consistió de dos fases: la primera, de 1982 a 1989, fue una de incremento en la intensidad de energía, la cual pasó de 28.45 a 29.87 kTep por cada 1000USD@2000, el PIB per cápita bajó de 5.20 a 4.76 1000USD@2000 por habitante y el IDH se estancó en 0.53; y la segunda, de 1990 a 1994, de decremento en la intensidad de energía, cuando pasó de 29.63 a 28.24 kTep por cada 1000USD@2000, el cambio en el PIB per cápita fue de 4.90 a 5.24 1000USD@2000 por habitante y el del IDH fue de 0.54 a 0.55.

Si bien en la segunda fase del primero nudo del Sendero de energía esta asociado con la disminución de la intensidad de energía, el contexto de inestabilidad política produjo fuga de capitales que desembocaron en la crisis de 1994. Eso se registró en el Sendero de energía como un aumento en la intensidad de energía en 1995 de 0.83 kTep por cada 1000USD@2000 acercándose a la isoclina de 140 kTep por cada millón de habitantes e iniciando una etapa de cinco años de productividad energética.

La etapa 1982-1994 fue muy importante porque se iniciaron y profundizaron los cambios estructurales en el Estado mexicano, se redefinieron los factores de la producción, a través de las recomendaciones del consenso de Williamson: liberalización de los mercados, privatización de empresas públicas, adquisición de nuevas obligaciones en los mercados internacionales con el ingreso al GATT, pero sobre todo las modificaciones a los artículos 25 y 28 constitucionales, que redelinearon las fronteras del Estado mexicano en los asuntos económicos, con afectaciones a las demás dimensiones, así como la negociación de un instrumento de Estado: el TLCAN, entre EU, Canadá y México.

La siguiente etapa fue de 1995 a 2000 inicia con un préstamo negociado y otorgado por el gobierno estadounidense, la venta de ferrocarriles y la instauración de los PIDIREGAS, para sustentar el financiamiento del sector energético.

Durante ésta etapa la intensidad de energía pasó de 29.11 a 24.95 kTep por cada 1000USD@2000, el PIB per cápita 4.83 a 5.81 1000USD@2000 por habitante y el IDH 0.60 a 0.70.

La etapa de productividad energética terminó con el inicio de la alternancia en la Presidencia, empezando otra etapa energo – intensiva de 2001 a 2005, se caracteriza también porque el incremento de la intensidad de energía llegó a la isoclina de 160 kTep por cada millón de habitantes.

En ésta etapa la intensidad de energía pasó de 25.17 a 26.71 kTep por cada 1000USD@2000, el PIB per cápita de 5.73 a 5.98 1000USD@2000 por habitante y el IDH de 0.70 a 0.73. Aunque en los años intermedios el PIB per cápita descendió 0.02 unidades, el IDH se estancó en 0.71 y la intensidad de energía creció.

En cuanto a las medidas que se tomaron en esa etapa no hubo cambio relevante, el modelo económico fue el mismo, con una política recesiva y procíclica para disminuir el déficit público y controlar el desequilibrio externo.

El siguiente corte es de 2006 a 2012, se caracteriza por: ser el segundo nudo del periodo de estudio, en él se observan cambios pequeños en la intensidad de energía, excepto hacia la entrada del nudo (entre los años 2005 y 2006) de 26.71 a 25.59 kTep por cada 1000USD@2000; porque la intensidad de energía giró alrededor de la isoclina de 160 kTep por cada millón de habitantes; y porque en 2007 y 2008 se ubicó el máximo valor para el PIB per cápita, 6.33 1000USD@2000 por habitante.

Los valores iniciales y finales para la intensidad de energía fueron de 25.59 a 25.90 kTep por cada 1000USD@2000, el PIB per cápita de 6.21 a 6.29 1000USD@2000 por habitante y el IDH de 0.74 a 0.77.

La relación de la intensidad de energía con el IDH esta en función de la etapa de desarrollo en que se encuentra un país. En la Gráfica 3.7 “Intensidad de energía e IDH” se observa que:

- en los periodos energo – intensivos el IDH tiende a crecer lentamente, como se observa en la primera etapa del Sendero de energía 1970 a 1981;
- en la presencia de nudos en el Sendero de energía el IDH prácticamente se estanca, ver las etapas de 1982 a 1994 y de 2006 a 2012;
- y en los periodos de productividad energética el IDH tiende a crecer rápidamente, ver la etapa de 1995 a 2000.

3.2.3.3 Comparación con otros países

En la última etapa del Modelo de Sustitución de Importaciones¹⁸⁷ y el inicio del periodo de transición, dada su crisis en el lapso 1970-1982, los valores de los indicadores y el comportamiento del sendero de energía mostraron evidencia de sustentabilidad del desarrollo.

El sendero de la intensidad de energía, además de mostrar la combinación de los valores en las variables de uso de energía per cápita y PIB per cápita, para un punto de intensidad de energía, advierte del grado de coordinación para lograr un proyecto nacional.

Para fines comparativos se muestra en las Gráficas 3.7 a 3.9, los senderos de 1970 a 2012 de EU, China e India, en unidades de energía kilo toneladas de petróleo crudo equivalente (kTep) y dólares constantes respecto a 2000 (USD@2000).

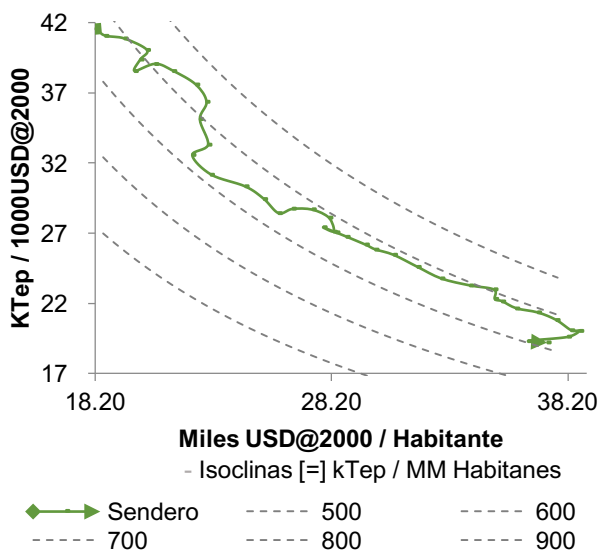
Aunque existen grandes diferencias en los valores de la intensidad de energía, todos los senderos excepto el de México, presentan la tendencia de disminuir las magnitudes, evidencia de sistemas productivos más eficientes en términos de costo energético.

Los senderos de energía de China e India, son muy largos con respecto al de México.

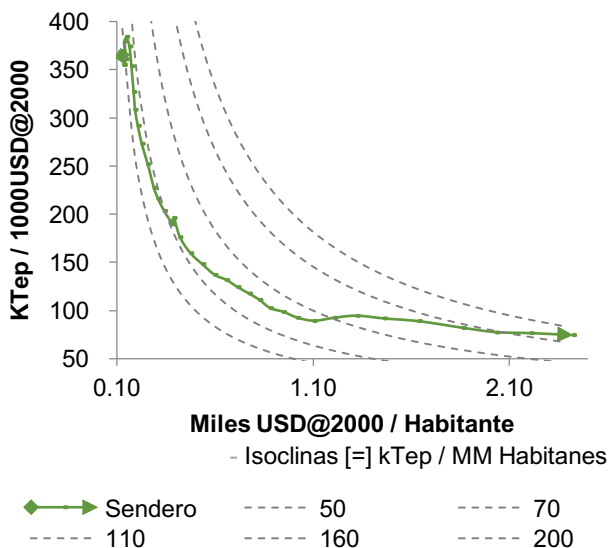
La diferencia en la intensidad de energía de China es 304.37 kTep por 1000USD@2000, 42.6 veces más grande que la México de 7.13 kTep por 1000USD@2000; del mismo modo la India tuvo un valor de 63.32 kTep por 1000USD@2000, 8.8 veces más; y la de EU es tres veces más amplio.

¹⁸⁷ En sentido estricto es la tercera etapa, la cual consistía en la producción de bienes de industria pesada, hasta ahí llegaron las aspiraciones del proyecto nacional de industrialización.

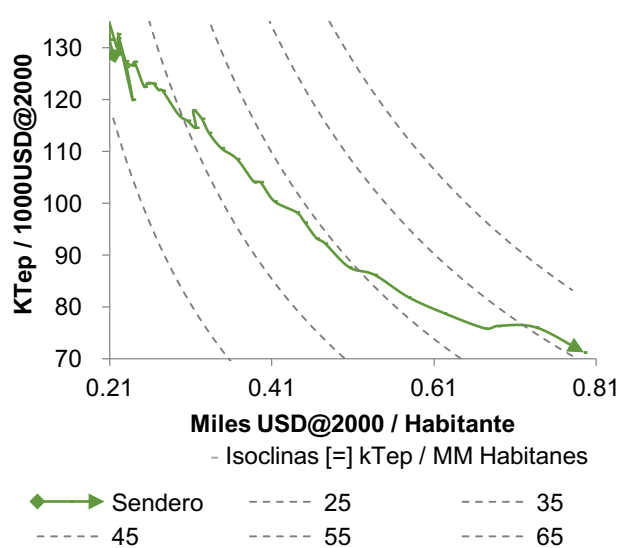
En lo que se refiere al PIB per cápita, la mayor diferencia se registró respecto a EU, con 20.48 1000USD@2000 por habitante, 8.8 veces más que México de 2.32 1000USD@2000 por habitante; respecto a China prácticamente no hay diferencia 2.25 1000USD@2000 por habitante; y el indicador para India es cuatro veces menor al de México, 0.58 1000USD@2000.



Gráfica 3. 8 Sendero de energía de Estados Unidos 1970-2012



Gráfica 3. 9 Sendero de energía de China 1970-2012



Gráfica 3. 10 Sendero de energía de India 1970-2012

Otra de las grandes diferencias que arrojó el análisis comparativo con EU, China e India, fue el uso de la energía por habitante. México pasó de 80 a 140 kTep por habitante en los primeros diez años, y en las siguientes dos décadas se ubicó entre 140 y 160 kTep por habitante. Mientras que EU ha estado durante los treinta años entre 700 y 800 kTep por habitante. En China los primeros doce años estuvo entre 50 y 70 kTep por habitante, mientras que los siguientes dieciocho años llegó a los 200 kTep por habitante. Y la India pasó en los treinta años de 25 a 55 kTep por habitante.

Lo que más resalta de los cuatro senderos, es que solamente México presenta nudos en su trayectoria, los países ejemplo tienen formas de producción, marcos regulatorios, culturas e insumos productivos distintos entre ellos, sin embargo, sus senderos muestran que han logrado encauzar la mayoría de sus fuerzas productivas en una dirección, tal vez, ahí radica el mayor potencial de México que cuenta con recursos energéticos.

Conclusiones

Se abordaron los modelos de desarrollo por los que ha transitado México, se tiene que han sido dos. El primero fue el de Sustitución de Importaciones, se dividió en dos fases la de Desarrollo Estabilizador y la de Transición, ésta última fase se divide en dos estrategias: la de Desarrollo Compartido y la de Desarrollo por crecimiento económico acelerado con inflación controlada. Y el segundo fue el Modelo por Globalización con perfil neoliberal o con preeminencia en el mercado.

Se elaboraron tres enfoques de análisis conformados por tres conjuntos de indicadores que identifican y representan aspectos de la energía relacionados con el desarrollo, éstos fueron: el primero fue el indicador múltiple de Energía y Sustentabilidad, el IES, conformado de ocho indicadores; el segundo fue el Índice de Sustentabilidad Energética, el ISE, compuesto de diez indicadores; y el sendero de energía e IDH, construido con tres indicadores mas el IDH. Para los enfoques del IES e ISE se graficaron las evolución de sus indicadores y con la información que contiene se agregaron en tres dimensiones (económica, social y ambiental) para representar sus trayectorias.

El Modelo de Sustitución de Importaciones buscaba reducir la dependencia de la economía mexicana respecto a los bienes importados. Se considera que lo logró en las primeras etapas de su evolución, también se piensa que en su última etapa produjo mayor dependencia y rigidez o inelasticidad en las necesidades de importación y ello impidió hacer una transición suave hacia otro modelo de desarrollo más adecuado.

Las medidas de intervención estatal que se instrumentaron para impulsar y sostener el crecimiento económico.

Al tomar la decisión de utilizar la industrialización como mecanismo para modernizar y mejorar las condiciones de vida de las grandes mayorías, y así afirmar y fortalecer la independencia económica del país, se protegió en exceso a pocos grupos nacionales y extranjeros.

Las políticas económicas diseñadas para reducir los riesgos y asegurar las ganancias, minó la posibilidad financiera del Estado, con la consecuencia de disminuir la expansión de las actividades básicas en que descansaba la economía, como los energéticos, las comunicaciones y el transporte, el agua, etc..

En cada paso importante del modelo de desarrollo, está presente el componente energético. Se aprovechó con el propósito de impulsar el desarrollo con mayor intensidad de 1938 a 1976 y en menor grado de 1977 a 1982.

Los desequilibrios internos estaban correlacionados de diversas maneras con los que provenían del exterior (la crisis del petróleo a la primera mitad de la década de 1970, el desligamiento del dólar estadounidense respecto al oro, la intensificación de la competencia intercapitalista, así como el aumento de la autonomía del capital financiero).

El Modelo de Sustitución de Importaciones estaba diseñado para desarrollar mercados nacionales, no pudo ajustarse cuando el imperativo del desarrollo basado en el mercado se intensificaba los espacios internacionales para la construcción de mercados globales.

Cosa aparte eran las evidencias internas que hacían patente los límites de la estrategia de desarrollo mexicana, tales como, los déficit en la balanza de pago y las dificultades para mantener estable el precio del dólar estadounidense.

La etapa de transición pasó de crear mercados nacionales al imperativo de integrar a México en los mercados globales.

Ésta etapa tomó a México sin una estructura económica sólida e independiente, minando las capacidades de integración, creando una fuerte dependencia de los mecanismos de financiamiento con círculos viciosos, para mantener los procesos productivos de las actividades económicas, encarnando problemas de modernización y agudizando los problemas políticos, económicos, sociales y ambientales, como lo demuestran los indicadores de energía y sustentabilidad, el de sustentabilidad energética y del sendero de energía.

El Modelo de “Desarrollo por Globalización” ha instrumentado, desde la Constitución, la separación del Estado de los fundamentos establecidos en el Modelo de Sustitución de Importaciones como la creación y consolidación de mercados nacionales, a través de diversas estrategias, por ejemplo el proteccionismo y simultáneamente, el Estado, tomó la rectoría de los procesos de desarrollo.

Para ello, el Modelo de “Desarrollo por Globalización” inició con modificaciones en los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28. Se pensaba que el crecimiento económico por si solo logrará satisfacer las necesidades esenciales de los habitantes por vía del empleo, por lo tanto, la función del Estado sería instrumentar los mecanismos necesarios para que las fuerzas del “libre mercado” detonen el crecimiento económico y con ello los procesos de desarrollo.

Esto hace reflexionar acerca de la ruta de desarrollo que se desea y se puede llevar a cabo, por ejemplo, la inversión en tiempo y recursos que se hizo por décadas para formar la clase empresarial e industrial, si realmente estaba lista para competir en un sistema que tiende al libre mercado, si los recursos indispensables para iniciar los procesos productivos, ya sean en su forma natural u objeto de una transformación, deben de tener algún tipo de control, de supervisión y/o regulación estatal, es decir, cuestionar si los intercambios de recursos naturales y manufacturados entre los agentes que conforman un país, son los más adecuados para provocar efectos positivos en los procesos de desarrollo.

Tomado esto como la condición necesaria para establecer (o planear) los procesos de desarrollo adecuados a las condiciones específicas de la nación, y tener mejores condiciones de la integración en las dinámicas del país en los espacios internacionales. Esto partiendo de la recomendación de W. Leontief en cuanto a que el estilo de desarrollo debe surgir del mejor aprovechamiento de los recursos con que cuenta un país (Leontief [1966], 1985).

El objetivo principal de esta investigación nació cuestionando si el aprovechamiento de la energía ha contribuido en ruta a la sustentabilidad del desarrollo, los resultados de los indicadores demuestran que lo ha hecho parcialmente, aunque se cuentan con recursos no se han aprovechado en una dirección de largo plazo e incluso han sido, en parte, fuente de dependencia en las finanzas públicas y generadoras de círculos viciosos, intensificando el grado de interdependencia de manera desfavorable.

Reconociendo que la disponibilidad de recursos humanos, monetarios, materiales y energéticos tienen un papel fundamental para cualquier proceso de desarrollo, su adecuada canalización en los procesos productivos puede significar el acercamiento a la ruta de desarrollo tomada.

Al analizar los recursos energéticos, con su aprovechamiento en los procesos de producción para el desarrollo del país, los tres enfoques utilizados muestran con claridad el cambio entre los modelos de desarrollo de “Sustitución de Importaciones” y el de “Globalización”, incluso detecta fases internas en los mismo, así como en las variables que afectan a los indicadores de cada enfoque de análisis.

Los Indicadores de Energía y Sustentabilidad (IES), el Índice de Sustentabilidad Energética (ISE) y el Sendero de energía e IDH, detectaron con discrepancias de uno o dos años, que las etapas de atención durante los años analizados son de 1970 a 1981, 1982 a 1994, 1995 a 2000, 2001 a 2005 y 2006 a 2012.

Tanto el IES como el ISE, muestran que durante 1970 y 1982, se produjeron estadios positivos, en gran medida por el recurso del energético “Petróleo Crudo”, mismo que para el sendero de energía es un periodo energo – intensivo. Pero después de 1982 toman valores negativos, para el IES se debe al componente de la dimensión económica de “Deuda Pública Energética” (de hidrocarburos), asociada con la paradoja deuda – financiamiento; la variable de “Alcance de Hidrocarburos” (en el ISE dependencia energética); y en la dimensión social, al igual que en ISE, por el peso del “Gasto de Energía con respecto a los Ingresos”.

Si bien es discutible la construcción de los indicadores que conforman al IES e ISE¹⁸⁸, su utilidad es innegable. Sobre todo al compararlos con el comportamiento del sendero de energía, que además, a éste último se le asoció con el IDH, mostrando comportamientos relevantes, como la relación inversa entre la intensidad de energía y el valor del IDH en las etapas de productividad energética, y de estancamiento o crecimiento lento en las etapas energo – intensivas.

En los periodos de incremento en la intensidad energética, el valor del IDH crece lentamente o se estanca, mientras que sus aumentos se relacionaron con la disminución del valor de la intensidad de energía.

Los nudos del sendero de energía toman un sentido más claro con la revisión histórica del desarrollo en México y la elaboración de sus planes nacionales de desarrollo. Los nudos coinciden con las modificaciones en artículos constitucionales (25, 26, 27 y 28), las cuales desvinculan al Estado de las actividades económicas. Después inicia el alejamiento de los procesos de planeación, que se observan desde los PND, se tornan cada vez más ambiguos en cuestiones económicas, pero resaltan cada vez con mayor fuerza otras políticas como las de seguridad interna.

Esta investigación toma como supuesto que la tendencia del Estado a desvincularse de los asuntos económicos y de los procesos de planeación del desarrollo de manera directa va a continuar.

¹⁸⁸ Para todo indicador es discutible y debatible hasta qué punto representa la información que se desea incorporar a los análisis.

Por lo tanto, todas aquellas metodologías que doten de información y propongan mecanismos de gestión Estatal de manera directa e indirecta resultarán muy útiles, en esta línea se coloca una de las principales aportaciones de ésta investigación, al retomar un marco metodológico – conceptual que se ha formado durante los últimos doscientos años, y que ha estado en plena discusión con las corrientes económicas tradicionales, de acuerdo con el Capítulo Uno.

La metodología consiste en analizar la dinámica de la estructura de los flujos de energía dentro de la estructura económica mexicana, porque pienso que al ser una parte fundamental de la nación, se ha escapado de los análisis de desarrollo y de economía de la energía, tomando en ese sentido un toque inédito y de oportunidad, con amplias posibilidades de investigación de carácter general y particular.

Considero que al entender mejor dichas dinámicas y estructuras en complemento con la información de los indicadores de vínculos e la energía con aspectos económicos sociales y ambientales, como los estimados en el IES, ISE y el Sendero de Energía e IDH, se puede contribuir a encontrar rutas adecuadas para el desarrollo.

El Capítulo Cuatro “Metabolismo Energético. Enfoques del grupo II” aplica el marco metodológico – conceptual del metabolismo energético al sistema económico mexicano para complementar la información en los aspectos de las estructuras económica y energética.

Después en el Capítulo Cinco “Análisis integrador” se unen los resultados de los dos capítulos para realizar una interpretación global.

Capítulo Cuatro. Metabolismo energético. Enfoques del grupo II

Introducción

El objetivo del presente capítulo es profundizar en las estructuras energética y económica de México, representando éstas con flujos de energía y energéticos que pasan a través ellas.

Para abordarlo se aplican las técnicas de análisis descritas en el Grupo II, conformado por dos enfoques, ellos se describen en la sección 2.2 del Capítulo Dos “Enfoques del grupo II. El metabolismo energético del sistema económico”.

Los enfoques del Grupo II de análisis inician con la cuantificación de los flujos de energía, después se examinan desde la perspectiva del concepto de metabolismo¹⁸⁹, el cual se encarga de analizar cuantitativamente y cualitativamente los flujos de materiales, que en esta investigación son los energéticos.

Este capítulo está compuesto de dos secciones, la primera se encarga de analizar la estructura energética, ello con el enfoque de Insumo – Producto Energético (sección 4.1)¹⁹⁰. La segunda sección combina el indicador macroeconómico de la intensidad de energía con las Tablas de Insumo – Producto monetario, esto para transformar la información económica a términos de energía (sección 4.2).

La ejecución del concepto de metabolismo detecta:

- cuáles son los límites físicos – naturales y los asociados a la gestión del ser humano;
- responde a cuánta energía requiere el sistema, por ejemplo el económico, para funcionar;
- cómo utiliza los energéticos en cuanto a sus eficiencias de aprovechamientos de energía a energía y de energía a producto; y
- responde a cómo son los intercambios de energía entre los diferentes componentes de los sistemas, asociados a la elaboración de productos y servicios, y a los aprovechamientos energéticos de los mismos.

La ruta de análisis parte de analizar el sistema energético para después conciliarlo con el económico en términos de energía.

Para la información de energía ésta investigación utiliza los balances de energía publicados por la Secretaría de Energía (SENER) en su área de Sistema de Información Energética (SIE), ya que es la autoridad responsable de atender los temas energéticos por parte del gobierno federal. Y para la información económica se utilizan las Tablas de Insumo – Producto publicadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI).

¹⁸⁹ El concepto es la metáfora biológica que utilizó K. Marx para ilustrar la circulación de materiales en una sociedad, inició llamándolo “Intercambio hombre - naturaleza” después “Intercambio orgánico”, detalles en la sección 2.2 del Capítulo Dos.

¹⁹⁰ Parte de migrar la información de los balances de energía al formato de Insumo – Producto.

La equivalencia entre los clasificadores de las ramas consideradas en los balances de energía y en las Tablas de Insumo – Producto se detallan en el Anexo II “Equivalencias y Tablas de Insumo – Producto monetarias y de energía”¹⁹¹.

La clasificación de los energéticos de los balances de energía de acuerdo con la SENER son: Carbón, Petróleo Crudo, Gas Natural, Nucleoenergía, Hidroenergía, Geoenergía, Energía Solar, Energía Eólica, Bagazo de Caña, Leña, Coque de Carbón, Coque de Petróleo, Gas L.P., Gasolinas y Naftas, Queroseno, Diesel, Combustóleo, Productos no energéticos, Gas Seco y Electricidad. Identificados por los índices respectivamente $i, j = 1, 2, 3, \dots, 20$.

Los centros de aprovechamientos de energía en usos finales se agregaron en 27 ramas económicas, las cuales son: Agropecuario, Extracción de Petróleo y Gas (Ext. Petróleo y Gas), Extracción de Carbón (Ext. De Carbón), Minería, Generación Transmisión y Distribución de Electricidad (GTD de Elec.), Público, Construcción, Azúcar, Aguas envasadas, Tabaco, Celulosa y Papel, Petroquímica básica, Química, Fertilizantes, Hule, Vidrio, Cemento, Siderurgia, Aluminio, Automotriz, Otras actividades industriales (Otras act. Ind.), Transporte Aéreo (Transporte (A)), Autotransporte, Transporte Marítimo (Transporte (M)), Transporte Ferroviario (Transporte (F)), Residencial, y Comercio y Servicios. Se utilizan respectivamente los índices $k = 1, 2, 3, \dots, 27$.

La sección 4.1 se ocupa del análisis de Insumo – Producto Energético:

- inicia describiendo la utilidad de Insumo – Producto Energético, estimando el Rendimiento Energético de la canasta energética mexicana, ver la sección 4.1.1;
- la lectura de las matrices de Necesidades y de Requerimientos Energéticos, detalles en la sección 4.1.2;
- el comportamiento general de los requerimientos Totales de energía, consultar la sección 4.1.3; y
- después se realiza el Análisis de Cambio Estructural, para determinar las causas de los cambios en el comportamiento de los requerimientos energéticos, éstos en función de la evaluación de tres aspectos: cambios en la eficiencia de transformación de energía, las capacidades de sustitución en las opciones energéticas y las variaciones en el uso energético de las actividades económicas. Se realiza para el sistema en general y por energético. Se encuentra en la sección 4.1.4.

La sección 4.2 extiende el metabolismo energético a la estructura económica de México, analizando la energía contenida del sistema económico, ésta sección esta conformada por:

- la evolución del comportamiento general del sistema económico, esto es la distribución de la energía contenida de origen directo e indirecto, así como sus proporciones, consultar la sección 4.2.1.
- el comportamiento general desagregado a 27 ramas económicas, distinguiendo la energía contenida total, directa e indirecta, y registrando las cinco ramas de mayor peso para cada categoría de energía contenida, así como su peso proporcional para el sistema, ver la sección 4.2.2; y

¹⁹¹ Los balances de energía se elaboran de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) y las Tablas de Insumo – Producto se elaboraron: primero el Catálogo Mexicano de Actividades Económicas (CMAE), utilizados en los censos económicos de 1961, 1966, 1971, 1976; después con la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP), utilizado para los censos económicos de 1981, 1986, 1989 y 1994; por último se utilizó el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) aprobado en 1997, éste ha tenido diversas revisiones y actualizaciones.

- las relaciones inter – energéticas del sistema económico, éstas son las dinámicas de intercambio de energía contenida dentro del sistema (sección 4.2.3), las cuales se representan gráficamente en una red de relaciones inter – energéticas (sección 4.2.3.1), y los tendencias de los intercambios de energía contenida se explican por medio de tres medidas de concentración (secciones 4.2.3.1 a 4.2.3.3).

Entre los aspectos más relevantes que se encuentran en este capítulo para el sistema energético es el comportamiento de la relación de los efectos directos e indirectos.

Para el sistema energético los efectos: los directos se asocian con la energía necesaria para los procesos de transformación; y los indirectos con la energía necesaria para colocar la energía en los usuarios finales. Ambos efectos presentan un punto de inflexión en 1979, después ambos tienen un comportamiento en tendencia asintótica, donde la mayor proporción en el uso de energía es el componente indirecto, ver Gráfica 4.3. Esta tendencia se asocia con los límites físicos de las transformaciones de energía representados por el componente directo, que se ha pasado, sobre el total de energía, de 67% en 1970 a 36% en 2012.

Para el sistema económico en términos de energía contenida, los efectos directos están relacionados con la energía utilizada para los procesos de producción (o demanda intermedia); y los efectos indirectos se asocian con el uso de energía para colocar la producción en los usuarios finales (o demanda final). El aumento de energía contenida: de origen directo alcanza su máximo en 2003, después inicia un descenso; y la de origen indirecto aumenta constantemente, es decir, el costo energético de hacer economía a aumentado por ésta componente.

De manera adicional en Anexo III se tienen: los resultados de Insumo – Producto Energético, ahí se presenta las aportaciones de energía ver las gráficas AIII.1 a AIII.11 y los resultados del análisis de cambio estructural en las tablas AIII.1 y AIII.2, ambos desagregados por rama económica y energético; y para la energía contenida se tienen para cada rama económica las tasa de crecimiento por componente directo e indirecto sobre el total en la tabla AIII.3 y en la evolución de las mismas en las gráficas AIII.12 a AIII.38.

Para este capítulo se recomienda consultar el desplegado que se encuentra en la parte final del documento. En él se puede consultar la nomenclatura de cada rama y de cada energético.

4.1 Insumo – Producto Energético

La estructura que abastece la información necesaria son las tablas de Insumo – Producto Energético¹⁹². Los cálculos se realizan en términos de energía primaria, ello para evitar problemas de doble contabilidad energética y para incluir los efectos globales del sistema económico, de acuerdo con J.R.L. Proops (1988). Lo que se obtiene es el consumo primario de energía en cada etapa de la cadena energética¹⁹³.

De las Tablas de Insumo – Producto Energético, en la sección de demanda intermedia, se analiza el Rendimiento Energético, éste se obtiene al realizar el cociente de la energía extraída o convertida (dependiendo de si es energía primaria o secundaria) con respecto a lo extraído o convertido¹⁹⁴. El resultado es un número adimensional que informa acerca de cuántas unidades de energía se obtienen al suministrar una unidad de energía (para cada energético)¹⁹⁵. Ver la sección 4.1.1.

Se interpretan, como ejemplo para el año 2012, las matrices de necesidades directas ($\bar{G} = \bar{E}_{intermedia} \hat{E}_{total}^{-1}$), indirectas ($((\bar{I} - \bar{G})_p^{-1} - \bar{G}_p = \bar{I}\bar{L}\bar{E}_p - \bar{G}_p)$) y totales ($((\bar{I} - \bar{G})_p^{-1} = \bar{I}\bar{L}\bar{E}_p)$)¹⁹⁶. Después se analizan las matrices de requerimientos directos, indirectos y totales, éstas se obtienen con el producto de las matrices de necesidades con la \bar{E}_{final} . Ver la sección 4.1.2.

Después, en la sección 4.1.3, se realiza el Análisis de Cambio Estructural, para éste se utiliza la matriz de requerimientos totales ($\bar{I}\bar{L}\bar{E}_p$) y la matriz de energía final (\bar{E}_{final}) pero se descompone en $\bar{E}_{final} = \bar{A} \hat{B}$, donde \bar{A} es la proporción de los diferentes energéticos con respecto a la demanda final de energía para cada rama y \hat{B} es un vector diagonal que expresa la demanda final de energía de cada una de las ramas¹⁹⁷. Con ello se analiza el comportamiento temporal y su evolución a través de 42 años. Las causas de los usos de energía total se explican a través de cuatro aspectos:

- las Eficiencias de Transformación de Energía (ETE) como $(\bar{I}\bar{L}\bar{E}_t - \bar{I}\bar{L}\bar{E}_0) \bar{A}_0 \hat{B}_0$;
- las opciones de Sustitución de Energéticos (SE) como $\bar{I}\bar{L}\bar{E}_0 (\bar{A}_t - \bar{A}_0) \hat{B}_0$;
- las Variaciones de los Usos de Energía (VUE) en los usuarios finales, se estima con $\bar{I}\bar{L}\bar{E}_0 \bar{A}_0 (\hat{B}_t - \hat{B}_0)$; y
- un término denominado Energía de Interacción (EI), un residual, $\bar{E}\bar{I}_t$.

¹⁹² Consultar la sección 2.2.1 del Capítulo Dos.

¹⁹³ Extracción, transformación, uso final, así como las pérdidas (asociadas al transporte, distribución y almacenamiento).

¹⁹⁴ Ésta cantidad extraída o convertida, en la nomenclatura de los balances de energía es la cantidad producida, sin tomar en cuenta otros aspectos que conforman producción como: la producción de otras fuentes, importaciones, variaciones de inventarios, la energía no aprovechada y el concepto de maquila e intercambio neto.

¹⁹⁵ Los detalles del Rendimiento Energético se pueden consultar en la sección 2.2.1.2.1 “Rendimiento Energético” del Capítulo Dos.

¹⁹⁶ El subíndice p denota energía primaria.

¹⁹⁷ Consultar la sección 2.2.1.2.2 “Análisis de Cambio Estructural” del Capítulo Dos.

4.1.1 Rendimiento energético de la canasta energética

Partiendo de las tablas de Insumo – Producto Energético, se estiman las matrices de necesidades totales, directos e indirectos, las cuales son las proporciones energéticas que necesita el sistema; que después, al aplicar el producto por la matriz de demanda final, se obtienen los requerimientos totales, directos e indirectos, estos son las cantidades de energía requeridas para el sistema.

Con el Insumo – Producto Energético (de las Tablas All.10 a All.16), además de observar los flujos de energía de la demanda intermedia y final hacia la total, se puede apreciar el rendimiento energético, entendiendo éste como el cociente de la cantidad de energía necesaria para su propia extracción, en caso de la energía primaria, o conversión en su forma útil o energía útil, para la energía secundaria o terciaria, con respecto al total extraído o convertido.

La Tabla 4.1 muestra la evolución de los rendimientos para cada energético, en los energéticos primarios Carbón (1), Petróleo Crudo (2) y Gas Natural (3), el coeficiente es mayor a cero, por cada unidad de energía suministrada equivalente, por ejemplo, se obtienen 586.82, 214.21 y 13.58 unidades respectivamente para 2012.

Tabla 4. 1 Evolución del Rendimiento Energético

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1970	54.78	-	19.56	-	-	-	-	-	-	-
1975	52.43	-	22.99	-	-	-	-	-	-	-
1978	33.83	-	21.74	-	-	-	-	-	-	-
1980	1,641.70	-	25.25	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	247.39	17.51	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	218.40	11.81	-	-	-	-	-	-	-
2012	586.82	214.21	13.58	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4. 1 Continuación

Año	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1970	0.78	0.90	0.79	0.88	0.87	0.80	0.85	0.85	0.80	0.39
1975	0.66	0.94	0.87	0.91	0.90	0.89	0.84	0.86	0.82	0.33
1978	0.66	-	0.92	0.92	0.88	0.88	0.83	0.84	0.82	0.35
1980	0.63	0.92	0.88	0.90	0.88	0.84	0.83	0.85	0.80	0.34
2003	0.88	0.94	0.95	0.94	0.93	0.91	0.87	0.94	0.74	0.35
2008	0.88	0.91	0.94	0.89	0.90	0.87	0.83	0.93	0.74	0.39
2012	0.78	0.91	0.96	0.91	0.87	0.87	0.83	0.94	0.73	0.40

Para los energéticos secundarios, todos los valores del rendimiento energético son menores a uno; los más cercanos a la unidad son el Coque de Petróleo (12), Gas L.P. (13), Gasolinas y Naftas (14) y Productos no energéticos (18), con valores para el año 2012 de 0.91, 0.96, 0.91, y 0.94, respectivamente.

Los valores mayores a la unidad de los energéticos primarios, lo explican sus procesos de extracción, conforme los yacimientos de cada uno de ellos decline el valor debe tender a cero. Para que sea económicamente explotable, necesariamente debe ser mayor a uno por su cualidad de energético primario. Qué tan cercano a uno, lo determinan las características de los mercados, en cuanto a su valoración económica, y del grado tecnológico, en cuanto a las

eficiencias de extracción. Para el caso de México, se observa que desde que registra este valor a partir de 2003, se ubica por encima de las 200 unidades.

Desde la perspectiva de la termodinámica, los energéticos secundarios, siempre deben tener valores menores a la unidad, como resultado de las irreversibilidades en sus procesos de conversión de energía a formas útiles, que ponen límites a las eficiencias de conversión, siempre por debajo del 100%. Qué tan cercano a uno, lo determina la abundancia de su fuente primaria y el nivel tecnológico. Que aparezca en la matriz energética depende de qué tan valorado sea para el sistema económico y social, por ejemplo, para la Electricidad (20) los valores están entre 0.33 y 0.40 unidades, que son los coeficientes más bajos de la matriz energética, es en extremo estratégico porque no se conoce sustituto y el sistema económico y social está dispuesto a asumir el costo energético de conversión y el monetario.

Con la información obtenida en los 42 años la Electricidad (20) mejoró en 0.01 unidades, (13), y el (18). Mientras que otros como el Coque de Carbón (11) y el Queroseno (15) no cambiaron sus valores iniciales y finales (0.78 y 0.87 respectivamente), o incluso el Gas seco (19) que disminuyó 0.07 unidades.

4.1.2 Interpretación de las matrices de necesidades y requerimientos de energía

Para ubicarse dentro de las matrices primero se tiene que distinguir que: cuando los subíndices son $(i, j) \leq (10,10)$, indica que los procesos son de extracción de energéticos primarios; y cuando son $(i, j) > (10,10)$, se refiere a los procesos de conversión de energía secundaria.

La lectura de las matrices de necesidades tiene dos lecturas: desde la óptica de oferta, denominados vectores de oferta son las proporciones de los energéticos i 's necesarios para su conversión en el energético j ; y desde la óptica de la demanda, llamados vectores de demanda, son aquellas proporciones que dotan los energéticos j 's en la extracción (o conversión) del energético i , destinado a la demanda final¹⁹⁸.

Recordar que la contabilidad en el Insumo – Producto Energético se realizó en términos de energía primaria o consumo primario¹⁹⁹, por ello se observa, por ejemplo, que la extracción de Petróleo Crudo necesita que Petróleo Crudo le suministre alguna cantidad de unidades de energía, cuando en realidad lo que se utiliza es Diesel, Electricidad, Gas L.P., entre otros. Sin embargo, cada uno de los combustibles involucrados conlleva ciertas cantidades de Petróleo Crudo.

La técnica de Insumo – Producto Energético permite cuantificar los flujos de los energéticos primarios en tres etapas de la cadena de valor energética: extracción, transformación (incluyendo las pérdidas por transmisión, distribución y almacenamiento) y su consumo en usuarios finales.

¹⁹⁸ Las matrices de “necesidades”, que son proporciones de energéticos con respecto al total de los mismo, se convierten en “requerimiento” al realizar el producto con el vector de demanda final, obteniendo cantidades de energía. Las dos matrices son importantes porque muestran las proporciones y cantidades de energía a través de la canasta energética necesaria para que funciones los sectores que conforman un país.

¹⁹⁹ Un consumo primario desagregado en diez energéticos primarios, revisar la sección 2.2.2.1 del Capítulo Dos.

4.1.2.1 Caso estático. Interpretación de las matrices de 2012 de las necesidades directas, indirectas y totales

Las matrices de necesidades directas, indirectas y totales para 2012, se muestran en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4, se toman como ejemplo para la interpretación de las matrices los energéticos: Petróleo Crudo (2) y Gas Natural (3) porque son los más interesantes, son los insumos del 80% de los energéticos secundarios; y la Electricidad (20) por la cantidad de insumos que intervienen en su generación.

La matriz de necesidades directas para el 2012 se muestra en la Tabla 4.2²⁰⁰. Recordar que son las proporciones destinadas a los procesos de extracción y conversión de energía.

La interpretación del vector Electricidad desde la óptica de:

- la oferta (columna 20), necesitó que le suministraran 0.33 unidades de Carbón, 0.13 de Nucleoenergía, 0.11 de Hidroenergía, 0.19 de Geoenergía, 0.004 de Energía Eólica, 0.01 de Diesel, 0.81 de Combustóleo, 0.71 de Gas Seco y 0.2 de Electricidad. La suma de los insumos energéticos es de 2.5 unidades de energía equivalente necesarios para generar una unidad de Electricidad; y
- la demanda (renglón 20), la Electricidad aportó 0.2 unidades de energía al vector Electricidad de oferta.

Para los vectores de Petróleo Crudo y Gas Natural se tiene que:

- para la demanda (renglones 2 y 3, respectivamente), suministraron a Petróleo Crudo (0.005 y 0), Gas Natural (0 y 0.06), Coque de petróleo (0.38 y 0.001), Gas L.P. (0.13 y 0.67), Gasolinas y Naftas (0.62 y 0.12), Querosenos (1.05 y 0.03), Diesel (1 y 0.001), Combustóleo (0.96 y 0.002), Productos no energéticos (0.49 y 0.56), y Gas Seco (0.07 y 0.75). En total suministran 4.7 y 2.19 unidades de energía equivalentes, para ser convertidas en otros energéticos; y
- desde la oferta (columnas 2 y 3, respectivamente), necesitaron que les suministraran Petróleo Crudo y Gas Natural (0.001 y 0.06) respectivamente para su extracción.

²⁰⁰ Recordar que las necesidades directas se calculan con $\bar{G}_{\text{año}} = \bar{E}_{\text{intermedia}(i,j)} \hat{E}_{\text{total}(j)}^{-1}$.

Tabla 4. 2 Matriz de Necesidades Directas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.08	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33
2	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	0.13	0.62	1.05	1.00	0.96	0.49	0.07	-
3	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.67	0.12	0.03	0.00	0.00	0.56	0.75	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	0.01
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	0.81
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	0.71
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20

La matriz de necesidades indirectas, se muestran en la Tabla 4.3²⁰¹. Recordar que son aquellas proporciones relacionadas con los conceptos de autoconsumo, transmisión, distribución y almacenamiento de energía. Son las proporciones de energía necesarias para colocar los productos energéticos en la demanda final.

Tabla 4. 3 Matriz de Necesidades Indirectas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08
2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.	0.00	0.02	0.05	0.06	0.11	0.01	0.03	1.18
3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.39	1.02
4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03
5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03
6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05
7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	0.00
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.01	-	-	0.32
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.13	0.56
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.05

²⁰¹ Recordar que la matriz de necesidades indirectas se calcula con $(\bar{I} - \bar{G})_p^{-1} - \bar{G}_p = \bar{I}\bar{L}\bar{E}_p - \bar{G}_p$ donde $\bar{I}\bar{L}\bar{E}_p$ es la matriz Inversa de Leontief de Energía y el subíndice p denota que el cálculo se hizo para los energéticos primarios.

Para el vector de Electricidad se tiene que:

- desde la oferta (columna 20), cada una unidad de Electricidad necesaria para suministrarse en la demanda final necesitó Carbón (0.08), Petróleo Crudo (1.18), Gas Natural (1.02), Nucleoenergía (0.03), Hidroenergía (0.03), Geoenenergía (0.05), Energía Eólica (0.0001), Diesel (0.003), Combustóleo (0.32), Gas Seco (0.56) y Electricidad (1.05). En total 4.34 unidades de energía equivalente; y
- para la demanda (columna 20) suministró 1.05 unidades de energía equivalente.

Para los vectores de Petróleo Crudo y de Gas natural se tiene que:

- para la demanda suministraron (respectivamente) a Petróleo Crudo (1 y 0), Gas Natural (0 y 1), Coque de petróleo (0.002 y 0.0001), Gas L.P. (0.003 y 0.06), Gasolinas y Naftas (0.02 y 0.01), Querosenos (0.05 y 0.004), Diesel (0.06 y 0.0001), Combustóleo (0.11 y 0.0004), Productos no energéticos (0.01 y 0.04), Gas Seco (0.03 y 0.39) y Electricidad (1.18 y 1.02). En total aportaron 2.46 y 2.53 unidades de energía equivalentes al sistema energético; y
- desde la oferta necesitaron una unidad de energía equivalente de Petróleo Crudo y Gas Natural respectivamente.

La matriz de necesidades totales es la suma de las matrices de necesidades directas e indirectas. Representan las proporciones totales de los energéticos necesarios para que el sistema funcione, ver Tabla 4. 4²⁰².

Tabla 4. 4 Matriz de Necesidades Totales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.13	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42
2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	0.13	0.64	1.10	1.05	1.08	0.50	0.09	1.18
3	-	-	1.07	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.72	0.13	0.04	0.00	0.00	0.60	1.14	1.02
4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16
5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14
6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24
7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.02	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.02	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.04	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.05	-	-	-	0.01
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.11	-	-	1.12
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.01	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.43	1.27
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.26

²⁰² La matriz de necesidades totales se calcula con $(\bar{I} - \bar{G})_p^{-1} = \bar{I} \bar{L} \bar{E}_p$.

Para el vector de Electricidad se tiene que:

- desde la oferta (columna 20), cada una unidad de Electricidad necesaria para suministrarse en la demanda total necesitó Carbón (0.42), Petróleo Crudo (1.18), Gas Natural (1.02), Nucleoenergía (0.16), Hidroenergía (0.14), Geoenenergía (0.24), Energía Eólica (0.0001), Diesel (0.01), Combustóleo (1.12), Gas Seco (1.27) y Electricidad (1.26). En total 6.82 unidades de energía equivalente; y
- para la demanda (columna 20) suministró 1.26 unidades de energía equivalente.

Para los vectores de Petróleo Crudo y de Gas Natural se tiene que:

- para la demanda suministraron (respectivamente) a Petróleo Crudo (1 y 0), Gas Natural (0 y 1.07), Coque de petróleo (0.38 y 0.002), Gas L.P. (0.13 y 0.72), Gasolinas y Naftas (0.64 y 0.13), Querosenos (1.10 y 0.04), Diesel (1.05 y 0.001), Combustóleo (1.18 y 0.002), Productos no energéticos (0.50 y 0.60), Gas Seco (0.10 y 1.14) y Electricidad (1.18 y 1.02). En total aportaron 7.26 y 4.73 unidades de energía equivalentes al sistema energético; y
- desde la oferta necesitaron 1 y 1.07 unidades de energía equivalente de Petróleo Crudo y Gas Natural respectivamente.

Una de las utilidades que se tienen de las matrices de necesidades es detectar los principales usos de energía para un país, sean éstos directos, indirectos o totales. Así como las participaciones de cada uno de los energéticos que conforman su canasta.

La siguiente sección muestra transforma las matrices de necesidades a matrices de requerimiento de energía²⁰³, así como la evolución de éstos de 1970 a 2012.

4.1.2.2 Caso dinámico. Interpretación de las matrices de requerimientos directos, indirectos y totales de energía, cálculos de 1970 a 2012

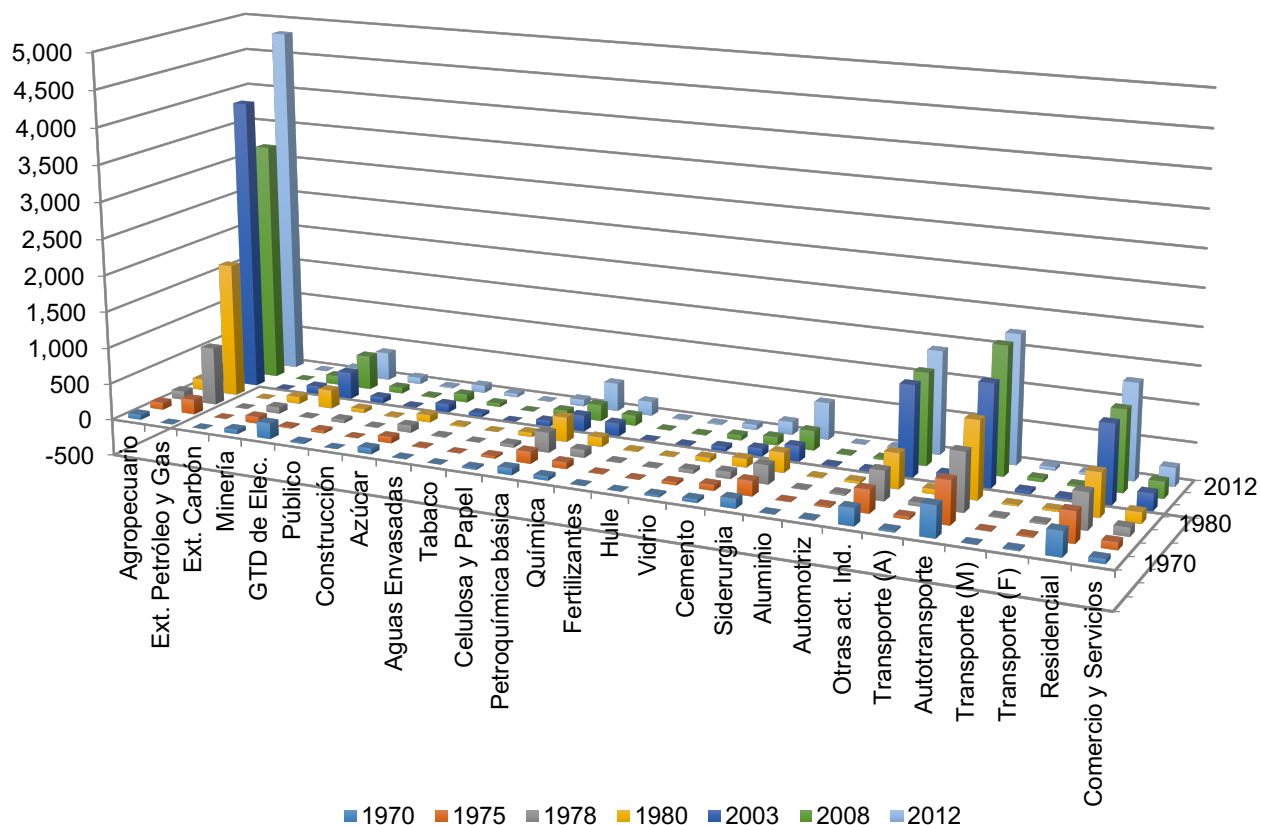
Al realizar el producto de la matriz de necesidades con la matriz de demanda final de energía se obtienen la matriz de requerimientos energéticos. Estos son las matrices de demanda final en términos de energía primaria o consumo primario²⁰⁴.

Además con la información de los requerimientos se obtiene información relevante para el metabolismo energético del sistema, en cuanto a los requerimientos totales para cada energético y cada usuario final, y por distinguir la relación de los usos directos e indirectos con respecto a los totales.

²⁰³ Recordar que la conversión se realiza con el producto de la matriz de necesidades con la matriz de energía final, consultar la sección 2.2.2.1 del Capítulo Dos.

²⁰⁴ Es importante porque con éstas matrices se construirán los vectores de intensidades de energía, que son necesarios para transformar las Tablas de Insumo – Producto de unidades monetarias a unidades de energía, ver la sección 4.2.

Para cubrir el periodo 1970 a 2012, para ello se construyeron siete matrices de requerimientos²⁰⁵. Los resultados se desagregan a 27 usuarios finales (con equivalentes en ramas económicas) y diez energéticos primarios.



Gráfica 4. 1 Requerimientos Totales de Energía por usuario final (PJ)

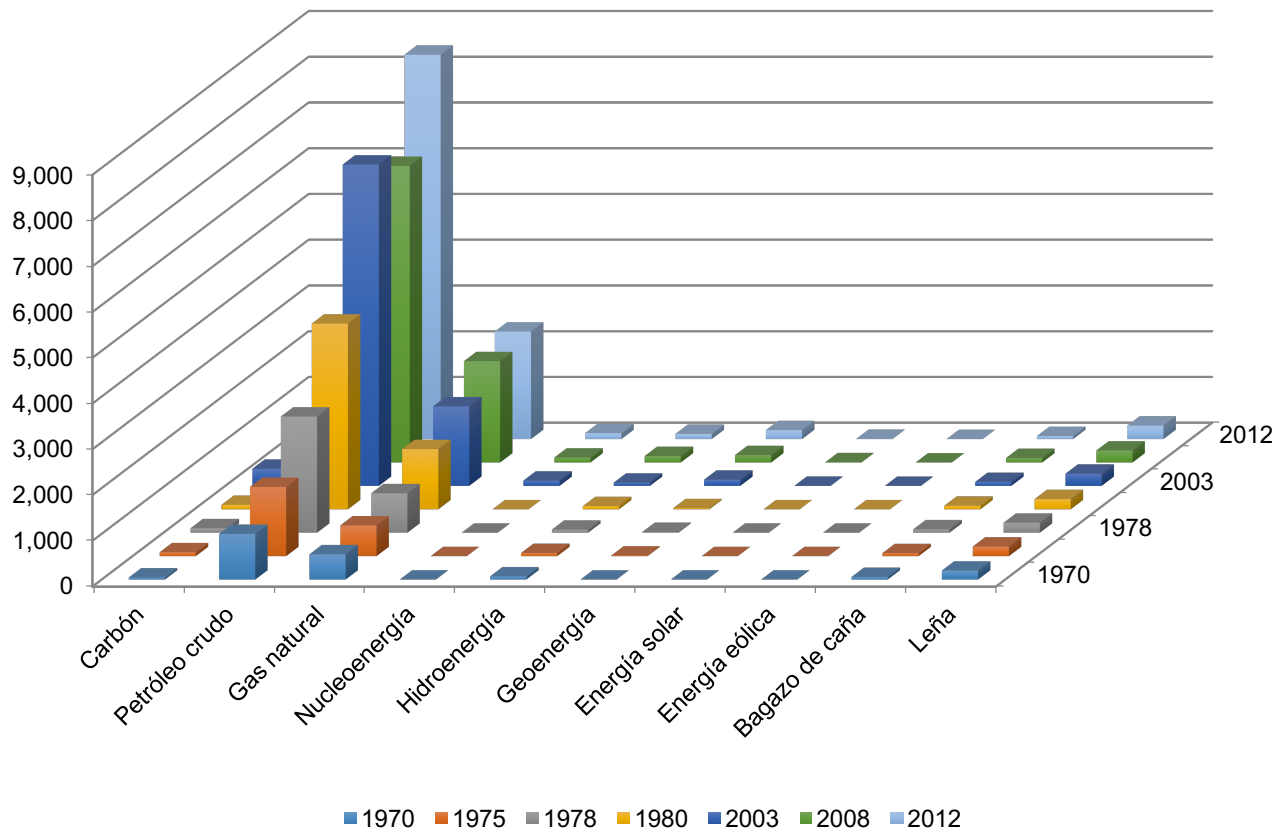
En 1970, desde el lente de los usuarios finales de energía, el 51% de los requerimientos totales de energía fue para Extracción de Petróleo y Gas, Autotransporte, Otras actividades industriales y Residencial. El porcentaje se acentuó en 2012 al llegar a 76% de los requerimientos de energía total. Consultar la Gráfica 4.1.

El principal crecimiento de los requerimientos de energía fue para Extracción de Petróleo y Gas, su magnitud afecta las proporciones de las demás. Por ejemplo, en 1970 el peso porcentual éste usuario con respecto al total de los requerimientos de energía fue 0% y para Autotransporte fue de 21.77% (la mayor proporción de todos los usuarios)²⁰⁶. Sin embargo, para 2012 la proporción de Extracción de Petróleo y Gas alcanzó el 39.73% y Autotransporte llegó a 14.31%.

²⁰⁵ Los años se eligieron de acuerdo con la disponibilidad de las Tablas de Insumo – Producto monetarias, para poder realizar los cálculos de energía contenida de la sección 4.1.2.3. Los años fueron 1970, 1975, 1978, 1980, 2003, 2008 y 2012.

²⁰⁶

Y los usuarios Otras actividades industriales y Residencial bajaron las proporciones de los requerimientos de energía con respecto al total. Respectivamente: en 1970 fueron de 12.12% y 17.02%; y en 2012 bajaron a 11.47% y 10.62%.



Gráfica 4. 2 Requerimientos Totales de Energía por energético (PJ)

En 1970, el 93% de los requerimientos totales de energía se concentraban en los energéticos Petróleo Crudo, el Gas Natural y en menor medida el Carbón y la Leña. Para 2012 el porcentaje cambio a 96%. Ver la Gráfica 4.2.

Los porcentajes de los requerimientos totales de energía para los principales energéticos con respecto al total (en 1970 y 2012) fueron: Petróleo Crudo (52.01% y 69.26%), Gas Natural (28.76% y 19.38%), Carbón (2.35% y 4.75%) y la Leña (10.23% y 2.42%).

Los cambios más representativos fueron para el Petróleo Crudo y Gas Natural, asociados con el aumento en las actividades de extracción, que también se asocia con el incremento de los requerimientos totales en los usuarios más intensivos en energía²⁰⁷. Los aumentos están relacionados las actividades de cada usuario y su perfil de consumo, por ejemplo, aproximadamente la mitad de la energía de Extracción de Petróleo y Gas se utiliza para alimentar la demanda final en forma de exportaciones, mientras que la otra mitad la suministra a la demanda intermedia y final en forma de energéticos secundarios.

²⁰⁷ Extracción de Petróleo y Gas, Autotransporte, Otras actividades industriales y Residencial.

La distribución del consumo primario para cada energético involucra suministros en todos los usuarios finales²⁰⁸, pero éstas tienen magnitudes distintas.

Interpretando los valores del consumo primario como los perfiles de uso de cada energético, éstos se localizan al tomar los que tengan los valores más altos de cada usuario final en cada energético. La repartición es:

- Carbón, la mayor cantidad de energía se dirige a Siderurgia suministrando 42 PJ en 1970 y 251 PJ en 2012; le sigue en magnitud Otras actividades industriales con 126 PJ en 2003 y 136 PJ en 2012; después Residencial que ha mantenido 76 PJ entre 2003 y 2012; y Comercio y Servicios entre 22 PJ y 24 PJ en los mismos años.
- Petróleo Crudo, el energético de mayor magnitud, tiene aportaciones en todas las ramas económicas, sin embargo, las grandes cantidades se concentran en cuatro. De 1970 a 2012 la de mayor peso es Extracción Petróleo Crudo y Gas que pasó de 0 PJ a 4,819 PJ; Autotransporte de 371 PJ a 1,503 PJ; Otras actividades industriales de 81 PJ a 531 PJ; y Residencial de 65 PJ a 267 PJ.
- Gas Natural, es el segundo energético de mayor magnitud e impacto en las veintisiete ramas, entre 1970 y 2012 ha suministrado a Otras actividades industriales de 136 PJ a 544 PJ; Residencial de 53 PJ a 548 PJ; Petroquímica básica de 71 PJ a 275 PJ; y Autotransporte de 45 PJ a 228 PJ.
- Nucleoenergía, de 2003 a 2012 ha aportado a Otras actividades industriales de 46 PJ a 53 PJ; al Residencial de 28 PJ a 30 PJ; Comercio y Servicios 9 PJ; y Siderurgia de 4 PJ a 5 PJ.
- Hidroenergía, entre 1970 y 2012 ha entregado a Otras actividades industriales de 10 PJ a 46 PJ; al Residencial de 11 PJ a 26 PJ; y Comercio y Servicios de 10 PJ a 8 PJ.
- Geoenergía, de 1975 a 2012, ha dado a Otras actividades industriales de 2 PJ a 79 PJ; Residencial de 2 PJ a 44 PJ; y Comercio y Servicios de 2 PJ a 13 PJ.
- Energía Solar, de 2003 a 2012 se ha concentrado en la rama Residencial de 1.5 PJ a 1.8 PJ; y Comercio y Servicios de 1 PJ a 1.2 PJ.
- Energía Eólica, de 2003 a 2012 en Otras actividades industriales de 0.007 PJ a 0.14 PJ; y Residencial de 0.004 PJ a 0.08 PJ.
- Bagazo de Caña, de 1970 al 2012, ha suministrado a las ramas Azúcar de 53 PJ a 66 PJ; y Otras actividades industriales, de 4 PJ a 0.36 PJ.
- Leña, de 1970 al 2012 ha entregado toda su energía a la rama Residencial de 196 PJ a 294 PJ.

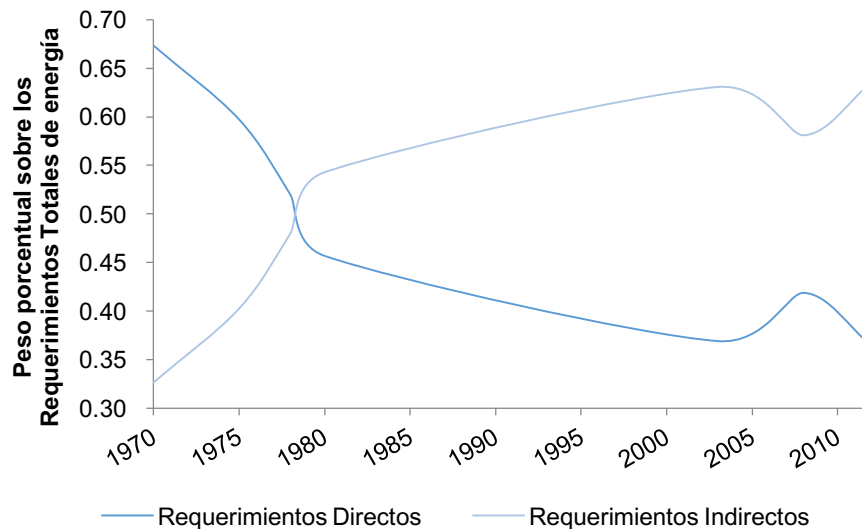
Los usuarios (Extracción de Petróleo y Gas, Autotransporte, Otras actividades industriales, Residencial y Comercio y Servicios) que han aparecido como los más intensivos en energía, tienen de todos los energéticos, pero con la cualidad de tener los valores más altos con los energéticos fósiles como Carbón, Petróleo Crudo y Gas Natural.

El perfil de uso de la energía para el sistema energético se detecta con la evolución del cociente de los requerimientos directos e indirectos con respecto al total. Ésta relación localiza en qué se suministra más energía, si en los procesos de conversión de energía o en la necesaria para colocar la energía en el usuario final.

²⁰⁸ Se debe a que la energía llegan a los usuarios finales en forma de energéticos primarios y secundarios, ya sea con fines energéticos o no.

La relación de los requerimientos directos e indirectos sobre los totales se muestra en la Gráfica 4.3²⁰⁹.

En 1979 se localiza el punto de inflexión, donde de 1970 a 1979 el peso de los requerimientos directos era mayor que los indirectos. Los aprovechamientos de energía estaban dirigidos a los procesos de extracción y conversión de energía, de 1979 en adelante cambia a los requerimientos indirectos como los de mayor peso, se dedicó mas energía para los procesos involucrados en colocar la energía en los usuarios finales²¹⁰.



Gráfica 4. 3 Comportamiento de los requerimientos Directos e Indirectos con respecto al total de energía

Recordando que los requerimientos indirectos están asociados con las ramas (en terminología del balance de energía) autoconsumo, transmisión, distribución y almacenamiento de energía²¹¹, es decir, con el costo energético de colocar los diferentes tipos de energéticos en su forma útil para el aprovechamiento en usos finales, a partir de 1979 toman la mayor proporción sobre los requerimientos totales.

El comportamiento de los cuarenta y dos años en las relaciones entre los requerimientos energéticos directos e indirectos sobre el total tiene una tendencia asintótica que en promedio de 1980 a 2012 se sitúan en 40% y 60%, respectivamente. En 2009 se observa una discontinuidad en las curvas, esta se debe a que los requerimientos directos aumentaron con respecto al total, o desde la perspectiva de los requerimientos indirectos la energía necesaria para alimentar la demanda final disminuyó

Se menciona el comportamiento asintótico porque los aprovechamientos de energía (en conversión y usos finales), tienen un límite impuesto por las irreversibilidades de los procesos; si bien, la disminución del peso de los requerimientos directos sobre los totales puede ser una

²⁰⁹ Se tomaron los años fueron 1970, 1975, 1978, 1980, 2003, 2008 y 2012.

²¹⁰ La disminución también se aprecia en la Gráfica 4.1, en el año 2008 decrece la cantidad de energía de la rama Extracción de Petróleo y Gas.

²¹¹ En el formato de insumo – producto la suma de estas cuentas se localizan en la diagonal de la matriz de demanda o energía intermedia, para las magnitudes consultar las tablas de energía del Anexo II.

evidencia de mejoras en la eficiencia energética en los procesos de transformación de energía y en los aprovechamientos de la misma para usos finales.

La explicación de los aumentos en el peso de los requerimientos indirectos sobre el total están estrechamente vinculados con las estructuras económicas, que contienen también a los centros de transformación de energía. Para indagar en esos cambios se realiza el análisis de cambio estructural.

4.1.3 Análisis de Cambio Estructural en los usos de energía

El planteamiento del análisis de cambio estructural es descomponer el uso total de energía²¹², $\bar{E}_{total} = \bar{I}LE\bar{E}_{final} = \bar{I}LE\bar{A}\hat{B}$, en sus componentes: la matriz de necesidades totales de energía ($\bar{I}LE$); la matriz de usos finales de energía (\bar{E}_{final}), donde ésta última se expresa como una matriz (\bar{A}) construida con las proporciones de los diferentes energéticos con respecto a la demanda final de energía para cada rama y un vector diagonalizado (\hat{B}) que expresa la demanda final de energía de cada una de las ramas.

Por lo tanto, el cambio total de los usos de energía ($\Delta\bar{E}P_{total}$) es las diferencias con respecto a un año base (1970) de cada uno de los componentes:

- los cambios en la Eficiencia de Transformación de Energía (ETE), cuantifican las diferencias en las matrices de necesidades totales ($\bar{I}LE$), se calcula con $\bar{ETE}_t = (\bar{I}LE_t - \bar{I}LE_0)\bar{A}_0\hat{B}_0$;
- las posibilidades en las opciones de Sustitución Energética (SE), que estima las diferencias en las proporciones de los diferentes energéticos con respecto a la demanda final de energía para cada rama (\bar{A}), se calculo con $\bar{SE}_t = \bar{I}LE_0(\bar{A}_t - \bar{A}_0)\hat{B}_0$;
- las Variaciones del Uso de Energía (VUE) en los usuarios finales, son las diferencias de los usos de energía en la demanda final éstos detectan los cambios en la demanda final (\hat{B}), se calcula con $\bar{I}LE_0\bar{A}_0(\hat{B}_t - \hat{B}_0)$; y un residual llamado Energía de Interacción (IE).

Los resultados del análisis de cambio estructural se muestran en la Gráfica 4.4, se tiene que en el sistema los cambios de mayor impacto se deben a las variaciones en los aprovechamientos de energía en usos finales, es decir, las dinámicas de las actividades económicas de cada usuario final. Las diferencias de los usos de energía han pasado de 721 PJ en 1975 a 10,145 PJ en 2012, equivalentes, en promedio, al 98% de los cambios totales.

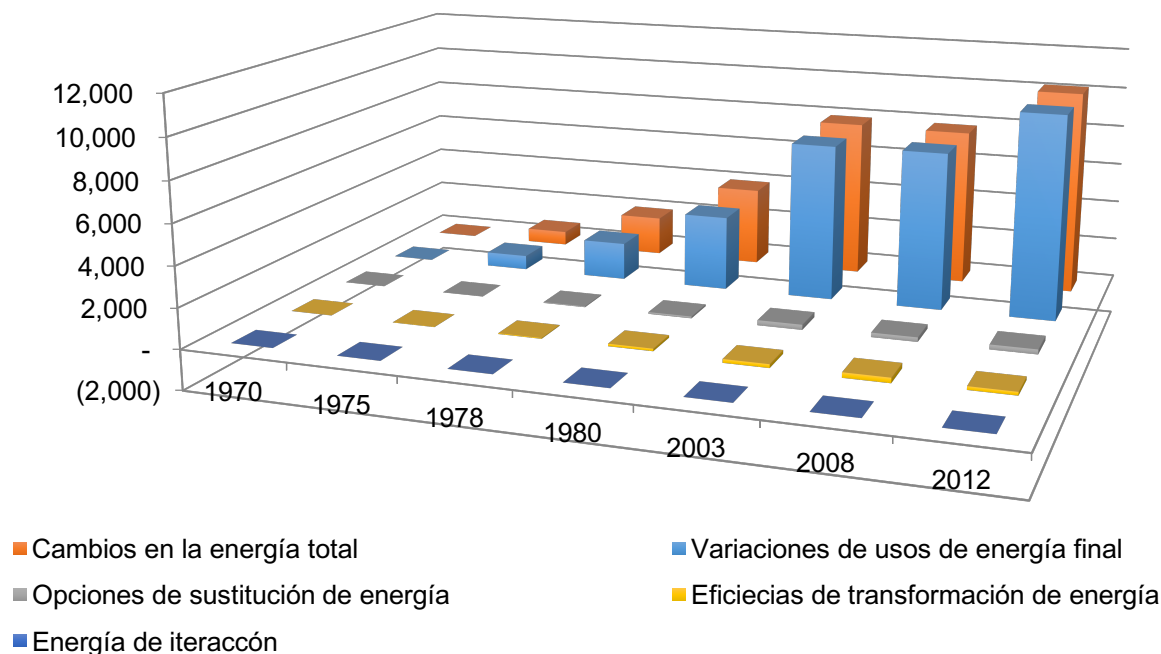
Los asociados con las opciones de sustitución de energéticos, en promedio explican el 2% de los cambios, la estructura energética se encuentra anclada al Petróleo Crudo y al Gas natural.

Los procesos productivos no cuentan ni con la oferta energética diversa, ni con las tecnologías para utilizar las diversas fuentes, la magnitud de los cambios asociados con este efecto han pasado de 0.38 PJ en 1975 a 239 PJ en el 2012.

²¹² Para detallar en la técnica de Análisis de Cambio Estructural aplicado a los usos de energía, consultar la sección 2.2.1 del Capítulo Dos.

En el análisis de cambio estructural, los valores de las eficiencias de transformación de energía deben ser negativos, como resultado de mejoras en las eficiencias de la demanda intermedia con respecto al año base (1970).

En el periodo de estudio, el peso porcentual de las eficiencias de transformación de energía fue -0.6% sobre el total de los cambios. En 1975 el efecto sobre evitó -10.10 PJ y -174.6 PJ para 2012. Los cambios asociados con las eficiencias de transformación entre 1978 y 1980 fueron valores positivos, es decir, las eficiencias empeoraron.



Gráfica 4.4 Evolución de los componentes del Análisis de Cambio Estructural de energía (PJ)

El análisis de cambio estructural por tipo de energético, consultar el Anexo III Tabla AIII.1, los cambios más representativos fueron para el Petróleo Crudo, el Gas Natural y Carbón. De 1975 a 2012 pasaron de 514 PJ a 7,403 PJ, 120 PJ a 1,798 PJ y 40 PJ a 531 PJ, respectivamente, todos los demás energéticos estuvieron por debajo de los 200 PJ.

Los efectos de las opciones de sustitución de energía para cada energético, son resultado de los insumos energéticos que intervienen en su extracción, más los aprovechamientos en las demandas intermedia y final. Por tal razón, los valores son pequeños con respecto a las variaciones de los usos de energía.

Al tener valores positivos la mayoría de los energéticos, explican las resistencias para utilizar diferentes combustibles. Caso contrario con la Leña, según las estadísticas disponibles, entrega toda su energía al sector Residencial. Esto tiene valores negativos en todos los años, es la energía que se dejó de aprovechar por otras opciones, ello explicó 57% de los cambios por éste concepto en la Leña.

Las eficiencias e transformación de energía por energético muestran que los valores más altos son para el Petróleo Crudo. Sin embargo, solo explica el 0.3% del total de cambios, lo mismo modo sucede con el Gas Natural que le sigue en magnitud, con el 2.4%. Por otro lado la Hidroenergía, no tiene las magnitudes de los dos anteriores, en todos sus puntos los valores son negativos.

Desde la óptica de las ramas económicas, Extracción Petróleo y Gas y Extracción Carbón, sus cambios se explican únicamente por las variaciones de los usos de energía. Aunque éste efecto fue el mayor en todas las ramas, hay algunas que muestran ser más sensibles a las mejoras a las eficiencias de transformación de energía, el peso de este efecto tuvo valores entre 0.01% y cerca de 10% sobre el cambio total. Los usuarios que estuvieron por debajo del 10% fueron: Público, Construcción, Aguas Envasadas, Hule, Cemento, Siderurgia, Automotriz, Otras actividades industriales, Transporte Aéreo, Transporte Marítimo, Residencial, Comercio y Servicios. Se muestra a detalle en la Tabla AIII.2 del Anexo III.

En cuanto a las opciones de sustitución de energéticos, el usuario Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad y Residencial tuvieron los valores más altos. Ello se debe a que la mezcla energética que tienen, es de las mas diversas contrario a Extracción Petróleo y Gas y Extracción Carbón que no tienen posibilidades de intercambio.

El análisis de cambio estructural mostró los efectos del punto de inflexión de 1979 en la relación de los requerimientos directos e indirectos sobre el total de energía (el comportamiento asintótico de la Gráfica 4.3), donde el peso proporcional está totalmente cargado en los requerimientos indirectos²¹³.

Toma sentido el peso de las variaciones de los usos de energía en los usuarios finales, para explicar los cambios estructurales de energía, es decir, el costo de colocar la energía en los centros de aprovechamiento final, que están en función de los tamaños del sistema económico y de sus dinámicas internas.

Por lo anterior adquiere importancia analizar la estructura económica en términos de energías, e decir, abordar desde el ecosistema energético al ecosistema económico. Esto se hace desde la perspectiva de B. Hannon por medio del concepto de energía contenida.

²¹³ Recordando que los aprovechamientos directos tienen límites físicos que no son tan relevantes para explicar los cambios como lo muestran las magnitudes de las eficiencias de transformación de energía y las opciones de sustitución de energéticos.

4.2 Energía Contenida del sistema económico

Los resultados del análisis de cambio estructural mostraron que la variaciones en el uso de energía son las que explican más del 90% de los cambios de energía. En ésta se sección abordan las dinámicas internas de los aprovechamientos de uso final, por tal motivo se utiliza el concepto de energía contenida, donde la técnica elegida para analizarlas permite estimar los intercambios de energía del sistema económico.

En ésta investigación, la energía contenida (EE del inglés Energy Embodied) de un sistema económico se estima con el producto del vector diagonalizado de la intensidad de energía (\hat{F})²¹⁴, la matriz de requerimientos totales o inversa de Leontief $((I - A)^{-1} = L)$ y el vector diagonalizado de la demanda final (\hat{y}). En forma matricial es $EE_T = \hat{F}(I - A)^{-1}\hat{y} = \hat{F}L\hat{y}$ ²¹⁵.

Se utiliza la técnica de Insumo – Producto porque permite cuantificar y cualificar las interdependencias entre los agentes que componen la estructura económica, recordando que éstas son las interrelaciones entre los bienes y servicios. Las cuales, en ésta investigación, indican la aplicación o empleo (la energía contenida de origen directo) y el destino de la producción de cada rama (la energía contenida de origen indirecto), en términos de energía.

En la sección 4.2.1 se muestra la evolución de las magnitudes de la energía contenida, distinguiendo tanto los componentes directos e indirectos, como los principales usos de energía que tiene el sistema económico en general.

En la sección 4.2.2 se desagrega el sistema económico a 27 ramas, identificando los comportamientos de los componentes directos e indirectos de energía contenida.

Y en la sección 4.2.3 se analizan las dinámicas de intercambio de energía contenida:

- primero se distinguen las cinco ramas que tienen los valores más altos de los componentes directos, indirectos y totales de energía contenida (sección 4.2.3.1, ello permite identificar las ramas con los mayores intercambios de energía contenida y el origen de intercambio);
- después, se identifican las conexiones energéticas del sistema económico gráficamente con la Red de Relaciones Inter – Energéticas (sección 4.2.3.2), la cual permite identificar en las zonas más oscuras con las ramas que tienen mayores conexiones y el impacto que tienen éstas con el sistema económico de acuerdo con la posición que ocupan en la red (en el centro tienen mayor impacto que a las afueras); y
- se estiman los intercambios de energía a través de los índices de Concentración, Rasmussen y de Theil (sección 4.2.3.3). Éstos cuantifican y clasifican los vínculos hacia adelante y hacia atrás para cada una de las ramas²¹⁶.

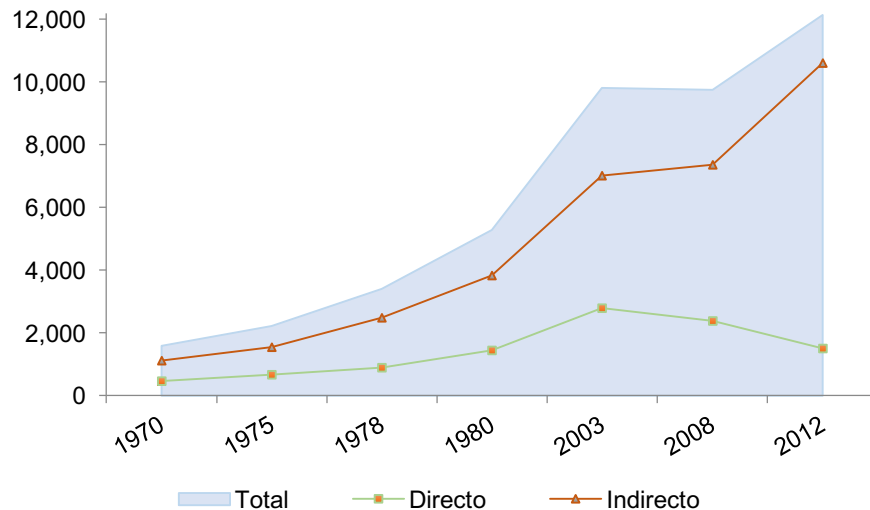
²¹⁴ Recordar que la intensidad de energía (F) es el cociente de la energía utilizada (E) por unidad de valor económico producido (X), se calcula con $F = \frac{E}{X}$.

²¹⁵ La técnica para estimar la energía contenida y las herramientas de análisis se describen en la sección 2.2.2 del Capítulo Dos.

²¹⁶ La importancia de analizar las inter – relaciones energéticas es entender la estructura de producción a través de la circularidad entre las ramas. Éstas se clasifican en función de las relaciones que tienen con otras ramas y con el proceso económico (como oferta y demanda) y la etapa del proceso (demanda intermedia y final), a éstos se le conocen como “vínculos”. Consultar la sección 2.2.2.3 del Capítulo Dos.

4.2.1 Comportamiento general de la energía contenida del sistema económico

El comportamiento general de la energía contenida del sistema económico se muestra en la Gráfica 4.5 y la Tabla 4.5. En ellos se observa que el contenido energético se ha multiplicado por 6.6 en 42 años con respecto a 1970, además la evolución de los componentes directos e indirectos había sido relativamente constante de 1970 a 2003, en una proporción promedio de 30% y 70%, respectivamente; y de 2008 a 2012 el componente indirecto creció 16% con respecto a 2003, mismos que perdió el directo; proporciones que cambiaron en 2012 a 13% y 87% para los componente directo e Indirecto, respectivamente, ver Tabla 4.5.



Gráfica 4. 5 Evolución de los componentes de EE del sistema económico (PJ)

Si bien el componente directo muestra las cantidades de energía utilizada en los procesos de producción, más la contenida en los insumos requeridos de la demanda intermedia, su curva muestra un descenso. Eso tiene tres explicaciones relacionadas entre sí: los procesos productivos se colocan en una tendencia de mejora en la eficiencia energética, lo cual se relaciona con la disminución de la intensidad de energía; la disminución de los volúmenes de producción; y los aumentos en las compras de materias primas de la demanda final, que no atraviesan las cadenas de valor, como parte de la extracción de Petróleo Crudo.

Tabla 4. 5 Tasa de crecimiento y peso de los componentes de EE del sistema económico sobre el total

Año	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	-	0.29	0.71
1975	39.67	0.30	0.70
1978	113.20	0.27	0.73
1980	232.07	0.27	0.73
2003	516.49	0.28	0.72
2008	512.67	0.24	0.76
2012	661.45	0.13	0.87

El componente indirecto cuantifica la energía requerida para colocar los productos producidos en la demanda final, su aumento en la curva se explica por dos causas:

- el costo energético de colocar los productos en los componentes de la demanda final han aumentado, cuesta más energía a la economía hacer economía. En 1970 se suministraron 1,126 PJ al componente indirecto, los cuales fueron equivalentes a 71% de la energía total, mientras que en 2012 se suministraron 10,614 PJ equivalentes a 87% de la energía total, ver la Gráfica 4.5 y la Tabla 4.5. Al efecto del costo energético se le asocia un doble efecto, uno con la energía necesaria para colocar la energía (en forma útil) en los centros de aprovechamiento final y otro más con la energía necesaria para colocar la producción económica en los consumidores finales; y
- debido al aumento del peso de los componentes en la demanda final, que no necesariamente pasaron por la demanda intermedia. Por ejemplo las ramas Extracción de Petróleo y Gas, Autotransporte y Residencial.

En concordancia con las relaciones entre los requerimientos directos e indirectos sobre el total de energía (Gráfica 4.3). El punto de inflexión que se ubica en 1979.

También se observa en la Gráfica 4.5, como el punto en que se separa el contenido energético del sistema de origen indirecto. Además, de acuerdo con la información utilizada²¹⁷, en 2003 se identifica que los requerimientos directos de energía contenida alcanzan su máximo, es el punto máximo local de la energía contenida indirecta para el sistema económico.

4.2.2 Comportamientos de los componentes directos e indirectos de la energía contenida. Desagregado a 27 ramas económicas

El procedimiento de la sección 4.2.1 se reproduce para las 27 las ramas económicas. Los valores y los comportamientos de cada una de las ramas se detallan en el Anexo III sección “Energía Contenida”, en la Tabla AIII.3 y las Gráficas AIII.12 a 38.

El objetivo es identificar los comportamientos que agrupan a las ramas, se observan cuatro:

- 1) el componente indirecto es el de mayor peso en todo el periodo,
- 2) el componente directo es el de mayor peso en algunos puntos del periodo,
- 3) todos los componentes tienen valores negativos en algún punto del periodo,
- 4) las ramas que en sus tasas de crecimiento tienen al menos dos picos.

Dentro del primer comportamiento, el componente indirecto es el de mayor peso sobre el total, se detectan tres tendencias, donde el componente:

- en todo momento su valor es mayor o igual a 90%, los presentan las ramas Extracción Petróleo Gas, Transporte Aéreo, Autotransporte y Residencial;
- gana peso durante el periodo, lo tienen las ramas Agropecuario, Minería, Público, Hule, Automotriz, Transporte Ferroviario y Comercio y Servicios; y
- pierden peso, las ramas Azúcar y Otras actividades industriales.

²¹⁷ Se utilizaron las Tablas de Insumo – Producto monetarios que han sido publicadas (y disponibles) de los años 1970, 1975, 1978, 1980, 2003, 2008 y 2012.

En el segundo comportamiento, aquel en que el componente directo en algún punto del periodo tuvo el mayor peso, es decir, el valor de la producción se enfocó en abastecer la demanda intermedia, se encuentran las ramas:

- Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad, Construcción, Aguas Envasadas, Petroquímica básica, Química y Fertilizantes.

Los periodos en los que el componente directo fue mayor son:

- Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad en 1980; Construcción de 1970 a 1980; Aguas Envasadas de 1970 a 1978; Petroquímica básica de 1980 a 2008; y Química y Fertilizantes en 2003.

Para el tercero, los componentes directos e indirectos son negativas en algún punto del periodo:

- las ramas Extracción Carbón, Celulosa y Papel, y Aluminio caen en esta clasificación, además todas coinciden en 2008.

El cuarto comportamiento tienen al menos dos picos en sus valores de energía contenida, los cuales tienden a disminuir de intensidad y aumentar su periodicidad, las ramas son:

- Vidrio, Cemento y Siderurgia, son actividades del sector transformación e intensivas en energía.

Las ramas que pertenecen al primer comportamiento son las que fortalecen la estructura económica y energética en el sistema, también se observa que son las más intensivas en energía, ver la Gráfica 4.1.

4.2.3 Relaciones Inter – energéticas

Las relaciones inter – energéticas se entienden como los vínculos de intercambio de energía contenida que tienen las ramas entre ellas, así como el efecto que generan tales intercambios con el sistema y de éste último hacia ellas.

La busque de los patrones de intercambio, en ésta investigación de energía contenida, tiene un impacto positivo en la comprensión de la estructura productiva de un país y el diseño de estrategias de crecimiento económico aumentando las posibilidades de alcanzar criterios que doten de sustentabilidad el desarrollo.

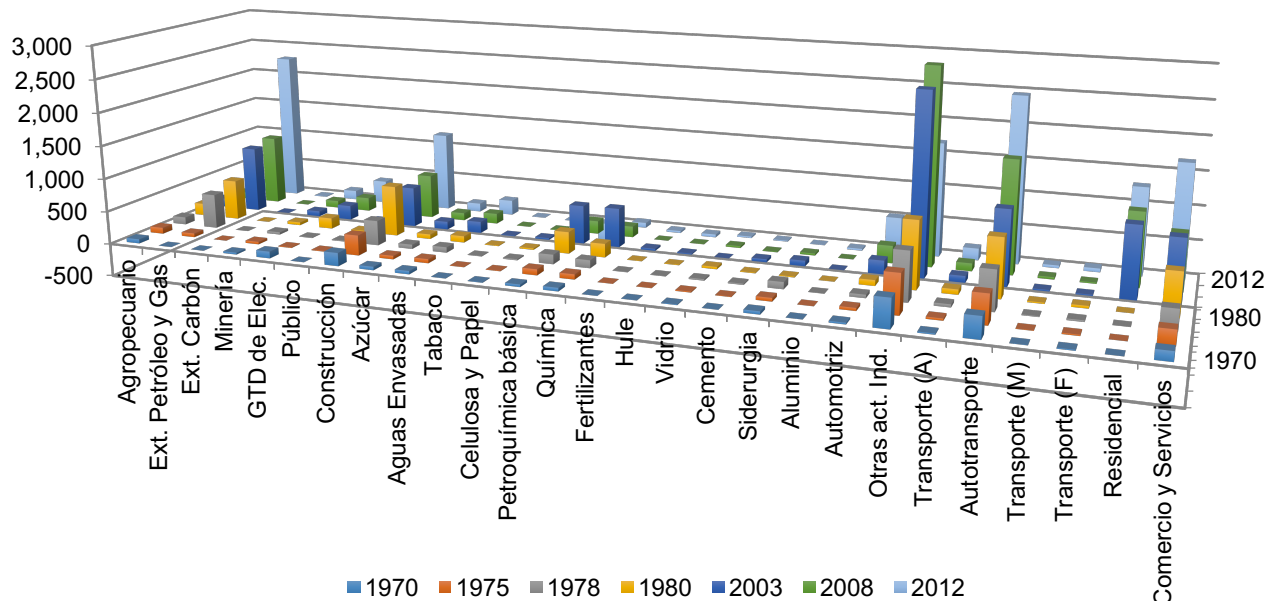
Al analizar el sistema económico con el lente de la energía y con la técnica de Insumo – Producto, se facilita la apreciación de que cada rama que conforma a la economía, absorbe energía a través de la energía contenida de los insumos necesarios para la producción de los suyos, más la que adhiere en los procesos de comercialización. Este proceso circula en el sistema económico en el intercambio de productos entre las diversas ramas y termina el ciclo cuando el usuario final deja de utilizar el producto.

La capacidades para absorber y suministrar energía contenida al sistema económico son distintas entre las ramas. Aquellas ramas que tienen los mayores intercambios de energía contenida son las que tiene los efectos más representativos sobre el sistema económico, por ello la sección 4.2.3.1 detecta las cinco ramas con los niveles más altos de energía contenida (de origen directo, indirecto y total) e indaga en las ramas con las que intercambia la energía contenida con una perspectiva de producción²¹⁸. Después se cotejan con la red de relaciones inter – energéticas de la sección 4.2.3.2 y se hace una valoración del lugar que ocupan en la red. Y en la sección 4.2.3.3 se analizan los vínculos de las ramas entre ellas y con el sistema a través de los índices de Concentración, Rasmussen y Theil.

4.2.3.1 Distribución e intercambios de energía contenida del sistema económico

Las cinco ramas de mayor contenido energético total (EE_T) en orden descendente son: Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Extracción Petróleo y Gas y Comercio y Servicios. Una del sector primario, una del sector secundario y tres del sector terciario, ver Gráfica 4. 6.

Es relevante la rama Otras actividades industriales por la magnitud de energía contenida que acapara, esto se explica porque diversas actividades que no están desagregadas en la contabilidad energética de los balances de energía, se aglomeran en esta para realizar el estudio, también porque absorbe cantidades importantes de energía tanto directa como indirecta de todas las fuentes de energía primaria, excepto de Leña.



Gráfica 4. 6 Evolución de EET por ramas económicas (PJ)

La energía contenida total de estas ramas ha pasado de representar el 55% en 1970 a 77% en 2012, son las más representativas para el sistema económico y reflejan su estructura, ver Tabla 4.6.

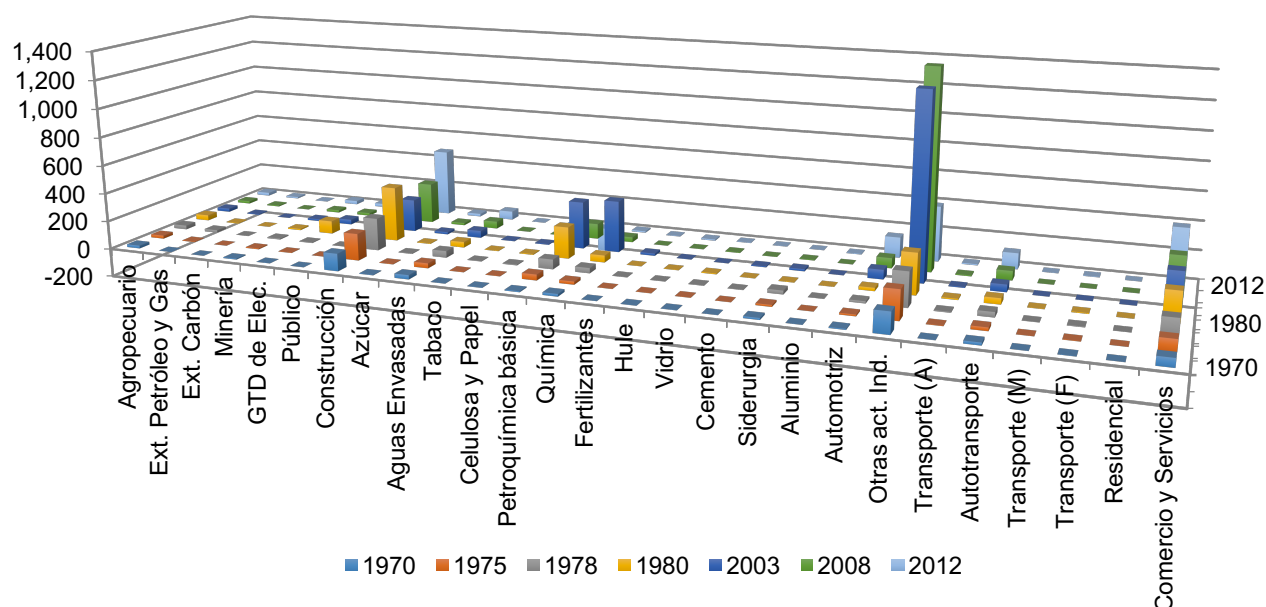
²¹⁸ La perspectiva de producción se refiere a que se toman las ramas involucradas en la producción de otras, es decir, para llevar a cabo un proceso de producción se requiere de insumos provenientes de otras ramas, los cuales conllevan energía que absorbieron en sus producciones.

Tabla 4. 6 Ramas con mayor contenido de EET (PJ) y proporción sobre el total

Año	Otras act. Ind.	Autotransporte	Residencial	Ext. Petróleo y Gas	Comercio y Servicios	Suma	% (Total)
1970	424.08	313.96	-	0.35	139.45	877.84	55.10
1975	583.31	432.41	-	58.10	223.36	1,297.18	58.29
1978	724.23	584.98	-	521.31	309.99	2,140.51	63.02
1980	994.87	866.22	-	607.65	634.02	3,102.76	58.65
2003	2,673.31	1,106.29	1,047.66	1,003.35	927.12	6,757.73	68.80
2008	2,912.48	1,671.96	1,084.23	1,055.94	829.37	7,553.98	77.39
2012	1,690.90	2,459.48	1,287.97	2,281.06	1,679.15	9,398.56	77.47

Para el componente directo las cinco ramas de mayor contenido energético en orden descendente son: Otras actividades industriales, Construcción, Química, Petroquímica básica y Comercio y Servicios; cuatro de ellas son del sector secundario y una del sector terciario, consultar Gráfica 4.7.

Son las ramas más intensivas en energía contenida para los procesos de producción, el orden de magnitud se encuentra entre los 300 PJ y 500 PJ, aunque para Otras actividades industriales en 2003 y 2008 se elevó hasta 1,300 PJ y 1400 PJ, y para el 2012 regreso a los 400 PJ.



Gráfica 4. 7 Evolución de EED para cada rama

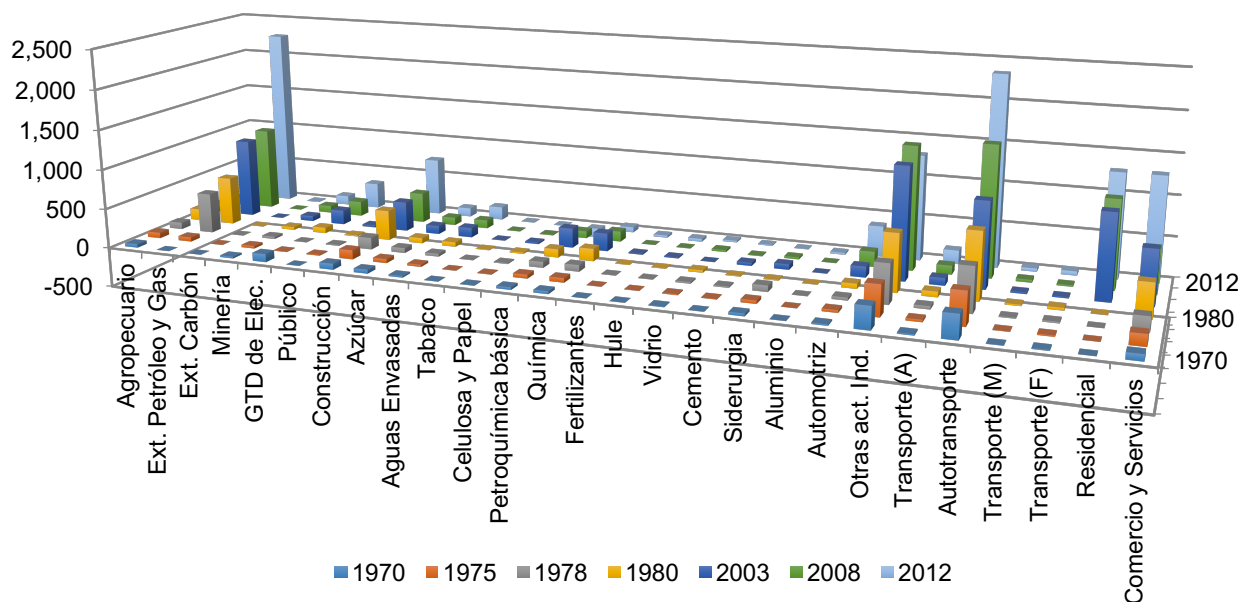
En conjunto la energía contenida de origen directo de estas ramas pasó de 75.75% en 1970 a 72.39% en 2012. Con respecto al total las mismas ramas representaron: 22% en 1970, 21.5% en 2008 y 9% en 2012. La excepción fue la rama Petroquímica que tuvo una magnitud negativa (importó energía contenida), ver Tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Ramas con mayor contenido de EED (PJ) y proporción sobre el total

Año	Otras act. Ind.	Construcción	Química	Petroquímica básica	Comercio y Servicios	Suma	% (Directo)	% (Total)
1970	146.96	122.53	18.19	6.79	59.19	353.66	75.75	22.20
1975	203.75	188.81	21.75	41.08	80.83	536.22	79.51	24.10
1978	239.00	227.90	36.76	68.55	122.32	694.53	76.58	20.45
1980	285.10	385.55	49.37	222.85	208.85	1,151.72	79.59	21.77
2003	1,288.71	230.75	363.17	333.31	254.37	2,470.31	88.41	25.15
2008	1,391.90	287.38	35.80	108.20	279.35	2,102.63	88.13	21.54
2012	387.64	475.64	10.27	-166.37	390.94	1,098.12	72.39	9.05

En el componente indirecto las cinco ramas con mayor contenido energético en orden descendente son: Autotransporte, Extracción Petróleo y Gas, Otras actividades industriales, Residencial y Comercio y Servicios. Una del sector primario, una del sector secundario y tres del sector terciario, ver Gráfica 4.8.

De la energía contenida de origen indirecto se observa el vínculo de la rama Extracción Petróleo y Gas con Autotransporte, las aportaciones hacia la demanda final son prácticamente de la misma magnitud de 1980 a 2012. Recordando que en la demanda final se localizan las ventas de los procesos de producción; se tiene que la mitad de la energía extraída de la rama Extracción Petróleo y Gas alimenta la demanda final, sin pasar por la demanda intermedia, en el supuesto de que se inyectara en los procesos de producción al menos en la rama Autotransporte tendría el doble de magnitud, del mismo modo las siguientes tres ramas, que tienen valores entre 1,000 PJ y 1,500 PJ.



Gráfica 4. 8 Evolución de EEI para cada rama

En 1970 representaban el 58% para el componente indirecto y 80% en 2012; con respecto al total iniciaron con 41% en 1970 y para 2012 alcanzaron 70%, ver Tabla 4.8.

Tabla 4. 8 Ramas con mayor contenido de EEI (PJ) y proporción sobre el total

Año	Autotransporte	Otras act. Ind.	Residencial	Ext. Petróleo y Gas	Comercio y Servicios	Suma	% (Indirecto)	% (Total)
1970	295.09	277.12	-	0.11	80.27	652.59	57.94	40.96
1975	408.55	379.57	-	54.47	142.53	985.12	63.52	44.27
1978	549.43	485.23	-	503.17	187.67	1,725.50	69.30	50.80
1980	824.24	709.77	-	603.84	425.18	2,563.03	66.68	48.44
2003	1,054.25	1,384.60	1,047.66	997.68	672.75	5,156.94	73.38	52.50
2008	1,606.42	1,520.58	1,084.23	1,048.93	550.02	5,810.18	78.78	59.52
2012	2,346.75	1,303.26	1,287.97	2,270.33	1,288.21	8,496.52	80.05	70.04

Son la estructura indirecta del sistema económico, responsables de colocar la energía contenida resultante de los procesos de producción de la demanda intermedia en la demanda final.

Se toman como muestra representativa las cinco de mayor contenido energético de las distribuciones anteriores. El objetivo es identificar con qué ramas tienen más intercambios de EE con una perspectiva de producción, para ello se toman las cinco de mayor peso de cada una²¹⁹.

La rama Otras actividades industriales, en orden descendente aporta energía a las ramas:

- Otra actividades industriales;
- Comercio y Servicios;
- Construcción;
- Autotransporte; y
- Automotriz.

La mayor aportación la tiene para su propia rama en el componente indirecta; y en el componente directo las mayores aportaciones son para: Otras actividades industriales, Construcción, Comercio y Servicios, Autotransporte y Automotriz.

Las aportaciones de Autotransporte:

- Autotransporte;
- Otras actividades industriales;
- Comercio y Servicios;
- Construcción; y
- Automotriz.

La mayor aportación es para su propio sector en el componente indirecto y en el componente directo son para: Comercio y Servicios, Otras actividades industriales, Construcción, Automotriz y Autotransporte.

²¹⁹ El procedimiento es el mismo que en la versión general, ahora se desagrega para cada rama.

Para la rama Residencial toda su aportación es autoconsumo en el componente indirecto. En Comercio y Servicios sus aportaciones de energía se concentran en:

- Comercio y Servicios;
- Otras actividades industriales;
- Construcción;
- Autotransporte; y
- Automotriz.

La mayor aportación es para su propio sector en el componente indirecto, y en el componente directo son para: Comercio y Servicios, Otras actividades industriales, Construcción, Autotransporte y Automotriz.

La siguiente es Extracción Petróleo y Gas, sus principales aportaciones son para:

- Otras actividades industriales;
- Extracción Petróleo y Gas;
- Química;
- Petroquímica básica; y
- Comercio y Servicios.

La mayor aportación total es para Otras actividades industriales, sin embargo, por componentes la mayor aportación es para su propio sector en el componente indirecto y para Otras actividades industriales en el componente directo.

Para Construcción se considera por la cantidad de energía que recibe de las demás actividades. Sin embargo, sus aportaciones de energía hacia las demás es prácticamente cero. La mayor aportación es para su propia rama en el componente indirecto, es una rama absorbente de energía.

Se observa que las ramas con los valores más altos de energía contenida, son: Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Comercio y Servicios y Extracción de Petróleo y Gas. Mismas ramas que realizan sus intercambios de energía contenida entre ellas, es decir, en 1970 el 55.10% de la energía total circuló en éstas cinco ramas en 2012 el 77.47% de la energía total también.

Se aprecia que al aumentar la energía contenida de Extracción de Petróleo y Gas los hace también la rama de Autotransporte, Residencial y Comercio y Servicios.

Y coincide que las ramas con el mayor nivel de energía contenida pertenecen al grupo de ramas del "primer grupo" de la sección anterior. Las identifica que durante el periodo de tiempo analizado el componente indirecto ha sido el de mayor peso, es decir, son ramas que se enfocan en colocar la producción en la demanda final.

4.2.3.2 Red de relaciones inter – energéticas

La red de relaciones inter – energéticas en términos de energía contenida total, muestra: la conectividad de la cantidad de “rayos” de cada rama; la intensidad de conexión con la distancia entre las ramas; y el peso que tienen las ramas en el sistema económico, de acuerdo con la posición que ocupa en la red²²⁰.

La red representa visualmente la analogía de B. Hannon (1973), entre estructura económica y ecosistema económico, como se ha construido en esta investigación; lo que mantiene unido al ecosistema son las interacciones de energía contenida entre las ramas.

El conjunto expuesto en la Gráfica 4.9, muestra la red para los años 1970, 2008 y 2012. Se toman éstos porque se observan los cambios en la intensidad de las interacciones. Y para el caso de la rama Residencial, que en las Tablas de insumo – producto aparece a partir de 2003, y solo en 2008 sus interacciones se integran a la red del sistema económico.

Lo primero que se observa es que la cantidad de interacciones ha aumentado en el periodo de investigación, es decir, la gráfica se vuelve más oscura.

Se detecta en el centro las ramas del sector secundario, que tienen las intensidades de interacción más fuertes, aunque han cambiado, los cuatro puntos representativos del centro de la red fueron:

1970: Construcción; Azúcar; Petroquímica básica; y Transporte Ferroviario.

1975: Automotriz; Transporte Aéreo; Autotransporte; y Comercio y Servicios.

1978: Fertilizantes; Hule; Otras actividades industriales; y Transporte Aéreo.

1980: Fertilizantes; Otras actividades industriales; Transporte Aéreo; y Transporte Marítimo.

2003: Vidrio; Aluminio; Transporte Aéreo; y Autotransporte.

2008: Público; Construcción; Autotransporte; y Otras actividades industriales.

2012: Transporte Ferroviario; Transporte Aéreo; Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad; y Extracción Carbón.

Las ramas más alejadas, porque sus interacciones tienen baja intensidad con la red son:

1970: Extracción Petróleo y Gas; Extracción de Carbón; Público; Transporte Marítimo; y Automotriz.

1975: Extracción Carbón; Minería; Aguas Envasadas; Siderurgia; y Transporte Marítimo.

1978: Agropecuario; Extracción Carbón; Azúcar; Aguas envasadas; y Tabaco.

1980: Agropecuario; Extracción Carbón; Minería; Construcción; y Cemento.

2003: Agropecuario; Extracción Carbón; Azúcar; Petroquímica Básica; y Fertilizantes.

2008: Residencial; Extracción Petróleo y Gas; Extracción Carbón; Azúcar; y Tabaco.

2012: Residencial; Petroquímica básica; Extracción Petróleo y Gas; y Azúcar.

²²⁰ Los detalles de la técnica se pueden consultar en la sección 2.2.2.3.1 del Capítulo Dos.

La interacción de Extracción Petróleo y Gas con el ecosistema en 1970 tenía seis rayos y se localizaba en el exterior de la red, pero de 1975 a 1980, se integró en cantidad de interacciones y en reducir la distancia con otras ramas, es decir, aumentando su intensidad de conexión con lo que alcanzando a todas las ramas del sistema.

Pero en 2003 y 2012 se trasladó al exterior del sistema disminuyendo la distancia, es decir, si bien ha mantenido la conectividad con el sistema, su intensidad ha disminuido.

Otras actividades industriales siempre han tenido una alta conectividad y su intensidad ha aumentado, al pasar del exterior de la red en 1970 y 1975, al centro de 1978 a 2012, lo cual muestra su importancia para el ecosistema económico; su evolución proyecta que se ha convertido en un centro de gravedad, por su posición en la red (conectividad) y la distancia con las ramas de interacción (intensidad).

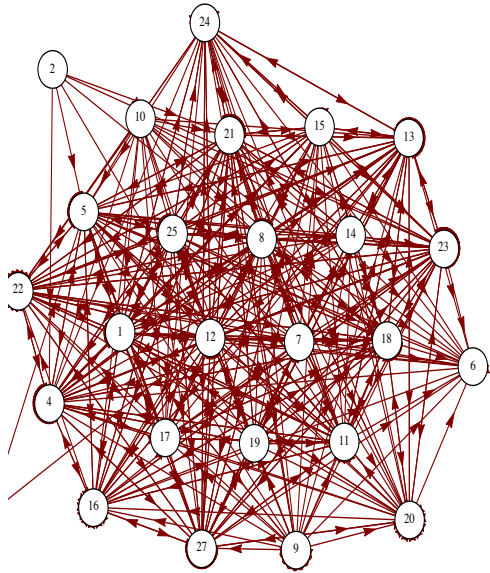
Autotransporte ha mantenido alta conectividad e intensidad, lo muestra su posición en el inicio de las zonas más oscuras de la red en 1970, 1978 y 1980. Compartiendo el centro del sistema en 1975, 2003 y 2008, también es un centro de gravedad para el sistema.

Residencial no tuvo interacciones con el sistema de 1970 a 2003, hasta su inclusión en la contabilidad de las cuentas nacionales en 2008, se integra a la red con baja conectividad e intensidad, sus interacciones con el sistema están sujetas a los estímulos que ejercen sobre ella, para 2012 salió de la red.

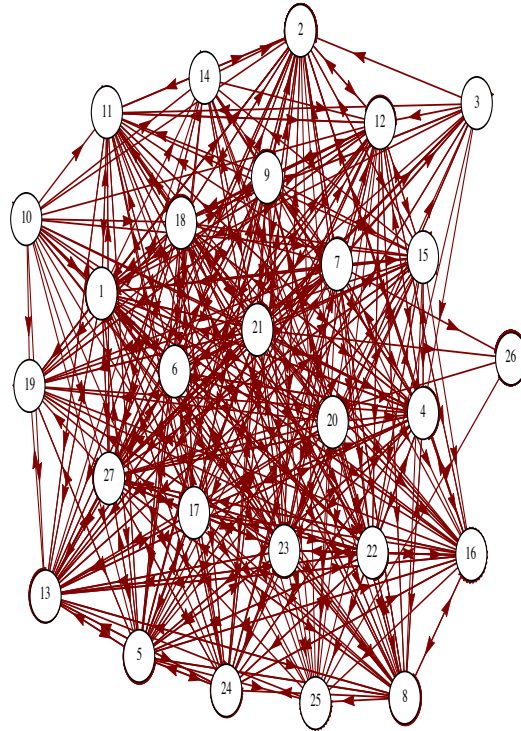
Comercio y Servicios siempre ha tenido alta conectividad y en cuanto a la intensidad, solo en 1975 y 2008 ha estado en el centro de la red, en los demás años en el exterior.

La evolución del ecosistema económico y energético ha aumentado la conectividad y no en todos los casos la intensidad, para profundizar en el entendimiento de las dinámicas del sistema es necesario indagar en los vínculos entre la oferta y la demanda, y los efectos que tienen las ramas sobre el sistema y éste sobre ellas. Para ello se elabora en la siguiente sección un conjunto de índices que contribuyen a entender tales dinámicas.

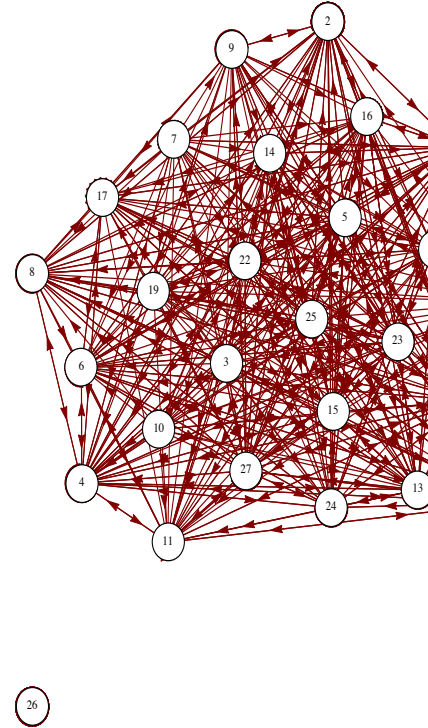
Año 1970



Año 2008



Año 2012



**Gráfica 4. 9 Red de relaciones inter –
energéticas**

4.2.3.3 Índice de Concentración, de Rasmussen y de Entropía de Theil

Para ésta investigación los vínculos son las relaciones inter – energéticas que tienen las ramas económicas a través de los intercambios de energía contenida. El efecto de tales intercambios pueden tener una intensidad de tal magnitud que la dinámica de intercambio de energía contenida de una rama generen un cierto impacto sobre el sistema en su conjunto o la dinámica del sistema puede alterar el grado de intercambio de una rama²²¹.

La detección de los patrones de intercambio, es decir, del grado de comprensión de los vínculos, contribuyen al entendimiento de los cambios en las estructuras de producción, por medio de la circularidad entre las ramas, y con ello, los efectos que generan sobre el sistema.

La importancia de los vínculos radica en que la actividad de una rama puede inducir comportamientos en otras. Existen dos tipos de vínculos: *hacia delante*, relacionados con el uso de los productos, es decir, el impacto que tienen las ramas sobre el sistema económico desde la oferta; y *hacia atrás*, asociado con los efectos que la demanda puede generara la oferta.

Los comportamientos que detectan son:

- vínculos *hacia adelante*: de igualdad perfecta cuando el valor de la energía contenida en una rama desde la oferta la reparte de manera proporcional a otras ramas en la demanda; y de máxima concentración cuando la energía contenida de una rama desde la oferta la coloca en una sola rama de la demanda; y
- vínculos *hacia atrás*: de igualdad perfecta cuando una rama en la demanda adquiere la energía contenida de sus compras en parte proporcional a la energía contenida resultante de los procesos de producción de grupos de ramas en la oferta; y de máxima concentración cuando un grupo de ramas en la demanda adquieren toda la energía contenida a través de sus insumos de una sola rama de la oferta.

Ésta sección calcula los vínculos y detecta sus comportamientos en: la demanda intermedia para detectar si existen concentraciones en los procesos de transformación, esto con el Índice de Concentración; después, se valora el balance de la energía contenida en el sistema económico, relacionando los valores de los vínculos *hacia adelante* y *hacia atrás* en una gráfica de dispersión, se realiza con el Índice de Rasmussen; y por último, en la demanda total, para detectar si existen concentraciones en el la unión de la demanda intermedia con la final.

²²¹ Para los detalles teóricos y técnicos consultar la sección 2.2.2.3 del Capítulo Dos.

4.2.3.3.1 Índice de Concentración

Los valores que estima el índice permiten detectar grupos de ramas económicas con cantidades de intercambios de energía contenida similares en la demanda intermedia²²².

Los comportamientos que encuentra en los vínculos, ya sean *hacia delante* o *hacia atrás*, son:

- igualdad perfecta se detecta cuando $\sum_{j=1}^n (c_{i,ij})^2 = 1$ por lo que el índice toma el valor de $G_i = [n - 1]^{-\frac{1}{2}}$; y
- máxima concentración cuando $c_{i,ij} = 1$ en una sola rama y $c_{j,ij} = 0$ en las demás, por lo que el índice toma el valor de $G_i = 0$.

La interpretación de los comportamientos es:

- la igualdad perfecta: con vínculos *hacia delante* indica que la rama i utiliza la misma proporción de energía contenida en sus procesos de producción, que la que coloca como ventas en todas las ramas j 's; y con vínculos *hacia atrás* es que la rama j adquiere la misma proporción de energía contenida en sus compras que la resultante de los procesos de producción de las ramas i 's; y
- la máxima concentración: con vínculos *hacia adelante* cuando las ramas i 's, colocan toda la energía contenida de la producción como venta en una sola rama j ; y con vínculos *hacia atrás* cuando las ramas j 's adquieren toda la energía contenida de sus insumos solamente de la rama i .

En los resultados de los cálculos no todas las ramas aparecieron con exactitud en los comportamientos definidos, razón por lo que se adicionó una clasificación más que representa la tendencia hacia alguno de los dos comportamientos.

En la Tabla 4.9 se muestran los comportamientos para los vínculos *hacia delante* y en la Tabla 4.10 los vínculos *hacia atrás*.

La mayoría de las ramas están en el grupo de igualdad perfecta con vínculos *hacia atrás*. Se caracterizan porque los productos que venden y compran son en la demanda intermedia, es decir, tienen la cualidad sus ventas son insumos entre las diferentes ramas. También, tienen una dinámica en la que el incremento de una unidad en la demanda intermedia, genera un aumento de la energía contenida en la misma proporción a todos sus compradores. La energía contenida que inyectan las diversas ramas a sus producciones, es proporcional a la que reparte entre todos sus compradores en forma de productos.

²²² Consultar la sección 2.2.2.3.2 del Capítulo Dos para la explicación de la técnica. Los vínculos *hacia adelante* se calculan con: $G_i = \left[n \left(1 - \sum_{j=1}^n (c_{i,ij})^2 \right) \right]^{-\frac{1}{2}}$, donde $c_{i,ij} = \frac{EE_{D_{i,j}}}{EE_{D_i}}$ y $EE_{D_i} = \sum_{j=1}^n EE_{D_{i,j}}$. Y los vínculos *hacia atrás* con $G_j = \left[n \left(1 - \sum_{i=1}^n (c_{j,ij})^2 \right) \right]^{-\frac{1}{2}}$, donde $c_{j,ij} = \frac{EE_{D_{i,j}}}{EE_{D_j}}$ y $EE_{D_j} = \sum_{i=1}^n EE_{D_{i,j}}$.

El comportamiento ha pasado de abarcar 48.68% de la energía contenida de origen directo (EE_D) en 1970 a 70.44% en 2012. Y la energía contenida de las ramas que aparecieron en la tendencia hacia la igualdad perfecta pasaron de 44.12% a 14.22%. Es decir, en la adquisición de insumos en la demanda intermedia existe balance en los intercambios de energía contenida.

Las clasificaciones de igualdad perfecta y tendencia a igualdad perfecta de los vínculos *hacia atrás* de la demanda intermedia, 85% de las ramas se encuentran en éste comportamiento equivalentes al 85% de la energía contenida de origen directo.

Para el sector primario, Extracción Carbón siempre ha estado en este comportamiento, Extracción Petróleo y Gas solo estuvieron 1970.

En el sector secundario se tiene la mayor cantidad de ramas en igualdad perfecta. Las ramas que siempre han estado son: Público, Construcción, Aguas Envasadas, Tabaco, Hule, Automotriz, Fertilizantes excepto en 2003; Aluminio excepto en 2008; Química solo en 1970; Vidrio solo en 2003; y Cemento en 1970, 1978 y 1980.

Las ramas del sector terciario que siempre han estado en igualdad perfecta son: Transporte Aéreo; Transporte Marítimo; Comercio y Servicios; Transporte Ferroviario excepto en 2008; y Residencial solo en 2003.

Lo importante es distinguir que en estas ramas, es equivalente la energía contenida que adhieren a sus productos en la producción, y la energía contenida que reparten en el sistema a través de sus compradores. En otras palabras, son ramas que pueden alterar al sistema en demanda intermedia, ya que se cumple que $EE_{vendida} = \sum EE_{comprada}$.

El siguiente comportamiento es el de igualdad perfecta con vínculos *hacia adelante*, lo cual se refiere a las ramas que tienen una relación con la demanda intermedia, en que un incremento en la misma, genera un aumento proporcional en la cadena de producción de ellas.

La energía contenida de origen directo que acapara la igualdad perfecta con vínculos *hacia adelante* ha pasado del 26.55% de la EE_D con el 14% de las ramas en 1970 a -0.28% de la EE_D con el 4% de las ramas en 2012, el valor negativo fue porque importó energía contenida.

Del sector primario aparecen Extracción Carbón, en todos los años menos en 2008 y Extracción Petróleo y Gas solo en 1970.

Del sector secundario aparece Construcción en los primeros tres años 1970, 1975 y 1978; y Tabaco en 1975 y 1978.

Y el valor negativo de la EE_D de 2012 se debe a las ramas Aluminio y Residencial.

Mientras que las ramas con tendencia a la igualdad perfecta con vínculo *hacia adelante*, inició con 62.39% de la EE_D y el 66% de las ramas en 1970 a 55.94% de EE_D y 55% de las ramas en 2012.

Las ramas que se encuentran el comportamiento de igualdad perfecta con vínculos *hacia adelante* (más las que están en tendencia al éste comportamiento) son susceptibles a los cambios del sistema, ya que la energía adherida en la producción es proporcionalmente equivalente a la recibida de sus proveedores, por lo tanto, se cumple que $EE_{comprada} = \sum EE_{vendida}$.

El siguiente comportamiento es máxima concentración con vínculos *hacia atrás*. Son aquellas ramas que la energía contenida de sus productos, proviene de la energía utilizada en sus procesos de producción, y sobre todo que es resultado de la compra a una sola rama.

El comportamiento en 1970 tenía el 5.81% de la EE_D con 11% de las ramas, y en 2012 pasó a 15.34% de la EE_D con el 14% de las ramas. En cuanto a las ramas con tendencia a este comportamiento, empezó con 1.39% de la EE_D y una rama a no registrar en 2012.

A excepción de 1970, Extracción Petróleo y Gas del sector primario, siempre ha estado en este comportamiento; Minería solo marcó en 1975; del sector secundario GTD de Electricidad solo en 1970; Petroquímica básica siempre ha estado, menos en 2003; y Otras actividades industriales solo en 2008. Y del sector terciario Autotransporte estuvo en 1970, 1978 y 1980.

Lo que resalta de este comportamiento es que la energía contenida proviene de la compra a una sola rama, que después es inyectada en el proceso de producción.

El último comportamiento es de máxima concentración con vínculos *hacia delante*. Son ramas que transfieren toda su energía contenida a una sola rama, a través de la venta de sus productos.

En 1970 contenía el 6.74% de la EE_D con 7% de las ramas, para 2012 pasó a 0.73% de EE_D con 14% de las ramas.

Las únicas ramas que aparecen en éste comportamiento son del sector secundario, Tabaco en 1970, 1980 y 2008; y Residencial solo en 2008.

Pero las ramas que marcaron en tendencia hacia la máxima concentración con vínculos *hacia delante* empezaron en 1970 con 4.57% de la EE_D y 11% de las ramas y al final en 2012 llegaron a 43.6% de la EE_D y 22% de las ramas.

Lo que resalta de la máxima concentración con vínculos *hacia delante* es que toda la energía utilizada y adquirida para la producción, lo coloca en una sola rama como venta.

El índice mostró que existe un balance en los intercambios de energía contenida de la demanda intermedia, que es donde suceden los procesos de producción. En las compras de insumos de la igualdad perfecta es notoria en energía intercambiada y en cantidad de ramas, mientras que en las ventas de insumos el comportamiento se encuentra en tendencia a la igualdad perfecta.

Tabla 4. 9 Índice de Concentración de EED con vínculos hacia adelante

Año	Igualdad Perfecta			Tendencia a igualdad perfecta			Tendencia a Máx. con.			Máxima Concentración		
	Ramas	EE _D	%	Ramas	EE _D	%	Ramas	EE _D	%	Ramas	EE _D	%
70	2, 3, 7, 26	122.79	26.3	4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27	291.27	62.39	1, 14, 17	21.33	4.57	9, 10	31.48	6.7
75	3, 7, 10, 26	191.18	28.35	4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27	420.28	62.32	1, 2, 17	26.83	3.98	9, 14	36.09	5.3
78	3, 7, 10, 26	230.87	25.46	2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27	597.73	65.91	1, 9, 17	76.48	8.43	14	1.83	0.1
80	3, 7, 26	385.57	26.64	2, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27	974.98	67.37	1, 9, 14, 18	82.91	5.73	10, 17	3.64	0.2
03	3, 26	0.06	0	1, 2, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27	2546.46	91.15	7, 8, 16	247.07	8.84		0	0
08	-	-	-	3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 27	2002.84	83.9	1, 2, 7, 19, 20	384.69	16.11	10, 17, 26	-0.25	-0.1
12	19, 26	-4.26	-0.28	4, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 27	853.5	55.94	1, 5, 7, 11, 18, 20	665.17	43.6	2, 3, 10, 17	11.2	0.7

Tabla 4. 10 Índice de Concentración de EED con vínculos hacia atrás

Año	Igualdad Perfecta			Tendencia a igualdad perfecta			Tendencia a Máx. con.			Máxima Concentración	
	Ramas	EE _D	%	Ramas	EE _D	%	Ramas	EE _D	%	Ramas	EE _D
70	3, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 20, 22, 24, 25, 26, 27	227.27	48.68	1, 8, 11, 13, 16, 17, 18, 21	205.99	44.12	4	6.49	1.39	5, 12, 23	27.1
75	5, 7, 9, 10, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27	330.7	49.04	1, 6, 8, 11, 13, 16, 17, 21	255.79	37.93	18, 23	36.75	5.45	2, 4, 12	51.1
78	5, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 20, 22, 24, 25, 26, 27	434.67	47.93	1, 8, 11, 13, 16, 17, 21	317.11	34.97	4, 18	32.9	3.63	2, 12, 23	122.1
80	3, 7, 9, 10, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27	685.35	47.36	1, 8, 11, 13, 16, 17, 21	389.78	26.94	4, 5, 18	103.33	7.14	2, 12, 23	268.1
03	7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 24, 25, 26	394.8	14.13	1, 4, 6, 11, 12, 13, 17, 18, 27	1018.75	36.47	5, 21	1322.19	47.33	2, 23	57.1
08	3, 9, 10, 14, 15, 20, 22, 24	421.15	17.64	1, 4, 6, 8, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 27	443.16	18.56	5	19.34	0.81	2, 12, 21	1503.1
12	3, 7, 9, 10, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27	1074.57	70.44	1, 4, 5, 8, 11, 13, 16, 17, 23	216.98	14.22		-	-	2, 12, 18, 21	234.1

4.2.3.3.2 Índice de Rasmussen

Las medidas del índice permiten clasificarlas en cuatro grupos con valores similares de los vínculos *hacia delante* y *atrás*. Ello permite valorar, cuantitativamente, el balance de la energía contenida de un sistema económico, tomando en cuenta los efectos totales, es decir, considera la matriz inversa de Leontief o requerimientos totales, que conllevan las características de la demanda intermedia y final²²³.

La clasificación consiste en los valores de los vínculos *hacia delante* (FL del inglés Forward Linkage) y *hacia atrás* (BL del inglés Backward Linkage), se definen cuatro cuadrantes:

- el I son las ramas *estratégicas*, cuando se cumple que $BL \geq 1$ y $FL \leq 1$, su destino es la demanda final, dependen de abastecimiento inter – industrial;
- el II son las ramas *clave* son con $FL \geq 1$ y $BL \geq 1$, compran y venden mucho a la demanda intermedia, generalmente son dependientes de otros sectores;
- el III son las ramas *islas*, ocurren cuando $FL \geq 1$ y $BL \leq 1$, compran y venden mucho a la demanda intermedia, generalmente son dependientes de otros sectores; y
- el IV son las ramas *impulsoras*, con los valores de $FL \leq 1$ y de $BL \leq 1$, producen efectos mayores sobre el sistema, que éstas sobre él.

Los valores de los vínculos *hacia delante* *hacia adelante* y *hacia atrás* del índice de Rasmussen y clasificados en los cuatro grupos se encuentran en la Tabla 4.11.

La mayoría de las ramas se encuentran en el cuadrante III, las ramas *isla*, representan entre el 60% y 70% de las ramas del sistema económico. Pasaron de 11.95% en 1970 a 13.65% en 2008 y 8.33% en 2012 de la energía contenida total (EE_T) del sistema. Éstos tienen pocos encadenamientos en ambos sentidos, sus cambios no perturban al sistema ni el sistema a ellos, y su destino es la demanda final.

Las ramas que aparecen en el comportamiento de ramas *islas*, son principalmente actividades del sector secundario, que tienen valores importantes en la energía contenida de origen directo (en la demanda intermedia), sin embargo, en comparación con la energía contenida total (demandas intermedia y final) los valores están disminuyendo²²⁴.

Las ramas que aparecen son: Extracción Carbón, Público, Aguas Envasadas, Tabaco, Celulosa y Papel, Fertilizantes, Hule, Vidrio, Cemento, Aluminio, Transporte Aéreo, Transporte Marítimo y Transporte Ferroviario. Las ramas que aparecen solamente un año o un periodo son: Extracción Petróleo y Gas solo aparece en 1970; Minería aparece de 1978 a 2008; Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad aparece en 1975 y 1978; Azúcar de

²²³ Consultar la sección 2.2.2.3.3 del Capítulo Dos para la explicación de la técnica. Los vínculos *hacia adelante* se calculan con: $U_i = \frac{(\frac{1}{n}) \sum_{j=1}^n r_{i,j}}{(\frac{1}{n^2}) \sum_{j=1}^n r_{i,j}}$, donde $r_{i,j} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_i}}$ y $EE_{T_i} = \sum_{j=1}^n EE_{T_{i,j}}$. Y los vínculos *hacia atrás* con $U_j =$

$\frac{(\frac{1}{n}) \sum_{j=1}^n r_{j,i}}{(\frac{1}{n^2}) \sum_{i=1}^n r_{j,i}}$, donde $r_{j,i} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_j}}$ y $EE_{T_j} = \sum_{i=1}^n EE_{T_{i,j}}$.

²²⁴ Comparar con los resultados de la sección 4.2.3.3.1 “Índice de Concentración” que evalúa los intercambios de energía contenida de origen directo.

1978 a 2008; Química en 1970, 1980 y 2008; Siderurgia en 2005 y 2008; y Automotriz en todos los años excepto en 1975.

El siguiente comportamiento es para el cuadrante II las ramas *clave*, los cuales tienen altos valores en los vínculos *hacia adelante* y *hacia atrás*, compran y venden a la demanda intermedia. Y colocan grandes cantidades de energía contenida en la demanda final.

Las dinámicas de este grupo son importantes porque el intercambio de EE_T que hacen con el sistema, tiene un alto impacto en el componente indirecto, por eso están las ramas con los niveles más altos de energía contenida²²⁵. La producción de éstas ramas generan eslabonamientos en la demanda intermedia y también sus procesos de producción requieren de insumos de numerosas ramas que le suman energía contenida, ellas han pasado de representar de 65.47% al 63.52% de EE_T de 1970 a 2012, respectivamente y la conforman entre 14% y 18% de las ramas del sistema.

Las ramas que forman al grupo son: Otras actividades Industriales aparece en todos los años; Petroquímica básica esta en todos los años menos en 1970; Autotransporte en todos los años, menos en 1980; Agropecuario de 1970 a 1980; Extracción Petróleo y Gas de 1978 a 2008; Comercio y Servicios de 1970 a 1980; Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad en 1970 y 2003; Química en 1978 y 1980; y Residencial en 2003 y 2008.

El impacto que tienen sobre el sistema es alto, reciben y suministran cantidades importantes de energía contenida al sistema. Además, se observa la dependencia del sistema económico con las ramas Extracción de Petróleo y Gas y Autotransporte, tienen un alto grado de conectividad y una fuerte intensidad de conexión²²⁶.

El siguiente grupo se coloca en el cuadrante I, son las ramas *estratégicas*, las características de sus vínculos, tienen altos encadenamientos *hacia atrás* y bajos *hacia adelante*, las hace susceptibles a los cambios en la oferta y requieren de un cierto grado de coordinación entre la oferta y la demanda, dado que pueden generar cuellos de botella (o estrangulamientos), es decir, que no colocan sus producciones en la demanda final, desbalanceando al sistema. También son ramas en las primeras etapas de desarrollo, son las ramas con altos valores en la intensidad de energía²²⁷.

Las ramas *estratégicas* pasó de representar el 12.39% a 28.12% del total de EE_T del sistema, con 4% de las ramas en 1970 y 11% de las mismas en 2012. La rama que siempre ha estado es Construcción; Comercio y Servicios aparece en 2005 y 2008; Química en 2003; y Autotransporte en 1980.

²²⁵ Las cinco ramas con los mayores niveles de energía contenida total son: Extracción de Petróleo y Gas (2), Otras actividades industriales (21), Autotransporte (23), Residencial (26) y Comercio y Servicios (27). Ver la sección 4.2.3.1 “Distribución e intercambios de energía contenida del sistema económico” del presente capítulo y la Gráfica 4.6 “Evolución de la EE_T por ramas económicas”.

²²⁶ Consultar de la Gráfica 4.9 “Red de relación inter – energéticas” las ramas Extracción de Petróleo y Gas (2) y Autotransporte (23).

²²⁷ Ver la sección “a” de la Gráfica 2.1 “Sendero de energía idealizado” de la sección 2.1.2 “Sendero de energía e IDH” del capítulo Dos.

Son ramas que dadas las características de sus interacciones, tienden a asimilar energía contenida en sus insumos, por lo tanto, los productos que entregan al sistema conllevan cantidades importantes de la misma, y sus producciones son susceptibles a los cambios en la oferta.

El último grupo se localiza en el cuadrante IV, son *las ramas impulsoras*, se identifican porque los efectos que producen son mayores sobre el sistema económico, que del sistema sobre ellos. El comportamiento se debe a que tienen altos encadenamientos *hacia adelante*, se caracterizan porque una parte elevada de sus productos son vendidos a otras ramas, que los utilizan como bienes intermedios, generan vínculos hacia la oferta. Han pasado de representar 10.19% a 0.02% de la EE_T de 1970 a 2012 con 4% de las ramas.

En 2003 y 2008 no se registra ninguna rama; Extracción Petróleo y Gas aparece en 1975; Minería y Azúcar en 1970 y 1975; Petroquímica básica y Química en 1970 y 1975; y Siderurgia de 1970 a 1980.

Estas ramas son sensibles a los cambios en la demanda, tienden a ceder energía contenida al sistema para mantener sus interacciones, además los cambios en la demanda pueden ocasionar ajustes en la oferta y la cadena de suministros.

Los resultados del Índice de Rasmussen mostraron que existen tendencias a las concentraciones de EE_T , el comportamiento se asocia con el impacto que tiene las ramas de Extracción de Petróleo y Gas y Autotransporte con las demás ramas del sistema.

El comportamiento representativo es: para el grupo de ramas *clave* entre 14% y 18% de las ramas económicas concentran entre 50% y 60% de la EE_T ; mientras que el grupo de ramas *islas* entre 50% y 60% de las ramas económicas utilizan entre 8% y 18% de la EE_T ; y el grupo de ramas *impulsoras*, que pueden generar efectos sobre el sistema, están desapareciendo en cantidad de ramas y en EE_T .

Tabla 4. 11 Índice de Rasmussen de EET

	Año	Estratégicas (FL ≤ 1)			Clave (FL ≥ 1)		
		Ramas	EE _T	%(Total)	Ramas	EE _T	%(Total)
BL ≥ 1	1970	7	197.37	12.39	1, 5, 21, 23, 27	1043.07	65.47
	1975	7	303.53	13.64	1, 12, 21, 23, 27	1420.51	63.84
	1978	7, 27	684.22	20.14	2, 12, 21, 23	1973.51	58.1
	1980	7, 13, 27	1601.11	30.26	2, 12, 21, 23	2795.89	52.85
	2003	7, 12, 13, 27	2698.17	27.47	2, 21, 23, 26	5824.45	59.3
	2008	7, 27	1501.84	15.39	2, 21, 23, 26	6716.02	68.8
	2012	7, 20, 27	3411.48	28.12	2, 21, 23, 26	7706.14	63.52
		Islas			Impulsoras		
	Año	Ramas	EE _T	%(Total)	Ramas	EE _T	%(Total)
BL ≤ 1	1970	2, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 25, 26	190.37	11.95	4, 8, 12, 18	162.4	10.19
	1975	3, 5, 6, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 25, 26	222.51	10	2, 4, 8, 13, 18	278.65	12.52
	1978	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 25, 26	635.45	18.71	18	103.48	3.05
	1980	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 25, 26	719.61	13.6	5, 18	174.04	3.29
	2003	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25	1076.65	10.96	5	222.76	2.27
	2008	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25	1332.5	13.65	5	210.71	2.16
	2012	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 24, 25	1010.84	8.33	18	3.01	0.02

4.2.3.3.3 Índice de entropía de Theil

Los valores del índice permiten detectar las desigualdades en las inter – conectividades entre la oferta y la demanda del sistema económico utilizando la matriz de EE_T ²²⁸, mismos que se pueden agrupar para formar grupos con valores similares.

Los comportamientos que encuentra en los vínculos, ya sean *hacia delante* o *hacia atrás*, son:

- igualdad perfecta se detecta cuando cuando $H_i = \log(n)$; y
- máxima concentración cuando $H_i = 0$.

La interpretación de los comportamientos son:

- la igualdad perfecta con vínculos *hacia adelante* localiza que el efecto asociado con el incremento de una unidad en la oferta del conjunto de ramas *i*'s es proporcional al incremento de la demanda final de las ramas *j*'s. Y con vínculos *hacia atrás* encuentra que el efecto del incremento de una unidad de las ramas *j*'s es proporcional al incremento en la oferta de las ramas *i*'s; y
- la máxima concentración con vínculos *hacia adelante* detecta que el efecto asociado al incremento de una unidad en la oferta de las ramas *i*'s es proporcional al incremento en la rama *j* de la demanda final. Y con vínculos *hacia atrás* detecta que el efecto asociado al incremento de una unidad en la oferta de las ramas *i*'s es proporcional al incremento en la rama *j* de la demanda final.

En los resultados de los cálculos no todas las ramas aparecieron en los comportamientos definidos, por lo que se adicionó una clasificación más que representa la tendencia hacia alguno de los dos comportamientos.

En la Tabla 4.12 se muestran los comportamientos para los vínculos *hacia delante* y en la Tabla 4.13 los vínculos *hacia atrás*.

El grupo que acapara la mayor cantidad de EE_T y de ramas económicas es máxima concentración con vínculos *hacia atrás* y el grupo de tendencia a éste comportamiento. Lo identifican las ramas que aumentan la EE_T , como consecuencia de la reacción a los incrementos en el uso de energía en la producción de sus ramas proveedoras, ante un ascenso de la demanda final.

²²⁸ Consultar la sección 2.2.2.3.4 del Capítulo Dos para la explicación de la técnica. Los vínculos *hacia adelante* se calculan con: $H_i = \sum_{j=1}^n c_{i,j} \log\left(\frac{1}{c_{i,j}}\right)$, donde $c_{i,j} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_i}}$ y $EE_{T_i} = \sum_{j=1}^n EE_{T_{i,j}}$. Y los vínculos *hacia atrás* con $H_j = \sum_{i=1}^n c_{j,i} \log\left(\frac{1}{c_{j,i}}\right)$, donde $c_{j,i} = \frac{EE_{T_{i,j}}}{EE_{T_j}}$ y $EE_{T_j} = \sum_{i=1}^n EE_{T_{i,j}}$.

La EE_T del grupo de tendencia a máxima concentración, pasó de 44.41% en 1970 con 55% de las ramas, a 39% con 40% de las ramas en 2012. Y en el grupo de máxima concentración la EE_T pasó de 52.61% en 1970 con 33% de las ramas, a 62.51% en 2012 con 37% de las ramas.

En el grupo de igualdad perfecta con vínculos *hacia atrás* las ramas que lo conforman tienen una dinámica en la cual, la EE_T en la producción que colocan en la demanda final, tienen la misma magnitud que la adquirida de sus procesos de producción, a través de la energía utilizada y la energía contenida de los insumos.

En el comportamiento no se registraron ramas hasta 2012: con Aluminio -0.22%, pero la cantidad de energía era una magnitud negativa (importación de energía contenida); en tendencia hacia la igualdad perfecta en 1970 tenía 2.98% de la energía contenida total y en 2012, -1.29%.

Las dinámicas de la oferta hacia la demanda, los vínculos *hacia atrás*, están totalmente recargadas en el comportamiento de máxima concentración.

En 1970 era el comportamiento de igualdad perfecta con vínculos *hacia adelante* era el representativo en la cantidad de EE_T , tuvo 52.88% 29% de las ramas del sistema económico, en 2012 disminuyó a 29.35% con el mismo porcentaje de ramas.

La EE_T de los grupos de máxima concentración y tendencia éste comportamiento con vínculos *hacia adelante*, tuvieron 35.84% con 40% de las ramas y 11.28%, 29% de las ramas respectivamente en 1970. En 2012 la EE_T fue de 27.37% con 18% de las ramas y 43.28% con 51% de las ramas respectivamente.

En el grupo de igualdad perfecta con vínculos *hacia adelante* no registró EE_T .

Los comportamientos observados con el índice de Theil, muestran que el balance en los intercambios de energía, en términos de oferta – demanda, está disminuyendo en cantidad de ramas y en energía contenida. Ocurre lo contrario con la tendencia hacia la concentración de energía en los procesos de producción, como en la demanda final.

Tabla 4. 12 Índice de Theil de EET con vínculos hacia adelante

Igualdad Perfecta			Ten. a igualdad perfecta			Ten. a Máxima concentración			Máxima Concentración	
Ramas	EE _T	% (Total)	Ramas	EE _T	% (Total)	Ramas	EE _D	% (Total)	Ramas	EE _T
	0	0	7, 9, 10, 14, 15, 20, 21, 27	842.52	52.88	1, 2, 11, 12, 13, 19, 24, 25	179.68	11.28	3, 4, 5, 6, 8, 16, 17, 18, 22, 23, 26	571.01
	0	0	1, 7, 9, 10, 15, 20, 21, 27	1315.83	59.13	3, 5, 11, 12, 13, 14, 19, 24, 25	211.55	9.51	2, 4, 6, 8, 16, 17, 18, 22, 23, 26	697.82
	0	0	1, 7, 9, 10, 15, 20, 21, 27	1663.69	48.98	3, 5, 11, 12, 13, 14, 19, 22, 25	359.94	10.6	2, 4, 6, 8, 16, 17, 18, 23, 24, 26	1373.0
	0	0	7, 9, 10, 15, 19, 20, 21, 27	2591.28	48.98	1, 3, 4, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 22, 24, 25	647.04	12.23	2, 5, 6, 8, 12, 23, 26	2052.3
	0	0	3, 7, 9, 10, 20, 27	1917.51	19.52	1, 4, 5, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 25	3412.12	34.74	2, 6, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 26	4492.4
	0	0	3, 7, 9, 10, 15, 20, 27	1926.43	19.74	1, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 22	3929.26	40.25	2, 6, 18, 23, 24, 25, 26	3905.3
	0	0	3, 7, 9, 10, 15, 19, 20, 27	3561.13	29.35	1, 4, 5, 6, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 21, 22, 23, 25	5250.13	43.28	2, 12, 18, 24, 26	3320.2

Tabla 4. 13 Índice de Theil de EET con vínculos hacia atrás

Igualdad Perfecta			Ten. a igualdad perfecta			Ten. a Máxima concentración			Máxima Concentración	
Ramas	EE _T	% (Total)	Ramas	EE _T	% (Total)	Ramas	EE _T	% (Total)	Ramas	EE _T
	0	0	11, 12, 15	47.43	2.98	1, 4, 5, 6, 8, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25	707.62	44.41	2, 3, 7, 9, 10, 20, 21, 26, 27	838.10
	0	0	2, 6, 11, 12, 15	169.69	7.63	1, 4, 5, 8, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25	835.15	37.53	3, 7, 9, 10, 20, 21, 26, 27	1220.3
	0	0	4, 5, 6, 12, 15	203.82	6	1, 2, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25	1646.01	48.46	3, 7, 9, 10, 20, 21, 26, 27	1546.8
	0	0	2, 5, 6, 12, 15	1123.02	21.23	1, 4, 8, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25	2571.56	48.61	3, 7, 9, 10, 17, 20, 26, 27	1596.0
	0	0	2, 6, 11, 13, 15	1653.94	16.84	1, 4, 5, 8, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27	3461.99	35.25	3, 7, 9, 10, 20, 21, 26	4706.0
	0	0	6, 12	210.72	2.16	1, 2, 3, 4, 5, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27	5601.64	57.39	7, 8, 9, 10, 17, 20, 23, 26	3948.7
19	-27.12	-0.22	3, 6, 12, 13, 16	-156.29	-1.29	1, 2, 4, 5, 11, 14, 15, 18, 21, 22, 24	4731.26	39	7, 8, 9, 10, 17, 20, 23, 25, 26, 27	7583.6

Conclusiones

Se realizaron e interpretaron los enfoques de las técnicas de investigación del grupo II “El metabolismo energético del sistema económico” de descritas en el Capítulo Dos.

El primer enfoque consistió en tomar la información de los balances de energía para cambiarlos al formato de Insumo – Producto Energético²²⁹, ver la sección 4.1. El interés fue profundizar en las dinámicas de la energía desde el sistema energético, para ello se estimó el rendimiento energético, se interpretaron las matrices de necesidades y requerimientos energéticos y se efectuó un análisis de cambio estructural.

El segundo enfoque transformó las Tablas de Insumo – Producto monetario a términos de energía contenida²³⁰, ver la sección 4.2. La finalidad fue profundizar en las dinámicas de los intercambios de energía dentro del sistema económico, para lo cual se interpretó el comportamiento general del sistema económico en el periodo de estudio, después se realizó para cada rama y energético y se estudiaron los intercambios de energía entre las ramas económicas (por medio de la red de relaciones inter – energéticas, y los índices de Concentración, Rasmussen y Theil).

De las tablas de Insumo – Producto Energético se estimó el rendimiento energético (sección 4.1.1). En ellos se observaron los límites estructurales de los flujos de energéticos, en cuanto a las transformaciones de energía y el costo energético de colocar la energía en los usuarios finales.

Se interpretó que los límites de los energéticos primarios están en función de la extensión de sus yacimientos, la eficiencia de las tecnologías de extracción y de las apreciaciones económicas. Mientras no se hayan agotado y exista rentabilidad económica, serán los únicos que podrán tener valores mayores a uno, como el Petróleo Crudo que tiene un rendimiento energético del orden de las 200 unidades obtenidas por cada unidad inyectada a su proceso de extracción, o el Gas Natural con 19 unidades promedio²³¹.

En cuanto a los energéticos secundarios, forzosamente el rendimiento energético debe ser menor a uno, como consecuencia de las irreversibilidades en sus procesos de conversión de energía. Sin embargo, la apreciación económica radica en las opciones de sustitución y en su forma útil, por ejemplo, la Electricidad que al no conocer sustituto, es estratégico, y se aprecia aunque tenga un rendimiento energético promedio de 0.36 unidades, el más bajo de la estructura energética.

²²⁹ El planteamiento se localiza la sección 2.2.1 “Insumo – Producto Energético” del Capítulo Dos y el desarrollo de la técnica se aprecia en la sección 4.1 del presente capítulo.

²³⁰ El planteamiento se localiza la sección 2.2.2 “Energía Contenida” del Capítulo Dos y el desarrollo de la técnica se aprecia en la sección 4.2 del presente capítulo.

²³¹ Recordar que los cálculos se llevaron a cabo en términos de consumo primario.

En la interpretación de las matrices de necesidades energéticas directas observó el fuerte vínculo del Petróleo Crudo y del Gas Natural con la estructura energética (sección 4.1.2). Que además de su disponibilidad y abundancia, participan en la conversión de energéticos en forma útil y en energía útil de todos los energéticos secundarios. Del mismo modo con la Electricidad, que para obtenerla es necesario utilizar nueve insumos de veinte de la matriz energética.

La relación entre los requerimientos directos e indirectos con respecto al total, reveló un punto de inflexión en 1979 que marcó un cambio estructural en los aprovechamientos de la energía, antes de ese año el componente directo tenía la mayor proporción sobre el total. Recordar que el destino del componente directo en el Insumo – Producto Energético es el uso de energía para los procesos de conversión de energía.

Después de 1979 el componente indirecto se colocó como el de mayor peso sobre el total, alcanzando de inmediato, lo que parece la tendencia hacia un límite. Recordar que el componente indirecto en el Insumo – Producto Energético está asociado con el costo energético de colocar la energía en los centros de aprovechamiento final.

Por lo tanto se concluye que la dinámica entre los requerimientos directos e indirectos de la estructura energética de 1970 a 2012, dibujan un comportamiento asintótico, definido por el componente directo que está sujeto a los límites de las eficiencias en los procesos de conversión de energía. Mientras que el componente indirecto, sujeto al costo energético de colocar energía en los centros de aprovechamiento, nunca alcanzará la proporción de 100%, al menos mientras el sistema energético contenga procesos de conversión de energía.

Para detectar las causas que motivan los cambios de energía en la estructura del sistema energético nacional se realizó el análisis de cambio estructural (sección 4.1.3), aprovechando la información y el formato en el Insumo – Producto Energético.

A favor de la explicación de la relación entre los requerimientos directos e indirectos, el análisis de cambio estructural demostró que los cambios de energía asociados con las mejoras en las eficiencias de conversión de energía, más los relacionados con las posibilidades de sustitución de energéticos, son de magnitudes menores con respecto a las variaciones del uso de energía asociados con las dinámicas de los usuarios finales, que en su mayoría son la estructura económica.

Recordando que en el análisis de cambio estructural el componente de “variaciones en el uso de energía final”, evaluaron el efecto de los requerimientos indirectos de energía en el sistema energético²³², ahí (en la demanda final de energía) hay aprovechamientos de energía para los procesos de producción económica y en menor medida para las ramas Público y Residencial (que no solamente tienen un fin económico).

Al desagregar el análisis de cambio estructural para las veintisiete ramas con fines económicos, se obtuvo que las variaciones en el uso de energía final de mayor magnitud son para las ramas: Extracción Petróleo y Gas seguida de Autotransporte (55% menor en magnitud); Otras actividades Industriales (77% menor en magnitud); y Residencial (82% menor en magnitud).

²³² Es decir, el efecto de la demanda final de energía, donde no hay transformaciones de energía (de energéticos hacia otros).

Por lo tanto, los cambios más representativos están asociados con el costo energético de colocar la energía en los centros de aprovechamiento de los usuarios finales, que están en función de los tamaños del sistema económico y de sus dinámicas internas.

Para profundizar, se interpretó “la estructura” como el ecosistema económico visto desde el lente del ecosistema energético, dado que los elementos de éste último son un factor de producción indispensable. El medio de interpretación fue el concepto de energía contenida, donde el vínculo entre ambos es la intensidad de energía.

El comportamiento general mostró que la energía contenida total del ecosistema económico nacional se ha multiplicado por más de seis veces en 42 años con respecto a 1970 (sección 4.2.1). La evolución del componente directo²³³, ha sido el de menor peso sobre el total, alcanzado su máximo en 2003 con 2,974 PJ, marcando un punto de inflexión en que inicia su descenso, llegando en 2012 a los 1,517 PJ.

El descenso se explica por tres factores: disminución en los volúmenes de producción, mejoras en los aprovechamientos de energía; y aumentos en las ventas directas de productos en la demanda final, que no fueron sometidos a los procesos de producción de la demanda intermedia, resultado de los procesos extractivos.

El componente indirecto siempre ha sido el de mayor peso proporcional con respecto al total, sin embargo, es notorio que entre 1975 y 1978, el peso específico de su magnitud se acerca más al total, marcando el comportamiento de la curva, lo que se hace totalmente evidente en el 2003, aunque el componente directo pierde peso con respecto al total, el indirecto continua acercando a la magnitud del total.

Tomando en cuenta que el componente indirecto cuantifica la energía contenida necesaria para colocar la producción en la demanda final, se concluye que el costo energético de hacer economía ha aumentado.

El uso de energía en los procesos de comercialización de productos producidos es mayor a los procesos de producción, llegando a tener un peso de 87% de la energía contenida total en 2012 en comparación con el 70%, en promedio, que se había mantenido de 1970 a 2003.

Al desagregar las magnitudes de los componentes directos e indirectos a las veintisiete ramas económicas (sección 4.2.2), se encontró que: Otras actividades Industriales, Autotransporte, Residencial, Extracción Petróleo y Gas, y Comercio y Servicios, fueron las responsables del 55.1% de la energía contenida total del sistema en 1970, y en 2012 alcanzaron 77.47%, son las más intensivas en energía contenida total.

Los intercambios de energía en los procesos de producción (sección 4.2.3), la demanda intermedia, los valores más altos de energía contenida directa fueron: Otras actividades Industriales, Construcción, Química, Petroquímica básica y, Comercio y Servicios. Utilizaron del total de energía destinada a la producción (energía contenida directa) del ecosistema

²³³ Recordando que el componente directo cuantifica la magnitud de energía contenida que fue suministrada a los procesos de producción del ecosistema económico, por vía de aprovechamientos de energía y de la energía contenida en los insumo.

económico nacional el 77.75% en 1970 y 72.39% en 2012, empero, fue el equivalente a 22.2% y 9% de la energía contenida total en los mismo años.

El costo energético de hacer economía, el componente indirecto, los valores más altos fueron para las ramas: Autotransporte, Otras actividades Industriales, Residencial, Extracción Petróleo y Gas y, Comercio y Servicios. Absorbieron el 57.94% en 1970 y 80.05% en 2012, que fue equivalente al 40.96% y 70.04% de la energía contenida total, respectivamente.

Por lo tanto, las ramas Otras actividades Industriales, Autotransporte, Extracción Petróleo y Gas y, Comercio y Servicios, son las más intensivas en energía contenida para el ecosistema económico nacional de 1970 a 2012.

Las dinámicas internas del sistema económico en términos de intercambios de energía contenida, se representaron en la red de relaciones inter – energéticas. Además de ejemplificar porque es un ecosistema energético dentro de un ecosistema económico, se mostró que la conectividad del sistema aumentó durante los cuarenta y dos años estudiados, pero la intensidad de conexión no.

Las dinámicas de la red de relaciones inter – energéticas las determina la conectividad e intensidad de conexión. Son las dependencias entre las ramas y de ellas con el ecosistema, lo que determina su lugar en la red.

Las ramas Otras actividades Industriales y Autotransporte tienen una dinámica de fuerzas con el sistema que las convierte en centro de gravedad, y esas relaciones de conectividad – intensidad llegan a determinar la estructura de la red.

Esto también explica porque son ramas que tienen altos niveles de energía contenida, es decir, reciben grandes cantidades de energía para su producción y proveen al sistema con magnitudes representativas de energía contenida, tanto a la demanda intermedia, como en la demanda final; por otro lado, Extracción Petróleo y Gas es proveedor de energía (en proporción importante de la demanda final); Residencial y Construcción absorben energía.

Comercio y Servicios tiene una dinámica más complicada, los puntos que se localizan en el centro de la red tienen en su primer radio ramas de Transporte y cuando se alejan hacia el exterior, también lo hacen las mismas; la conectividad e intensidad de la rama con el sistema, esta ligado a las actividades de Transporte, actividades que elevan la carga energética que tienen los productos por vía de los efectos indirectos.

Tales dinámicas se analizaron por medio del índice de concentración para la demanda intermedia, el de Rasmussen para determinar los efectos potenciales de las ramas sobre el ecosistema económico y el de Theil para las relaciones entre las demandas intermedia y final.

Los tres con los enfoques de oferta hacia demanda y viceversa, donde las dinámicas se determinan por los intercambios de energía contenida en los comportamientos de igualdad perfecta, que detecta intercambios proporcionales entre ramas y la máxima concentración que encuentran los intercambios de varias ramas hacia una.

El índice de concentración mostró que en la demanda intermedia, donde ocurren los procesos de producción, se detecta un balance “relativo” en los intercambios de energía contenida.

En los efectos de la demanda sobre la oferta²³⁴, los aumentos en la demanda intermedia, generan incrementos proporcionales con intercambios de energía en la producción de 55% de las ramas económicas, que juntas abarcan entre 48.68% y 70.44% de la energía contenida para los fines de producción, entre los años 1970 y 2012. Mientras que el 25% de las ramas respondieron a los incrementos de la demanda intermedia sin intercambios de energía con otras ramas, utilizando el 5.81% de la energía contenida en 1970 y 15.34% en 2012.

En cuanto a los efectos de la oferta sobre la demanda²³⁵, el balance tiende a disminuir. En 1970 los incrementos en la producción del 80% de las ramas económicas generaban incrementos proporcionales con intercambios de energía en la demanda intermedia, repartiendo el 88.44% de la energía contenida. Para 2012 los intercambios disminuyeron a 59% de las ramas con el 55.66% de la energía contenida para propósitos de producción. Contrario al 20% de las ramas que respondían a los incrementos sin intercambios del 7.2% de la energía contenida total con otras ramas, para 2012 subió a 41% de las ramas y el 15.24% de energía.

El índice de Rasmussen mostró que el potencial más representativo para generar incrementos de energía contenida, tanto en la demanda intermedia como en la final, es para las actividades de las ramas Extracción Petróleo y Gas, Petroquímica básica, Otras actividades Industriales, Autotransporte y Residencial. Las cuales retienen entre 65.47% y 63.52% de la energía contenida total²³⁶.

Las actividades de las ramas Construcción y, Comercio y Servicios, tienen el potencial de generar incrementos en la energía contenida de la demanda intermedia, que en términos monetarios pueden producir “estrangulamientos” al sistema, por no colocar su producción en la demanda final, pero en términos de energía contenida no sucede eso porque absorben y retienen energía de sus procesos de producción en sus productos; han pasado de absorber el 12.39% de la energía contenida total del sistema en 1970 a 28.12% en 2012²³⁷.

Los movimientos de las ramas: Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad; Siderurgia; y en parte Minería y Azúcar. Tienen el potencial de inducir incrementos en la demanda final, han utilizado el 10.19% de la energía contenida total en 1970, bajando a 0.02% en 2012²³⁸.

De acuerdo con el índice de Rasmussen las demás ramas no tienen el potencial para generar cambios en la demanda intermedia ni en la final.

En conclusión las cuatro ramas más intensivas en energía contenida total tienen el potencial para alterar al sistema completo desde la oferta o desde la demanda, al menos en un 60% de la energía contenida total del sistema económico²³⁹.

²³⁴ Consultar la Tabla 4.10 “Índice de Concentración de EE_D con vínculos *hacia atrás*”.

²³⁵ Consultar la Tabla 4.9 “Índice de Concentración de EE_D con vínculos *hacia adelante*”.

²³⁶ Consultar la Tabla 4.11 “Índice de Rasmussen de EE_T ”.

²³⁷ *Ibíd.*

²³⁸ *Ibíd.*

²³⁹ Las cuatro ramas más intensivas en energía contenida total en 2012 fueron: Extracción de Petróleo y Gas, Otras actividades industriales, Autotransporte y Residencial.

Mientras que tres ramas lo pueden hacer solo en la oferta, en una magnitud equivalente al 12% de la energía total²⁴⁰.

El índice de Theil mostró que ante un incremento de la demanda final, en 1970, prácticamente el 100% de las ramas del sistema económico, colocaron la energía contenida de sus producciones en una rama de la demanda final, mientras que en el 2012 fue de 77% de las ramas²⁴¹.

Un incremento en la oferta genera que 70% de las ramas coloquen la energía contenida total de sus productos en una de la demanda final equivalente a 47.12%, en 1970; para 2012 alcanzó 70% de la energía contenida total²⁴².

Simultáneamente el otro 30% de las ramas colocan partes proporcionales de la energía contenida total en diferentes ramas de la demanda final. En 1970 registró el 52.88%, y en 2012 representó 29.35%²⁴³.

Del índice de Theil se tiene que el balance en los intercambios de energía, en términos de oferta y demanda, está disminuyendo en cantidad de ramas. Pero en energía contenida total ocurre lo contrario, la tendencia hacia la concentración ha llegado a 70% del total de los procesos de producción hacia una rama, tanto en ventas de una rama de la demanda intermedia (hacia varias en la demanda final), como en la compras de productos en la demanda final de una sola rama (hacia varias de la demanda intermedia).

Se concluye que ante un incremento (o decremento) de una unidad en la demanda final, se generará un incremento de 70% de la energía contenida total en el 70% de las ramas, que colocan sus producciones en una rama de la demanda final.

En el Capítulo Cinco “Análisis Integrador” se integran tanto los resultados, como las interpretaciones descritos del presente capítulo, con los obtenidos en el Capítulo Tres “Enfoques del grupo I. Macro comportamientos”.

²⁴⁰ Las tres ramas en 2012 fueron: Construcción, Automotriz y Comercio y Servicios.

²⁴¹ Consultar las Tablas 4.12 y 4.13 “Índice de Theil de EE_T con vínculos *hacia adelante*” y “Índice de Theil de EE_T con vínculos *hacia atrás*”, respectivamente.

²⁴² *Ibíd.*

²⁴³ *Ibíd.*

Capítulo Cinco. Análisis integrador

Introducción

El objetivo del presente capítulo es realizar un análisis para valorar la contribución del sector energético a la sustentabilidad del desarrollo, para ello se integran los resultados e interpretaciones de los tres enfoques elaborados en el Capítulo Tres “Macro comportamientos. Enfoques del grupo I” y de los dos enfoques realizados en el Capítulo Cuatro “Metabolismo energético. Enfoques del grupo II”.

Este capítulo está compuesto por cinco secciones, en ellas se abordan: el contexto histórico económico político de los modelos de desarrollo de México; se engloban los comportamientos detectados en los cinco enfoques; de acuerdo con las relaciones de la energía, la economía en los aspectos de desarrollo, se toman aquellos rasgos que bloquean el potencial la energía para la sustentabilidad del desarrollo; también se reseñan las cualidades de la energía que han favorecido al desarrollo; y una sección adicional que registra observaciones adicionales.

En la sección 5.1 se tiene información del contexto histórico de lo económico – político de los modelos de desarrollo de México. Se tienen que han pasado dos modelos de desarrollo²⁴⁴: el primero fue el de sustitución de importaciones que estuvo desde finales de la Revolución mexicana hasta 1981, se identifica porque el Estado tuvo una participación dominante en los procesos de desarrollo y de las actividades económicas; y el segundo fue el de Globalización, se caracteriza porque disminuye la participación del Estado en la economía de manera significativa, con modificaciones a los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28.

Le sigue la sección 5.2, la cual se encarga de asociar los comportamientos a nivel macro en los enfoques del grupo I y los del metabolismo energético del sistema económico²⁴⁵.

De 1970 a 1981 todos los indicadores e índices mostraron valores positivos acompañados de un comportamiento energo – intensivo, esto es una evidencia de un cierto grado de sustentabilidad.

El contexto económico – político, en cuanto a los aspectos de desarrollo, se relaciona con la última etapa del Modelo de Sustituciones de Importaciones. De 1982 en adelante, inicia el periodo denominado desarrollo por globalización o consenso de Washington (o de mercado, o de Williamson, o neoliberal), se hicieron evidentes las dificultades para encauzar el desarrollo, todos los indicadores reaccionaron de manera sensible, tomaron valores negativos y el sendero de energía presentó nudos (alejándose de la configuración de una curva suave y continua), sobresale que en este punto también inicia la desvinculación del Estado de las actividades económicas.

El metabolismo energético del sistema económico o de la estructura energética dentro de la económica, en el insumo – producto energético se tiene la tendencia a comportamiento asintótico en cuanto a la relación de los usos de los energéticos directos e indirectos y que los principales cambios están asociados con las actividades económicas. Y de la energía

²⁴⁴ Consultar la sección 3.1.

²⁴⁵ El detalle de la información se puede consultar en el Capítulo Dos “Macro comportamiento. Enfoques del grupo I” y en el Capítulo Tres “Metabolismo energético. Enfoques del grupo II”.

contenida se tienen evidencias de concentraciones de energía en algunas ramas económicas, las cuales se acentuaron de 1970 a 2012 llegando a que el 70% de la energía contenida total circulara entre cinco ramas del sistema económico.

Los principales factores que bloquean la sustentabilidad del desarrollo se encuentran en la sección 5.3, donde la contribución de la energía toma uno de los papeles más importantes. Uno de los factores de mayor impacto son resultado de la falta de acuerdos políticos y de arreglos institucionales, muestra de ello son los modelos de desarrollo rígidos, que tienen dificultades de adaptación. Por otro lado, se hace evidente que el sistema está desbalanceado, como lo muestra el índice de Rasmussen, que detectó las ramas que tienen el potencial para provocar efectos multiplicadores en el sistema; así como, los índices de Concentración y de entropía de Theil, que detectan las ramas que son más sensibles para instaurar mecanismos de control indirectos para activar una distribución de energía contenida favorable.

En la sección 5.4 se incluyen algunas observaciones que se consideran tienen el potencial de detonar acciones positivas para tales propósitos. Los principales aspectos que se consideran son: vincular los conceptos de la energía y los de economía con los propósitos de desarrollo; crear modelos de desarrollo flexibles que contengan mecanismos de diagnóstico y de adaptación; e integrar los mecanismos de gestión directo e indirectos para alcanzar los propósitos de desarrollo.

Y en la sección 5.5 se hace una reflexión con las observaciones de las intersecciones de la energía con la economía que modifican las percepciones del desarrollo, así como los alcances de la sustentabilidad.

5.1 Modelos de desarrollo

En las diversas etapas de desarrollo que ha transitado México, el papel del Estado ha sido fundamental, tanto en el marco del consenso keynesiano (Modelo de Sustitución de Importaciones), como en el consenso neoliberal.

Para los asuntos de desarrollo, se estableció desde el primer plan sexenal a la dimensión económica como la de mayor impacto, por sus efectos distributivos en los procesos de producción y en el reparto del producto social. Lo cual llevó al Gobierno a instrumentar los mecanismos para asegurar la propiedad y la gestión de sus recursos naturales, donde uno de los más importantes fueron los hidrocarburos. Simultáneamente adoptaba la tendencia del constitucionalismo social, para activar las normas básicas establecidas en el Constituyente de 1917, (Constitución Política, 2009, pág. 599).

Algunas de las condiciones para emprender el proceso de desarrollo fueron: los diversos procesos de pacificación de 1921 a 1934; el nacimiento del Banco de México; la configuración del núcleo de la convivencia política (PNR); y el fortalecimiento de la institución Presidencial.

El aseguramiento de los hidrocarburos más la decisión de definir la estructura económica hacia la industrialización y la urbanización de la nación, sirvieron de base para sustentar el Modelo de Sustitución de Importaciones, que funcionó durante varias décadas. Tuvo sus fases de introducción, de asentamiento, de *época dorada*²⁴⁶, y de agotamiento.

Como toda etapa, el modelo recorrió su sendero, se distinguen los periodos de auge y declive, en ésta última, la información asimilada por la investigación, mostró que uno de los factores importantes se debe a los mecanismos de protección de los encargados de los procesos productivos. Los cuales eran indispensables para lograr y consolidar su formación, incluyendo la curva de aprendizaje para estructurar el mercado interno y tomar fuerza para integrarse a las leyes del libre mercado en el contexto internacional. También se encontraron observaciones que consideran que en el largo plazo, los mecanismos resultaron excesivos.

Con el declive del Modelo de Sustitución de Importaciones, se inició la búsqueda de modelos de desarrollo alternativos. En su fase terminal de 1970 a 1982 persistió la esencia de dicho modelo.

En gran medida la “perseverancia” del Modelo de Sustitución de Importaciones, pese a los ajustes que se buscó introducir, el factor hidrocarburos fue determinante para que eso fuera posible, sobre todo al final de la segunda mitad de la década de 1970, con inicio de operaciones del complejo Canterell. Pero con el impedimento de convertir su energía contenida, técnica y económicamente de disponible a útil. Si bien, la abundancia de petrodólares en los mercados financieros internacionales y las bajas tasas de interés, aunado a la garantía que significaba Canterell, hicieron posible su explotación.

²⁴⁶ Conocida así por las tasas de crecimiento económico con índices de inflación bajo a la par que se distribuían los beneficios.

Esas condiciones cambiaron drásticamente en 1982 cuando el precio internacional del barril de petróleo descendió de manera abrupta y las tasas de interés crecieron de forma significativa. Eso fue lo que introdujo el cuadro de crisis nacional que arribó, como ya se mencionó a la nacionalización de la banca.

Al inicio de la siguiente etapa de desarrollo, conocida como consenso de mercado. Fue un punto de inflexión en las rutas de desarrollo, todos los indicadores e índices elaborados fueron sensibles. Fue el inicio de una nueva etapa para México.

El inicio del nuevo modelo de desarrollo se caracteriza contar con grandes cantidades de energía disponible, que fueron destinados para alimentar las exportaciones (a la demanda final), no llevaron a cabo transformaciones a energía útil que alimentaran las actividades económicas.

Los asuntos de la deuda pública se convirtieron en la base para instaurar el nuevo modelo de desarrollo, partiendo de intensificar la integración nacional con los mercados internacionales, así como en las instituciones públicas financieras (FMI), de desarrollo (BM) y de comercio (GATT ahora OMC) supranacionales.

Simultáneamente, se observa la tendencia a limitar la participación del Estado en las actividades económicas, sociales y de la planeación del desarrollo. Aunque sus obligaciones desde los artículos constitucionales afirman la rectoría, en los hechos se ha ido distanciando en la medida de que se adentra en la estrategia reformista.

Se entiende que esta aumentando la complejidad para abordar el tema de la sustentabilidad del desarrollo de manera sistemática, para hacerlo se requieren: de complementariedad entre los conceptos de economía, energía, política y otros; de técnicas de análisis más precisas; del conocimiento de los recursos de la nación, de cómo se utilizan y de cuáles son las externalidades que generan sus usos, es decir, de cuantificar los usos directos e indirectos²⁴⁷. Y, entre otros, de diseñar mecanismos de control directos e indirectos que contribuyan a racionalizar lo que tiene la nación.

²⁴⁷ Para visibilizar los límites naturales de la sustentabilidad del desarrollo, así como las cantidades y calidades posibles de energía contenida en el sistema económico que podrían ser modificadas, para lograr un sistema, en términos de energía, más eficiente y así aumentar las posibilidades de alcanzar los criterios de desarrollo y las características que le dotan de sustentabilidad.

5.2 Comportamientos observados

En la fase de transición del Modelo de Sustitución de Importaciones, el lapso entre 1970 y 1982, los valores de los indicadores y los índices mostraron evidencia de un cierto grado de sustentabilidad del desarrollo. Y el comportamiento del sendero de energía mostró una curva suave y ascendente.

Tanto los indicadores de energía y sustentabilidad, como el índice de sustentabilidad energética tuvieron valores positivos. Y el comportamiento ascendente del sendero de energía fue una tendencia *energo – intensiva* que caracteriza a las primeras etapas de desarrollo²⁴⁸, donde los procesos productivos se dirigen a actividades intensivas en energía como la construcción de infraestructura que sustentará las siguientes etapas de desarrollo.

Dado que la intensidad de energía contiene aspectos económicos, políticos y normativos, entre otros. La cualidad de *curva suave* es reflejo (en parte) de la coordinación de los agentes de una nación para dirigir sus esfuerzos en una sola dirección, evidencia de la aceptación de un proyecto – nación y de la tendencia de un desarrollo, relativamente, armónico y continuo.

En la transición al modelo de mercado, los indicadores mostraron que uno de los cambios más representativos ocurrió entre 1982 y 1983.

Recordando que el problema de la deuda pública, particularmente la externa, fue en gran medida la base del diseño para el siguiente modelo de desarrollo, los márgenes nacionales de negociación eran reducidos y en consecuencia el grado de condicionalidad fue elevado. Los valores de los indicadores respondieron detectando las principales variables que afectaron la sustentabilidad del desarrollo, éstos fueron la magnitud de la deuda pública energética, la disminución en el alcance de los hidrocarburos y el aumento del gasto en energía con respecto a los ingresos de los hogares.

Para el sendero de energía, éstos años fueron el inicio del primer nudo del periodo, coincidiendo con las modificaciones en los artículos constitucionales 27 y 28, que desvinculan al Estado de las actividades económicas.

Una evidencia de que un proyecto – nación²⁴⁹, al no ser compartido por la mayoría de los agentes involucrados en los procesos productivos, alteran la dirección del sendero y afecta la cualidad de *curva suave*. Inició un periodo de estancamiento económico.

En las adecuaciones a los artículos mencionados, se redefinieron las categorías de estratégico y prioritario, reduciéndose la potestad del Estado sobre diversos recursos, tales como: las petroquímicas primaria y secundaria, así como, una gran variedad de productos mineros. Ello requirió de adaptaciones en las leyes secundarias.

²⁴⁸ Ver la sección 2.1.3 “Sendero de energía e IDH” del Capítulo Dos.

²⁴⁹ Paradójicamente en la administración 1982 – 1988, se introdujo el artículo 25 constitucional, donde se define la directiva de desarrollo de la nación y se mandata al Estado para que se haga cargo de la rectoría del mismo.

De estos años en adelante, además de formalizar las fronteras del Estado en los asuntos económicos, se observa también que inicia el alejamiento de los procesos de planeación. Los planes nacionales de desarrollo se tornaron cada vez más ambiguos en cuestiones económicas, pero resaltan las cuestiones de seguridad. Al ampliarse las diferencias entre desarrollo y seguridad, inclinándose hacia esta última la atención del Estado, se genera un desbalance que va menguando las capacidades para gestionar la agenda de desarrollo.

Tanto los indicadores de energía y sustentabilidad, como el índice de sustentabilidad energética, de 1983 en adelante, la sustentabilidad del desarrollo se perdió con respecto a 1970. El sendero de energía mostró que ha aumentado el uso de energía per cápita, que el sistema se ha vuelto más energético – intensivo y que los nudos siguen apareciendo²⁵⁰, es decir, no ha surgido un proyecto – nación que logre la aceptación de la mayoría de los agentes para dotar de coherencia a los procesos productivos del país.

En comparación con Estados Unidos que tiene un sendero prácticamente suave con tendencias a continuar disminuyendo su intensidad de energía, o como las curvas del sendero de energía de China e India, que como países emergentes que están en la misma tendencia de intensidad de energía, sus senderos no registran nudos, con diferencias de uso de energía por unidad de PIB muy superiores a los de México y Estados Unidos.

En México el potencial de la energía disponible de Petróleo Crudo y Gas Natural, es grande. El potencial que tienen los hidrocarburos para sustentar las actividades económicas y con ello los procesos de desarrollo, es alto, dado que el rendimiento energético se coloca en 200 y 19 unidades en promedio, respectivamente. Esto es importante porque el vínculo que tienen con la conversión a energéticos útiles (secundarios), es fuerte e intervienen en todas las transformaciones de la canasta energética nacional.

Se detectó un punto de inflexión en 1979 de la relación entre las proporciones directas e indirectas de los usos de energía del sistema energético, se invirtieron los pesos porcentuales con respecto al total.

Los costos energéticos relacionados con colocar la energía en los centros de aprovechamiento final, el componente indirecto, aumentó drásticamente porque reaccionó al incremento de la extracción de Petróleo Crudo. Recordando que en 1978 iniciaron las operaciones en el complejo Canterell, el 36% de la extracción de éste energético pasó a la demanda final (a la rama de exportaciones), un proceso que se lleva a cabo sin cruzar la demanda intermedia, donde ocurren los procesos de transformación. El porcentaje que durante el periodo aumento a 50% y se mantuvieron hasta 2012.

El análisis de cambio estructural mostró que las variaciones en el uso de energía en los usuarios finales (las actividades económicas principalmente) explican más del 90% de los cambios. Donde el Petróleo Crudo es el energético de mayor peso, por ello la rama Extracción de Petróleo y Gas es la que tiene los cambios representativos. Lo más relevante de éste comportamiento es el hecho de que la mitad de esa energía disponible no se transforma en

²⁵⁰ Vale comentar que en el momento en que el Estado y sus decisores estratégicos, ya no pudieron avanzar en la consolidación de la fase de industria pesada del Modelo de Sustitución de Importaciones, dejaron al sistema en la antesala de alcanzar la zona de la “meseta” en la curva del sendero de energía, típico de un proceso teórico de desarrollo. En sentido estricto, se pudo postergar la aparición de los nudos hasta que inicia el establecimiento del consenso de mercado.

energía útil, ni se inyecta en los procesos productivos del país, mismo porcentaje que se puede interpretar como las responsabilidades de México en el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto internacional, por vía de exportación de Petróleo Crudo.

Del análisis de la energía contenida, se observó un comportamiento similar al de los aprovechamientos energéticos, cerca del 30% de la energía contenida del sistema económico es de origen directo, es decir, energía que utiliza el sistema económico para los procesos de producción. Mientras que el 70% es de origen indirecto, el cual se relaciona con el costo energético de colocar la energía contenida en forma de productos en la demanda final.

Con las Tablas de Insumo – Producto en términos de energía contenida, se advirtió que entre 1975 y 1978, empezó la brecha entre los componentes directos e indirectos del sistema económico, donde la mayor magnitud de energía contenida fue para el componente indirecto.

En la fase de Transición del Modelo de Sustitución de importaciones, las evidencias de su agotamiento fueron claras, dado que al sistema económico le costo más energía colocar sus producciones en la demanda final.

Aunque en la fase de Transición los aprovechamientos de energía en los procesos de producción aumentaron, es decir, el componente directo de la energía contenida pierde peso porcentual con respecto al total, la curva del sendero de energía mostró que fue un periodo energo – intensivo y aumentó el PIB per cápita. El componente directo perdió peso porque cantidades importantes de la extracción de energía pasaron directamente a la demanda final, no se inyectó a los procesos de producción, lo que también explica el incremento del componente indirecto.

En 2003 le sigue otro punto de inflexión y máximo (del periodo de estudio) del componente directo de la energía contenida. A partir de ese año inició su descenso hasta alcanzar el 13% sobre el total, en ese periodo la intensidad de energía se mantuvo prácticamente constante y se registró una diferencia positiva en el PIB per cápita de 0.46 1000USD@2000 por habitante²⁵¹.

Los intercambios de energía contenida en el sistema económico, en la la demanda intermedia tienen un cierto balance, en cuanto a la reacción de la oferta por variaciones de la demanda, porque 55% de las ramas económicas intercambian el 70% de la energía contenida, 1.2 unidades de energía contenida de origen directo (EE_D) para cada una de éstas ramas.

En contraste, los efectos de la oferta sobre la demanda tienden han disminuir, en 1970 pasaron de 80% de las ramas con intercambios proporcionales de energía contenida, equivalentes a 88.44% de la energía contenida de origen directo, para disminuir en 2012 a 59% de las ramas con el equivalente a 55.66% de la EE_D . Pasó de 1.1 unidades de EE_D para cada rama a 0.94 unidades, éste descenso de energía contenida de origen directo, es la que abastece las concentraciones de energía en otras ramas.

²⁵¹ La diferencia más amplia de 2003 a 2012 para la intensidad de energía fue de 1.1 kTep / 1000USD@2000, ver la Gráfica 3.6 “Sendero de energía y de IDH 1970 - 2012”.

De la última etapa del Modelo de Sustitución de Importaciones y el inicio del Modelo de Mercado, el 70% de la energía contenida ha sido más sensible a las variaciones de la demanda, además hay que notar que la contraparte del 30% de la energía contenida proveniente de los procesos de producción del 45% de las ramas, la concentran en una rama de la demanda final.

La tendencia a la concentración más acentuada en los efectos de la oferta hacia la demanda, ha pasado de 1970 a 2012: de 11.56% de la energía contenida de los procesos de producción con el 20% de las ramas, a una sola de la demanda final; a 44.34% de la energía contenida con el 41% de las ramas, para los años mencionados. Recordando que el peso de la energía contenida de origen directo con respecto al total, pasó de 30% en 1970 a 13% en 2012, es decir, en 42 años los procesos de producción aumentaron la conectividad de las ramas económicas pero no la intensidad de conexión.

La magnitud de energía contenida de la producción y la cantidad de ramas económicas que concentran sus productos en una sola rama de la demanda final esta aumentando, con ello se altera las posibilidades de un crecimiento equilibrado.

Las dinámicas entre las demandas intermedia y final, en cualquiera de las direcciones, de la oferta hacia la demanda o viceversa, distan del balanceo.

La tendencia es hacia la concentración de energía contenida total, lo cual es constatable cuando se observa que de la oferta hacia la demanda, el 70% de las ramas económicas colocan su producción en una rama de la demanda final. O en sentido contrario, de la demanda hacia la oferta, una rama puede alterar el 70% de la energía contenida total.

Los indicadores también mostraron cuáles son las ramas que alimentan las tendencias hacia las concentraciones: Extracción de Petróleo y Gas; Petroquímica básica; Otras actividades industriales; Autotransporte; y Residencial. Tienen el potencial de alterar poco más del 60% de la energía contenida total desde la demanda intermedia y final, ya sea de la oferta o de la demanda.

Las ramas Construcción y Comercio y Servicios, tienen el potencial de generar incrementos en la energía contenida de la demanda intermedia, que puede oscilar entre 12% y 28% de la energía total.

Mientras que las ramas Público, Siderurgia, y en parte Minería y Azúcar, tienen el potencial de inducir incrementos en la demanda final equivalentes entre 10% y 2% de la energía contenida total.

El comportamiento general que ha seguido el sistema económico en términos de energía contenida, es que las cuatro ramas más intensivas en energía y en energía contenida, tienen el potencial para alterar al sistema completo, desde la oferta o desde la demanda, al menos en un 60% de la energía contenida total. Mientras que tres ramas lo pueden hacer solo en la oferta, en una magnitud equivalente a 28% de la energía total. Y cuatro ramas en la demanda final equivalentes a 2% de la energía contenida total.

En las dinámicas de las concentraciones, diez ramas controlan cerca del 90% de la energía contenida total del sistema económico.

5.3 Factores que bloquean la contribución de la energía a la sustentabilidad del desarrollo

Resulta inevitable retomar que la esencia de los factores que impiden el desarrollo, es decir, que afectan la sustentabilidad, ha sido la decisión de contemplar los servicios de la naturaleza como gratuitos, esto agudizó el dislocamiento entre los procesos del ser humano y de la naturaleza.

Por ejemplo, las diferencias entre la cantidad de tiempo que se necesita para que los procesos biogeoquímicos del planeta, conviertan diferentes materiales en energéticos primarios, como el Petróleo Crudo, con respecto a la cantidad de tiempo en que los procesos del ser humano lo utilizan para aprovechar una parte de su energía útil.

También la generación de conocimientos que, aunque existen evidencias de las relaciones de isomorfismo entre las ciencias (en el sentido de G. Roegen), se produjo un epistemocentrismo para los aspectos de desarrollo, donde la economía toma un papel fundamental, que genera en el sistema de intercambio de los últimos doscientos años, el efecto de escotosis.

Por ende, se observan aspectos de contabilidad incompleta, y que requieren de metodologías adicionales para extraer y generar la información de manera adecuada, como la utilidad de la metodología del insumo – producto, que en el caso de la energía, en su sistema contable aparece la magnitud con un aprovechamiento directo, contrario a lo elaborado en este trabajo, que cuantifica el componente indirecto de los aprovechamientos de energía.

Además el imperativo económico que acota el desarrollo, tiene en sí mismo el ímpetu para la integración de los mercados globales, aspecto que en las rutas de desarrollo que eligen los diferentes países, han tenido la dificultad de ajustar las asignaciones de sus recursos y la gestión de los mismos, desde modificaciones en sus marcos normativos e instituciones, eliminando algunas y creando otras, reduciendo significativamente las posibilidades del factor trabajo humano, como lo abordan las teorías del desarrollo que fueron gestadas en la era del consenso keynesiano.

Las dificultades se agudizan cuando al interior de cada país no logran converger los agentes productivos en la dirección de desarrollo, tal y como se aprecia, cuando el sendero de energía no tiene una curva suave y continua, sino lo contrario, presenta nudos.

Para México, un país con recursos, las grandes dificultades han estado relacionadas con las capacidades de generar acuerdos políticos y arreglos institucionales que establezcan una ruta de desarrollo, coherente con su historia, sus capacidades presentes y aspiraciones futuros.

Que si bien, al inicio de tomar la elección de una ruta de desarrollo, el Modelo de Sustitución de Importaciones, era innegable la necesidad de asegurar los recursos necesarios que alimentaran tal proceso, como se vio en los primeros planes sexenales, aunado a los mecanismos para la formación de industriales, empresarios, clases medias, mano de obra especializada, y para el nacimiento de nuevas actividades económicas.

Sin embargo, el modelo no logró adaptarse a los cambios que generó en el país, como la transición en la sustitución de importaciones de bienes intermedios hacia bienes durables, que produjo problemas de financiamiento e inversión, además se resolvían adquiriendo maquinaria

con dimensionamientos distintos a los necesarios, del mismo modo con los niveles y longevidad del proteccionismo para los agentes económicos, medida necesaria pero cuestionable su intensidad.

Aunque la ruta de desarrollo elegida no contaba con los mecanismos adecuados de autoajuste, es decir, el diseño de elementos que dotarían de información relacionada con el agotamiento del modelo en tiempo y forma. Su posterior relevo con la introducción de la estrategia de mercado, tampoco mejoraron en términos de desarrollo, el cual se supedita a la estabilidad macroeconómica o de precios, disminuyendo incluso lo alcanzado. Así se hace palpable la necesidad de estructurar consensos para visualizar una ruta de desarrollo a largo plazo que cuente con los mecanismos de supervisión, ajuste y gestión.

En lo anterior radica el principal factor que bloquea la contribución de la energía a la sustentabilidad del desarrollo, la falta de capacidad para generar acuerdos comunes que guíen a las fuerzas productivas en la dirección del desarrollo a largo plazo, que contengan mecanismos adecuados de supervisión y autoajuste, es decir, un modelo flexible con instituciones que se lo permitan, basado en el conocimiento de la estructura productiva, sus encadenamientos y efectos multiplicadores sobre el sistema, así como la determinación de que los recursos necesarios se gestionen de la manera más adecuada para alcanzar la sustentabilidad del desarrollo.

La energía, es un recurso fundamental para cualquier modelo de desarrollo, y su gestión esta sujeta a los aspectos mencionados, por lo tanto, la ausencia de los siguientes factores bloqueen su contribución en cuanto a las rutas elegidas y para su ajuste:

- los aprovechamientos de energía son vitales en la toma de decisiones de cualquier ruta de desarrollo y tienen que estar de manera explícita, como el costo monetario y energético de no suministrarlo en los procesos productivos²⁵², es decir, en los términos de esta investigación, el costo de alimentar la demanda final sin cruzar la demanda intermedia; y
- la estructura de la energía contenida en la oferta y demanda del sistema económico, de origen directo e indirecto, que en sus intercambios se detecta comportamientos con tendencias a las concentraciones, donde un sistema económico fuerte necesita tener alta conectividad entre los diferentes agentes y además alta intensidad de conexión, para ello es necesario que la energía contenida se distribuya entre los diferentes agentes, como de manera natural, el sistema tiende a las concentraciones, se requieren mecanismos de control.

²⁵² En el año 2012 se requirieron 12,130.7 PJ para generar un valor agregado de 22,585.21 MM\$@2008, es decir, el sistema económico tuvo un desempeño general que necesitaba aprovechar 0.54 PJ para producir una unidad de valor monetario, la intensidad de energía. Descontando las exportaciones de Petróleo Crudo, se tiene que el sistema económico generó 22,094.71 MM\$@2008 con 7,311.76 PJ, esto es 0.33 PJ para producir una unidad de valor. Bajo esta estructura los 4,818.94 PJ de exportación dentro del sistema económico tendrían un potencial de generar 14,561.91 MM\$@2008, sin embargo, estas cifras son tan solo un potencial porque parte del supuesto de que el sistema económico y el energético tienen la capacidad de absorber y transformar esa cantidad de energía adicional (66% adicional a lo registrado), así como las actividades económicas también tienen la capacidad de colocar la producción en al demanda final.

5.4 Observaciones que contribuyen a la sustentabilidad del desarrollo

La influencia de la teoría económica para los aspectos del desarrollo ha generado el efecto de escotosis en sí mismo, la influencia hacia los tomadores de decisiones es grande. Se requiere de la integración de los conocimientos y las técnicas de investigación como las que se abordaron en los capítulos Uno y Dos, con especial énfasis en la sección 1.2 “Vínculo de la energía con el desarrollo e impacto con la sustentabilidad”. En el sentido de integrar en las metodologías convencionales:

- que toda producción requiere de energía y materia;
- que éstas son finitas;
- que las capacidades de sustitución (de las mismas) también tienen límites;
- que las posibilidades de conservación de energía tienen mayor potencial en la forma en que se organiza el mercado (los efectos indirectos)²⁵³, en comparación con las potencialidades de las innovaciones tecnológicas (los efectos directos);
- que son los límites observados por D. Ricardo, aquellos impuestos por las leyes de la naturaleza y los que incumben a las leyes del hombre;
- la observación de T. R. Malthus en cuanto a que lo necesario debe estar definido por el balance adecuado entre las necesidades y los deseos; o
- la reflexión de J.S. Mill de qué sentido tiene seguir adelante en un sistema que tiende a las concentraciones para que éstas se acentúen más.

México no está exento de los aspectos generales del sistema económico, y su mayor potencial para ingresar en la senda del desarrollo son sus capacidades de generar acuerdos y arreglos institucionales, aquellos aspectos que pertenecen a las leyes que gobiernan al hombre.

En el debate existen dos posiciones, una que apela a crear nuevas instituciones que se ajusten al contexto actual, donde no hay espacio para las que ya existen, e iniciar una “nueva historia”; y la otra corriente, que argumenta que se debe partir tomando en cuenta la historia nacional con sus instituciones, pero con modificaciones, donde la base es la asimilación de las experiencias, el entendimiento del presente y la claridad para el futuro deseado (Obregón, 2011).

La disyuntiva entre las dos posiciones radica en que los primeros apelan a continuar con el actual modelo, aplicado desde 1983 y constituido en política de Estado, con el añadido de que sugieren dejar de lado las instituciones tradicionales del país. Dicho modelo como ya se ha mencionado es el llamado consenso de Washington, o neoliberal, o simplemente de mercado, o al que los economistas denominan Modelo Dependiente Occidental²⁵⁴.

²⁵³ Como lo revela los cálculos y resultados de los componentes directos e indirectos sobre el Total en el Insumo – Producto Energético y en la energía contenida del sistema económico, donde esta presente la tendencia de ganar peso de los efectos indirectos.

²⁵⁴ Para el economista Carlos Obregón hay cinco modelos de desarrollo: el de Sustitución de Importaciones; el Comunista; el Occidental dependiente de los países en desarrollo; el Occidental de los países desarrollados; y el Asiático dependiente. Él considera que los tres primeros fracasaron y los exitosos son los dos últimos. Cabe mencionar que el Asiático dependiente establece acuerdos con los inversionistas extranjeros para compartir riesgos y beneficios, ello tiene como premisa previa el alcanzar arreglos institucionales internos.

La segunda posición argumenta que los modelos mencionados no son reproducibles en otros países, porque están basados en arreglos institucionales específicos que no aplican en lugares distintos a donde fueron creados, lo ilustran con modelos que tomaron sendas distintas, como el modelo independiente occidental y el dependiente asiático, los dos coinciden en que la base son las instituciones históricas que los fortalece e identifican, y en que las nuevas están diseñadas para la recepción del capital extranjero.

Todo acuerdo político con su arreglo institucional, debe estar basado en el amplio conocimiento de los recursos con que cuenta el país, la estructura de sus actividades económicas, los vínculos entre ellos, sus efectos multiplicadores sobre el sistema, tomando en cuenta su uso, así como la generación de valor en la cadena productiva, que contribuyen a determinar el grado de desarrollo objetivo.

Partiendo del supuesto de la tendencia del Estado al alejamiento de las actividades económicas, entendiendo esto como la desregulación de los mercados, liberalizaciones y privatizaciones, se requieren de mecanismos de control indirectos.

Estos mecanismos exigen del amplio y sólido conocimiento de la estructura económica, los vínculos y los efectos que se estimaron en los capítulos Tres y Cuatro, contribuyen para el diseño de los mismos, se tienen las magnitudes a controlar y las aproximaciones de los efectos esperados.

Empezando con el Petróleo Crudo y el Gas Natural que explican el 90% de los cambios en los aprovechamientos de energía total del sistema energético; y más del 50% del Petróleo Crudo no se suministra a los procesos de transformación de energía, ni a los procesos de producción económica; la rama Ext. Petróleo Crudo y Gas coloca ese porcentaje en la demanda final en la cuenta de exportaciones, sin embargo, para el sistema energético total representa cerca del 40%.

Tomando como supuesto que el porcentaje de exportación de la rama Extracción de Petróleo Crudo y Gas no puede modificarse, porque esta sujeto a las obligaciones de los acuerdos internacionales en los que se ha suscrito México.

De la relación entre los efecto directos e indirectos del insumo – producto energético que toma a partir de 1979 un comportamiento con tendencia asintótica (30% y 70% respectivamente), hay dos situaciones que se tienen que monitorear constantemente para la planeación de la ampliación o modificación de la infraestructura energética:

- si la eficiencia en las transformaciones de energía – los efectos directos del sistema energético –, no han mejorado y la magnitud del componente indirecto aumenta, es un indicador de que el costo energético de colocar la energía en los centros de aprovechamiento final ha aumentado, por lo tanto, la planeación de las inversiones del sistema energético deben estar dirigidas a la mejora del transporte, distribución de energía y almacenamiento de energéticos; y
- si el componente indirecto disminuye, y la magnitud del componente directo aumenta, es un indicador de que las eficiencias de transformación de energía han disminuido, por lo tanto, la planeación de las inversiones deben estar dirigidas a la mejora de éste rubro.

Los cálculos y resultados de los flujos de energéticos, dentro de las dinámicas del sistema económico, mostraron comportamientos de interés especial:

- hay evidencias de concentraciones de energía contenida, tanto del lado de la oferta, como de la demanda;
- son cinco ramas las que generan los efectos de mayor impacto sobre el sistema económico;
- la cantidad de ramas económicas que tienen el potencial de generar efectos multiplicadores para el conjunto del sistema, han disminuido en el transcurso de cuarenta y dos años; y
- no existe ningún mecanismo de control estatal, que por el concepto de energía contenida (y su mezcla energética asociada), controle los intercambios y racionalice la tendencia a las concentraciones.

La energía contenida de origen directo, asociada con los procesos de producción, en las ramas Otras actividades industriales, Construcción, Química, Petroquímica básica y Comercio y Servicios, retienen 70% de la energía contenida del componente, equivalente a 9% del total. Mientras que las ramas Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Extracción de Petróleo y Gas y, Comercio y Servicios, concentran 80% de la energía contenida de origen indirecto, equivalente a 70% del total.

Estas ramas, como se estimó en el Capítulo Cuatro, sección “Índice de Concentración, Rasmussen y Entropía de Theil”, Tablas 4.9 y 4.11; son las que guían los comportamientos dominantes sobre el sistema económico. En los procesos de producción tienen el potencial de manipular el 14% de la energía contenida de origen directo por variaciones en la demanda; y para la oferta el potencial es de 56%. En la demanda final se acentúa la concentración porque un cambio de una unidad en ella, genera un incremento de 70% de la energía contenida total en el 70% de las ramas que colocaran sus producciones en una sola rama.

La tendencia a estas concentraciones se explican con el Índice de Rasmussen en la Tabla 4.11, la cual mostró el grado de balance del sistema; las mismas cuentas aparecen en el grupo denominado como “Clave”, dados los efectos multiplicadores que tienen sobre el sistema económico, tanto en la oferta como en la demanda. Sin embargo, el que cuatro ramas aprovechen cerca del 70% de la energía contenida total del sistema, resta capacidades de crecimiento a las demás; en un contexto en que no es posible suministrar más energía a sus procesos de producción, por los supuestos de trabajo, de ahí la necesidad de racionalizar la tendencia a las concentraciones.

El grupo denominado “Impulsoras”, dado el potencial de generar efectos multiplicadores desde los procesos de producción, dado que alimentan o proveen de insumos; es decir, sus productos ingresan en las cadenas de valor agregado; la energía contenida de este conjunto ha disminuido; ramas como Minería, Petroquímica básica, Química y Azúcar, han desaparecido de éste comportamiento, quedando solo la rama Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad y Siderurgia con una energía contenida total del 0.02%.

Desarrollo y crecimiento económico, requieren de aumentar la producción, así como su valor; para ello el conjunto de ramas impulsoras pueden dotar de viabilidad para lograrlo, pero necesita mayores cantidades de energía contenida, así como el reingreso de las ramas que lo integraban, más aquellas que sean susceptibles.

Lo mismo sucede con las ramas de Transporte: Autotransporte pertenece al comportamiento de ramas "Clave", aumenta en gran medida las cantidades de energía contenida de todas las ramas; destaca en particular el Transporte Ferroviario, el cual tiene el mayor potencial para aumentar la cantidad de producto transportado por distancia recorrida.

Utilizando el primer supuesto de la investigación, las planeaciones energética y económica, toman un grado adicional de complejidad, que pueden ser procesados a través del diseño de mecanismos de control indirectos, aplicados a los intercambios de energía contenida, dado que entre las ramas económicas es posible inducir una distribución de la misma que aumente las posibilidades para el desarrollo.

Esta investigación no alcanza a profundizar en el diseño de los mecanismo de control indirectos, empero, la teoría analizada visibiliza dos a los que solo se hace mención, los impuestos *piguvianos* y la *acción coacsiana*; así como acuerdos para diseñar programas de Mínimo Sustento de J.P. Lynkeus, basados en cadenas de producción con recursos locales, con instituciones en las que la toma de decisiones participen agentes municipales, estatales y privados.

5.5 Observaciones adicionales

El metabolismo energético del sistema energético nacional, depende en gran medida de Petróleo Crudo y del Gas Natural.

Si bien, los procesos de conversión de energía han mejorado sus eficiencias de transformación y tiene una canasta energética de diez energéticos primarios y diez secundarios; el efecto de mayor peso, se debe al costo energético de colocar la energía en los centros de aprovechamiento final, como lo mostró la magnitud del componente indirecto de los requerimientos energéticos y las variaciones en usos de energía, aspectos que se visibilizaron al utilizar la metodología de insumo – producto energético.

En los aspectos de la contabilidad energética, así como de los efectos indirectos en los aprovechamientos de energía, se hicieron evidentes las observaciones de los trabajos de S. Podolinsky, P. Geddes y G. Roegen, entre otros.

Incluso con raíces más antiguas, como la observación de D. Ricardo y J.S. Mill, existen dos límites que acotan la producción económica:

- uno esta relacionado con los límites físicos, asociados con las leyes que gobiernan a la naturaleza y no son posibles de superar, están impuestos; y
- el otro que obedece a las leyes que gobiernan al hombre;

Como lo mostró la tendencia asintótica de la relación entre los requerimientos directos e indirectos sobre el total; en los cuales los valores proporcionales los fija el componente directo, que esta sujeto a las eficiencias de conversión de energía (leyes que gobiernan la naturaleza); mientras que el indirecto obedece al costo energético de colocar la energía en la estructura económica, así como sus dinámicas (leyes gobiernan al hombre).

Son aspectos fundamentales que también se observaron al analizar las estructuras y las interacciones en el ecosistema económico, desde el ecosistema energético, son motivo de reflexión.

Por ejemplo, los efectos de la tecnología, utilizando la paradoja de Jevons y la ley de la aceleración en el uso de la energía de H. Adams; al observar los comportamientos de las ramas Autotransporte y Otras actividades industriales en su vínculo con la Extracción de Petróleo y Gas, aumentan el contenido energético de todas las ramas; donde los equipos que se utilizan como automóviles, computadoras, celulares, focos, bombas hidráulicas, televisiones, microondas, hornos, estufas, equipos de acondicionamiento del aire, y muchos dispositivos más, han disminuido el uso de energía – por mejoras tecnológicas – pero han entrado en las economías de escala, aumentando el número de unidades producidas y de usuarios.

Merece la pena retomar el comentario de T.R. Malthus, en cuanto a qué tanto es necesario; que desde su perspectiva radicaba en el balance adecuado entre las necesidades y los deseos. Aspecto que K. Marx utilizó para argumentar que el comportamiento de los hombres es despilfarrador y padece del fetiche materialista (consumismo).

El mismo argumento lo retoma A. Lotka pero analizando ecosistemas y algunas especies que los conforman, encontrando que la tendencia hacia las concentraciones de energía, se reproduce como un imperativo en las especies, pero con un criterio energético – endosomático, donde en el ser humano también hace uso del exosomático, conceptualizándolo como una característica exclusiva al mismo, y lo llevó a diagnosticar la adicción al instrumento exosomático. Sin embargo, el comportamiento es el mismo, y conduce a las concentraciones de la energía.

Este mismo comportamiento se observó en el ecosistema económico, una estructura ideada por el ser humano, a través de:

- la energía contenida (que hace uso de la energía para fines endosomáticos y exosomáticos);
- la red de relaciones inter – energéticas; y
- los índices de Concentración, Rasmussen y entropía de Theil.

Coinciden con la tendencia hacia la concentración de energía contenida del sistema, incluso, dadas las dinámicas de algunas ramas con el sistema y de éste hacia ellas, tienen la posibilidad de alterar al ecosistema en su conjunto. Contrario a lo observado en la demanda intermedia que presentó evidencias de un cierto grado de igualdad en los intercambios de las cantidades de energía contenida; es decir, un mayor grado de conectividad e intensidad de conexión, aspecto que B. Hannon y J.L.R. Proops, entre otros, establecen como condición indispensable para que el ecosistema se mantenga y muestre evidencias de mejoras en las eficiencias energéticas.

Conclusiones

Se integraron los resultados de los capítulos Tres y Cuatro para realizar un análisis en que integraron los resultados e interpretaciones de ambos, También se incluyó el contexto histórico de los aspectos económico y político del desarrollo de México con cinco enfoques de análisis²⁵⁵.

Una de las principales dificultades que se detectaron fue la complejidad para generar acuerdos políticos y arreglos institucionales, que produzcan modelos de desarrollo flexibles.

Aunado al alejamiento del Estado en los asuntos económicos, donde una de sus principales dificultades es la gestión de los recursos, entre ellos el energético, dado que toman un papel fundamental, porque ahí radica el vínculo más estrecho entre la producción, su valor monetario y la energía, que se requieren para los procesos de desarrollo. De ahí la importancia de la intensidad de energía, que engloba todos estos factores, además de informar acerca del desempeño general de una nación.

El sendero de energía visibiliza los comportamiento y los resultados de los modelos de desarrollo, que se han adoptado. Por ejemplo, la última etapa de crecimiento del Modelo de Sustitución de Importaciones y el Modelo de Mercado. Detectando su agotamiento, el periodo de transición, y la adopción de un nuevo modelo de desarrollo que configura para el periodo diversos nudos reflejando las limitaciones internas.

El potencial de acuerdos políticos y arreglos institucionales por si mismos, no pueden generar rutas viables que doten de sustentabilidad al desarrollo; requieren del conocimiento de los recursos; de su estructura y de sus comportamientos dentro del sistema productivo.

Por ello, posiblemente la principal aportación de esta investigación radica en mostrar las estimaciones de la energía contenida desagregada para el sistema económico mexicano. Donde su estructura y comportamientos, son objeto de estudio, que pueden contribuir a los procesos de planeación, al diseño de políticas y de mecanismos de control, que coadyuven a visibilizar las rutas para la sustentabilidad del desarrollo.

Dados los supuestos de trabajo que se utilizaron²⁵⁶, la ruta posible que resta, apela a la distribución de la energía contenida; donde el primer paso, fue detectar las ramas que la concentran, después sus dinámicas de intercambio con las demás, así como sus efectos para el sistema, tanto en la oferta como en la demanda.

Las ramas Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Extracción de Petróleo y Gas y, Comercio y Servicios, contienen el 70% de la energía contenida total, tienen el mayor potencial para sustentar los mecanismos de distribución.

²⁵⁵ Los enfoques fueron: el de los indicadores de energía y sustentabilidad, el del índice de sustentabilidad energética, el del sendero de energía, el Insumo – Producto Energético y la energía contenida.

²⁵⁶ Continuará el alejamiento del Estado en los asuntos económicos y el porcentaje de exportación de Petróleo Crudo no es posible de modificar.

Las ramas: Minería; Petroquímica básica; Química; Azúcar; Generación, Transporte y Distribución de Electricidad; y Siderurgia. Tienen el mayor potencial para generar efectos multiplicadores en los procesos de producción; son susceptibles de recibir los efectos de los mecanismos de distribución de la energía contenida.

También otras ramas que no aparecen en el comportamiento por la magnitud de sus valores, pero que por conectividad con el sistema son susceptibles, estas son: Hule, Cemento, Aluminio y Fertilizantes.

La investigación visibiliza: dos mecanismos de control indirectos: los impuestos *piguvianos* y la *acción coacsiana*; así como el potencial de diseñar programas de Mínimo Sustento, como los de J.P. Lynkeus basados en cadenas de producción con recursos locales y estrecha concurrencia de los agentes estatales en sus distintos órdenes.

Conclusiones

Introducción

El propósito de la investigación fue estimar la contribución del sector energético a la sustentabilidad del desarrollo de México de 1970 a 2012. Para ello se buscaron los factores que determinan el concepto de desarrollo a nivel país y sus vínculos tanto con la energía, como con lo que se entiende por sustentabilidad²⁵⁷. Después se definieron las técnicas de investigación que generaran las bases cuantificables y cualitativas para, que de manera sistemática, se interpretara el grado en que la energía a dotado, o no, de sustentabilidad al desarrollo²⁵⁸. Por último se realizó un análisis que integró las interpretaciones de desarrollo con las métricas estimadas por las técnicas de investigación²⁵⁹.

Uno de los aspectos iniciales de esta investigación, fue la interpretación del concepto de desarrollo para los países junto con la relación que tiene con la energía, en cuanto a la capacidad, de éste último, para dotarle de sustentabilidad.

Del Capítulo Uno se recolectaron las nociones de desarrollo, desde la óptica de las diversas corrientes económicas²⁶⁰. Iniciando con los mercantilistas y los fisiócratas, pasando por los clásicos, K. Marx, los neoclásicos y los neoliberales, hasta el conjunto de nociones denominadas el otro desarrollo que contiene al desarrollo humano.

Vale recordar que para esta investigación resultó crucial la construcción de la línea de tiempo de los vínculos de la energía con la economía, a partir de las aportaciones de S. Podolonsky, P. Geddes, W. S. Jevons, F. Contrell, *et. al.*. Correlacionadas con la observaciones de T. R. Malthus y D. Ricardo; en la medida de que invitan a explorar las estrechas relaciones entre el sistema económico y el energético, así como, las “cosas de la naturaleza” y las “cosas del ser humano”.

Del capítulo se obtuvo que uno de los principales aspectos que alteran las nociones de desarrollo fue la decisión de tomar algunos de los servicios otorgados por la naturaleza como gratuitos, se encontró que desde los inicios de la ciencia económica ha sido uno de los grandes debates, y en cuanto a su relación con el concepto de desarrollo, esta investigación considera que es un problema epistemológico vigente. Y en la implementación para los países, se observa que una de las principales dificultades es la capacidad de adaptación, por ejemplo, la transición de una lógica de mercados nacionales a una de mercados globales.

²⁵⁷ Ver Capítulo Uno “Teoría. Conceptos de desarrollo, sustentabilidad y energía”.

²⁵⁸ Para consultar las herramientas de análisis elegidos para esta investigación y sus enfoques ver el Capítulo Dos “Técnicas de investigación e indicadores”, la ejecución de las mismas consultar el Capítulo Tres “Macro comportamientos. Enfoques del grupo I” y el Capítulo Cuatro “Metabolismo energético. Enfoques del grupo II”.

²⁵⁹ Consultar el Capítulo Cinco “Análisis integrador”.

²⁶⁰ El propósito fue contar con elementos analíticos para la caracterización de los modelos de desarrollo de México. Que se registraron en la primera sección del Capítulo Tres.

Utilizar el concepto de sustentabilidad del desarrollo de manera abarcativa, contribuye a visibilizar los límites para el mismo. El capítulo uno enfatizó que los límites para el desarrollo son: los relacionados con las leyes que gobiernan a la naturaleza y al ser humano; y la conciliación de la economía y la energía en la percepción del *largo plazo*²⁶¹, lo que tiene un impacto directo en los modos y formas en que las organizaciones sociales hacen uso de los recursos.

Por lo tanto, la base del desarrollo para los países es definir sus necesidades y deseos acotados a los límites, y un adecuado uso de todos los recursos que contribuyan a dotarle de sustentabilidad.

Para lograrlo los países requieren tener un conocimiento extenso de todos los recursos, sus alcances, el grado de sus aprovechamientos en las estructuras sociales y productivas económicamente. Vale recordar que la recomendación de W. Leontief para el desarrollo fue “... lo importante es conocer qué se tiene y cómo se utiliza, para que así sea posible determinar rutas que aumenten el aprovechamiento de los recursos [para el desarrollo]...”²⁶², lo cual se complementa con la Hipótesis Vinculo de A. Hirschman y las técnicas de Rasmussen y Theil para identificar, entre otras, las rama clave y las relaciones entre la oferta y la demanda. Esto induce a la detección de las rutas que aumentan los aprovechamientos.

El Capítulo dos definió las técnicas de investigación que generaran métricas, de manera sistemática, para la cuantificación y cualificación del concepto de desarrollo en sus vínculos con la energía y la economía, esto desde una óptica amplia. Se definieron dos escalas de interpretación, representados con dos grupos de enfoques, uno a través de macro comportamientos, denominado “Enfoques del grupo I”, y otra por medio del metabolismo energético del sistema económico²⁶³, denominado “Enfoques del grupo II”. La aplicación de los cada uno de los enfoques al caso mexicano, dieron lugar a dos capítulos, el tres y cuatro, respectivamente.

Para los macro comportamientos o enfoques del grupo I, se indagó en las aportaciones económicas, de las finanzas públicas, de la accesibilidad de la población a los energéticos, del alcance de las reservas de hidrocarburos, o de estimar las emisiones de bióxido de carbono asociadas al uso de la energía. Es decir, aquellos vínculos de la energía con los de la economía y el desarrollo.

Los enfoques fueron²⁶⁴:

- los ocho indicadores propuestos por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) que detecta los vínculos entre el sistema energético y el desarrollo, que en función de criterios de referencia pueden llegar a bloquear el proceso de desarrollo, el análisis es comparativo;

²⁶¹ Esto se refiere los tiempo biogeoquímicos del planeta y la actividad del ser humano.

²⁶² Leontief [1966], *op. cit.*

²⁶³ Parte de calcular e interpretar las dinámicas de intercambio de energía del sistema energético y económico.

²⁶⁴ Este grupo de enfoques se estimaron en el Capítulo Tres.

- el índice, compuesto de diez indicadores, formulado con el concepto de sustentabilidad energética de la Agencia Internacional de energía y la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIE y la AIEA), el comparativo es un año base, detecta las trayectorias temporales de los vectores de la sustentabilidad energética, en un espacio de tres dimensiones: el económico, el ambiental y el social; y
- el sendero de energía junto con el Índice de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas de Desarrollo de 2014 (PNUD 2014), muestra el resultado total de un país, en términos del uso final de energía, del PIB, del tamaño de la población, del nivel de ingresos de la población (de acuerdo con el mínimo propuesto por la ONU), la esperanza de vida y los años de escolarización.

Para el metabolismo energético del sistema económico o enfoques del grupo II, se consideró pertinente complementar las características de las estructuras de los sistemas energético y económico. Donde la estructura como un sistema esta compuesta de tres secciones: entradas de insumos, transformación de los mismos y nivel de sus aprovechamiento; esto en forma de productos o servicios²⁶⁵. Y la combinación de ambos sistemas a través de la intensidad de energía.

La técnica que se utilizó para analizar el sistema energético fue el Insumo – Producto Energético, éste utilizó los enfoques de: el rendimiento energético; los usos directo e indirectos del sistema energético; y las principales causas que generan cambio en los usos de energía.

Y la técnica que se utilizó para analizar el sistema económico desde el lente de la energía, se obtuvo de transformar las tablas Insumo – Producto monetario a Energía Contendida. En este se utilizaron los enfoques de: los usos directos e indirectos de los intercambios de energía contenida para el sistema en general y para cada rama económica; y la interpretación de las relaciones inter – energéticas, utilizando método gráfico para representar la red y la elaboración de los índices de Concentración, Rasmussen y Theil.

Los enfoques del grupo I se elaboraron en el Capítulo Tres, junto con un recorrido de la historia económica política de México.

Se identificaron dos Modelos de desarrollo y dos fases internas en uno de ellos. El primero fue el Modelo de Sustitución de Importaciones, compuesto en la última etapa por las fases de estabilización y de transición (hacia un nuevo modelo). Y el Segundo fue el Modelo Globalización con perfil neoliberal.

Para el Modelo de Sustitución de Importaciones, se identificó que los principales elementos que lo caracterizaron fue que los los mecanismos para impulsar y sostener el crecimiento económico y con ello el desarrollo, fueron: el intervencionismo estatal; y el uso de la energía para fines internos, como la construcción de infraestructura. Fue un modelo que tuvo una trascendencia importante en México por que en sus inicios se definieron los necesidades y deseos nacionales, donde los primeros se identifican en los planes nacionales de desarrollo

²⁶⁵ Para el sistema energético los productos son los combustibles considerados energéticos secundarios y los servicios son los usos directos de la energía primaria. Y para el sistema económico, visto éste desde el lente de la energía, los productos son la energía contenida a la producción, en forma física, colocada en la demanda final, y los servicios son la energía utilizada requerida para otorgar el servicio en la demanda final.

como objetivos de corto plazo, y los deseos están plasmados en los artículos constitucionales y son los objetivos de largo plazo²⁶⁶.

Parte importante de las causas que perfilaron el cambio de modelo de desarrollo desde inicios de la década de 1970 a los primeros años de la década de 1980, fue el contexto internacional, que requirió de cambiar del imperante de los mercados nacionales²⁶⁷, a la intensificación y liberalización de los mercados globales. Con ello inició el Modelo de Globalización con perfil neoliberal, el cambio se sustentó en gran medida por el recurso Petróleo Crudo.

En las primeras etapas de éste modelo se modificaron la base de las normas constitucional en materia económica, con los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28. Simultáneamente, el Estado tomó la rectoría de la promoción y gestión de los procesos de desarrollo²⁶⁸.

El impacto del cambio en los modelos de desarrollo se observó en los indicadores e índices elaborados. Todos tuvieron valores positivos hasta 1982, principalmente asociados con la valoración del recurso Petróleo Crudo. Para los años siguientes todos tomaron valores negativos, asociados en gran medida por la valoración que tomó el porcentaje de gasto en combustibles de los hogares²⁶⁹.

En cuanto al sendero de energía e IDH, se identificó que: de 1970 a 1981 fue periodo energético intensivo con crecimiento lento de los valores de IDH²⁷⁰; de 1982 a 1997 se encontró un nudo, que alcanzó el valor más bajo en la intensidad de energía, esto combinado con estancamientos en los valores de IDH; también considerando el regreso del nudo como un comportamiento de productividad energética, el comportamiento duró de 1995 a 2000, en estos años el IDH tuvo las tasas de crecimiento más altas; de 2001 a 2012 se presentó un comportamiento energético intensivo, con cambios representativos en el consumo de energético per cápita combinado con pequeños nudos y tasas bajas de crecimiento en el valor del IDH²⁷¹.

Los enfoques del grupo II se estimaron en el Capítulo Cuatro. Del análisis al sistema energético, se observó con claridad que la dependencia de los hidrocarburos se debe a su participación en 80% de los energéticos secundarios y al volumen exportado²⁷². La posibilidad a que continúe el comportamiento es alta, dado que el rendimiento energético del Petróleo Crudo, que se estimó tiene valores altos, del orden de 200 unidades de energía obtenida por unidad suministrada.

²⁶⁶ Aunque en la primera etapa, después de la Revolución, se aprecian los criterios básicos para el desarrollo en los planes sexenales primero y segundo. Junto con el "constitucionalismo social". Consultar en el Capítulo Tres la sección 3.1 "Modelos de desarrollo".

²⁶⁷ Característico de la era keynesiana.

²⁶⁸ También, de los planes nacionales de desarrollo se identificó que van en aumento la recurrencia de los elementos de seguridad interna.

²⁶⁹ Consultar las Gráficas 3.1 a 3.5 del Capítulo Tres.

²⁷⁰ Comportamiento característico de las primeras etapas de desarrollo, en que el uso de energía se dirige hacia actividades intensivas en energía como la construcción de infraestructura. Consultar la interpretación de la Gráfica 2.1 "Sendero de energía idealizado" en la sección 2.3.1 "Sendero de energía e IDH" del Capítulo Dos.

²⁷¹ Ver las Gráficas 3.6 "Sendero de energía y de IDH 1970 – 2012" y 3.7 "Intensidad de energía e IDH 1970 – 2012" del Capítulo Tres.

²⁷² También se debe incluir a la Electricidad que requiere insumo energético de 80% de los combustibles de la canasta energética. Consultar la 4.1 "Insumo – Producto Energético" del Capítulo Cuatro.

El destino de los usos de energía para el sistema energético presentaron un punto de inflexión en 1979. Después inicio un comportamiento con tendencia asintótica²⁷³.

Los usos directos de la energía se interpretaron como uno de los límites que gobiernan las leyes de la naturaleza, dado que las eficiencias de transformación energía no aumentan o lo hacen lentamente. Mientras que los usos indirectos de la energía ponen el potencial de los límites de las leyes que gobiernan al ser humano, éste es el principal uso que tiene la energía después de 1980 en adelante.

De acuerdo con los resultados del análisis de cambio estructural que se estimó, el principal factor que explica los cambios en los usos de energía, son las variaciones de los usos de energía en los usuarios finales, que son principalmente las actividades económicas²⁷⁴.

Dado lo anterior, se profundizó en el sistema económico con lente de la energía, a través de analizar los intercambios de energía contenida en la economía. Con la Hipótesis de Hirschman se relacionó a los análisis del metabolismo energético con los de desarrollo, ello al clasificar las ramas económicas en función de los valores de sus vínculos *hacia adelante* y *hacia atrás* con los resultados de los índices de Concentración, de Rasmussen y de Theil²⁷⁵.

Con el Índice de de Concentración se encontró que en la demanda intermedia, donde ocurren las transformaciones de materiales y los usos de energía directos, existe un balance porque el 85% de las ramas se encuentran en éste comportamiento equivalentes al 85% de la energía contenida de origen directo.

Del Índice de Rasmussen detectó, tomando en cuenta las relaciones entre las ramas y sus dinámicas entre la demanda intermedia y la final, que el comportamiento general de los intercambios de energía contenida en el sistema económico es a las concentraciones²⁷⁶. Las ramas denominadas *clave* son entre 14% y 18% de las ramas económicas que concentran entre 50% y 60% de la energía contenida total, mientras que las ramas llamadas *islas* representan entre 50% y 60% de las ramas económicas que utilizan entre 8% y 18% de la energía contenida total, y las ramas conocidas como *impulsoras*, que pueden generar efectos sobre el sistema, están desapareciendo en cantidad de ramas y en energía contenida total.

El Índice de Theil se tiene que el balance en los intercambios de energía contenida, en términos de oferta y demanda, están disminuyendo en cantidad de ramas, aunque en concentración de energía contenida no. El comportamiento que se esta acentuando es que ante un incremento de una unidad en la demanda final, se generará un incremento de 70% de la energía contenida total en el 70% de las ramas, que colocan sus producciones en una rama de la demanda final.

²⁷³ Entendidos estos como: directos, asociados con las transformaciones de energía; y los indirectos, relacionados con la energía requerida para colocar la energía en el usuario final. Consultar la sección 2.2.1 “Insumo – Producto Energético” del Capítulo Dos para la base teórica y de la sección 4.1 del Capítulo Cuatro la Gráfica 4.3 “Comportamiento de los requerimientos Directos e Indirectos con respecto al total de energía”.

²⁷⁴ Consultar la Gráfica 4.4 “Evolución de los componentes del Análisis de Cambio Estructural de energía (PJ)” del Capítulo Cuatro.

²⁷⁵ Para consultar los resultados de cada uno de los índices dirigirse al Capítulo Cuatro las secciones 4.2.3.3.1 a 4.2.3.3.3.

²⁷⁶ Los comportamientos que detecta el Índice de Rasmussen son: las ramas que tienen un papel importante o influencia para el sistema económico, denominadas ramas *clave*; las que no ejercen efectos sobre el sistema conocidas como las ramas *islas*; las que pueden detonar cambios en la demanda, las ramas *impulsoras*; y las que tienen el potencial de generar cambios en la oferta, las ramas *estratégicas*.

El Capítulo Cinco tomó los resultados y las interpretaciones de los enfoques de los grupos I y II, de los capítulos tres y cuatro, con ellos se realizó un análisis integrador.

En el capítulo tomaron relevancia los límites que imponen las leyes que gobiernan al ser humano, dado que esta investigación considera que los grandes potenciales para incrementar las contribuciones de la energía a la sustentabilidad del desarrollo se encuentran en ellas. Tales límites se interpretaron como las dificultades para la continuidad de los procesos de desarrollo, donde una de las evidencias es la falta de adaptabilidad de los modelos de desarrollo, la cual en parte, se debe a las capacidades para generar acuerdos políticos y arreglos institucionales.

Se interpretó que en la experiencia de México, los aspectos que ponen en evidencia a los límites mencionados, fue el alejamiento del Estado de la economía²⁷⁷, donde la gestión de los recursos tienen implicaciones relevantes, ello aunado a la implementación de una política económica que prioriza la estabilidad macroeconómica en un contexto que busca instrumentar estrategias en función de los criterios de mercado.

Por lo tanto, esta investigación enfatiza que la gestión de los recursos, en especial los energéticos, tienen el potencial de incrementar la contribución para los procesos de desarrollo. Para ello, se considera como elemento esencial la redistribución de energía en los procesos productivos y sociales.

Para lograr la redistribución de energía, se propusieron: las ramas que tienen el potencial para sustentar mecanismos de distribución de energía; y las que pueden generar efectos multiplicativos en los procesos de producción y, por lo tanto, susceptibles de recibir los efectos de los mecanismos de distribución de energía. Y se expuso que los mecanismos que pueden instrumentar los procesos de redistribución de energía, y además son susceptibles de convertirse en instrumentos de política pública, son los impuestos pigouvianos y la acción coacciona junto con la integración insumos y cadenas de producción locales e integración de diferentes órdenes de gobierno.

²⁷⁷ Esto se considera a partir de las modificaciones a los artículos constitucionales 25, 26, 27 y 28.

Conclusiones generales

En la revisión teórica de las nociones del desarrollo, con la óptica de las corrientes económicas, se detectó que el concepto está estrechamente anclado a la visión de los mercantilistas y los fisiócratas, al asociarlo como progreso material, que en el transcurso del tiempo se observan en las estrategias y las tácticas para incrementar el capital, mismo que es indisociable de la energía y la materia que lo sustentan.

En los aspectos del desarrollo, la intersección de la energía con la economía, se observó que en gran medida, el factor crucial que bloquea la sustentabilidad del desarrollo, ha sido la decisión de tomar como gratuitos los servicios que otorga la naturaleza, por ejemplo, el aire, siendo impensable hacer una valoración económica a los servicios de generación de oxígeno que otorgan los océanos y los bosques, entre otros; aunque sea un elemento vital para la vida y para los procesos de combustión.

Otro que vale la pena destacar, es que incluso ahora no es posible imaginar un valor en la escala humana para los hidrocarburos, como principal conjunto de energéticos, que sustentan las actividades contemporáneas; que contemple el tiempo y la energía requerida para su formación desde la perspectiva biogeoquímica. Lo que impera es la connotación económica, misma que pronostica su agotamiento, económico más no físico, aunque éste último sea el que se resalta. Por otro lado, el sistema lleva a marcos asimétricos, como los castigos o penalizaciones por los aprovechamientos de energía o la búsqueda de racionalizarlos; en contraste, del lado de la extracción son prácticamente nulos.

En parte, los supuestos que utilizaron las diversas corrientes económicas, se intersectan con aspectos de la energía, lo cual no es de sorprender, tomando en cuenta que desde finales del siglo XVIII, hubo investigaciones importantes para la economía y la termodinámica, formando un vínculo tan fuerte que alimentaron los fenómenos de la revolución industrial²⁷⁸, sin embargo, estaba sustentado en una percepción de abundancia y fácil accesibilidad a los energéticos; aunque hay evidencias de preocupaciones por la forma e intensidad en que se explotaban.

Resulta interesante que en los supuestos de las corrientes económicas, aunque discutían los avances en el conocimiento de las manifestaciones de energía y sus efectos (entre los integrantes del gremio y personajes de diversas profesiones), no integraron conceptos de la termodinámica como la entropía, que después de casi doscientos años, se ha estado incluyendo parcialmente, se tiene como evidencia los esfuerzos de internalizar las externalidades.

Por lo tanto, las posibilidades de desarrollo, se encuentran acotadas, en primera instancia, por las leyes que gobiernan a la naturaleza y en segunda instancia por las leyes que gobiernan al hombre.

Donde la primera establece que los recursos son finitos o en algunos casos, con posibilidades de reproducción cíclica, dentro de la escala temporal humana, además imponen límites en los aprovechamientos de energía y materia, con ciertas características tecnológicas. Y la segunda que intenta explicar el comportamiento del ser humano, sus formas de organización e instituciones.

²⁷⁸ En ese entonces la población del planeta se estimaba en alrededor de 700,000,000 de habitantes.

Resalta la importancia de retomar las bases y los supuestos de análisis que las fundan, ahí se encuentran aspectos de concepción que limitan las posibilidades de desarrollo, como lo tiene los modos y las formas en que se utilizan los recursos, que pueden llegar a modificar la cualidad de algunos renovables, al truncar la condición de reproducción cíclica (consecuencia del argumento de T. R. Malthus); así como, el impacto que tiene el transporte en la distribución de recursos en el comercio internacional, bajo el criterio de complementariedad (de acuerdo con lo establecido por D. Ricardo); y claro, en las consecuencias de los procesos de asimilación, se debe tener presente que las posibilidades de sustitución de los recursos, no pueden ser infinitas, dado que se encuentran acotadas por las consecuencias de la segunda ley de la termodinámica, que aplican a la energía y a la materia (discusión de Georgescu – Roegen, Solow y Stiglitz).

Por lo tanto, el adecuado aprovechamiento de los recursos, es fundamental para el desarrollo y sobre todo para la sustentabilidad de un modelo de desarrollo, desprendiendo esto de la aseveración de V.I. Vernadsky, de integrar en los análisis, la concepción de enfocar al planeta como un sistema termodinámico cerrado.

Los modelos de desarrollo, ya sean aquellos que los perciben como procesos continuos y armoniosos, o aquellos que lo observan como discontinuo y cargado de conflictividad, todos coinciden desde el lente de la economía, que se requieren de mecanismos de control (supervisión, regulación, entre otros) para el sistema capitalista; aunque algunos propusieron desvincular los procesos de desarrollo de los económicos, las grandes divisiones se encuentran en sí éstos se diseñan y gestionan desde el Estado o desde las leyes del libre mercado. En realidad no hay modelos que se inclinen totalmente hacia uno u otro criterio, y más bien, lo que se constata son combinaciones que responden a historias específicas.

Aspectos que resultan de utilidad para evaluar los modelos de desarrollo, así como para llevar a cabo los procesos de planeación, son las observaciones de:

- S. Podolinsky y P. Geddes, para la contabilidad de recursos (energéticos) en los procesos de producción, incluyendo sus desechos asociados; enfatizaron que dicha contabilidad se concentra en los aprovechamientos directos, afectando los análisis y las conjeturas que derivan de ello; es decir, se hace de manera incompleta o no se visibilizan de manera adecuada, porque dejan de lado los aprovechamientos indirectos; donde éstos, junto con sus dinámicas en las estructuras productivas, resultan fundamentales para diseñar modelos de desarrollo de largo plazo, partiendo de lo que se tiene y de los mecanismos de control directos e indirectos, indispensables;
- J.P. Lynkeus para los procesos de planeación y diseño de políticas, como lo establece con su programa de Mínimo Sustento, para dirigir las fuerzas productivas en la dirección del desarrollo, de tal modo, que se activen los procesos conjuntamente con los actores municipales, estatales y privados, integrando a la sociedad, él suponía que esto precedía a su integración en los espacios internacionales;
- K. Ballod y O. Neurath, que propusieron utilizar el indicador de intensidad de energía como medida para conciliar lo conmensurable, con lo que no lo es; para ampliar el marco de toma de decisiones para la acción política, económica y la elaboración de los planes de desarrollo de una nación.

Sin embargo, para ello se requiere de conocimientos profundos y extensos de los recursos de un país, sus alcances, el nivel de sus aprovechamientos, así como la configuración de sus estructuras productivas.

Lo anterior, teniendo presente que parte sustantiva de la lógica del sistema es la tendencia hacia las concentraciones y centralizaciones; como lo explican los trabajos de K. Marx en cuanto a lo político – económico; o las investigaciones de A. Lotka al referirse a los sistemas que se auto – organizan y su tendencia a maximizar la energía útil de los ecosistemas.

Para este tipo de tareas son adecuadas las observaciones W. Leontief, que al profundizar en los conjuntos estadísticos de las cuentas nacionales, asocia el grado de desarrollo con el resultado de las dinámicas internas de una economía y del uso de los recursos de un Estado. Esto último fue de gran importancia para él, dado que interpretaba que para el desarrollo lo más importante era conocer qué se tiene y cómo se utiliza. Así sería posible establecer las rutas que aumentan el aprovechamiento de los recursos en los procesos productivos, distribuyéndose de una forma más adecuada entre los elementos que conforman la estructura económica, haciendo evidentes las partes del sistema que requieren de atención especial, o aquellas que están ausentes y se necesitan.

Por más de doscientos años, los aspectos medulares que afectan la sustentabilidad del desarrollo, han estado en las discusiones de las áreas de investigación, así como de los decisores estratégicos, entre otros. Se han hecho evidentes las dificultades para integrar los conceptos de energía y economía en los modelos de desarrollo, así como las consecuencias negativas de no hacerlo; hoy en día es uno de los temas de mayor trascendencia, por el impacto que ha tenido, tiene y tendrá en el futuro.

Conclusiones particulares

En el México posrevolucionario se detectaron dos modelos de desarrollo²⁷⁹:

- El primero, fue el Modelo de Sustitución de Importaciones, el cual es caracterizado por los criterios del consenso keynesiano, tales como el papel fundamental que toma el Estado, para llevar a cabo los procesos de desarrollo; donde el imperativo era formar mercados nacionales;
 - la fase de transición, caracterizada por los aspectos que identifican el agotamiento del modelo anterior, y la “supuesta” búsqueda de un modelo alternativo.
- El segundo, es el Modelo de Globalización con perfil neoliberal, el cual identificado por la intensificación de las relaciones entre Estados y organismos públicos supranacionales financieros (FMI), de desarrollo (BM) y de comercio (primero GATT y después OMC); donde el imperativo es la formación y consolidación de los mercados globales.

Los indicadores fueron sensibles tanto, a cada modelo, como a cada fase:

- Para el primer modelo. Tanto los indicadores de energía y sustentabilidad, como el índice de sustentabilidad energética, mostraron valores positivos, el componente de mayor peso fue la magnitud del recurso de energético (Petróleo Crudo); también el sendero de energía, lo identificó como un periodo energo – intensivo con crecimiento del PIB; la mayor proporción de energía utilizada, estaba orientada al aprovechamiento de energía para los procesos de extracción de energéticos primarios y para la conversión de energía y energéticos a formas útiles.
- En la fase de transición, los indicadores toman valores negativos, por los componentes de Deuda Pública Energética (de hidrocarburos), asociada con la paradoja deuda – financiamiento, el Alcance de los Hidrocarburos y por el peso del Gasto de Energía con respecto a los ingresos de la población; el sendero de energía detectó un ligero decremento en el valor de la intensidad de energía, que no puede ser catalogado como aumento de la “productividad energética” porque el PIB no creció; ocurrió el punto de inflexión en el uso de energía, la mayor proporción de energía utilizada, pasó a ser la asociada con colocar la energía en los usuarios finales.
- En el segundo modelo, todos los componentes de los indicadores tomaron valores negativos; el sendero de energía presentó diversos “nudos” y tendencias erráticas del PIB; se consolidó que la mayor proporción en el uso de energía era para colocar energía en los usuarios finales.

²⁷⁹ Cabe mencionar que los dos modelos de desarrollo, no son exclusivos de México; fueron estrategias que adoptaron diferentes países, cada uno con su originalidad, en cuanto experiencia y marcos normativos.

Modelo de Sustitución de Importaciones y la fase de Transición

En México inició después de la Revolución mexicana, donde en el constituyente de 1917, quedó plasmado el interés supremo de desarrollo, entendiendo éste como el balance entre las necesidades y los deseos.

Se tomaron varias decisiones fundamentales. Una vez pacificada la nación y establecido las bases de la convivencia política, además de la creación del Banco de México, en lo cual se emplearon una década y media; se crearon las condiciones para los procesos²⁸⁰ de industrialización – urbanización; con el objetivo de crear el mercado interno (articulación de los mercados locales y regionales), para ello era necesario aumentar el número de capitalistas y del capital humano cualificado, pero sobre todo, se requirió de la aceptación social de que el Estado tomará la responsabilidad de planear, guiar y gestionar el proceso de desarrollo.

De 1970 a 1981, se observó que la participación del Estado en los procesos de desarrollo, fue muy activa y amplia, aunque sean cuestionables la intensidad de las medidas que utilizó para desencadenar los procesos, como el proteccionismo excesivo y las políticas económicas diseñadas para reducir los riesgos y asegurar ganancias privadas, que a la postre minaron las posibilidades financieras del Estado, con la consecuencia de disminuir la expansión de las actividades básicas.

Sin embargo, estaba presente el acuerdo de que el Estado era el rector del desarrollo, que el componente económico era el de mayor importancia para atender el objetivo nacional de distribución para alcanzar la justicia social, utilizando el constitucionalismo social que norma la estructura y los fundamentos de las actividades económicas del país; y busca que el desarrollo sea para las personas y del modo en que se relacionan con los procesos de producción e intercambio, es decir, reconoce que en si mismo, el crecimiento económico no basta para irradiar sus beneficios a las esferas sociales y los sectores de la nación.

Los indicadores de energía y sustentabilidad y el índice de sustentabilidad energética, visibilizaron el agotamiento del modelo – en los primeros cuatro años toman valores negativos –, y la transición hacia un nuevo modelo de desarrollo.

El grado de sustentabilidad alcanzado en este modelo, esta asociado con la relación de reservas de petróleo con respecto a la producción petrolera de 1970 a 1981, la cual creció 335%; sin embargo, estaba sustentada por: los niveles de deuda energética, la cual llegó a representar 40% de la deuda pública total; y el peso de las exportaciones energéticas sobre el PIB, que empezaron a registrar valores a partir de 1974, para 1981 alcanzaron 5%.

Por su parte, el sendero de energía muestra el final de la inercia del Modelo de Sustitución de Importaciones, caracterizada por un lapso de curva suave y continua; alcanzando la diferencia de intensidad de energía más amplia de los 42 años analizados, 7.1 Ktep por cada 1000USD@2000; empero, el valor de IDH prácticamente se estancó, tuvo una diferencia de 0.06.

²⁸⁰ Se requirió de: fortalecer la institución Presidencial mediante la eliminación del fenómeno histórico – político llamado “maximato”; normalizar las relaciones con el sujeto revolucionario mediante el reparto agrario; y las expropiación petrolera.

De 1970 a 1979, el perfil de uso de energía estaba dirigido a los procesos de extracción de energéticos primarios y en la conversión de energía y energéticos en forma útil; el peso proporcional para este fin inició representando 67% de la energía total y fue disminuyendo hasta 46%.

También, en la fase de transición, entre los años 1975 y 1978; los intercambios de energía contenida en el sistema económico, relacionados con colocar la producción con los usuarios finales, acotaron el peso proporcional de su magnitud con respecto al total; consolidando el perfil de intercambio de energía.

Es pertinente hacer notar, que en este modelo de desarrollo, incluyendo la fase de transición; se presenta la relación directa del modelo con un perfil de uso de energía intensivo y un crecimiento continuo en el IDH.

Modelo de Globalización con perfil neoliberal

A partir de 1982 en adelante, hay un cambio radical en los fundamentos que se habían establecido en las cuatro décadas que le precedieron. Ahora los decisores estratégicos optaron por remodelar el Estado, colocando nuevas fronteras en los asuntos económicos, lo cual modificó su obligación como guía y promotor de los procesos de desarrollo; aunque contradictoria y paradójicamente, también desde la Constitución se reafirmó su rectoría, con la introducción de la directiva de desarrollo en el artículo 25.

Así empieza una nueva etapa en que se argumenta que la preeminencia del objetivo nacional de estabilidad macroeconómica o de precios, por encima del otro gran objetivo nacional del crecimiento económico (que es donde se alojarían los objetivos de desarrollo y de distribución), lograría satisfacer las necesidades esenciales de la nación, donde su función sería instrumentar los mecanismos necesarios para que las fuerzas del libre mercado detonen el crecimiento y en consecuencia el desarrollo.

El comportamiento general en cada paso importante en las fases de desarrollo, esta presente el componente energético, el cual ha sustentado en gran medida los procesos de desarrollo; también se observó que las grandes dificultades para alcanzar los equilibrios macroeconómicos indispensables del crecimiento sostenido, además de las estrategias instrumentadas, han generado discrepancias, tanto políticas como económicas y sociales, que se observan en los objetivos de los planes nacionales de desarrollo. Esto se ha hecho más palpable desde la puesta en marcha del consenso de mercado, en cuanto al desbalanceo entre los objetivos de estabilidad y desarrollo, que al persistir como política de Estado²⁸¹, propicia la generación de condiciones hacia otros objetivos como el de seguridad.

²⁸¹ Se suele afirmar que el Estado – nación mexicano carece de políticas de Estado y no se repara en observar que la estrategia económica introducida desde 1983 es precisamente de Estado, dado que es validada y legitimada por el legislativo, desde entonces hasta la fecha, pese a las alternancias que ha registrado el sistema.

A partir de 1982, con las adecuaciones derivadas de la aplicación del modelo de mercado, se modifican las relaciones con las estructuras públicas supranacionales (financieras, de desarrollo y comerciales), para intensificar la participación en la configuración de los mercados globales. Ello ha menguado las capacidades nacionales para: conciliar acuerdos políticos internos; llevar a cabo modificaciones sustantivas; o negociar e identificar nuevos arreglos institucionales.

Al iniciar este modelo de desarrollo, todos los indicadores reaccionaron negativamente, tanto el IES como el ISE, presentaron descensos continuos, principalmente por: el aumento de las importaciones de energéticos derivados de los hidrocarburos; el peso porcentual de los ingresos petroleros en los ingresos del sector público se mantuvo; la cobertura eléctrica no ha concluido; y la proporción del gasto de electricidad y de combustibles sobre los ingresos de los hogares ha estado aumentando.

En este modelo de desarrollo, el sendero de energía ha mostrado 20 años conformados por diversos nudos. Las diferencias fueron de: PIB per cápita de 1.98 1000USD@2000 por habitante; intensidad de energía 4.91 KTEp por cada 1000USD@2000; y de IDH 0.14.

El perfil de uso de energía cambió con respecto al modelo anterior; el 60% de la energía ha estado destinada a colocarla en los usuarios finales, es decir, aumentó el costo energético de canalizar la energía para uso final.

Y en cuanto a los intercambios de energía del sistema económico, las concentraciones se han acentuado y la energía asociada con los procesos de producción sigue disminuyendo.

El potencial de la energía

Las posiciones que se debaten para decidir un modelo de desarrollo tienen dos vertientes:

- una que apela a crear nuevas instituciones que se ajusten al contexto actual, donde no hay espacio para las que ya existen, e iniciar una “nueva historia”, basados en la adopción de algunos de los modelos que han funcionado en otros países; y
- la otra, que argumenta que se debe partir de lo que ya existe, pero con modificaciones, donde la base es la asimilación de las experiencias y la revisión y adopción de nuevos arreglos institucionales específicos.

Esta disyuntiva se entiende como la complejidad para generar acuerdos políticos y arreglos institucionales que produzcan modelos de desarrollo flexibles, donde la gestión de los recursos, entre ellos el energético, toman un papel fundamental, porque ahí radica el vínculo más estrecho entre la producción, su valor monetario y la energía que requiere para que sea posible, es decir, parte fundamental de cualquier modelo de desarrollo.

Sin embargo, el potencial de los acuerdos políticos y de los arreglos institucionales por si mismos, no pueden generar rutas viables que doten de sustentabilidad al desarrollo, requieren del conocimiento de los recursos con que cuentan, de su estructura y de sus comportamientos dentro del sistema productivo, de ahí una de las principales aportaciones de esta investigación, al estimar los comportamientos del sistema en general, en términos de energía contenida desagregada en veintisiete ramas del sistema económico.

Donde su estructura y comportamientos fueron el objeto de estudio, que a través de comprender las dinámicas internas de los sistemas energético y económico, tienen el potencial para contribuir al diseño de políticas y mecanismos de control, que coadyuven a la sustentabilidad del desarrollo.

La energía contenida del sistema económico nacional, durante los cuarenta y dos años analizados, ha mostrado características que se pueden considerar como:

- positivas, en cuanto que ha aumentado la conectividad del sistema, y que hay evidencia de una diversificación energética; y
- negativas, porque la intensidad de conexión no se ha intensificado en todos los componentes del sistema, se ha hecho parcialmente, tanto en ramas económicas como en las interacciones entre energéticos.

Evidencia de ello es el rendimiento energético de los principales energéticos del sistema nacional²⁸², dado que el Petróleo Crudo, aún se encuentra en el orden de las 200 unidades obtenidas por cada unidad inyectada a su proceso de extracción, y el Gas Natural con 19 unidades en promedio.

Dado que el 98% de los cambios en el uso de energía, se deben a las variaciones en uso de energía, es decir, al efecto “Actividad”.

Por lo tanto, la distribución de energía contenida entre las ramas económicas, tiene el potencial de detonar el crecimiento y por lo tanto el desarrollo; por medio de intensificar los vínculos entre los agentes del sistema; donde el efecto resultante es que se racionalizan los intercambios de energía contenida y mejoran los aprovechamientos de energía; lo cual contribuye a la sustentabilidad del desarrollo.

La concentración de energía contenida en el sistema económico nacional y se ha estado acentuando; los efectos más representativos son:

- 55% de las ramas que abarcan el 70.44% de la energía contenida para fines de producción y de demanda hacia oferta;
- 59% de las ramas tiene el 55.66% de la energía contenida para propósitos de producción;
- los efectos de la demanda sobre la oferta generan que el 77% de las ramas, coloquen la energía contenida de sus producciones en una rama;
- los efectos de la oferta hacia la demanda generan que el 70% de las ramas, coloquen sus producciones en una sola rama de la demanda final;
- mientras que el otro 30% de las ramas de la demanda intermedia, lo hacen de manera proporcional con 30% de las ramas de la demanda final; y
- 70% de las ramas se encuentran *flotando*, es decir, no generan perturbaciones sobre el sistema, ni éste sobre ellas, en términos de oferta y demanda; sin embargo, en intercambios de energía contenida, la mayoría entrega toda su producción a una rama.

²⁸² El costo energético de extraer energía, o el costo de convertir energía o energéticos en formas útiles.

Las ramas que tienen más posibilidades para distribuir de mejor manera la energía contenida, así como su potencial, son:

- Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Extracción Petróleo y Gas y Comercio y Servicios, han llegado a absorber 77% de la energía contenida total; las cuales tienen el mayor potencial para sustentar los mecanismos de redistribución;
- Otras actividades industriales, Cemento, Química, Petroquímica básica y Comercio y Servicios; en la energía contenida suministrada en los procesos de producción, equivalen a 9% de la energía contenida total; éstas ramas son las más propicias para el diseño de estrategias que aumenten la intensidad de conexión con el sistema; y para incrementar su producción, el porcentaje con respecto al total tiene que aumentar;
- las ramas Minería; Petroquímica básica; Química y Azúcar; Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad; y Siderurgia. Son equivalentes a 0.02% de la energía contenida total; tienen el potencial de generar efectos multiplicadores en los procesos de producción. Por lo tanto, son susceptibles de recibir los efectos de los mecanismos de redistribución de energía contenida. Las ramas Hule, Cemento, Aluminio y Fertilizantes, también se deben de incluir; y
- Autotransporte, Otras actividades industriales, Residencial, Ext. Petróleo y Gas y Comercio y Servicios, absorbieron 80% de la energía contenida asociada con el costo energético de colocar la producción con los usuarios finales, equivalen a 70% del total, son de atención especial para sustentar procesos de redistribución de energía contenida.

El balance entre las ramas del sistema ha disminuido, por lo que se detectaron las ramas susceptibles para sustentar mecanismos de redistribución de energía contenida, así como las que las ramas que tiene el potencial más alto para recibir los efectos de dichos mecanismos.

Las ramas que tienen los vínculos más fuertes, tienen el potencial de generar incrementos de energía contenida, tanto en la demanda intermedia como en la final; y por lo tanto, son candidatas a ser sometidas a mecanismos que induzcan comportamientos de racionalización en los intercambios de energía contenida, y que promuevan nuevos vínculos con más ramas del sistema, son: Extracción Petróleo y Gas, Petroquímica básica, Otras actividades industriales, Autotransporte y Residencial; entre ellas circula poco más del 60% de la energía contenida total.

Las ramas que tienen el potencial de generar incrementos de energía contenida en la demanda intermedia son: Construcción y Comercio y Servicios, que equivalen a 30% de la energía contenida total.

Y las ramas que tienen el potencial de inducir incrementos en la demanda final, y que pueden impulsar los procesos de producción, porque inyectan energía contenida al sistema (las ramas que aparecían en este grupo ha disminuido drásticamente), deben ser un grupo objetivo para el diseño de tácticas y estrategias de redistribución de energía contenida, por medio del diseño de rutas de origen – destino; las cuales son: Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad; Siderurgia; Minería; Azúcar; Petroquímica básica; y Química.

Consideraciones finales

Para los aspectos del desarrollo desde el lente de los Estados – nación, se ha generado un epistemocentrismo desde la economía; que modela los intereses, tendencias y toma de decisiones, resta capacidades para concebir con mayor coherencia el desarrollo y su sustentabilidad.

Desde la economía y la energía, hacia los aspectos del desarrollo, están presentes los efectos de la escotosis; porque teniendo conocimiento, en un cierto grado variable, de los conceptos de la economía y de la energía, de los efectos de integrarlos en sus bases teóricas, así como de los efectos de sus aprovechamientos sobre los biosistemas; han pasado doscientos años donde la integración a sido de manera lenta y no se ha visibilizado por completo. Las consecuencias de esta decisión, tiene efectos nocivos, en el aumento y de carácter acumulativo, que cada vez son más visibles. Ponen en peligro tanto el imperativo económico del crecimiento y del desarrollo, como, y aún más sustantivo, de los ecosistemas con sus diversas formas de vida, a las capacidades de reproducción cíclica de los recursos renovables, y con ello la vida como se conoce hasta ahora²⁸³.

Las rutas de acción se conocen desde hace más de 200 años. La invitación al balance en la toma de decisiones entre lo necesidades (responden a diversidades) y los deseos (responde a impulsos consumistas), así como, la cuantificación de los límites de los recursos y el costo de obtenerlos (T. R. Malthus, D. Ricardo, J. W. Jevons, R. Clausius, *et. al.*) tienen vigencia hoy en día. Se ha ignorado desde los organismos supranacionales, incluso se reconocen en la secuencia del concepto de sustentabilidad hacia el de desarrollo, la ambigüedad y una aplicabilidad de “bajo impacto”, de acuerdo con el tratamiento que se le ha dado, donde al eliminarla de la noción de desarrollo, apelan al concepto de resiliencia, aunque con contradicciones conceptuales, por la carga de adaptabilidad y cambio con que lo definen los decisores estratégicos.

Sin embargo, la raíces siguen sin integrarse, como los conceptos de energía en la economía y los aspectos del desarrollo, claro desde los límites de Ricardo y la invitación de Malthus, de enfocar al ser humano como una especie con raciocinio, que para atender su objetivo principal de trascender en la vida a través de las generaciones del futuro, tendría que reconocer los sesgos con los que ha estado operando los procesos económicos y energéticos.

El entendimiento de los aspectos del desarrollo para los Estados – nación, parte de la definición de las necesidades y los deseos, como objetivos de largo plazo plasmados en la Constitución de los mismos. Los mecanismos de ajuste y de control, se deben identificar como objetivos de corto y mediano plazo, moldeados en los Planes Nacionales de Desarrollo. En éstos se debe de reflejar la integración de los aspectos de economía y de energía en concordancia con los objetivos de las naciones, para que así, existan posibilidades de sustentar la estrategia de desarrollo, así como, sus capacidades de reproducción cíclica.

²⁸³ Vale mencionar que los tres principales puntos de la Agenda de la ONU, en fechas recientes, han sido el desarrollo (septiembre 2015); el cambio climático (noviembre 2015); y las cuestiones de la drogas ilícitas (febrero 2016).

En cuanto a las metodologías de evaluación y planeación de desarrollo, que visibilicen sus comportamientos y tendencias, es necesario abordarlas en dos partes:

- en primera instancia, desde un lente general, es decir, donde las fronteras de análisis están sujetas a la delimitación geográfica de una nación, su marco normativo y sus propias habilidades obtenidas a lo largo de su historia;
- y en segunda instancia, para que tome sentido y se distingan los matices de las particularidades que alimentan los macro – efectos, se requiere de adentrarse en la nación, sus ventajas y desventajas; definiendo sus componentes, alcances y sus límites, en particular sus grados de coherencia para articular su concepción de desarrollo y energía.

Consideraciones particulares

En cuanto al objetivo principal de esta investigación, se tiene que la contribución del sistema energético a la sustentabilidad del desarrollo, se encontró, que ha sido parcial; no ha sido posible aprovecharlo en una dirección de largo plazo que dote a la nación de perspectiva histórica.

Ello se debe principalmente a inconsistencias conceptuales y al tratamiento que se le ha dado a la *sustentabilidad* y al *desarrollo*; lo cual ha generado una integración parcial de los conceptos de energía con los de la ciencia económica, y se carece de una contabilidad de los recursos energéticos precisa e institucional.

Aunque México cuenta con recursos y los energéticos han estado en los momentos importantes:

- como los cambios en los modelos de desarrollo y su fase de transición;
- se tienen estructuras constitucionales, normativas y técnicas que rodean el origen – destino de los sus flujos de energéticos;
- no ha sido posible aprovecharlo en una dirección de largo plazo e incluso han sido, en parte, fuente de dependencia en las finanzas públicas, generadoras de círculos viciosos.

El origen de las limitaciones para detonar los procesos de desarrollo, se encuentran en la *curva de aprendizaje* para hacer mercado. No fue posible crear y fortalecer un mercado interno, con cimientos de largo plazo.

En efecto, cuando llegó el imperativo de insertarse en los mercados globales, al parecer no se contó con los márgenes nacionales para revisar y elegir entre varios modelos de desarrollo. Más bien, se tuvo que aceptar la condicionalidad supranacional, en la cual las posibilidades de articulación entre economía, desarrollo y energía se vieron severamente restringidas. Pese a ello, aún esta presente la disyuntiva entre los modelos que parten de proponer la sustitución de las instituciones antiguas e instaurar *nuevas* y *modernas*; y los modelos que proponen tomar en cuenta las instituciones que han mostrado longevidad y resiliencia y que deben de formar parte sustantiva en las negociaciones de nuevos arreglos institucionales de la sustentabilidad del desarrollo.

La tendencia del Estado a “alejarse” de los procesos económicos y de la planeación del desarrollo, es una decisión sostenida por más de tres décadas con sus afectaciones negativas. Esta lógica requiere de ser acompañada de los mecanismos de control directos e indirectos que protejan las áreas estratégicas de la nación; en función de su propia norma constitucional, para fortalecer las capacidades de racionalización de las grandes concentraciones de capital y de energía; y así buscar la maximización de los flujos de energía en los componentes de los sistemas que conforman al país, con flexibilidad operativa para la diversificación energética, de esta forma se estaría atendiendo a las necesidades que emanan de la sustentabilidad del desarrollo.

El aumento en la productividad energética genera bondades importantes sobre los aspectos sociales de un país, como se observó en la relación inversamente proporcional entre la intensidad de energía y el IDH.

El factor Petróleo Crudo, en sus variables niveles de extracción, de exportaciones, de aportaciones a las finanzas públicas, de participación en su conversión para alimentar la mezcla de energéticos secundarios y como insumo en los procesos productivos; tienen el potencial para cambiar drásticamente los criterios del desarrollo (de acuerdo con el modelo establecido), es decir, de contribuir a la sustentabilidad.

Esta dependencia, en gran medida, se debe a que se han establecido mecanismos para obtener recursos monetarios asociados con la extracción; sin visibilizar que existe una relación indisociable entre valor económico, energía y materia; de ahí que los mecanismos estén incompletos, aíslan el factor energía, utilizando el valor económico y la materia para la toma de decisiones estratégicas; no se incluye en las exportaciones de energía, en términos monetarios, el costo de no inyectar esa energía en los procesos productivos internos, es decir, el costo de no contar con ella.

Los análisis del metabolismo energético de un sistema económico, bajo el lente de los aspectos que pueden dotar o bloquear las posibilidades de sustentabilidad del desarrollo, son una opción pragmática de gran utilidad.

En la relación asintótica de los efectos directos e indirectos del sistema energético, se concluye que:

- la eficiencia promedio de conversión de energía para las últimas fases del Modelo de Sustitución de Importaciones fue de 40%, mientras que el costo energético de colocar energía en los usuarios finales se tuvo una eficiencia de 60%;
- para el Modelo de Mercado, a partir de 1982, invirtió las eficiencias; principalmente por el efecto de la proporción de la exportaciones de Petróleo Crudo, con respecto al total; teniendo como resultado que el costo energético de hacer economía aumentó.

Los aspectos que requieren de mayor atención, para proyectar las posibilidades de contribución del sistema energético al desarrollo, en una perspectiva histórica de largo plazo, es decir, que aumente la sustentabilidad; son las concentraciones de energía contenida.

Si bien, el costo energético de producir ha disminuido, el de colocar la producción ha aumentado. El contenido total se concentra en cinco ramas, Otras actividades industriales, Autotransporte, Residencial, Extracción Petróleo y Gas y Comercio y Servicios, son las ramas que tienen el mayor potencial para sustentar mecanismos para la racionalización de los intercambios de energía contenida en el sistema económico.

Otras actividades industriales, Cemento, Química, Petroquímica básica y Comercio y Servicios, deben ser objeto del diseño de estrategias que aumenten la intensidad de conexión, por el potencial para generar efectos multiplicadores.

Mientras que Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad; Siderurgia; Minería y Azúcar pueden modificar la demanda final, por la cantidad de vínculos que tienen con las demás ramas del sistema.

Para México, las dinámicas adversas registradas en el lapso 1983-2012, tuvieron como principales causas:

- la desvinculación del Estado en los asuntos económicos, en la planeación, gestión y promoción del desarrollo;
- la falta de generación de acuerdos políticos en los decisores estratégicos que al menos mantengan la coherencia sistémica en términos de sustentabilidad y desarrollo;
- derivado de lo anterior, no se ha contado con un debate que permita identificar modelos flexibles de desarrollo con capacidad de adaptación y originalidad de acuerdo con las características propias del país; y
- aunque los aprovechamientos de energía hayan mejorado en los procesos productivos, el costo energético de hacer economía ha aumentado.

Cualquier modelo de desarrollo que se tome, debe considerar la estructura de sus procesos de producción y de los recursos que se tienen, de las interacciones entre los diferentes componentes del mismo, así como, el costo presente y futuro de utilizarlos.

El potencial del sistema energético para dotar de sustentabilidad al desarrollo es grande; se cuentan con diversas experiencias, algunas satisfactorias, otras no; las tendencias de perseverar en la aplicación de la política económica de Estado (Modelo de Mercado) y de mantenerse a distancia de los asuntos económicos también.

Se requiere de integrar los conceptos de energía y economía, conjuntamente con metodologías más precisas; que estimen los límites que imponen las leyes de la naturaleza, donde éstos no se pueden traspasar, o se hace lentamente en la escala humana; y que el mayor potencial se encuentra, en aquellas que aplican a las leyes del hombre, las cuales tienen el mayor potencial para dotar de sustentabilidad al desarrollo, al gestionar y aprovechar de mejor manera sus recursos.

Tomando en cuenta que el energético secundario Electricidad, tiene un rendimiento energético promedio de 0.36 unidades, obtenidas por cada unidad suministrada en su proceso de conversión, es el más bajo de la estructura energética; es uno de los más utilizados y tiene efectos positivos sobre el bienestar de la población; el potencial para intensificar los programas que eleven su disponibilidad de manera directa, deben tenerse en cuenta, por el efecto favorable de disminuir el costo energético de colocar energía en lo usuarios finales.

El flujo de energía contenida del sistema mexicano dista mucho de ser óptimo, muestra de ello son las concentraciones de energía contenida en pocas ramas, que han aumentado el costo energético de hacer economía. Estas se presentaron en dos formas, una en concentración de energéticos directamente como la rama Ext. de Petróleo y Gas que no inyecta la mitad de su energía contenida a los procesos productivos de la demanda intermedia, dado que lo transfiere directamente a la demanda final a la cuenta de Exportaciones; y la otra forma es por absorción de la producción de otras ramas, como sucede con Comercio y Servicios, que aumenta su energía contenida porque la adquiere a través de insumos procesados de otras ramas.

La racionalización de las concentraciones, debe de ser una prioridad para desencadenar los procesos de desarrollo, por las capacidades que tiene para otorgarle sustentabilidad al sistema y de orientar tanto el trabajo como su valor en una sola dirección, como lo registra el sendero de energía cuando detecta los nudos.

Partiendo del supuesto de que continuará el comportamiento del Estado en los asuntos económicos, y que los porcentajes de exportación de Petróleo Crudo no son susceptibles de modificarlos a la baja; toman relevancia todos aquellos instrumentos que coadyuvarían al diseño de estrategias para maximizar los flujos de energía que aumenten la producción, desde una óptica que fortalezca su estructura; los vínculos entre cada uno de sus componentes; y que mejoren el balance de intercambio de energía contenida.

Esta información es de gran utilidad, porque identifica y cuantifica las magnitudes de las ramas que son objeto de racionalizar en el sistema, para racionalizar las concentraciones de energía contenida, que restan capacidades de crecimiento a otras ramas, que a su vez son indispensables por dos aspectos importantes: porque contribuyen a un crecimiento balanceado; y porque aumentan la intensidad de conexión entre las ramas.

Por lo tanto, que aumentar la conectividad, así como la intensidad de conexión del sistema económico mexicano, en términos de energía contenida, contribuye a incrementar los flujos de energía racionalizando los usos en cada agente económico, aumentando las posibilidades de un crecimiento balanceado, y con ello la sustentabilidad del desarrollo nacional.

Recomendaciones

La interpretación de los conceptos toma un papel fundamental en los procesos de análisis e investigación. Se ha resaltado que el concepto de desarrollo esta fuertemente anclado a las precepciones imperantes de la ciencia económica convencional; sin embargo, hay aspectos en los que es necesario profundizar, como las preocupaciones que tenían en la corriente económica clásica, hacia la acción del hombre y el papel de la naturaleza.

Toma sentido preguntarse: cuál es balance adecuado entre las necesidades y los deseos; cuáles son las consecuencias que se desencadenan por las decisiones estratégicas; qué tan importante sería valorar los servicios de la naturaleza desde una perspectiva económica; cuáles son la capacidades de sustitución; por qué es necesario sustituir algo, y de ser así a qué costo energético y monetario; cuál es el beneficio real de las mejoras en las eficiencias energéticas de los diversos dispositivos y su ingreso en las economías de escala; son cuestiones sustantivas que pertinente discutir en los diversos espacios con los que una nación cuenta.

En esencia, integrar en los análisis y las investigaciones de desarrollo, desde cualquier óptica y rama del conocimiento, aspectos de la bioética, la moral, del civismo y de la ecología, así como cuestionar la teoría del valor, profundizar en la teoría energética del valor, y de los conceptos que rodean a la energía con los aspectos de la sustentabilidad del desarrollo, muestran el carácter de ciencia compleja que se deriva de las relaciones entre crecimiento – desarrollo – sustentabilidad – energía.

Para ello, se recomienda aplicar de manera adecuada el concepto de sustentabilidad, que desde sus orígenes apela a mantener, sustentar y prever, el aprovechamiento de recursos con capacidad de reproducción cíclica; es decir, busca el equilibrio entre la actividad del ser humano y los bienes y servicios de la naturaleza; por lo que no aplica a recursos no renovables.

Empero, al aplicar esa noción al concepto de desarrollo, amplía las opciones para el diseño de modelos pragmáticos de largo plazo; que estarán acotados a sus imperativos, es decir, parten de identificar qué es posible mantener, cómo se puede sustentar, para prever el momento en que sea necesario adaptarlo, que sea sujeto del concepto de resiliencia, con la adecuada valoración de los costos económicos, ecológicos, sociales, políticos, energéticos, etc..

Esta ruta invita a que los modelos diseñados tengan diagnósticos profundos de los recursos que tienen los Estados – nación, de sus instituciones y de los marcos normativos, sus estructuras y dinámicas, entre los diferentes agentes que lo constituyen.

Para eso, es pertinente continuar con la estimación de los indicadores de comportamientos generales, pero con modificaciones que precisen la realidad, por ejemplo, identificar el PIB informal, su componente ilícito, el uso energético asociado a las actividades de seguridad interna y exterior, estimar el valor monetario del costo de exportar energéticos, es decir, de hipotecar el futuro.

También vale considerar la utilidad de las metodologías de insumo – producto, energético y monetario, que tiene un gran potencial explicativo para el diagnóstico, para la planeación, para el diseño y la evaluación del modelo de desarrollo, sus políticas y los marcos normativos; dado que encara el análisis y la investigación con una perspectiva conjunta, no lo hacen con partes aisladas, incluso aborda de alguna manera el carácter complejo de las ciencias.

Los temas de análisis son:

- los efectos del sistema energético sobre el económico;
- los aumentos en las eficiencias de transformación de energía;
- las mejoras en la infraestructura de transporte y de distribución de energía;
- simulaciones sobre probables modificaciones de la canasta energética, de la capacidad instalada en las plantas de conversión de energía, de la integración de nuevos energéticos y de proyecciones de reservas; o
- en sentido contrario, los efectos del sistema económico sobre el energético, tales como las variaciones en las actividades de las ramas económicas, la integración de nuevas ramas, los cambios en los coeficientes tecnológicos, la reestructuración de las cadenas de producción, así como de las trayectorias de los insumos sobre éstas.

Para futuras investigaciones, partiendo de los componentes directos e indirectos del sistema energético; es recomendable cuantificar los efectos de las conversiones descentralizadas de los aprovechamientos de energía, como mecanismos para incrementar la capacidad instalada de los dispositivos que aprovechan energías renovables y otras alternativas (como el hidrógeno y las diferentes opciones de celdas de combustible), comparado con las opciones convencionales, esto en valor de energía y económico.

También, los mecanismos que de acuerdo con las concentraciones y las dinámicas de intercambio de energía contenida, dirijan al sistema hacia un balance que aumente las capacidades de producción y colocación de productos, en el sentido de maximizar los flujos de energía del sistema en su conjunto, aprovechando las opciones monetarias, como los *impuestos pigouvianos* y la *acción coacsiana* entre los agentes que lo componen.

Anexo I. Indicadores

AI.I Representación de los indicadores como vectores de tres dimensiones

Al cargar los aspectos en el modelo se tiene:

$$\overrightarrow{Indicador}_t = (\vec{I}_{DS,t}, \vec{I}_{DE,t}, \vec{I}_{DA,t}) = \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \left(\frac{E_{DS,j,t}}{E_{DS,j,t=0}} - 1 \right), \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \left(\frac{E_{DE,j,t}}{E_{DE,j,t=0}} - 1 \right), \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \left(\frac{E_{DA,j,t}}{E_{DA,j,t=0}} - 1 \right) \right) \dots (AI.1)$$

Para determinar la Trayectoria del IES y del ISE, se parte de los vectores de cada uno de los indicadores en términos vectoriales y se normalizan:

$$Trayectoria_t = \frac{\overrightarrow{Indicador}_t}{\|\overrightarrow{Indicador}_t\|} \dots (AI.2)$$

AI.II Imputación de datos faltantes

Las fuentes de información se obtuvieron con el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la Secretaría de Energía (SENER), el Banco Mundial (BM), y Petróleos Mexicanos (PEMEX).

Del INEGI se tomaron los documentos:

Estadísticas Históricas de México, la reimpresión del 2000. Para información de ingresos y deuda del sector público federal, gobierno federal, de PEMEX, de CFE. Así como de la producción, exportación, y reservas de hidrocarburos, Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos (AEEUM). Se extrajeron los datos de los ingresos, inversión del sector público federal, gobierno federal, los petroleros. También viviendas con energía eléctrica. Censos y Conteos de Población y Vivienda. Se obtuvo información de tamaño de la población, de viviendas que cuentan con electricidad.

Encuesta Nacional de Ingreso y Gastos en los Hogares. Se obtuvieron por deciles los ingresos totales de los hogares y el gasto correspondiente a energía y combustibles.

De la SHCP se utilizaron los libros de la Cuenta de la Hacienda Pública Federal de forma conjunta con Estadísticas Históricas de la Deuda Pública en México, 1980-2001 publicado por la Cámara de Diputados, Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP). Se utilizaron los datos de ingresos y deuda del sector público federal, del gobierno federal, de PEMEX, y de CFE. Así como de la inversión de PEMEX.

De La SENER se extrajo la información de del Sistema de Información Energética, (SIE). La información que se tomó fue: Producción y consumo de energía, por tipo de combustible y sector²⁸⁴.

²⁸⁴ Distinguiendo entre primaria y secundaria, incluyendo importaciones y exportaciones más consumo en centros de transformación.

En PEMEX se utilizaron las publicaciones de los Anuarios Estadísticos. Para los datos de reservas, producción, exportaciones de hidrocarburos e inversión de la industria petrolera.

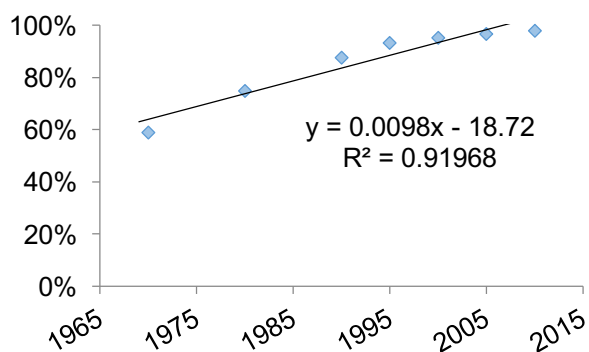
Y del BM se descargó la información de la sección World Development Indicators. Se descargaron los datos de producto interno bruto, producción de energía, aprovechamiento de energías renovables (con y sin hidroenergía), importaciones de energía, consumo final total de energía, y emisiones (CO₂, NO_x, HFC, PFC, SF₆).

Los datos se recopilaron y manipularon en Excel, la representación de vectores de tres componentes en Mathematica.

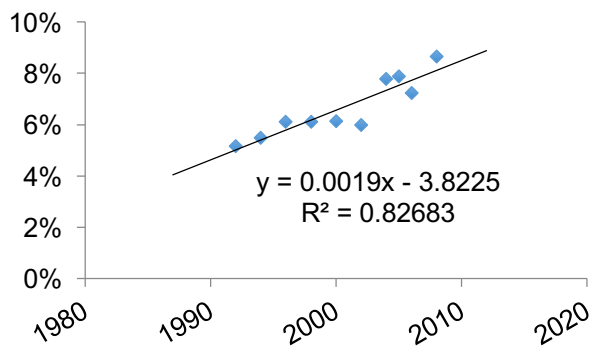
No todos los datos se obtuvieron para todos años de estudio, a continuación se presentan los métodos de aproximación:

En la información de Deuda faltaron los años 1973 y 1979. Se hizo una interpolación lineal con los años anterior y posterior.

El Acceso a la Electricidad, se obtuvo información para los años 1970, 1980, 1990, 1995, 2000, 2005, y 2010. Para los años intermedios se utilizó una interpolación lineal sobre el conjunto de datos, en la Gráfica AI.1 se muestra el conjunto de datos, la línea de tendencia y la ecuación que la aproxima.



Gráfica AI. 1 Acceso a Electricidad



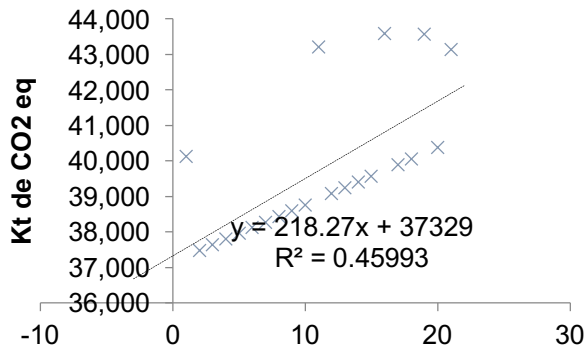
Gráfica AI. 2 Porcentaje del Gasto en Energía sobre los Ingresos

Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos y Conteos de Población y Vivienda.

Fuente: Elaboración propia con datos de las Encuestas de Ingreso y Gastos en los Hogares

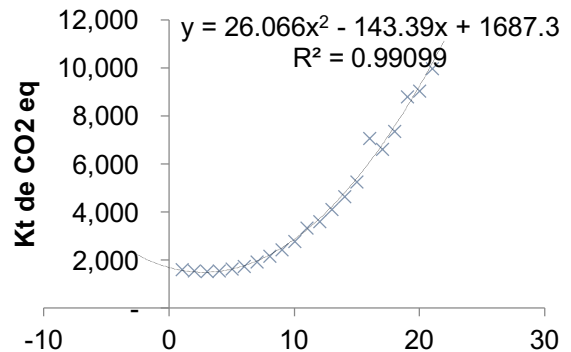
El Gasto en energía e ingresos en los hogares, los datos se tienen para los años 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008, y 2010. Se hace una interpolación lineal para los años faltantes, y para los años 1970 a 1983 se toma el valor de 2%, ver la Grafica AI.2.

Las emisiones de NO_x, HFC, PFC, y SF₆ se tienen para los años 1990, 2000, 2005, 2008 y 2010. Se utilizaron distintas aproximaciones para cada uno de ellos, se muestran en las Graficas AI.3 a AI.6.



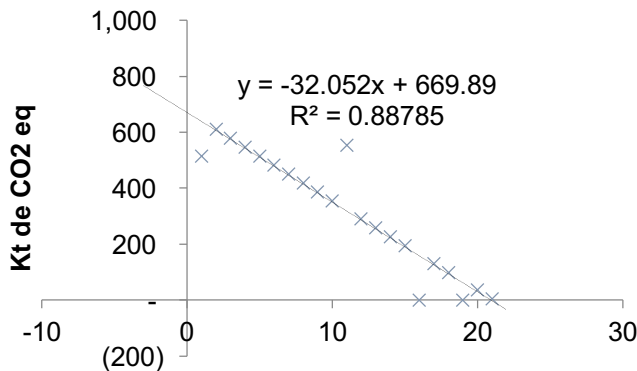
Gráfica AI. 3 Emisiones de NO_x

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.



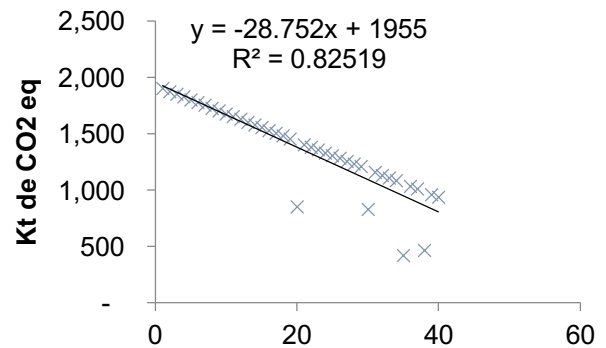
Gráfica AI. 4 Emisiones de HFC

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.



Gráfica AI. 5 Emisiones de PFC

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.



Gráfica AI. 6 Emisiones de SF₆

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

AI.III Tendencias de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad

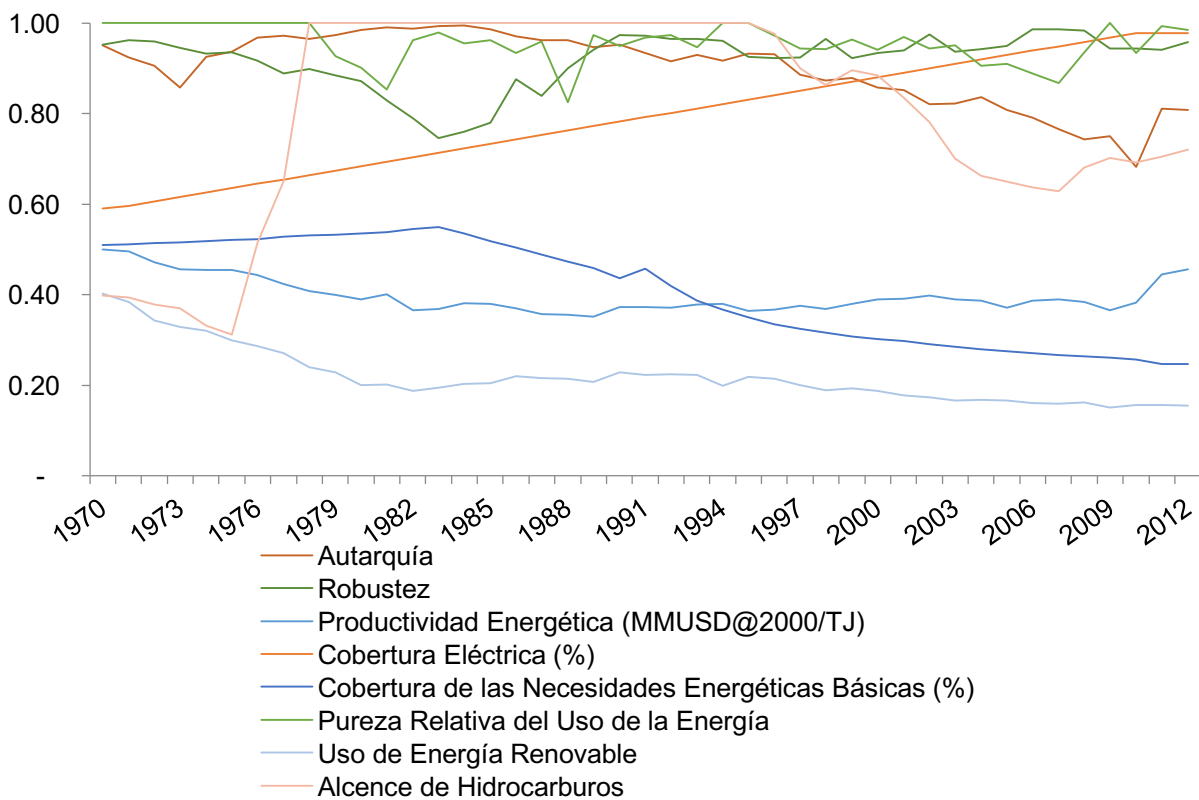
La evolución de cada uno de los indicadores, Gráfica A.1, se tienen que durante todo el periodo la Cobertura de Necesidades Básicas Energéticas (además a partir del 83 inició su descenso sostenido), Productividad Energética, Uso de Energía Renovable han tenido los valores más bajos.

La Cobertura Eléctrica siempre ha tenido un valor ascendente, el comportamiento lineal se debe a que los datos publicados son entre diez años y cinco años, ver Anexo Imputación de Datos.

El Alcance de Hidrocarburos tuvo un crecimiento de 1970 a 1978, paso de un valor de 0.4 a 1, después se mantuvo en el valor máximo del 79 al 95, y el último tramo del periodo bajo su valor de 1 a 0.69.

La Autarquía aunque tenía uno de los valores mas altos (cercanos a uno) a partir del 83 inició su descenso sostenido.

La Robustez del 70 al 83 tuvo comportamiento descendente, de 0.96 a 0.75, del 84 al 90 creció de 0.76 a 0.96, y tiempo restante se mantuvo relativamente constante, valores entre 0.93 y 0.99.



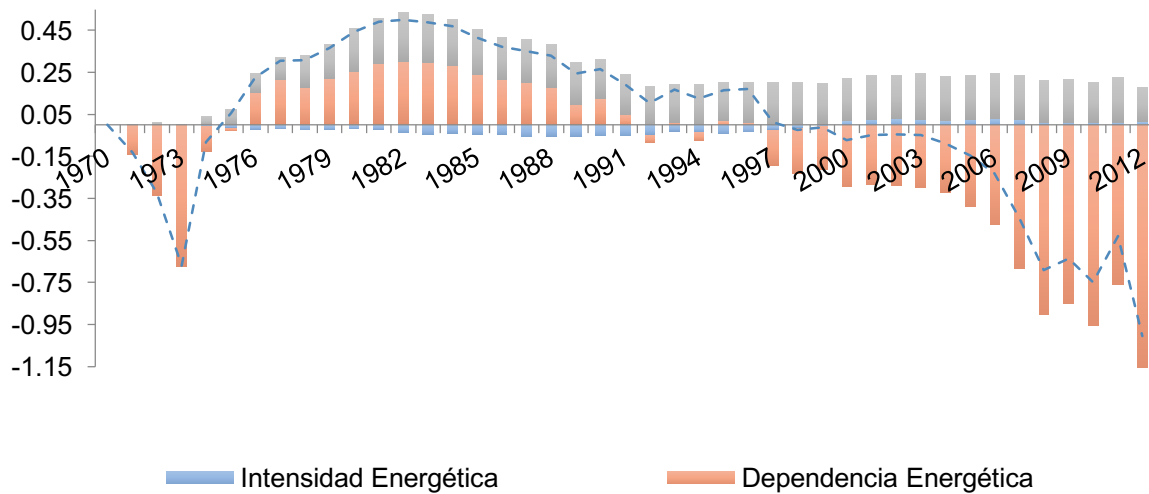
Gráfica AI. 7 Composición de los Indicadores de Energía y Sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia con datos de SHCP, INEGI, PEMEX, y BM.

AI.IV Tendencias del Índice de Sustentabilidad Energética

Se evaluaron las tendencias de cada uno de los componentes de las dimensiones del ISE con el propósito de observar aquellas que tienen los efectos dominantes en el comportamiento de las curvas.

Empezando con la dimensión económica, la variable que ha modificado el comportamiento de la dimensión es “Dependencia energética”, esta de 1973 a 1995 tuvo un valores positivos (0.01 a 0.1, pasando por un máximo en 1980-1983 de 0.3), después decreció aunque del 2000 al 2010 aceleró disminución, Gráfica A. 2.

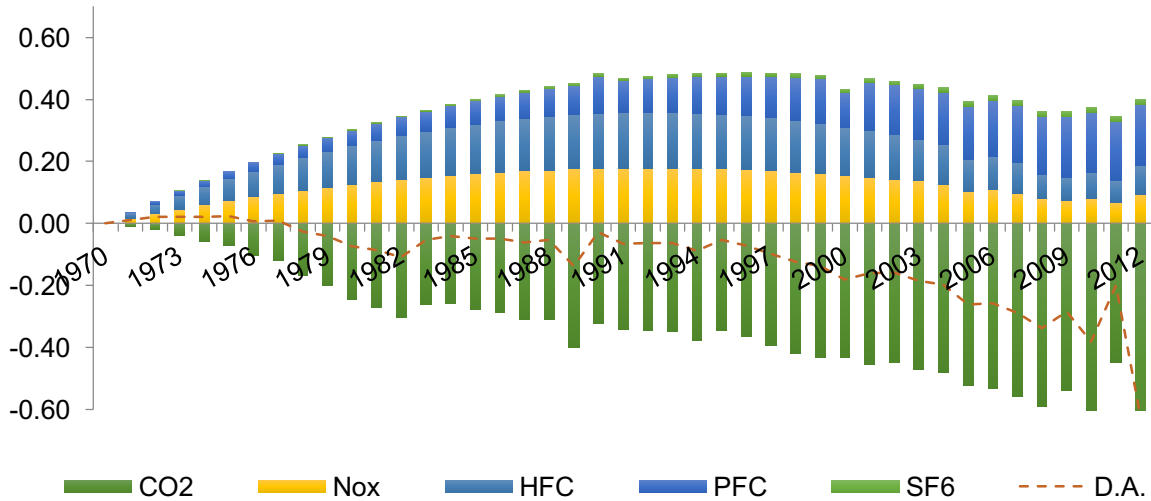


Gráfica AI. 8 Composición de la Dimensión Económica

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

En todo el periodo 1970-2012 la variable “Porcentaje de Energía Renovable” ha tenido valores negativos. Por otro lado la “Intensidad energética” presentó valores negativos de 1970 a 1998 con un cambio de inflexión de 1999 a 2010, sin embargo con valores pequeños.

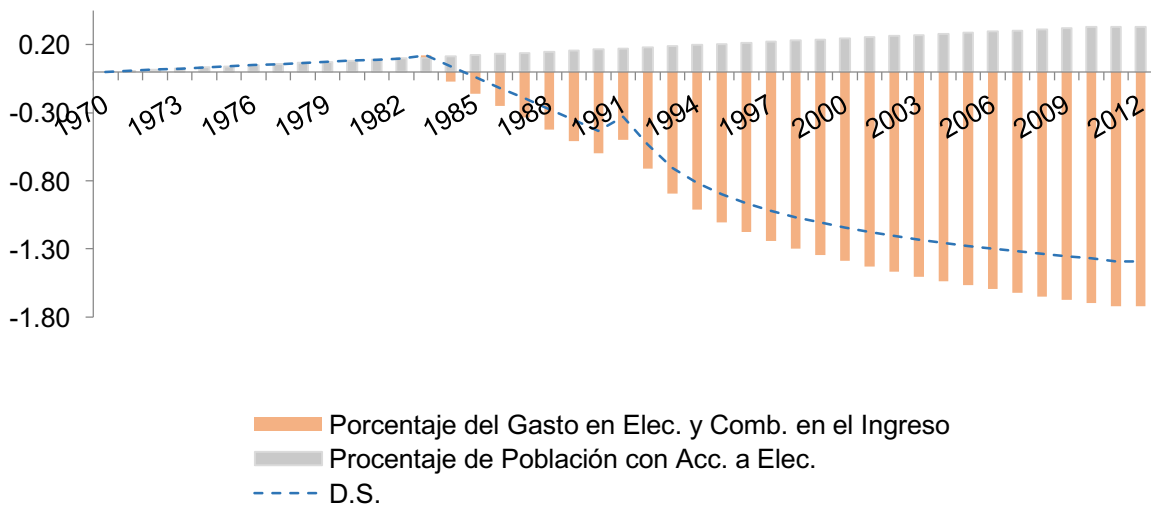
El comportamiento en la dimensión ambiental el valor de la variable “Emisiones de CO₂” fue negativo y decreciendo en todo momento, contrario a las variables de emisiones de NO_x, HFC, PFC y SF₆ que mostraron valores positivos, ver Grafica A. 3.



Gráfica A1.9 Composición de la Dimensión Ambiental

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

La descomposición de la dimensión social que se presenta en la Grafica A. 4, la variable “Porcentaje del Gasto en Electricidad y Combustibles del Ingreso”, a partir de 1983 inicio una rápida caída en su valor y dominando el comportamiento de la dimensión, esto contrasta con la variable “Porcentaje de la Población con Acceso a la Electricidad” siempre ha sido positiva.



Gráfica A1.10 Composición de la Dimensión Social

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

Anexo II. Equivalencias y Tablas de insumo – producto monetarias y de energía

All.I Proceso de recopilación de información para las cuentas nacionales y los balances de energía que siguen el INEGI y la Secretaría de Energía

All.I.I Cuentas nacionales

Las fuentes de información son Censos Económicos, los Generales de Población y Vivienda, Conteos de Población, Encuestas Nacionales de Ingreso y Gasto de los Hogares, las Sectoriales del INEGI (Industrial Mensual, Industrial Anual, Mensual sobre Establecimientos Comerciales, en Empresas Afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, de Servicios), Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación y de la Industria Minero-Metalurgia, Anuarios, Memorias de Labores, Estados Financieros (METRO DF, METRO Monterrey, Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero, FONART, CAPUFE, CFE, CONAGUA, Comisión Nacional de Salarios Mínimos, ISSSTE, IMSS, BANXICO, SEPOMEX, PEMEX, IFE, SCT, SAGARPA, SHCP, SSA, SECTUR, SEP, SEGOB, Gobiernos de los estados), y de empresas y organismos (TELMEX, TELCEL, AVANTEL, IUSACELL, ASA, SENEAM, SATMEX, MEXICANA, AEROMEXICO, AEROMAR, AEROLITORAL, Almacenadora Sur, Almacenadora Centro Occidente, Servicios de Almacenamiento del Norte, AMIA, ANPACT, AMDA, Empresas Automotrices, CEMEX, AMIS, AMB).

El tratamiento de la información recopilada para el SCNM utiliza el conjunto de definiciones, reglas contables, principios de valoración y clasificaciones de los acuerdos internacionales, con las cuales se produce la siguiente: en información anual se elaboran las Cuentas de bienes y servicios, los Indicadores macroeconómicos del Sector Público, las Cuentas de los Sectores Institucionales, el Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, como cálculo preliminar la Oferta, Demanda Global y Producto Interno Bruto; en Información de corto plazo por actividad económica, el Producto Interno Bruto Trimestral en valores corrientes y constantes, la Oferta y Utilización Trimestral en valores corrientes y constantes, el Indicador Mensual de Actividad Industrial, el Indicador Global de la Actividad Económica, el Indicador Mensual de la Formación Bruta de Capital Fijo, y el Indicador Mensual de la Producción Manufacturera por Entidad Federativa e Indicador Mensual de la Distribución de la Energía Eléctrica por Entidad Federativa.

A.II.I.II Balance Nacional de Energía

La recolección de información para la elaboración de los BNE es por parte de la SENER, tiene tres fuentes son: industria generadora de energía, cogeneradores y autogeneradores, y consumidores.

La industria generadora de energía son en su mayoría empresas públicas PEMEX y CFE, por lo que se cuenta con los registros de los flujos de energía, sin embargo, para contabilizar la producción de electricidad de las compañías privadas se utiliza el Centro Nacional de Control Eléctrico (CENACE) junto con Comisión Reguladora de Energía (CRE), que otorga los permisos de generación, también para determinar las actividades del consumo de

combustibles y oferta eléctrica (de esos mismo particulares) el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) integra la información que le proporciona la CRE.

Se utiliza información publicada por diferentes cámaras industriales como la CAMIMEX para el balance de carbón mineral, la CNIAA para el bagazo de caña, o estudios de especialistas para estimar el flujo de combustibles específicos.

Por lo tanto, la información registrada por PEMEX y CFE sobre las ventas de combustibles por rama de actividad y la facturación eléctrica se contrasta con información obtenida por medio de encuestas, como el caso del consumo de energía en transporte colectivo de pasajeros y la Encuesta Sobre el Consumo de Energía en el Sector Industrial (ECESI), y con la Encuesta Industrial Anual del INEGI. Adicionalmente, cuando no coincide la información se utiliza series históricas y relaciones como elasticidad Producción-Consumo de energía.

La información se administra en función de la siguiente tabla [SPP, 1981, 1986; INEGI, 1997, 2002^a, 2002b, 2007, 2011; SENER, 2012]:

Tabla AII. 1 Definición de cuentas de los BNE

Consumo final		Definición
		Registra el consumo de energéticos primarios y secundarios como materia prima.
	Consumo final no energético	Este consumo se da en los procesos que emplean materias primas para la elaboración de bienes no energéticos, por ejemplo: PEMEX Petroquímica utiliza gas seco y derivados del petróleo para elaborar plásticos, solventes, polímeros, caucho, entre otros. En otras ramas económicas se incluye el bagazo de caña utilizado para la fabricación de papel, tableros aglomerados y alimento para ganado.
	Consumo final energético	
Sector	Residencial	Es el consumo de combustibles en los hogares urbanos y rurales del país. Su principal uso es para cocción de alimentos, calentamiento de agua, calefacción, iluminación, refrigeración y planchado.
	Comercial	Es el consumo de energía en locales comerciales, restaurantes, hoteles, entre otros.
	Público	Incluye el consumo de energía en el alumbrado público, en el bombeo de agua potable y aguas negras, así como en la tarifa temporal.
Sector Transporte	Autotransporte	Incluye la energía aprovechada en los servicios de transporte terrestre para el movimiento de personas y carga.
	Aéreo	Se refiere al combustible que se consume en vuelos nacionales e internacionales. No se incluyen las compras que las líneas aéreas hacen en el extranjero

Ferroviario	Consumo realizado por los distintos concesionarios particulares del transporte ferroviario en el país, incluyendo los sistemas de transporte colectivo;
Marítimo	Incluye las ventas nacionales de combustibles a la marina mercante, la armada nacional, empresas pesqueras y embarcaciones en general;
Eléctrico	Es el total de energía eléctrica consumida en el servicio público de transporte eléctrico para la movilización de personas.
Sector Agropecuario	Energía consumida para desempeñar todas las actividades relacionadas directamente con la agricultura y la ganadería. Ejemplos de este consumo son la electricidad necesaria para el bombeo de agua y riego, los combustibles utilizados en la agricultura mecanizada y en la ganadería, entre otros. Este rubro comprende el consumo de energía de los procesos productivos del sector industrial en el que destacan 15 ramas identificadas: siderurgia, PEMEX Petroquímica, química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, fertilizantes, cerveza y malta, automotriz, aguas envasadas, construcción, hule y tabaco.
Sector Industrial	La clasificación que se utiliza es de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN)

Nota.- Extraído de (SENER, 2012, págs. 147-148)

II.I.III Equivalencia entre clasificadores CIU y SCIAN

La equivalencia se hizo en función de las Tablas de Correspondencia publicadas por el INEGI, a un nivel de agregación de 27 cuentas:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Agropecuario | 20. Automotriz |
| 2. Extracción de petróleo y gas | 21. Otras actividades Industriales |
| 3. Extracción de Carbón | 22. Transporte (A) |
| 4. Minería | 23. Autotransporte |
| 5. Transferencias de energía | 24. Transporte (M) |
| 6. Público | 25. Transporte (F) |
| 7. Construcción | 26. Residencial |
| 8. Azúcar | 27. Comercio |
| 9. Aguas envasadas | |
| 10. Tabaco | |
| 11. Celulosa y papel | |
| 12. PPQ | |
| 13. Química | |
| 14. Fertilizantes | |
| 15. Hule | |
| 16. Vidrio | |
| 17. Cemento | |
| 18. Siderurgia | |
| 19. Aluminio | |

Tabla AII. 2 Equivalencia entre cuentas CIU y SCIAN

CIU	BNE	SCIAN			
		Cuenta Sector	Cuenta Subsector	Cuenta Rama	Cuenta Subrama
01-03	Agropecuario	11		11	
0710 0891 0721 0892 0729 0893 0810 0899	Minería	21	212	2122 2123	
4100 4321 4210 4322 4220 4329 4290 4330 4311 4390 4312	Construcción	23		23	
1104	Aguas Envasadas	31 - 33	312	3121	31211
2420 2599 2732	Aluminio	31-33	331	3313	
2910 2930	Automotriz	31-33	336	3361	
1072	Azúcar	31-33	311	3113	31131
1701 1702 1709	Celulosa y papel	31-33	322	3221	
2394 2395	Cemento	31-33	327	3273	32731
1103 2012	Cerveza y malta Fertilizantes	31-33 31-33	312 325	3121 3253	31212 32531
2211 2219	Hule	31-33	326	3262	
2013 2100 2030 2022 2220 2011 2029 2023	Química	31-33	325	3252, 3254 3255, 3256 3256, 3259 3261	
2410	Siderurgia	31-33	331	3311	
1200	Tabaco	31-33	312	3122	31222
2310	Vidrio	31-33	327	3272	
2011	PPQB				312143, 325110 325120, 325130 325180, 325190 325310, 325610 325999

Tabla AII.2 continuación...

CIU	BNE	SCIAN			
		Cuenta Sector	Cuenta Subsector	Cuenta Rama	Cuenta Subrama
3600, 3700 3811, 3812 3821, 3822 3830, 3900	Público				222111, 222112 562112, 562111
4911 4912	Transporte (F)		482		482110 487110 482110
4921 4922 4923	Transporte (Auto)		484, 485, 487, 713		485111, 485112 485113, 485114 485210, 485311 485312, 485320 485410, 485510 485990, 487110 487990, 711392 484111, 484119 484121, 484219 484210, 484221 484222, 484223 484224, 484229 484231, 484232 484233, 484234 484239
5011 5012 5021 5022	Transporte (M)		483, 487		483111, 483112 487210, 483111 483112, 483113 483210
5110 5120	Transporte (A)		481		481111, 481112 481210, 487990 481111, 481112 481210
9700 9810 9820	Residencial				814110 YYYYYY YYYYYY

Tabla All.2 continuación...

CIIU		BNE	SCIAN			
Cuenta		Cuenta	Cuenta Subrama			
5210	9312		493111	523121	561421	711111
5221	9319		493119	523122	561422	711112
5222	9321		493120	523990	561920	711121
5223	9329		493130	522510	561440	711122
5224	9411		493190	523910	561450	711131
5229	9412		488210	524210	325999	711132
5310	9420		488410	524210	561910	711191
5320	9491		488491	524220	561490	711192
5510	9492		488492	541610	561990	711311
5520	9499		488310	524220	611111	711312
5590	9511		488330	531111	611112	711320
5610	9512		488390	531112	611121	711510
5621	9521		488111	531113	611122	519121
5629	9522		488112	531114	611181	519122
5630	9523		488190	531115	611182	519190
5811	9524		488112	531119	611131	712111
5812	9529		488210	531210	611132	712112
5813	9601		488320	531311	611181	712120
5819	9602		488493	531319	611182	712131
5820	9603	Comercio	488390	541110	611141	712132
5911	9609		488493	541120	611142	712190
5912	9900		488511	541190	611151	713210
5913			488519	541211	611152	713291
5914			488990	541219	611161	713299
5920			491110	551111	611162	721120
6010			492110	541610	611181	711211
6020			492210	541820	611182	711311
6110			721111	236113	611211	711312
6120			721112	236212	611212	713910
6130			721113	236222	611311	713941
6190			721120	237113	611312	713942
6201			721190	237123	611621	713943
6202			721210	237133	611622	713944
6411			722219	541330	611212	713999
6419			722330	541340	611411	487210
6420			722320	541350	611412	711211
6430			722310	541360	611421	711311
6491			722219	541370	611422	711312
6492			722330	541380	611431	711320

Tabla AII.2 continuación...

CIIU	BNE	SCIAN			
Cuenta	Cuenta	Cuenta Subrama			
6499		722411	811199	611432	713998
6511		722412	541711	611511	713999
6512		511131	541712	611512	713111
6520		511132	541721	611631	713112
6530		511191	541722	611632	713113
6611		511192	541810	611691	713114
6612		519130	541830	611698	711191
6619		511141	541840	611699	711192
6621		511142	541850	611710	711311
6622		519130	541860	622111	711312
6629		511111	541870	622112	711320
6630		511112	541890	622211	713113
6810		511121	541910	622212	713114
6820		511122	541410	622311	713120
6910		519130	541420	622312	713920
6920		511191	541430	621111	713930
7010		511192	541490	621112	713991
7020		519130	518210	621113	713998
7110	Comercio	511210	541920	621114	713999
7120		519130	711510	621211	813110
7210		512111	812910	621212	813130
7220		512112	541620	621411	813120
7310		512113	541690	621412	813210
7320		512190	541930	621421	813220
7410		512120	541990	621422	813230
7420		512130	711410	621491	811219
7490		512210	541941	621492	811219
7500		512220	541942	621311	811211
6209		721311	237213	611611	713950
6311		721312	237313	611612	813140
6312		722110	237994	611171	711212
6391		722211	541310	611172	713992
6399		722212	541320	611211	713998
7710		512230	541943	621312	811410
7721		512240	541944	621320	811499
7722		512290	532110	621331	811430

Tabla All.2 continuación...

CIU		BNE	SCIAN			
Cuenta		Cuenta	Cuenta Subrama			
7729	8790		519130	532121	621332	811420
7730	8810		515110	532122	621341	811491
7740	8890		519130	532299	621342	811499
7810	9000		515120	532230	621391	561740
7820	9101		515210	532210	621392	812210
7830	9102		519130	532220	621398	812110
7911	9103		517111	532291	621399	812310
7912	9200		517112	532292	621411	812320
7990	9311		515110	532310	621412	812120
8010			515210	532299	621421	812130
8020			517210	532310	621422	812410
8030			517112	532411	621491	812990
8110			517410	532412	621492	932110
8121			517410	532420	621511	932120
8129			517910	532491	621512	522420
8130			541510	532492	621610	524110
8211			541510	532493	621910	524120
8219			541510	533110	621991	524130
8220			518210	561310	621992	524110
8230		Comercio	519130	561320	623111	524220
8291			519110	561330	623112	523110
8292			519190	561510	623211	523210
8299			521110	561520	623212	561790
8510			522110	561590	623221	811312
8521			522310	713998	623222	561730
8522			522320	561610	623311	561110
8530			522390	561620	623312	323119
8541			551112	541990	623991	561410
8542			522220	561610	623992	561431
8549			522410	561210	624121	561432
8610			532121	561720	624122	624221
8620			532122	238222	624111	624222
8690			522210	488112	624112	624231
8710			522430	488210	624191	624232
8720			522440	488390	624198	624311
8730			522451	488492	624199	624312
			522452	561710	624211	624411
			522490	561720	624212	624412

All.II Tablas de Insumo – Producto Monetarias

Tabla All. 3 Insumo - Producto de 1970 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP	
1	54.48	-	-	0.08	0.01	-	-	12.97	4.53	3.84	0.64	-	1.07	0.05	-	-	-	-	-	-	239.65	-	-	-	-	-	1.04	318.37	221.55	539.93	
2	-	3.90	-	0.27	1.58	0.07	-	-	0.07	-	0.26	41.08	0.81	0.08	-	0.05	0.46	0.65	0.03	0.01	0.77	-	-	-	-	-	0.52	50.62	0.91	51.54	
3	-	-	1.38	0.30	0.05	-	0.05	-	-	-	-	-	0.17	0.05	0.01	-	-	3.26	-	-	0.13	-	0.04	-	-	-	-	5.45	0.24	5.69	
4	0.46	1.00	-	15.27	0.06	-	4.24	0.02	0.01	-	0.04	0.65	2.45	1.37	0.18	0.36	1.18	5.12	2.84	-	14.14	-	0.06	-	0.01	-	1.33	50.78	23.52	74.30	
5	1.79	0.87	0.03	0.84	-	-	1.04	0.11	0.42	0.05	0.92	0.38	1.45	0.20	0.29	0.22	1.11	2.10	0.21	0.16	2.46	0.02	0.35	0.01	0.04	-	1.73	16.80	14.35	31.15	
6	0.07	0.04	-	0.03	-	-	0.04	-	0.02	-	0.04	0.02	0.06	0.01	0.01	0.01	0.05	0.09	0.01	0.01	6.16	-	0.01	-	-	-	8.83	15.51	0.09	15.60	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	354.05	354.05	
8	0.04	-	-	-	-	-	-	0.53	5.97	-	0.04	-	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	12.35	18.38	30.73	
9	0.43	-	-	-	-	-	-	-	4.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	0.01	5.36	88.17	93.53
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	21.61	22.45	
11	0.51	0.03	-	0.05	0.09	-	0.24	0.10	1.65	0.32	16.68	0.14	3.80	0.31	0.21	0.59	1.08	0.49	0.09	-	14.17	0.04	0.54	0.02	0.06	-	7.50	48.72	7.52	56.24	
12	7.49	0.77	0.10	0.82	2.78	0.12	6.16	0.48	0.56	0.08	0.45	8.06	5.68	1.85	0.79	0.34	0.47	0.29	0.01	0.06	8.71	0.88	13.43	0.52	1.53	-	10.80	73.22	26.53	99.75	
13	7.00	0.27	0.01	0.90	0.04	-	9.29	0.15	0.81	0.57	1.91	1.88	23.30	0.42	1.98	0.76	0.04	0.34	0.26	0.28	32.55	0.02	0.34	0.01	0.04	-	21.98	105.14	80.22	185.36	
14	10.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	11.87	1.75	13.63
15	2.23	0.09	0.02	0.17	0.03	-	0.98	0.11	0.11	-	0.11	0.01	0.13	0.03	0.36	0.05	0.06	0.38	0.01	2.31	2.17	0.42	6.35	0.25	0.72	-	3.31	20.40	7.52	27.92	
16	0.01	-	-	-	0.01	-	1.33	-	2.52	-	-	-	1.62	-	-	1.12	-	-	-	0.57	3.29	-	-	-	-	-	0.42	10.88	4.98	15.86	
17	0.33	-	-	-	0.01	-	10.00	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	0.08	-	-	-	1.88	0.01	0.18	0.01	0.02	-	0.76	13.30	0.73	14.03	
18	0.56	1.78	-	0.02	0.01	-	21.93	-	-	-	0.03	0.10	0.07	-	-	0.06	41.06	0.04	0.02	24.43	0.01	0.16	0.01	0.02	-	1.36	91.68	20.06	111.75		
19	0.10	0.01	-	0.10	0.01	-	1.06	0.03	0.03	0.12	0.05	0.01	0.66	0.01	0.02	0.03	0.02	0.33	0.59	0.03	5.06	0.01	0.16	0.01	0.02	-	0.37	8.83	1.43	10.26	
20	0.13	-	0.01	0.06	-	-	-	0.04	0.04	-	0.03	-	0.05	0.01	0.01	0.02	0.02	0.14	-	0.65	0.42	0.01	0.15	0.01	0.02	-	3.29	5.10	59.95	65.04	
21	38.67	3.11	0.07	1.32	1.27	0.05	72.18	0.62	11.46	1.04	3.40	1.82	11.66	0.38	1.78	0.46	0.33	2.45	0.99	20.48	208.40	0.41	6.26	0.24	0.71	-	30.86	420.44	815.15	1,235.59	
22	0.13	0.07	-	0.02	-	-	0.65	0.02	0.10	-	0.05	0.31	0.20	0.02	0.04	0.02	0.02	0.10	0.01	0.02	0.79	0.01	0.21	0.01	0.02	-	0.47	3.31	7.13	10.44	
23	2.03	1.03	0.02	0.29	0.05	-	9.92	0.37	1.60	0.06	0.71	4.75	3.11	0.30	0.61	0.28	0.30	1.60	0.12	0.25	12.05	0.21	3.16	0.12	0.36	-	7.17	50.49	108.81	159.30	
24	0.08	0.04	-	0.01	-	-	0.38	0.01	0.06	-	0.03	0.18	0.12	0.01	0.02	0.01	0.01	0.06	-	0.01	0.47	0.01	0.12	-	0.01	-	0.28	1.96	4.22	6.18	
25	0.23	0.12	-	0.03	0.01	-	1.13	0.04	0.18	0.01	0.08	0.54	0.35	0.03	0.07	0.03	0.03	0.18	0.01	0.03	1.37	0.02	0.36	0.01	0.04	-	0.81	5.74	12.36	18.10	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	18.87	4.97	0.46	6.36	2.05	0.08	36.60	2.20	13.16	1.40	5.66	5.05	27.50	1.54	3.73	1.80	1.69	12.61	0.92	7.76	140.19	1.34	20.42	0.79	2.32	-	224.62	544.10	1,354.84	1,898.94	
Insumos nacionales	146.39	18.11	2.09	26.95	8.05	0.33	177.24	17.81	48.20	8.33	31.14	64.99	84.91	7.50	10.12	6.16	7.02	71.24	6.16	32.64	724.64	3.43	52.29	2.03	5.94	-	327.55	1,891.26	3,256.08	5,147.34	
Imp. Totales	1.75	1.90	0.57	0.90	0.67	0.44	6.48	0.06	0.98	0.23	2.33	1.70	19.84	1.59	2.59	0.84	0.05	6.10	0.60	13.41	49.42	0.42	6.45	0.25	0.73	-	10.57	130.86	104.14	235.00	
Insumos Totales	148.14	20.01	2.66	27.85	8.72	0.78	183.71	17.86	49.18	8.56	33.47	66.70	104.75	9.09	12.70	7.00	7.08	77.34	6.76	46.06	774.06	3.85	58.75	2.28	6.68	-	338.11	2,022.12	3,360.22	5,382.34	
PIB	391.79	31.53	3.03	46.45	22.43	14.83	170.33	12.87	44.35	13.89	22.77	33.05	80.62	4.54	15.22	8.86	6.95	34.41	3.50	18.99	461.53	6.59	100.55	3.90	11.43	-	1,560.83	3,125.22	90.79	3,216.01	
VBP	539.93	51.54	5.69	74.30	31.15	15.60	354.05	30.73	93.53	22.45	56.24	99.75	185.36	13.63	27.92	15.86	14.03	111.75	10.26	65.04	1,235.59	10.44	159.30	6.18	18.10	-	1,898.94	5,147.34	-	-	

Tabla All. 4 Insumo - Producto de 1975 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP		
1	53.81	-	-	0.00	0.01	0.00	-	10.39	4.95	3.29	0.53	-	1.97	0.02	0.90	-	-	-	-	-	309.27	-	-	-	-	-	2.11	387.26	291.55	678.81		
2	-	1.31	-	0.21	1.68	0.10	-	-	0.04	-	0.33	59.84	0.52	0.15	-	-	0.73	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	0.35	65.36	22.70	88.05		
3	-	-	3.15	0.56	0.14	0.01	0.09	-	-	-	-	0.01	0.30	-	0.04	0.00	-	5.12	0.05	-	1.06	-	-	-	-	-	-	10.54	0.92	11.47		
4	1.11	0.86	0.00	12.99	-	-	6.34	0.00	0.00	-	0.03	0.20	2.13	2.49	0.07	0.74	1.74	7.26	3.46	-	13.89	0.01	0.06	0.00	0.01	-	0.08	53.48	23.54	77.02		
5	2.02	0.23	0.09	0.76	0.03	0.00	1.43	0.07	0.48	0.04	1.02	0.56	1.97	0.23	0.29	0.32	1.25	2.05	0.27	0.27	8.04	0.07	0.55	0.02	0.07	-	12.15	34.30	15.49	49.79		
6	0.12	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.06	0.03	0.11	0.01	0.02	0.02	0.07	0.12	0.02	0.02	0.78	0.00	0.03	0.00	0.00	-	0.39	1.98	0.90	2.88		
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	522.26	522.26
8	0.06	-	-	-	-	-	-	0.60	6.07	-	0.70	-	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	13.38	17.81	31.19		
9	0.68	-	-	-	-	-	-	-	6.36	-	-	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	7.19	125.57	132.76		
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	22.74	22.79	22.79	
11	1.37	0.05	-	0.07	0.28	0.02	0.36	0.06	2.00	0.28	18.84	0.12	3.52	0.05	0.15	0.44	1.70	0.08	0.14	0.21	19.78	0.08	0.63	0.02	0.08	-	10.73	61.06	8.37	69.43		
12	8.66	1.75	0.40	1.84	3.66	0.21	9.75	0.63	0.98	0.58	0.68	15.37	14.81	2.85	0.15	0.57	0.61	0.31	0.09	0.13	11.66	2.45	18.69	0.64	2.32	-	15.42	115.20	35.24	150.45		
13	9.53	0.39	0.02	0.75	0.17	0.01	13.17	0.16	0.95	0.38	2.30	3.21	38.97	0.98	5.53	1.54	0.22	0.39	0.33	0.65	47.64	0.06	0.49	0.02	0.06	-	28.38	156.29	96.88	253.17		
14	16.19	-	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	16.75	2.53	19.27		
15	1.83	0.10	0.01	0.06	0.03	0.00	1.66	0.04	0.03	0.00	0.07	0.01	0.07	0.01	1.69	0.02	0.03	0.10	0.00	4.56	2.63	0.88	6.73	0.23	0.84	-	3.17	24.80	8.04	32.84		
16	0.00	-	-	-	0.02	0.00	1.82	-	3.44	-	-	0.01	1.85	-	-	1.20	-	-	0.01	0.61	5.48	-	-	-	-	-	0.98	15.44	6.29	21.73		
17	0.43	-	-	0.00	-	-	14.75	-	-	-	-	0.01	0.02	0.00	-	0.00	0.21	-	0.00	-	3.79	0.02	0.18	0.01	0.02	-	0.99	20.43	1.94	22.37		
18	0.66	2.46	0.02	0.26	-	-	31.05	-	2.01	-	0.04	0.17	0.08	-	0.11	0.00	0.03	45.65	0.10	0.11	38.03	0.01	0.06	0.00	0.01	-	0.03	120.89	22.05	142.94		
19	0.11	0.01	0.02	0.15	0.01	0.00	1.32	0.06	0.05	0.12	0.09	0.04	0.53	0.02	0.02	0.04	0.05	0.38	0.35	0.02	7.06	0.03	0.25	0.01	0.03	-	0.65	11.40	1.10	12.50		
20	0.34	-	0.05	0.29	-	-	-	0.19	0.17	0.01	0.16	-	0.34	0.06	0.04	0.10	0.16	0.52	0.02	0.18	1.59	0.08	0.61	0.02	0.08	-	2.88	7.87	92.92	100.80		
21	55.94	2.20	0.21	1.64	1.21	0.07	99.38	0.85	11.79	0.49	3.70	2.65	19.26	0.69	0.87	0.73	0.96	3.27	-2.35	25.91	289.61	1.63	12.41	0.42	1.54	-	63.75	598.82	1,054.56	1,653.39		
22	0.31	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00	1.16	0.03	0.13	0.02	0.07	0.44	0.24	0.02	0.03	0.02	0.02	0.15	0.02	0.11	1.32	0.03	0.23	0.01	0.03	-	1.06	5.57	10.90	16.47		
23	2.39	1.43	0.04	0.27	0.04	0.00	17.69	0.46	1.93	0.27	1.06	6.78	3.62	0.32	0.46	0.29	0.32	2.29	0.24	1.73	20.17	0.47	3.56	0.12	0.44	-	16.19	82.62	166.41	249.02		
24	0.08	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.69	0.02	0.07	0.01	0.04	0.26	0.14	0.01	0.02	0.01	0.01	0.09	0.01	0.07	0.78	0.02	0.14	0.00	0.02	-	0.63	3.19	6.45	9.64		
25	0.30	0.16	0.00	0.03	0.01	0.00	2.01	0.05	0.22	0.03	0.12	0.77	0.41	0.04	0.05	0.03	0.04	0.26	0.03	0.20	2.29	0.05	0.40	0.01	0.05	-	1.84	9.41	18.91	28.32		
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	29.79	3.07	0.92	6.38	3.82	0.22	48.93	3.32	14.54	1.57	8.06	4.26	29.84	1.93	3.68	3.02	3.22	13.99	1.74	13.52	188.42	3.83	29.16	1.00	3.62	-	296.68	718.52	1,815.78	2,534.30		
Insumos nacionales	185.76	14.18	4.93	26.32	11.11	0.64	251.70	16.94	56.24	7.15	37.89	94.76	121.74	9.98	14.11	9.11	11.37	82.03	4.51	48.30	978.74	9.73	74.18	2.54	9.21	-	458.66	2,541.81	4,391.86	6,933.67		
Imp. Totales	5.28	5.02	0.19	0.23	2.02	0.12	9.91	0.01	2.39	0.01	3.86	7.80	25.26	3.41	1.85	0.58	-	14.16	1.81	28.87	65.07	0.75	5.74	0.20	0.71	-	9.73	194.96	141.79	336.75		
Insumos Totales	191.03	19.20	5.13	26.55	13.12	0.76	261.60	16.95	58.62	7.16	41.75	102.55	146.99	13.39	15.96	9.70	11.37	96.19	6.32	77.16	1,043.82	10.49	79.91	2.74	9.92	-	468.39	2,736.77	4,533.65	7,270.42		
PIB	487.78	68.86	6.34	50.48	36.67	2.12	260.66	14.24	74.13	15.63	27.69	47.89	106.17	5.88	16.88	12.03	11.01	46.75	6.18	23.63	609.57	5.98	169.11	6.91	18.41	-	2,065.91	4,196.90	160.14	4,357.04		
VBP	678.81	88.05	11.47	77.02	49.79	2.88	522.26	31.19	132.76	22.79	69.43	150.45	253.17	19.27	32.84	21.73	22.37	142.94	12.50	100.80	1,653.39	16.47	249.02	9.64	28.32	-	2,534.30	6,933.67	-	-		

Tabla AII. 5 Insumo - Producto de 1978 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP	
1	63.56	-	-	0.00	0.03	0.00	-	12.90	7.27	4.56	0.71	-	2.39	0.14	0.35	-	-	-	-	-	337.76	-	-	-	-	-	3.35	433.02	305.57	738.60	
2	-	1.92	-	0.55	1.62	0.09	0.07	-	0.13	-	1.06	44.84	0.78	0.15	-	-	0.70	0.00	-	-	0.57	-	-	-	-	-	1.43	53.89	88.76	142.65	
3	-	-	4.12	0.49	0.00	0.00	0.06	-	-	-	-	0.01	0.26	-	0.04	0.00	-	8.03	0.05	-	1.01	-	-	-	-	-	-	14.07	0.40	14.47	
4	1.37	0.47	0.01	15.81	0.00	0.00	7.76	0.00	0.00	-	0.19	0.20	2.96	2.69	0.09	1.03	2.20	12.31	2.77	-	15.16	0.01	0.06	0.00	0.01	-	0.51	65.61	25.82	91.43	
5	2.63	0.28	0.16	1.20	0.05	0.00	1.83	0.08	0.69	0.04	1.34	1.11	2.58	0.30	0.40	0.47	1.97	3.67	0.30	0.41	11.33	0.12	0.71	0.02	0.09	-	15.84	47.62	18.03	65.65	
6	0.14	0.01	0.01	0.06	0.00	0.00	0.10	0.00	0.04	0.00	0.07	0.06	0.14	0.02	0.02	0.02	0.10	0.19	0.02	0.02	0.60	0.01	0.04	0.00	0.00	-	0.83	2.51	0.95	3.46	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	617.95	617.95	
8	0.06	-	-	-	-	-	-	0.56	9.35	-	0.87	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	16.91	25.62	42.52	
9	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	5.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	7.60	147.99	155.59	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	29.72	29.79	
11	1.30	0.11	-	0.07	0.26	0.01	0.38	0.05	2.72	0.28	16.73	0.16	3.60	0.05	0.17	0.53	1.68	0.05	0.13	0.25	20.77	0.11	0.66	0.02	0.08	-	11.70	61.86	14.92	76.77	
12	8.10	1.78	0.30	1.73	3.11	0.16	8.83	0.47	0.91	0.48	0.88	7.99	19.52	1.65	0.08	0.61	0.57	0.37	0.07	0.11	11.51	2.82	17.11	0.45	2.20	-	14.71	106.52	33.77	140.28	
13	11.28	0.50	0.03	0.94	0.11	0.01	15.64	0.16	0.96	0.33	2.82	3.38	39.37	2.45	6.47	1.78	0.31	0.36	0.55	0.80	53.31	0.09	0.55	0.01	0.07	-	31.38	173.66	125.55	299.21	
14	14.64	-	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	15.07	3.93	19.00	
15	1.93	0.29	0.02	0.07	0.02	0.00	2.42	0.04	0.03	0.00	0.05	0.01	0.10	0.01	2.35	0.03	0.04	0.01	0.00	3.82	3.45	1.35	8.20	0.22	1.05	-	3.92	29.43	12.49	41.92	
16	0.00	-	-	-	0.03	0.00	2.28	-	3.58	-	-	-	2.20	-	-	1.78	-	-	0.01	1.31	6.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	1.35	18.59	9.71	28.30	
17	0.54	-	-	0.00	0.03	0.00	16.87	-	-	-	-	0.01	0.02	0.00	-	0.00	0.16	-	0.00	-	4.09	0.03	0.16	0.00	0.02	-	1.08	23.01	4.26	27.27	
18	0.73	4.66	0.02	0.20	-	-	34.75	0.00	3.44	-	0.03	0.22	0.07	-	0.03	0.00	0.04	60.62	0.07	0.10	30.79	0.01	0.08	0.00	0.01	-	0.03	135.91	41.21	177.12	
19	0.12	0.02	0.03	0.19	0.01	0.00	1.75	0.06	0.06	0.11	0.13	0.01	0.58	0.02	0.03	0.06	0.07	0.25	0.48	0.02	8.50	0.05	0.31	0.01	0.04	-	0.80	13.70	2.09	15.79	
20	0.38	-	0.08	0.38	-	-	-	0.19	0.18	0.01	0.21	-	0.41	0.06	0.05	0.15	0.22	0.35	0.02	0.16	1.91	0.12	0.74	0.02	0.09	-	3.36	9.09	116.53	125.62	
21	58.62	7.25	0.35	1.58	1.69	0.09	101.74	1.14	14.03	0.33	3.66	1.62	18.36	0.56	0.98	0.83	1.28	3.92	1.08	26.19	287.08	2.51	15.24	0.40	1.96	-	64.07	616.57	1,204.01	1,820.58	
22	0.50	0.31	0.01	0.06	0.01	0.00	3.26	0.08	0.36	0.04	0.20	0.92	0.73	0.05	0.10	0.07	0.06	0.44	0.04	0.30	4.06	0.12	0.72	0.02	0.09	-	3.68	16.22	31.32	47.54	
23	3.03	1.86	0.07	0.34	0.07	0.00	19.77	0.48	2.19	0.26	1.23	5.58	4.43	0.28	0.62	0.42	0.35	2.64	0.27	1.83	24.66	0.72	4.37	0.11	0.56	-	22.31	98.47	190.12	288.59	
24	0.08	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.52	0.01	0.06	0.01	0.03	0.15	0.12	0.01	0.02	0.01	0.01	0.07	0.01	0.05	0.65	0.02	0.11	0.00	0.01	-	0.59	2.58	4.99	7.57	
25	0.39	0.24	0.01	0.04	0.01	0.00	2.54	0.06	0.28	0.03	0.16	0.72	0.57	0.04	0.08	0.05	0.05	0.34	0.03	0.23	3.16	0.09	0.56	0.01	0.07	-	2.86	12.63	24.39	37.02	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	33.05	6.89	1.32	7.52	1.54	0.08	61.84	3.67	17.75	1.71	9.66	5.48	36.34	1.93	4.89	4.16	4.34	16.17	1.87	15.87	184.82	5.76	34.99	0.92	4.49	-	349.42	816.50	2,152.03	2,968.53	
Insumos nacionales	204.20	26.64	6.55	31.24	8.59	0.45	282.39	19.97	69.63	8.27	40.02	72.45	136.43	10.57	16.76	12.01	14.13	109.79	7.79	51.47	1,016.59	13.94	84.63	2.22	10.86	-	533.51	2,791.09	5,232.11	8,023.21	
Imp. Totales	7.61	8.65	0.25	0.42	5.93	0.31	29.01	0.05	0.40	0.03	6.22	7.83	36.64	2.33	3.73	1.06	-	9.09	1.94	37.47	95.58	0.82	4.96	0.13	0.64	-	9.74	270.85	162.98	433.83	
Insumos Totales	211.81	35.28	6.80	31.67	14.52	0.76	311.40	20.02	70.03	8.30	46.24	80.28	173.08	12.90	20.50	13.07	14.13	118.88	9.73	88.94	1,112.17	14.76	89.59	2.35	11.49	-	543.25	3,061.94	5,395.10	8,457.04	
PIB	526.78	107.37	7.67	59.76	51.13	2.69	306.55	22.50	85.56	21.49	30.54	60.00	126.13	6.10	21.42	15.23	13.14	58.23	6.06	36.68	708.41	32.78	198.99	5.22	25.53	-	2,425.28	4,961.26	178.34	5,139.60	
VBP	738.60	142.65	14.47	91.43	65.65	3.46	617.95	42.52	155.59	29.79	76.77	140.28	299.21	19.00	41.92	28.30	27.27	177.12	15.79	125.62	1,820.58	47.54	288.59	7.57	37.02	-	2,968.53	8,023.21	-	-	

Tabla AII. 6 Insumo - Producto de 1980 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP	
1	61.92	-	-	0.00	0.01	0.00	-	12.86	7.85	2.57	0.83	-	2.15	0.06	0.52	-	-	-	-	-	304.07	-	-	-	-	-	2.39	395.23	305.65	700.89	
2	-	-	-	-	24.96	1.59	-	-	-	-	-	60.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.16	42.24	129.39	
3	-	-	3.44	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	0.04	0.00	-	7.26	0.03	-	0.88	-	-	-	-	-	-	12.25	0.29	12.54	
4	0.58	0.75	0.01	25.22	-	-	20.63	-	0.01	-	0.02	0.30	1.31	2.42	0.05	0.22	2.36	9.82	5.55	-	19.34	-	-	-	-	0.23	88.83	32.99	121.82		
5	3.22	0.11	0.08	2.82	4.48	0.29	2.94	0.10	1.20	0.06	2.62	4.43	7.00	0.38	0.65	2.55	2.92	5.02	0.42	0.61	13.59	0.13	0.64	0.03	0.08	-	20.62	77.01	24.92	101.93	
6	0.20	0.01	0.01	0.18	0.28	0.02	0.18	0.01	0.08	0.00	0.16	0.28	0.44	0.02	0.04	0.16	0.18	0.31	0.03	0.04	0.86	0.01	0.04	0.00	0.01	-	1.42	4.95	1.56	6.51	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	833.20	833.20
8	0.06	-	-	-	-	-	-	0.77	3.83	-	2.20	-	1.63	-	-	-	-	-	-	-	8.77	-	-	-	-	-	0.27	17.54	28.05	45.59	
9	0.81	-	-	-	-	-	-	-	6.44	-	-	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	0.04	7.40	148.41	155.82	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.19	27.25	29.43	
11	1.74	0.01	-	0.06	0.24	0.02	3.82	0.04	2.48	0.36	20.65	0.13	2.64	0.02	0.14	0.47	2.12	0.18	0.09	0.43	15.98	0.07	0.37	0.01	0.05	-	27.23	79.35	15.98	95.33	
12	6.79	0.58	0.07	0.53	0.98	0.06	10.45	0.30	0.84	0.19	0.51	6.73	18.39	2.40	0.07	0.33	0.40	0.34	0.03	0.14	8.76	3.27	16.26	0.64	2.12	-	10.48	91.67	30.17	121.84	
13	16.30	0.45	0.04	1.44	0.71	0.05	12.27	0.16	1.12	0.83	3.32	1.21	32.09	0.59	7.90	3.36	0.33	0.44	0.72	0.73	57.49	0.04	0.20	0.01	0.03	-	46.31	188.13	135.74	323.87	
14	10.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	10.87	1.21	12.08	
15	1.63	0.03	-	0.01	0.01	0.00	5.44	0.03	0.03	0.01	0.07	0.00	0.07	-	1.78	0.03	0.04	0.05	0.00	4.60	3.82	1.74	8.64	0.34	1.13	-	4.91	34.42	12.03	46.45	
16	0.03	-	-	0.00	0.01	0.00	3.61	-	4.48	-	-	0.08	2.40	-	2.65	-	0.00	0.01	1.27	6.54	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-	1.50	22.60	12.26	34.86	
17	0.43	-	-	-	0.03	0.00	27.16	-	-	-	0.02	0.00	0.00	0.00	-	-	0.20	0.03	-	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.75	29.17	1.83	31.00	
18	1.00	1.11	0.00	0.20	0.05	0.00	85.92	-	2.25	-	0.04	0.08	0.06	-	0.03	0.01	0.04	59.13	0.07	0.20	33.45	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.23	183.87	4.60	188.46	
19	0.12	-	0.03	0.24	0.02	0.00	3.81	0.07	0.06	0.27	0.13	0.02	0.55	-	0.03	0.08	0.08	0.45	0.35	0.04	11.21	0.01	0.07	0.00	0.01	-	1.49	19.18	1.64	20.82	
20	0.60	-	0.09	0.44	-	-	-	0.19	0.20	0.02	0.00	-	0.42	0.03	0.06	0.19	0.27	0.65	0.02	0.25	1.67	0.04	0.21	0.01	0.03	-	6.29	11.68	146.41	158.09	
21	52.49	0.07	0.33	1.92	1.34	0.09	124.28	0.68	13.42	0.77	5.28	0.71	20.80	0.22	1.01	1.02	1.60	7.59	0.84	40.72	295.74	2.63	13.06	0.52	1.71	-	100.12	688.96	1,309.80	1,998.76	
22	0.71	0.37	0.01	0.11	0.11	0.01	3.07	0.06	0.46	0.04	0.17	0.28	0.85	0.03	0.11	0.07	0.05	0.30	0.05	0.44	4.88	0.09	0.45	0.02	0.06	-	5.26	18.04	40.89	58.93	
23	3.52	1.83	0.07	0.53	0.55	0.04	15.27	0.28	2.27	0.18	0.84	1.38	4.24	0.16	0.53	0.34	0.27	1.48	0.24	2.20	24.27	0.45	2.25	0.09	0.29	-	26.18	89.75	203.39	293.14	
24	0.14	0.07	0.00	0.02	0.02	0.00	0.60	0.01	0.09	0.01	0.03	0.05	0.17	0.01	0.02	0.01	0.01	0.06	0.01	0.09	0.96	0.02	0.09	0.00	0.01	-	1.03	3.55	8.04	11.58	
25	0.46	0.24	0.01	0.07	0.07	0.00	1.99	0.04	0.30	0.02	0.11	0.18	0.55	0.02	0.07	0.04	0.04	0.19	0.03	0.29	3.17	0.06	0.29	0.01	0.04	-	3.42	11.72	26.56	38.28	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	26.67	6.40	1.19	6.51	9.15	0.58	88.93	1.75	19.05	1.98	6.84	7.97	31.70	0.79	5.11	2.39	3.85	10.86	2.02	21.48	205.42	5.39	26.80	1.06	3.50	-	456.10	953.48	2,902.85	3,856.33	
Insumos nacionales	189.46	12.03	5.39	40.75	43.02	2.75	410.39	17.32	66.45	9.49	43.83	84.45	128.18	7.36	18.16	13.94	14.76	104.18	10.52	73.55	1,021.54	13.95	69.40	2.74	9.06	-	716.35	3,129.00	6,297.93	9,426.93	
Imp. Totales	5.76	4.64	0.36	2.36	1.73	0.11	28.27	0.78	9.20	0.14	10.81	5.64	52.56	1.27	4.29	0.78	0.02	19.38	2.13	33.91	149.07	4.15	20.63	0.82	2.69	-	15.25	376.76	345.24	722.01	
Insumos Totales	195.22	16.67	5.75	43.11	44.75	2.86	438.66	18.10	75.65	9.63	54.64	90.09	180.75	8.63	22.45	14.72	14.78	123.56	12.64	107.46	1,170.60	18.10	90.03	3.56	11.76	-	731.60	3,505.76	6,643.18	10,148.94	
PIB	505.67	112.72	6.78	78.71	57.18	3.65	394.54	27.49	80.17	19.77	40.69	31.75	143.12	3.45	24.00	20.14	16.23	64.91	8.18	50.63	828.16	40.83	203.11	8.03	26.52	-	3,124.74	5,921.14	186.13	6,107.27	
VBP	700.89	129.39	12.54	121.82	101.93	6.51	833.20	45.59	155.82	29.41	95.33	121.84	323.87	12.08	46.45	34.86	31.00	188.46	20.82	158.09	1,998.76	58.93	293.14	11.58	38.28	-	3,856.33	9,426.90			

Tabla AII. 7 Insumo - Producto de 2003 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP	
1	89.72	-	-	-	0.00	-	2.50	30.61	13.41	1.05	0.00	1.31	2.71	0.08	0.17	0.40	-0.04	0.00	0.00	0.00	228.72	-	-	-	-	-	3.57	374.23	176.85	551.08	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.77	126.29	2.81	-	-	-	-	-	-	150.40	-	-	-	-	-	-	355.27	113.52	468.79	
3	0.00	0.00	0.10	0.40	0.21	0.00	0.70	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.12	0.00	0.00	0.25	0.30	7.36	0.74	0.01	0.64	-	0.00	-	-	-	0.02	10.95	0.56	11.52	
4	0.11	0.00	0.42	11.73	4.94	0.00	16.70	0.15	0.09	0.01	0.09	1.77	2.95	0.07	0.01	6.09	7.18	11.77	1.35	0.14	15.42	-	0.01	-	-	-	0.46	81.44	60.02	141.47	
5	6.18	0.61	0.14	3.44	49.67	3.11	2.66	0.97	1.79	0.11	3.05	2.88	4.80	0.11	0.82	1.71	2.14	5.02	0.50	4.39	30.17	0.09	3.00	0.04	0.06	-	68.78	196.23	75.38	271.61	
6	0.60	0.32	0.00	0.04	0.19	0.15	1.60	0.26	1.49	0.09	0.29	0.38	0.63	0.01	0.08	0.18	0.23	0.15	0.01	0.67	4.59	0.20	1.43	0.15	0.04	-	9.04	22.82	8.78	31.60	
7	1.27	-	0.02	0.47	0.66	0.15	86.04	0.23	0.51	0.03	0.04	0.40	0.67	0.01	0.05	0.12	0.15	0.06	0.01	1.19	5.40	0.03	0.82	0.45	0.12	-	12.55	111.42	1,041.44	1,152.87	
8	1.75	-	-	-	-	0.00	0.00	0.66	3.48	0.09	0.01	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.22	-	0.00	-	-	-	0.41	102.76	207.14	309.91	
9	0.24	0.01	0.00	0.05	0.01	0.01	0.03	0.07	5.48	0.49	0.08	0.10	0.17	0.00	0.02	0.03	0.04	0.02	0.00	0.05	0.90	-	0.47	-	-	-	5.24	13.52	161.15	174.67	
10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.83	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	-	0.04	-	-	-	0.40	1.59	34.20	35.79	
11	1.15	-	0.00	0.02	0.29	0.02	1.46	1.51	4.49	0.31	27.28	3.63	6.55	0.15	0.41	1.85	2.31	0.27	0.03	1.51	23.58	0.14	2.08	0.31	0.03	-	35.69	115.05	21.36	136.41	
12	6.53	8.91	0.08	1.84	15.10	0.41	5.69	2.34	3.30	0.07	1.85	23.94	57.59	1.41	4.28	1.29	1.61	0.58	0.06	2.48	6.87	0.21	1.99	0.00	0.05	-	23.83	172.31	151.62	323.94	
13	12.13	15.84	0.14	3.42	28.04	0.77	10.57	3.17	3.67	0.14	3.44	38.04	64.38	2.60	4.05	2.40	3.00	1.08	0.11	4.61	23.70	0.39	1.39	0.00	0.09	-	44.26	271.41	118.21	389.61	
14	0.47	0.54	0.01	0.13	1.08	0.03	0.41	0.07	0.23	0.01	0.13	1.42	2.48	0.08	0.16	0.09	0.12	0.04	0.00	0.18	6.67	0.02	0.05	0.00	0.00	-	1.70	16.09	23.29	39.38	
15	0.28	-	0.00	0.02	0.01	0.01	2.31	0.09	2.84	0.11	0.12	0.22	0.37	0.01	0.08	0.03	0.04	0.01	0.00	3.78	5.95	0.71	1.12	0.01	0.15	-	1.82	20.10	7.13	27.24	
16	0.01	-	0.02	0.38	0.01	0.06	15.91	0.04	3.75	0.26	0.14	0.24	0.40	0.01	0.01	1.37	1.72	0.09	0.01	1.89	184.34	0.02	0.35	0.00	0.01	-	1.79	212.80	1.23	214.03	
17	0.02	-	0.03	0.63	0.01	0.10	26.51	0.06	6.24	0.44	0.24	0.40	0.66	0.01	0.01	2.29	2.86	0.15	0.02	2.00	5.12	0.02	0.58	0.00	0.02	-	2.99	51.41	18.14	69.55	
18	0.03	-	0.05	1.21	0.00	0.13	17.33	0.00	0.03	0.00	0.03	0.11	0.18	0.00	0.11	0.17	0.21	14.11	0.92	9.37	27.80	0.01	0.01	0.00	0.15	-	1.29	73.25	25.79	99.04	
19	0.04	-	0.06	1.45	0.00	0.16	20.79	0.00	1.41	0.00	0.03	0.13	0.22	0.00	0.13	0.20	0.25	10.98	1.73	10.12	30.81	0.02	0.01	0.00	0.17	-	1.55	80.28	1.58	81.86	
20	1.87	0.04	0.07	1.75	0.58	0.30	1.28	1.56	5.19	0.22	0.93	1.95	3.25	0.07	0.23	1.67	2.09	2.51	0.25	191.97	8.47	4.02	28.43	0.58	1.62	-	39.63	300.53	686.65	987.17	
21	14.25	3.18	0.39	9.47	28.20	1.82	229.96	4.77	24.92	1.55	6.57	14.34	17.03	0.38	1.11	8.79	10.99	6.93	0.69	39.90	231.28	7.92	88.72	1.73	2.11	-	250.82	1,007.83	2,486.44	3,494.27	
22	0.15	0.73	0.00	0.05	0.43	0.02	0.63	0.05	0.14	0.01	0.12	0.47	0.78	0.02	0.07	0.06	0.08	0.09	0.01	2.00	5.38	0.44	0.24	0.12	0.02	-	6.66	18.76	43.24	62.00	
23	8.83	2.24	0.17	4.12	9.94	0.49	26.30	2.56	6.50	0.38	4.40	6.98	11.63	0.26	1.00	1.42	1.78	2.77	0.28	15.28	48.68	1.53	12.32	0.18	0.39	-	48.47	218.89	525.03	743.93	
24	0.29	0.12	0.00	0.08	0.51	0.02	0.88	0.08	0.21	0.01	0.14	0.21	0.35	0.01	0.03	0.05	0.06	0.09	0.01	0.47	1.48	0.06	0.42	0.03	0.02	-	1.75	7.36	7.21	14.58	
25	0.48	0.12	0.01	0.13	0.51	0.03	1.43	0.14	0.35	0.02	0.24	0.36	0.60	0.01	0.05	0.08	0.10	0.15	0.02	0.80	2.49	0.06	0.58	0.01	0.02	-	1.75	10.51	11.62	22.14	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	53.49	44.44	1.18	28.39	47.28	5.60	178.68	14.32	45.87	2.70	21.70	59.80	95.08	2.11	6.88	11.21	14.01	20.37	1.90	126.61	343.03	22.77	146.24	6.79	8.49	-	1,142.18	2,451.10	3,781.29	6,232.39	
Insumos nacionales	146.37	66.85	2.43	58.36	157.69	12.10	561.14	40.04	87.79	5.16	48.49	187.09	311.82	6.93	8.73	24.00	29.99	50.94	5.09	100.35	790.57	27.74	244.06	7.40	11.15	-	1,363.71	4,356.00	9,379.65	13,735.65	
Imp. Totales	53.56	10.26	0.47	10.85	29.95	1.28	89.21	23.70	48.42	2.96	22.45	47.88	88.17	3.30	11.03	17.76	21.21	33.67	3.55	319.09	697.74	10.93	46.23	2.97	2.39	-	342.92	1,941.94	489.69	2,431.64	
Insumos Totales	199.93	77.11	2.90	69.21	187.65	13.38	650.35	63.73	136.21	8.12	70.94	234.98	399.99	10.23	19.76	41.76	51.20	84.60	8.64	419.44	1,488.31	38.67	290.29	10.38	13.54	-	1,706.63	6,297.94	9,869.34	16,167.28	
PIB	351.15	391.68	8.62	72.25	83.96	18.23	502.52	246.17	38.46	27.67	65.48	88.96	-10.38	29.14	7.47	172.27	18.35	14.44	64.97	567.74	2,005.96	23.33	453.64	4.20	8.59	80.46	4,525.76	9,861.08	555.98	10,417.06	
VBP	551.08	468.79	11.52	141.46	271.61	31.60	1,152.87	309.91	174.67	35.79	136.41	323.93	389.61	39.38	27.24	214.03	69.55	99.04	73.61	987.17	3,494.27	62.00	743.93	14.58	22.14	80.46	6,232.39	16,159.02			

Tabla AII. 8 Insumo - Producto de 2008 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP
1	58.55	-	-	0.01	0.66	-	0.66	20.55	6.78	0.52	0.02	0.12	2.53	0.00	2.78	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	338.09	-	-	-	-	-	0.04	431.32	160.38	591.70
2	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115.03	0.26	-	-	-	-	-	-	-	409.11	-	-	-	-	-	-	524.39	237.52	761.91
3	-	-	1.40	-	6.68	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	-	14.52	-	-	0.35	-	-	-	-	-	0.00	22.96	-3.01	19.94
4	0.78	0.07	0.17	4.49	0.00	0.12	20.67	0.00	0.00	-	0.33	7.60	0.79	3.59	0.03	1.44	5.46	18.32	0.02	0.00	43.69	-	0.07	-	-	-	0.07	107.72	132.69	240.41
5	6.20	1.81	0.74	6.95	3.31	0.31	7.80	0.62	3.96	0.05	3.52	3.21	8.81	0.42	0.85	2.08	4.83	9.06	0.27	1.24	50.87	0.11	3.90	0.07	-	-	141.12	262.10	104.12	366.22
6	4.10	0.13	0.06	0.70	0.42	0.40	1.03	0.28	3.38	0.01	0.25	0.35	0.72	0.06	0.04	0.05	0.20	0.09	0.02	0.05	5.10	0.01	0.55	0.01	-	-	16.07	34.10	6.01	40.11
7	0.00	-	0.00	3.47	1.05	-	120.46	0.07	0.01	0.00	0.02	0.01	0.16	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	2.22	0.00	1.06	-	-	-	13.37	141.98	1,544.40	1,686.39
8	0.19	-	-	0.00	0.00	-	0.00	6.17	5.73	0.00	0.11	0.02	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	7.10	-	-	-	-	-	0.00	19.43	59.74	79.16
9	0.49	-	-	0.00	0.02	-	0.10	0.03	0.52	-	0.00	0.03	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	2.50	-	0.00	-	-	-	6.72	10.73	184.40	195.13
10	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	-	1.85	0.01	0.00	0.00	-	-	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00	1.86	16.42	18.29
11	0.05	-	0.00	0.04	0.27	0.09	0.91	0.03	0.12	0.37	12.99	0.10	2.44	0.01	0.27	0.18	0.02	0.01	0.01	0.04	38.52	0.02	0.51	-	-	-	14.85	71.84	-5.58	66.26
12	0.28	33.81	0.00	0.18	82.59	4.36	4.52	1.24	2.58	0.03	1.85	149.63	87.85	7.50	1.90	4.20	0.82	1.98	0.13	0.20	56.14	0.00	3.97	-	-	-	12.44	458.22	103.58	561.80
13	3.99	0.00	0.17	7.32	0.85	0.56	43.36	1.93	11.75	0.16	1.92	1.14	109.45	0.30	6.06	1.43	0.61	0.43	0.18	17.60	168.34	0.00	0.48	-	-	-	96.03	474.06	254.51	728.57
14	34.97	-	-	0.00	-	-	5.76	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01	-	-	-	-	-	0.95	41.78	1.17	42.95
15	0.65	-	0.04	0.18	0.05	0.00	3.56	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.18	-	0.69	0.01	0.00	0.01	0.01	15.04	11.66	0.00	4.92	-	-	-	8.26	45.33	10.63	55.95
16	0.06	-	-	0.00	0.00	-	3.47	0.09	11.24	0.00	0.00	0.05	0.95	0.00	0.01	4.70	0.00	0.00	0.01	3.43	10.83	-	0.29	-	-	-	2.68	37.82	15.06	52.88
17	0.00	0.27	0.00	2.94	0.03	-	72.91	-	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	8.90	0.00	0.00	-	1.04	-	-	-	-	-	0.97	87.06	-4.81	82.25
18	1.05	-	0.09	2.27	0.04	-	62.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.08	0.00	0.68	0.02	0.99	27.22	0.05	0.48	99.55	-	0.00	-	-	-	0.90	197.18	17.20	214.38
19	0.10	-	-	0.01	0.01	-	5.38	0.01	0.00	0.10	0.01	0.01	0.35	0.00	0.05	0.07	0.00	0.06	6.10	0.20	32.59	-	-	-	-	-	0.01	45.05	-1.45	43.60
20	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	-	0.16	0.01	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	1.82	0.12	-	-	-	-	-	2.11	502.50	504.62	
21	63.59	8.54	1.97	28.63	73.04	2.26	268.67	8.77	46.60	1.60	4.75	8.89	32.74	1.15	3.56	5.55	10.76	13.30	1.74	193.73	1,715.66	34.65	252.66	1.50	-	-	363.89	3,148.22	3,319.14	6,467.36
22	0.24	0.02	0.03	0.10	0.50	0.00	0.21	0.05	0.12	0.08	0.01	0.12	0.39	0.01	0.04	0.05	0.05	0.10	0.04	0.70	14.18	0.09	0.24	0.00	-	-	10.45	27.83	58.78	86.61
23	3.61	1.56	0.09	1.50	5.78	0.29	15.70	0.56	1.76	0.05	0.56	7.31	7.01	0.43	0.38	0.55	0.78	1.93	0.21	7.90	41.20	0.93	6.89	0.06	-	-	22.37	129.41	653.21	782.62
24	0.10	0.04	0.00	0.03	0.14	0.01	0.39	0.01	0.05	0.00	0.02	0.20	0.19	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.22	1.10	0.02	0.18	0.00	-	-	0.37	3.17	9.66	12.84
25	0.18	0.08	0.00	0.06	0.25	0.01	0.71	0.03	0.09	0.00	0.03	0.36	0.34	0.02	0.02	0.04	0.10	0.01	0.41	1.97	0.04	0.32	0.00	0.07	-	-	0.68	5.85	14.42	20.26
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	0.01	44.58	44.59
27	38.85	27.96	2.06	43.12	39.33	4.41	233.81	9.27	27.06	2.89	7.70	47.06	85.91	4.12	4.54	9.14	12.93	21.63	2.46	60.31	497.71	29.49	121.92	4.14	-	-	1,226.57	2,564.38	4,454.44	7,018.82
Insumos nacionales	176.01	61.90	4.63	81.98	169.39	10.63	739.81	41.68	102.49	3.77	22.11	288.97	196.98	11.42	13.41	22.68	41.88	81.77	3.88	154.56	1,890.60	58.52	335.39	3.58	-1.27	-	1,731.34	6,248.13	10,839.23	17,087.37
Imp. Totales	42.03	12.39	2.20	20.02	45.63	2.19	133.03	8.05	19.28	4.13	12.00	52.28	145.52	6.28	8.53	6.87	4.54	27.08	7.41	148.84	1,659.06	6.86	62.57	2.19	1.34	-	207.46	2,647.78	1,050.47	3,698.25
Insumos Totales	218.04	74.29	6.82	102.00	215.02	12.82	872.84	49.73	121.77	7.91	34.11	341.26	342.50	17.71	21.94	29.55	46.42	108.85	11.29	303.40	3,549.65	65.38	397.96	5.78	0.07	-	1,938.80	8,895.91	11,889.71	20,785.62
PIB	373.67	687.62	13.12	138.41	151.20	26.84	813.54	29.44	73.36	10.38	32.15	220.54	386.07	25.25	34.01	23.33	35.83	105.53	32.32	201.22	2,917.70	21.23	384.66	7.06	20.19	44.59	5,080.01	11,889.26	471.59	12,360.85
VBP	591.71	761.91	19.94	240.41	366.22	39.66	1,686.39	79.16	195.13	18.29	66.26	561.80	728.57	42.95	55.95	52.88	82.25	214.38	43.60	504.62	6,467.35	86.61	782.62	12.84	20.26	44.59	7,018.82	20,785.17		

Tabla All. 9 Insumo - Producto de 2012 (MM\$ @ 2008)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total DI	Total DF	VBP	
1	80.26	-	-	0.00	0.39	-	0.51	34.29	7.51	0.34	0.01	0.12	2.48	0.00	4.52	0.00	-	0.00	0.00	0.00	444.67	-	-	-	-	-	0.05	575.14	187.75	762.89	
2	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	597.17	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	1.33	-	-	-	-	-	-	599.31	499.81	1,099.12
3	-	-	2.43	-	9.68	-	-	-	-	-	-	0.17	0.01	0.00	-	-	-	16.60	-	-	0.20	-	-	-	-	-	0.00	29.09	-12.01	17.08	
4	1.06	0.13	0.28	31.75	0.00	0.26	23.56	0.00	0.00	-	0.50	10.44	1.74	6.23	0.03	2.45	5.69	26.40	0.16	0.00	94.08	-	0.11	-	-	-	0.09	204.95	261.28	466.23	
5	5.09	2.08	0.70	6.37	3.51	0.41	5.43	0.72	3.60	0.01	3.45	2.06	7.65	0.45	0.95	1.83	4.04	3.94	0.18	1.05	42.15	0.08	3.86	0.07	0.08	-	139.51	239.25	147.14	386.39	
6	6.23	0.15	0.11	1.01	0.47	0.42	1.41	0.90	5.78	0.00	0.45	0.64	1.12	0.11	0.09	0.08	0.24	0.08	0.02	0.08	8.80	0.01	0.88	0.02	0.01	-	27.70	56.82	21.37	78.19	
7	0.00	-	0.00	6.04	1.54	-	164.32	0.11	0.02	0.00	0.05	0.00	0.26	0.00	0.06	0.01	0.01	0.02	0.01	0.06	3.36	0.00	1.81	-	0.34	-	29.10	207.11	2,078.05	2,285.16	
8	0.33	-	-	0.00	0.00	-	0.00	10.73	11.21	0.00	0.24	0.06	0.08	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02	0.02	0.00	13.84	-	-	-	-	-	0.01	36.62	91.47	128.09	
9	0.53	-	-	0.00	0.02	-	0.13	0.06	0.72	-	0.00	0.13	0.97	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-	4.79	-	0.00	-	-	-	9.47	16.83	254.65	271.48	
10	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	-	1.73	0.02	0.00	0.01	-	-	-	-	-	0.00	-	0.01	-	-	-	-	-	0.03	1.80	12.64	14.44	
11	0.07	-	0.00	0.04	0.19	0.20	1.30	0.06	0.17	0.11	11.74	0.12	3.04	0.01	0.28	0.28	0.02	0.00	0.01	0.03	12.06	0.01	0.63	-	0.00	-	25.62	55.99	-1.51	54.48	
12	16.68	49.44	0.94	10.13	134.75	9.36	47.76	5.38	8.79	0.03	5.30	445.86	122.74	11.09	3.63	7.48	10.34	6.80	0.20	0.48	95.91	34.72	273.34	0.62	9.04	-	137.80	1,448.58	-82.17	1,366.41	
13	4.22	0.00	0.29	9.87	0.98	0.79	55.65	2.84	14.44	0.16	2.96	2.84	154.74	0.46	10.74	2.01	0.82	0.52	0.19	33.94	199.84	0.00	0.93	-	0.00	-	117.10	616.32	52.94	669.26	
14	45.01	-	-	0.00	-	-	7.78	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.01	-	-	-	-	-	1.39	54.30	-18.61	35.69	
15	1.18	-	0.08	0.36	0.10	0.00	7.42	0.01	0.04	0.04	0.00	0.00	0.28	-	1.34	0.01	0.00	0.01	0.01	25.55	20.47	0.00	9.69	-	-	-	14.49	81.09	-34.39	46.70	
16	0.06	-	-	0.00	0.00	-	4.83	0.09	13.67	0.00	0.00	0.07	1.21	0.00	0.01	6.05	0.00	0.00	0.01	4.79	12.63	-	0.43	-	-	-	4.02	47.88	10.87	58.75	
17	0.00	0.50	0.00	3.90	0.03	-	80.63	-	-	-	0.16	0.00	0.00	-	0.00	0.00	9.19	0.00	0.00	-	0.93	-	-	-	-	-	1.29	96.63	5.31	101.94	
18	0.92	-	0.15	1.55	0.02	-	67.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.87	0.00	0.70	0.01	1.39	25.29	0.03	0.58	55.32	-	0.00	-	-	-	1.19	155.41	0.68	156.09	
19	0.15	-	-	0.01	0.02	-	9.55	0.02	0.00	0.14	0.01	0.01	0.52	0.00	0.08	0.10	0.01	0.08	9.13	0.30	50.42	-	-	-	-	-	0.01	70.55	-51.86	18.69	
20	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	0.21	0.01	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	4.43	0.10	-	0.22	-	-	-	0.02	4.98	722.46	727.44	
21	79.93	4.41	1.70	31.48	18.12	1.97	306.72	9.63	60.54	1.01	4.23	15.66	36.67	0.39	4.26	4.49	5.30	9.98	2.22	363.14	1,848.58	4.69	100.59	2.59	1.77	-	459.49	3,379.56	1,716.32	5,095.88	
22	0.32	0.03	0.04	0.12	0.64	0.01	0.23	0.06	0.15	0.01	0.02	0.14	0.41	0.02	0.06	0.05	0.05	0.07	0.03	0.79	14.79	0.09	0.28	0.00	0.04	-	14.85	33.28	50.77	84.04	
23	4.47	2.87	0.14	1.98	6.57	0.61	17.00	1.14	2.58	0.01	0.88	7.09	9.86	0.70	0.67	0.70	0.92	1.36	0.21	11.21	55.50	0.95	8.98	0.07	0.29	-	33.62	170.42	1,058.97	1,229.38	
24	0.11	0.07	0.00	0.04	0.14	0.01	0.37	0.03	0.06	0.00	0.02	0.17	0.23	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.27	1.30	0.02	0.20	0.00	0.01	-	0.50	3.66	14.13	17.79	
25	0.22	0.14	0.01	0.08	0.29	0.03	0.78	0.05	0.13	0.00	0.04	0.35	0.49	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	0.01	0.58	2.76	0.04	0.42	0.00	0.01	-	1.05	7.72	39.32	47.04	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	40.45	41.89	2.55	47.25	36.67	6.10	220.02	14.37	31.01	0.62	9.70	36.64	92.71	5.39	6.47	10.06	12.49	12.86	2.08	70.11	583.17	27.62	126.61	4.65	11.24	-	1,524.73	2,977.48	7,757.97	10,735.45	
Insumos nacionales	233.32	90.11	6.62	124.85	168.17	15.97	786.76	69.21	128.67	0.92	27.66	704.00	222.44	16.27	19.89	25.92	43.65	62.27	3.35	192.98	1,844.75	59.09	428.15	4.82	20.53	-	2,159.33	7,459.69	13,515.21	20,974.90	
Imp. Totales	53.99	11.59	2.80	27.15	45.97	4.19	235.95	11.27	31.73	3.51	11.98	415.93	216.44	8.76	14.03	9.85	6.93	41.85	11.19	324.43	1,722.27	9.15	100.84	3.21	2.30	-	383.80	3,711.09	1,339.28	5,050.36	
Insumos Totales	287.31	101.70	9.42	152.00	214.15	20.16	1,022.71	80.48	160.40	4.43	39.64	1,119.93	438.88	25.02	33.91	35.77	50.58	104.12	14.54	517.40	3,567.02	68.23	528.99	8.02	22.83	-	2,543.13	11,170.77	14,854.49	15,924.53	
PIB	475.58	997.42	7.66	314.23	172.25	58.03	1,262.45	47.60	111.08	10.01	14.84	246.48	230.38	10.66	12.79	22.65	51.36	51.97	4.16	210.03	1,528.86	15.81	700.39	9.77	24.20	71.15	8,192.33	14,854.14	635.19	15,489.33	
VBP	762.89	1,099.12	17.08	466.23	386.40	78.19	2,285.16	128.09	271.48	14.44	54.48	1,366.41	669.26	35.69	46.71	58.41	101.94	156.09	18.70	727.43	5,095.88	84.04	1,229.38	17.79	47.04	71.15	10,735.45	26,024.91			

AII.III Tablas de Insumo – Producto Energético

Tabla AII. 10 Insumo – Producto Energético 1970 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total	
EP. 1	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21	45.16	-0.11	45.05
EP. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	17.23	263.63	90.06	198.31	336.84	77.65	9.57	0.00	994.25	-49.20	945.05	
EP. 3	0.00	0.00	35.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.13	40.21	0.00	0.00	0.00	7.67	273.00	0.00	397.59	128.03	525.62	
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.08	70.08	0.00	70.08
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.53	57.53	
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	196.51	196.51	
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	43.31	45.03	
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.94	80.62	92.56	
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.19	280.06	289.25	
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.64	80.09	82.73	
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.93	0.00	0.00	0.00	10.37	33.31	156.14	189.45	
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.69	0.00	0.00	80.71	99.41	217.25	316.65	
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.68	0.00	0.00	5.68	72.55	78.23	
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00	58.52	116.51	156.40	272.91	
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.12	16.12	78.06	94.18	
Energía total	0.75	0.00	35.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.92	0.97	70.29	313.03	92.70	221.24	355.53	91.01	340.57	238.01				
Producción	41.20	948.26	695.94	0.00	70.08	0.00	0.00	0.00	59.68	196.51	34.47	0.87	55.26	275.18	80.70	177.71	301.85	77.02	272.91	93.71				
Otras fuentes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Importación	4.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.11	12.33	1.65	15.62	15.52	3.96	0.00	0.47				
Var. Inv.	-0.58	-3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.57	0.00	0.19	1.73	0.37	-3.89	-0.72	-2.75	0.00	0.00				
No aprov.	0.00	0.00	170.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Maq.-inter. Net.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Prod. total	45.05	945.05	525.62	0.00	70.08	0.00	0.00	0.00	57.53	196.51	45.04	0.87	92.56	289.25	82.73	189.45	316.65	78.23	272.91	94.18				

Tabla All. 11 Insumo – Producto Energético 1975 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total	
EP. 1	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	84.92	0.11	85.03
EP. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69	24.44	329.24	108.76	343.20	440.15	53.00	8.24	0.00		1308.71	202.67	1511.38
EP. 3	0.00	0.00	37.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.32	57.02	0.00	0.00	0.00	16.56	375.20	0.00		544.28	110.39	654.67
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.03	69.03	0.00	69.03
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.99	14.99	0.00	14.99
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	66.18	66.18
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	210.00	210.00
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		2.77	57.60	60.37
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	1.59	1.59
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		7.61	117.00	124.61
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		12.24	382.36	394.60
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		4.22	99.41	103.63
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.10	0.00	0.00	0.00	49.81		66.91	279.87	346.78
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.75	0.00	0.00	192.77		247.52	195.44	442.96
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.03	0.00	0.00		7.03	60.29	67.32
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.98	88.34		152.32	215.52	367.84
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00		24.00	124.43	148.43
Energía total	1.33	0.00	37.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.38	1.69	90.36	398.49	112.98	360.30	494.90	76.59	447.42	440.91				
Producción	69.83	1550.93	854.83	0.00	69.03	14.99	0.00	0.00	67.61	210.00	55.38	1.59	78.92	363.92	102.14	322.30	413.35	65.67	367.84	147.16				
Otras fuentes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Importación	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.87	25.68	1.06	15.21	34.95	4.40	0.00	1.27				
Var. Inv.	-1.15	-9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.99	0.00	-0.19	-0.19	0.43	-0.12	-17.20	-2.75	0.00	0.00				
No aprov.	0.00	0.00	200.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Maq.-inter. Net.	0.00	-30.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.19	0.00	9.39	11.86	0.00	0.00	0.00				
Prod. total	85.03	1511.38	654.67	0.00	69.03	14.99	0.00	0.00	66.18	210.00	60.37	1.59	124.61	394.60	103.63	346.78	442.96	67.32	367.84	148.43				

Tabla AII. 12 Insumo – Producto Energético 1978 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total
EP. 1	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.28	-0.43	97.85
EP. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.56	441.50	127.00	453.18	603.10	59.93	14.02	0.00	1744.29	892.99	2637.28
EP. 3	0.00	0.00	48.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.81	71.19	0.00	0.00	0.00	26.90	551.06	0.00	769.99	79.84	849.83
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.13	68.13	0.00	68.13
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.96	15.96	0.00	15.96
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.99	74.99
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	218.60	218.60
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	70.56	73.86
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	128.88	133.14
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.91	469.98	481.88
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.78	112.26	120.03
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.78	0.00	0.00	0.00	46.56	73.34	355.26	428.60
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.65	0.00	0.00	301.97	380.62	227.87	608.50
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.47	0.00	0.00	10.47	77.84	88.30
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	102.15	91.42	193.57	352.68	546.25
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.70	28.70	162.21	190.91
Energía total	2.13	0.00	48.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.45	0.00	122.63	524.60	134.78	479.96	681.75	97.29	667.22	552.73			
Producción	72.13	2629.07	1044.30	0.00	68.13	15.96	0.00	0.00	76.54	218.60	66.06	0.00	113.02	481.52	118.70	423.56	563.68	82.03	546.25	190.72			
Otras fuentes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Importación	16.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.75	0.39	1.23	5.47	41.17	6.34	0.00	0.19			
Var. Inv.	9.32	8.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	0.00	-0.62	0.08	0.10	-0.94	3.51	-0.40	0.00	0.00			
No aprov.	0.00	0.00	-194.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Maq.-inter. Net.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.53	0.14	0.33	0.00	0.00			
Prod. total	97.85	2637.28	849.83	0.00	68.13	15.96	0.00	0.00	74.99	218.60	73.86	0.00	133.14	481.88	120.03	428.60	608.50	88.30	546.25	190.91			

Tabla AII. 13 Insumo – Producto Energético 1980 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total	
EP. 1	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.50	-0.16	97.34	
EP. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09	64.61	561.93	153.60	568.43	778.22	71.11	20.32	0.00	2219.31	2045.87	4265.18	
EP. 3	0.00	0.00	58.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.73	127.83	0.00	0.00	0.00	34.20	863.01	0.00	1214.07	84.44	1298.51	
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.03	70.03	0.00	70.03
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.09	24.09	0.00	24.09
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.83	77.83	77.83
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	223.42	223.42	223.42
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	65.09	68.29	68.29
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.33	192.40	204.72	204.72
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.03	614.32	632.35	632.35
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.76	135.89	143.65	143.65
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.37	0.00	0.00	0.00	45.83	102.20	420.13	522.33	522.33
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	86.54	0.00	0.00	363.80	450.35	266.83	717.18	717.18
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.14	0.00	0.00	10.14	98.51	108.66	108.66
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	163.50	118.80	282.30	554.42	836.72	836.72
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.66	36.66	188.28	224.94	224.94
Energía total	0.04	0.00	58.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.65	1.09	207.66	707.79	161.36	624.80	864.76	115.45	1046.84	659.20				
Producción	72.24	4301.43	1471.66	0.00	70.03	24.09	0.00	0.00	79.64	223.42	63.90	1.01	183.31	637.71	141.19	522.52	715.36	97.79	836.72	222.73				
Otras fuentes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Importación	23.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.88	1.16	2.71	5.34	0.00	10.82	0.00	2.22				
Var. Inv.	1.43	-21.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	0.00	-1.74	-6.95	-0.26	-5.53	1.81	-0.64	0.00	0.00				
No aprov.	0.00	0.00	-173.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Maq.-inter. Net.	0.00	-14.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.73	0.43	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00				
Prod. total	97.34	4265.18	1298.51	0.00	70.03	24.09	0.00	0.00	77.83	223.42	68.29	1.01	204.72	632.35	143.65	522.33	717.18	108.66	836.72	224.94				

Tabla All. 14 Insumo – Producto Energético 2003 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total	
EP. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	307.98	365.20	14.86	380.06
EP. 2	0.00	29.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.53	49.73	834.82	122.94	662.71	1121.36	82.50	93.73	0.00	3024.52	3983.41	7007.93	
EP. 3	0.00	0.00	105.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	305.13	158.62	5.36	0.23	2.57	84.62	1136.25	0.00	1798.54	373.11	2172.12	
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	114.87	114.87	0.00	114.87
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.11	71.11	0.00	71.11
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.58	134.58	0.00	134.58
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79	2.79
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.41	89.41	89.41
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	267.03	267.03	267.03
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.18	60.62	63.79	63.79
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.54	67.54	67.54
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.98	456.73	463.72	463.72
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.19	1227.09	1239.27	1239.27
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	119.92	119.92	119.92
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.83	0.00	0.00	0.00	28.91	53.74	582.41	636.15	636.15
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.71	0.00	0.00	677.95	773.66	380.32	1153.97	1153.97
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.95	157.95	157.95
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	377.01	611.66	988.66	571.43	1560.10	1560.10
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.76	157.76	575.94	733.70	733.70
Energía total	0.00	29.22	105.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.39	27.58	361.84	1005.63	128.30	687.77	1219.64	167.11	1606.98	2104.83				
Producción	192.89	7228.47	1850.63	114.87	71.11	134.58	2.79	0.02	90.41	267.03	52.93	26.03	342.10	942.71	119.91	626.63	1061.60	157.81	1187.50	733.45				
Otras fuentes	0.00	0.00	413.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Importación	188.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.56	68.74	118.74	122.62	0.00	8.01	73.52	0.00	356.34	0.26				
Var. Inv.	-0.95	22.84	-0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.69	-27.23	2.87	19.33	0.02	-9.51	15.28	0.14	16.25	0.00				
No aprov.	0.00	0.00	-91.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Maq.-inter. Net.	0.00	-243.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	154.61	0.00	11.02	3.58	0.00	0.00	0.00	0.00				
Prod. total	380.06	7007.94	2171.19	114.87	71.11	134.58	2.79	0.02	89.42	267.03	63.79	67.54	463.71	1239.27	119.93	636.15	1153.97	157.95	1560.10	733.70				

Tabla AII. 15 Insumo – Producto Energético 2008 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total	
EP. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	216.60	276.06	18.85	294.91
EP. 2	0.00	29.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.93	44.25	971.33	140.31	822.22	883.05	116.85	104.29	0.00	3177.10	3322.48	6499.57	
EP. 3	0.00	0.00	208.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	294.87	208.13	2.21	0.26	1.69	90.05	1288.01	0.00	2093.69	679.70	2773.32	
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	106.64	106.64	0.00	106.64
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140.01	140.01	0.00	140.01
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	159.86	159.86	0.00	159.86
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.62	5.62
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.92	0.00	0.92
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.05	98.05
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	262.05	262.05
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	61.13	64.42
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	146.24	146.24
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.65	454.91	462.55
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.78	1750.60	1785.38
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	140.06	140.07
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.27	0.00	0.00	0.00	0.00	10.44	48.71	835.71	884.41
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.72	0.00	0.00	0.00	440.44	529.15	359.28	888.43
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	191.55	191.55
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	423.32	917.04	1340.35	459.65	1800.00
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	187.82	187.82	662.58	850.39
Energía total	0.00	29.86	208.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.76	65.05	346.77	1214.24	142.53	860.75	973.46	206.90	1815.62	2179.75				
Producción	229.30	6520.85	2460.66	106.64	140.01	159.86	5.62	0.92	99.13	262.05	55.01	59.09	324.86	1084.89	128.07	748.31	803.81	191.68	1338.30	849.14				
Otras fuentes	0.00	0.00	653.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Importación	123.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.24	108.52	138.04	701.99	9.70	148.21	92.87	0.00	479.31	1.26				
Var. Inv.	-57.46	-21.11	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	-21.37	-0.35	-1.50	2.31	-12.11	-8.25	-0.13	-17.62	0.00				
No aprov.	0.00	-0.16	-344.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Maq.-inter. Net.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Prod. total	294.91	6499.57	2773.47	106.64	140.01	159.86	5.62	0.92	98.05	262.05	64.43	146.24	462.56	1785.38	140.07	884.42	888.43	191.55	1800.00	850.40				

Tabla AII. 16 Insumo – Producto Energético 2012 (PJ)

	EP. 1	EP. 2	EP. 3	EP. 4	EP. 5	EP. 6	EP. 7	EP. 8	EP. 9	EP. 10	ES. 1	ES. 2	ES. 3	ES. 4	ES. 5	ES. 6	ES. 7	ES. 8	ES. 9	ES. 10	Total DI	Total DF	Consumo total	
EP. 1	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	332.53	390.21	187.67	578.85
EP. 2	0.00	40.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.70	72.13	1075.84	149.58	822.86	1167.21	112.96	126.91	0.00	3607.28	4842.26	8449.54	
EP. 3	0.00	0.00	178.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	380.75	200.48	4.87	0.54	2.61	129.33	1454.11	0.00	2351.21	564.24	2908.18	
EP. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.26	130.26	0.00	130.26
EP. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.63	113.63	0.00	113.63
EP. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	194.47	194.47	0.00	194.47
EP. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31	3.31
EP. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.35	0.00	-0.72
EP. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.30	28.02
EP. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	293.82	293.82	293.82
ES. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73	50.45	53.19
ES. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.36	65.23
ES. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.37	633.16	719.08
ES. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.96	1690.61	1723.02
ES. 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.68	136.85	142.52
ES. 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.67	0.00	0.00	0.00	0.00	9.52	49.19	774.96	824.15
ES. 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	122.02	0.00	0.00	0.00	809.89	931.91	280.56	1212.46
ES. 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	1.32	230.66	234.62	
ES. 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	584.19	712.94	1297.12	641.81	1938.82	
ES. 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	204.43	204.43	800.80	1005.15
Energía total	0.49	40.10	178.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.92	39.82	465.25	1310.28	160.12	863.06	1291.84	243.60	2165.22	2508.02				
Producción	287.86	8589.78	2423.41	130.26	113.63	194.47	3.31	1.43	103.49	293.82	46.60	36.40	448.86	1187.91	138.62	754.63	1070.35	229.89	1578.12	1002.55				
Otras fuentes	0.00	0.00	642.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Importación	298.27	-11.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.01	74.81	125.68	460.86	3.53	80.18	135.94	-1.27	373.66	2.77				
Var. Inv.	-9.23	-13.02	-0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.42	-5.72	-2.52	0.82	0.09	-16.42	7.52	0.77	-12.74	0.00				
No aprov.	0.00	-0.15	-142.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Maq.-inter. Net.	0.00	-116.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	76.54	0.31	5.76	-1.35	-0.05	0.00	0.00				
Prod. total	576.89	8449.54	2922.73	130.26	113.63	194.47	3.31	1.43	102.58	293.82	53.19	105.49	571.97	1726.13	142.54	824.15	1212.46	229.35	1939.05	1005.32				

All.IV Tablas de Demanda Final de Energía (Centros de aprovechamiento de usos finales de energía en términos de energía primaria)

Tabla AII. 17 1970 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27	
EP. 1	0.14	-	-	0.96	-	0.16	0.01	-	0.02	0.00	0.05	-	0.08	0.01	0.01	0.04	0.09	42.44	0.03	0.05	0.33	-	0.02	-	-	-	0.37	0.34
EP. 2	56.74	-	-	25.83	160.34	7.70	1.30	25.14	5.45	0.16	11.68	20.70	23.94	0.69	0.65	3.99	33.46	22.04	1.65	3.43	80.90	21.46	371.66	4.21	15.43	65.64	34.54	
EP. 3	5.19	-	-	23.89	55.73	5.78	0.23	-	1.98	0.35	9.96	71.20	28.92	4.16	1.82	19.59	8.79	57.03	1.86	4.45	136.65	0.25	45.72	-	-	52.75	15.98	
EP. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 5	4.36	-	-	8.75	-	5.08	0.20	-	0.61	0.08	1.50	-	2.60	0.38	0.25	1.11	2.74	6.69	1.04	1.59	10.34	-	0.65	-	-	11.58	10.54	
EP. 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	52.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.58	-	-	-	-	-	-	
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	196.51	-	

Tabla AII. 18 1975 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27	
EP. 1	0.13	-	-	1.84	-	0.15	0.01	-	0.01	0.00	0.04	-	0.08	0.01	0.01	0.03	0.09	81.50	0.02	0.06	0.31	-	0.02	-	-	-	0.35	0.25
EP. 2	83.11	203.88	-	48.75	15.58	20.43	3.44	29.10	7.35	0.27	17.66	29.66	41.31	1.63	1.54	7.40	59.25	39.11	3.38	9.78	152.74	36.65	508.80	6.47	17.39	104.34	64.67	
EP. 3	7.87	-	-	32.54	0.73	8.66	0.56	-	2.37	0.39	12.74	132.78	43.76	6.00	2.91	28.74	13.89	74.92	2.17	8.22	131.31	0.27	63.19	-	-	76.91	21.73	
EP. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 5	4.51	-	-	8.31	-	5.17	0.33	-	0.47	0.06	1.36	-	2.78	0.39	0.29	1.15	3.03	6.22	0.84	2.05	10.77	-	0.72	-	-	12.09	8.50	
EP. 6	0.98	-	-	1.80	-	1.12	0.07	-	0.10	0.01	0.29	-	0.60	0.08	0.06	0.25	0.66	1.35	0.18	0.44	2.34	-	0.16	-	-	2.63	1.84	
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	55.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.07	-	-	-	-	-	-	
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210.00	-	

Tabla AII. 19 1978 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27	
EP. 1	-	-	-	1.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 2	105.45	793.74	-	49.66	3.36	28.91	5.14	32.66	8.91	0.32	24.70	42.41	51.84	2.04	2.12	10.79	73.96	55.48	4.14	11.94	212.53	48.26	701.64	14.90	20.50	151.23	83.71	
EP. 3	8.22	-	-	27.49	0.51	8.71	0.61	-	2.59	0.39	16.51	227.73	51.33	6.48	3.51	37.05	15.68	94.08	2.06	8.21	154.85	0.29	76.50	-	-	97.99	22.76	
EP. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 5	4.44	-	-	5.85	-	4.93	0.34	-	0.42	0.05	1.39	-	2.54	0.32	0.27	1.15	2.82	6.13	0.69	1.69	14.32	-	0.63	-	-	12.50	7.64	
EP. 6	1.04	-	-	1.37	-	1.16	0.08	-	0.10	0.01	0.33	-	0.59	0.08	0.06	0.27	0.66	1.44	0.16	0.40	3.35	-	0.15	-	-	2.93	1.79	
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	64.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.98	-	-	-	-	-	-	-
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218.60	-

Tabla AII. 20 1980 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27	
EP. 1	-	-	-	1.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 2	133.45	1,839.42	-	55.31	99.89	35.05	6.57	32.35	12.17	0.38	32.17	45.35	63.38	2.58	1.94	13.70	92.89	63.77	5.40	16.63	202.50	66.10	899.67	17.55	25.97	190.24	105.62	
EP. 3	12.03	-	-	29.91	152.57	10.99	0.82	-	3.43	0.44	20.55	286.96	59.86	7.76	3.05	44.66	19.20	102.81	2.68	11.22	235.42	0.45	133.77	-	-	147.53	30.91	
EP. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 5	5.02	-	-	5.28	-	4.83	0.36	-	0.48	0.05	1.47	-	2.54	0.33	0.20	1.19	2.88	5.73	0.73	1.91	15.11	-	0.58	-	-	13.44	7.89	
EP. 6	1.73	-	-	1.82	-	1.66	0.12	-	0.16	0.02	0.51	-	0.87	0.11	0.07	0.41	0.99	1.97	0.25	0.66	5.20	-	0.20	-	-	4.62	2.71	
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	66.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.78	-	-	-	-	-	-	-
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	223.42	-

Tabla AII. 21 2003 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27
EP. 1	14.13	-	0.01	10.55	1.88	11.84	0.76	0.28	2.81	0.09	4.73	-	9.77	0.35	0.71	2.02	15.16	66.00	1.68	3.10	125.93	-	2.14	-	0.07	76.74	24.66
EP. 2	122.94	3,989.11	-	37.70	356.49	30.81	8.66	24.47	21.05	0.28	28.84	73.49	53.66	1.23	3.90	13.26	59.70	46.05	4.51	8.61	491.64	109.58	1,169.84	35.95	23.98	235.05	74.91
EP. 3	34.05	-	-	46.08	23.46	23.80	1.54	0.62	16.09	0.38	34.43	142.33	101.72	3.54	5.40	40.52	21.83	84.63	4.86	8.02	463.64	5.10	189.98	0.02	0.15	387.37	99.64
EP. 4	5.27	-	-	3.47	0.68	4.42	0.28	0.10	1.05	0.04	1.76	-	3.64	0.13	0.27	0.75	2.84	3.76	0.63	1.16	46.97	-	0.80	-	0.03	28.62	9.20
EP. 5	3.26	-	-	2.15	0.42	2.73	0.18	0.06	0.65	0.02	1.09	-	2.26	0.08	0.16	0.47	1.76	2.33	0.39	0.72	29.08	-	0.49	-	0.02	17.72	5.69
EP. 6	6.17	-	-	4.07	0.80	5.17	0.33	0.12	1.23	0.04	2.07	-	4.27	0.15	0.31	0.88	3.33	4.41	0.74	1.36	55.03	-	0.93	-	0.03	33.53	10.77
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.59	1.07
EP. 8	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-	0.00	-	0.00	0.00	0.00
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	84.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.58	-	-	-	-	-	-
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267.03	-

Tabla AII. 22 2008 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27
EP. 1	9.54	-	0.17	8.18	1.80	8.32	0.56	0.11	2.05	0.07	3.41	-	6.14	0.18	0.39	1.39	11.09	68.12	1.02	2.31	87.13	-	1.31	-	0.04	55.84	16.04
EP. 2	137.69	3,286.29	-	33.56	414.11	21.85	11.69	10.88	20.07	0.20	24.65	60.04	41.19	0.88	3.64	11.99	62.51	43.20	2.78	6.85	387.13	130.98	1,470.68	44.15	25.68	178.88	52.30
EP. 3	45.96	-	-	66.22	66.08	35.69	2.39	0.48	21.90	0.50	43.06	160.12	81.64	4.16	5.94	52.59	28.55	134.41	5.58	12.43	600.15	2.34	243.71	0.03	0.20	479.35	121.30
EP. 4	4.70	-	-	3.37	0.84	4.10	0.27	0.05	1.01	0.03	1.68	-	3.02	0.09	0.19	0.69	2.38	4.41	0.50	1.14	42.90	-	0.64	-	0.02	27.49	7.90
EP. 5	6.17	-	-	4.42	1.10	5.38	0.36	0.07	1.33	0.04	2.21	-	3.97	0.12	0.25	0.90	3.12	5.78	0.66	1.49	56.32	-	0.85	-	0.03	36.10	10.37
EP. 6	7.04	-	-	5.05	1.26	6.14	0.41	0.08	1.52	0.05	2.52	-	4.53	0.13	0.29	1.03	3.56	6.60	0.75	1.70	64.31	-	0.97	-	0.03	41.21	11.84
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.20	2.16
EP. 8	0.04	-	-	0.03	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	-	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.37	-	0.01	-	0.00	0.24	0.07
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	97.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	-	-	-	-	-	-
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	262.05	-

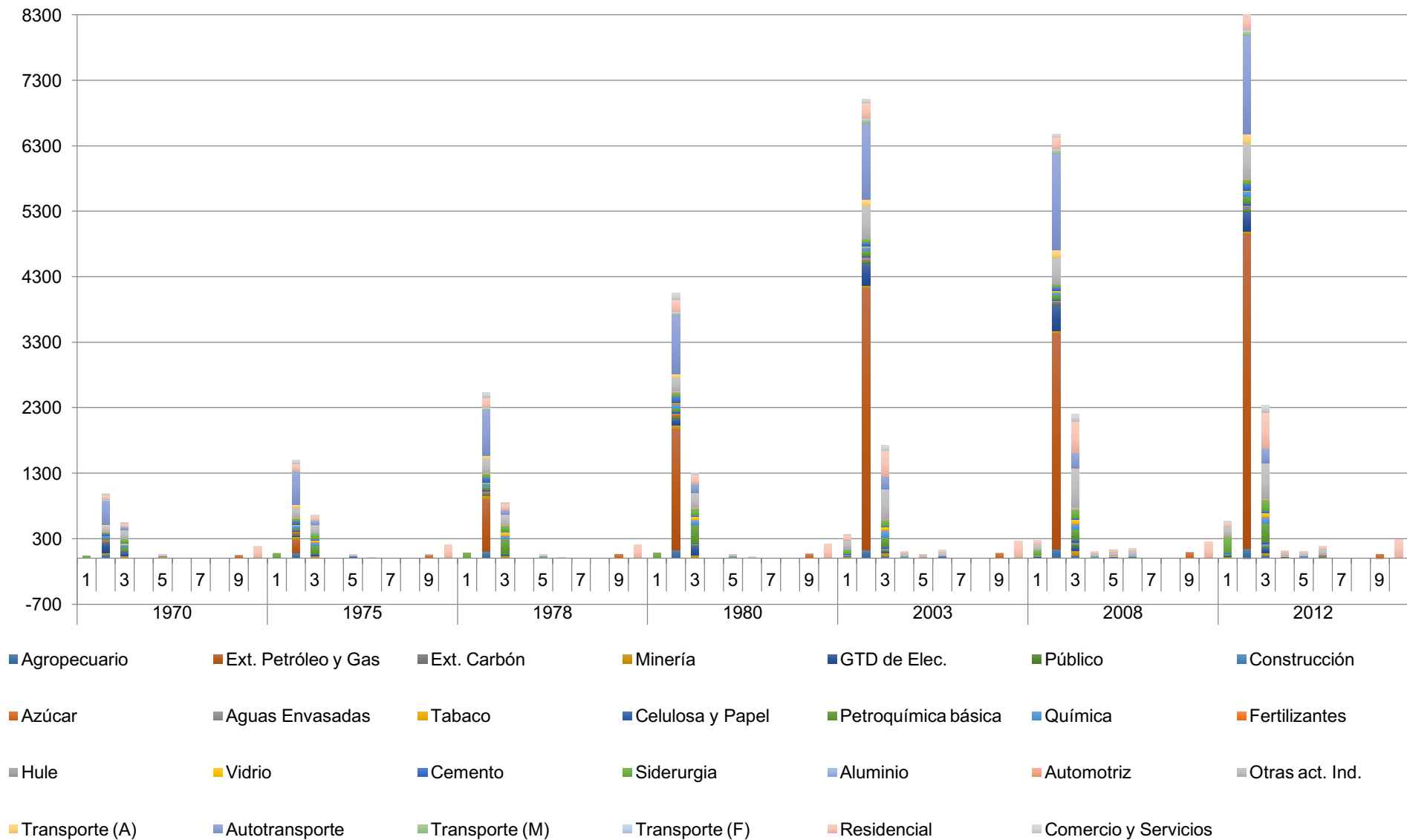
Tabla AII. 23 2012 Demanda Final de Energía (PJ)

	CC. 1	CC. 2	CC. 3	CC. 4	CC. 5	CC. 6	CC. 7	CC. 8	CC. 9	CC. 10	CC. 11	CC. 12	CC. 13	CC. 14	CC. 15	CC. 16	CC. 17	CC. 18	CC. 19	CC. 20	CC. 21	CC. 22	CC. 23	CC. 24	CC. 25	CC. 26	CC. 27	
EP. 1	14.95	-	1.61	8.85	8.35	11.46	0.77	0.99	2.66	0.09	5.17	1.51	9.75	0.43	0.66	2.08	15.94	251.18	-	2.59	136.19	-	2.01	-	0.05	76.41	22.71	
EP. 2	143.69	4,796.08	-	37.25	314.22	32.66	11.92	28.29	22.75	0.33	35.51	105.47	69.16	3.37	4.76	14.60	103.04	66.33	-0.01	7.72	531.85	153.40	1,503.65	44.92	29.26	267.42	74.18	
EP. 3	41.45	-	-	40.63	75.59	28.14	1.91	2.49	18.72	0.57	43.45	275.63	100.43	7.12	7.29	48.54	38.73	165.88	-0.00	9.19	544.03	5.38	228.07	0.04	0.14	547.75	119.85	
EP. 4	5.85	-	-	3.61	3.25	4.49	0.30	0.39	1.04	0.04	2.02	0.59	3.82	0.17	0.26	0.81	4.79	4.96	-	1.01	53.31	-	0.79	-	0.02	29.91	8.89	
EP. 5	5.11	-	-	3.15	2.84	3.91	0.26	0.34	0.91	0.03	1.77	0.52	3.33	0.15	0.23	0.71	4.18	4.33	-	0.88	46.50	-	0.69	-	0.02	26.09	7.75	
EP. 6	8.74	-	-	5.39	4.85	6.70	0.45	0.58	1.55	0.05	3.02	0.88	5.70	0.25	0.39	1.22	7.15	7.41	-	1.51	79.58	-	1.18	-	0.03	44.65	13.27	
EP. 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.85	1.24
EP. 8	0.02	-	-	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	-	0.00	0.14	-	0.00	-	0.00	0.08	0.02	
EP. 9	-	-	-	-	-	-	-	65.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.37	-	-	-	-	-	-	-
EP. 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	293.82	-

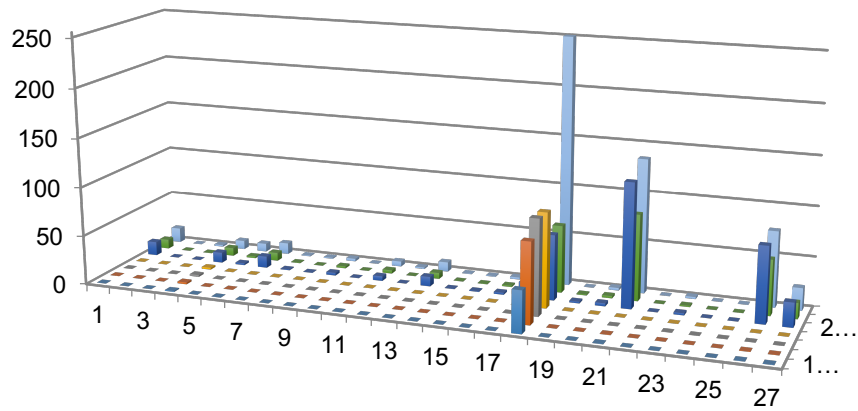
Anexo III. Insumo – Producto en aplicaciones de energía

AIII.I Insumo - Producto Energético

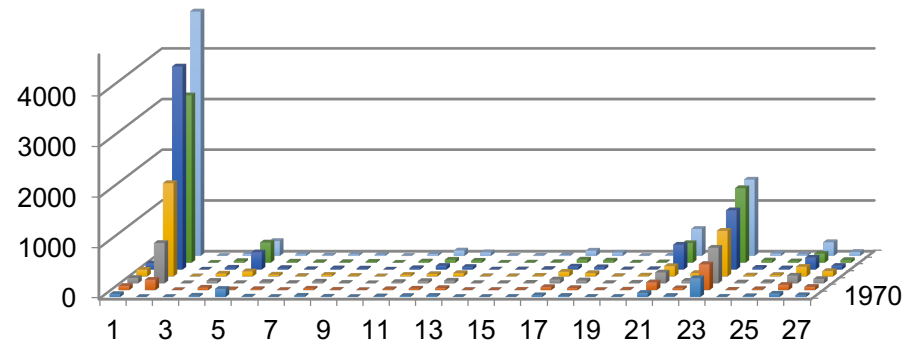
AIII.I.I Requerimientos totales de energía a las ramas económicas en energía primaria



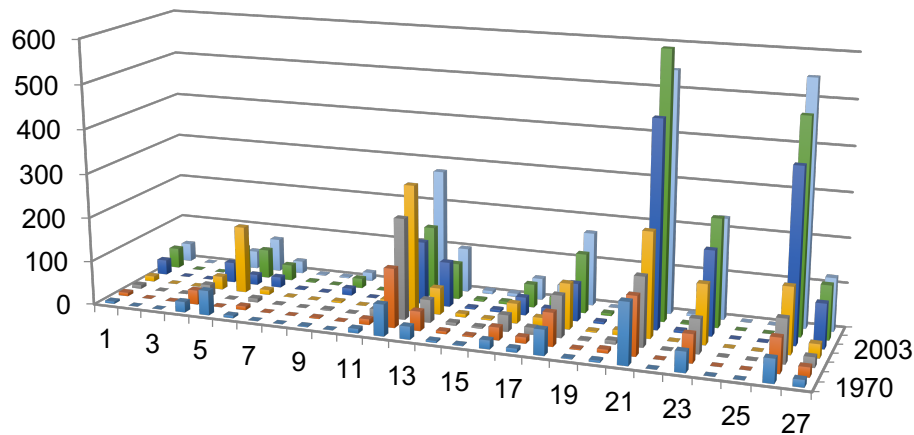
Gráfica AIII. 1 Distribución de los requerimientos totales de energía por energético y usuario final



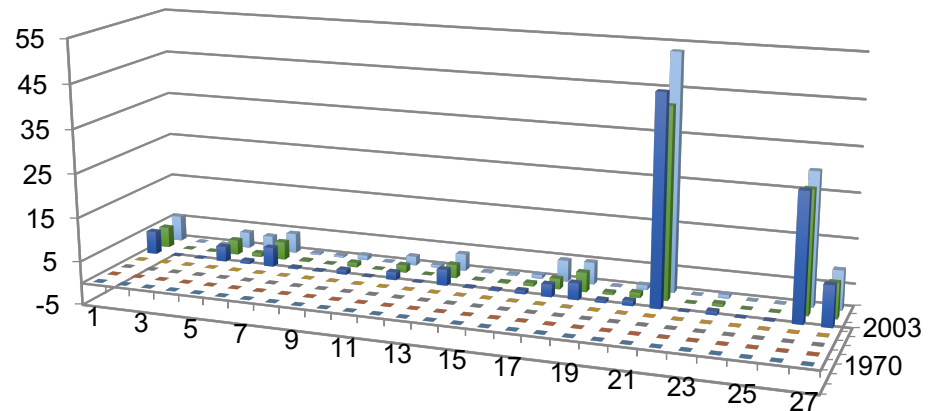
Gráfica AIII. 2 Requerimientos totales de Carbón a usuarios finales (PJ)



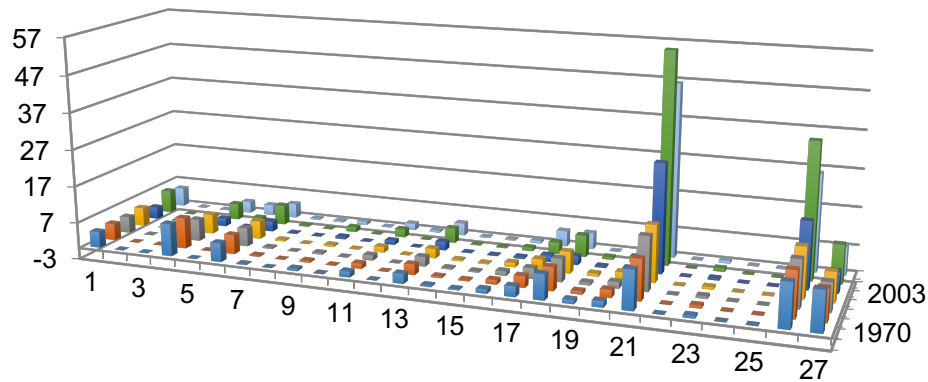
Gráfica AIII. 3 Requerimientos totales de Petróleo Crudo a usuarios finales (PJ)



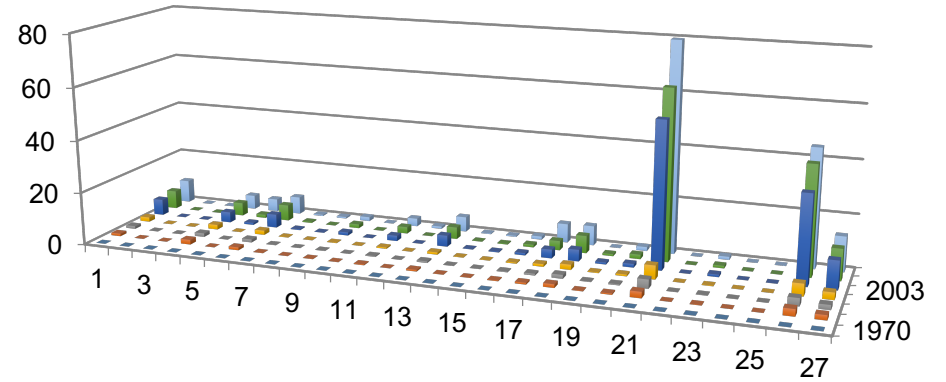
Gráfica AIII. 4 Requerimientos totales de Gas natural a usuarios finales (PJ)



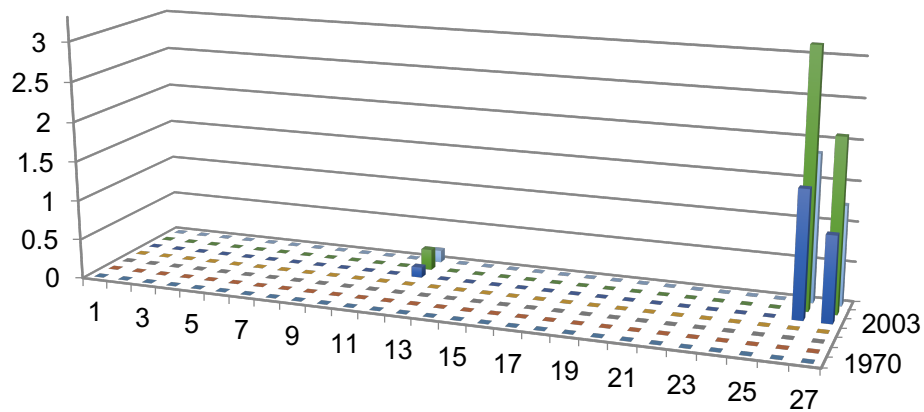
Gráfica AIII. 5 Requerimientos totales de Nucleoenergía a usuarios finales (PJ)



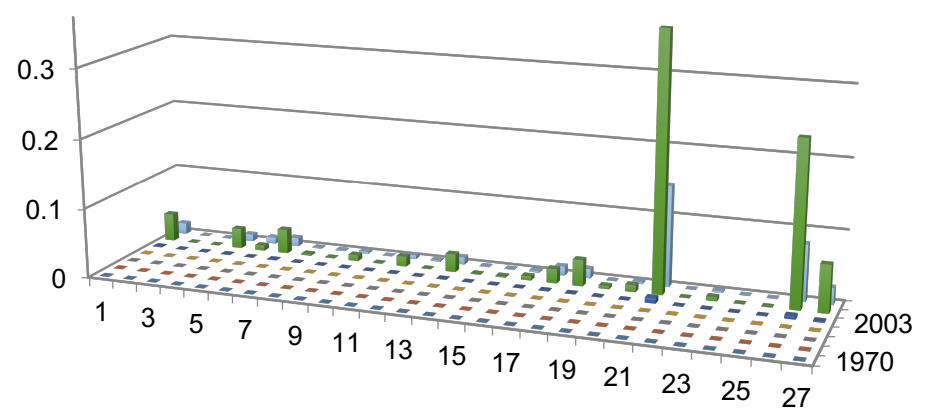
Gráfica AIII. 6 *Requerimientos totales de Hidroenergía a usuarios finales (PJ)*



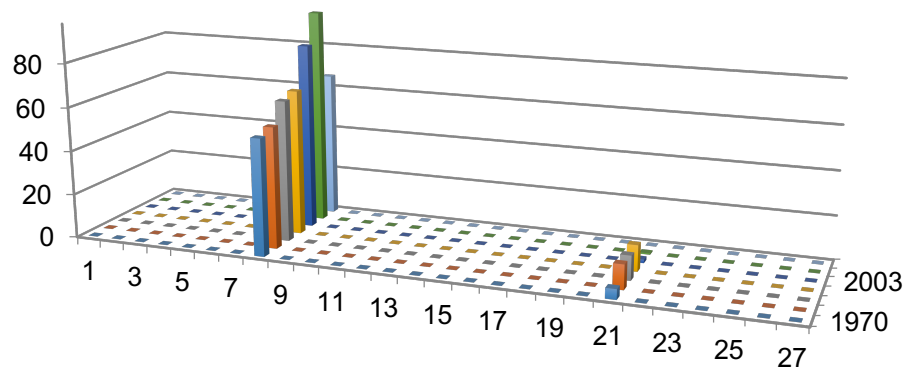
Gráfica AIII. 7 *Requerimientos totales de Geoenergía a usuarios finales (PJ)*



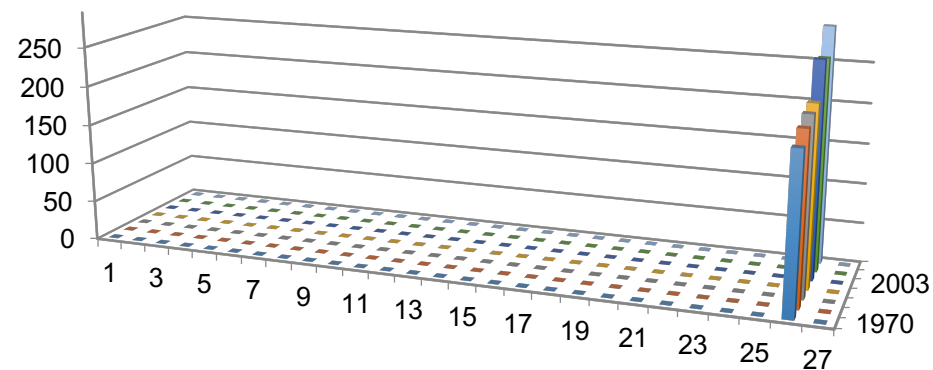
Gráfica AIII. 8 *Requerimientos totales de Energía Solar a usuarios finales (PJ)*



Gráfica AIII. 9 *Requerimientos totales de Energía Eólica a usuarios finales (PJ)*



Gráfica AIII. 10 Requerimientos totales de Bagazo de Caña a usuarios finales (PJ)



Gráfica AIII. 11 Requerimientos totales de Leña a usuarios finales (PJ)

Tabla AIII. 1 Resultados del Análisis de Cambio Estructural por tipo de Energético

Año	Carbón					Petróleo Crudo					Gas Natural				
	Δ ET	ETE	SE	VUE	IE	Δ ET	ETE	SE	VUE	IE	Δ ET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	39.76	18.45	-1.06	22.38	-0.00	514.98	-1.77	86.25	430.51	-0.00	120.40	-9.40	-74.89	204.69	-0.00
1978	53.13	15.18	-2.48	40.44	-	1,541.66	63.50	111.14	1,367.02	-	311.29	-10.62	-53.17	375.07	0.00
1980	52.34	19.72	-7.44	40.07	0.00	3,061.31	105.20	12.58	2,943.52	0.00	764.73	30.03	112.20	622.50	-
2003	330.26	37.47	61.03	231.75	-	6,026.99	-146.28	110.48	6,062.80	0.00	1,186.94	-49.04	96.57	1,139.41	-
2008	240.06	22.49	31.74	185.82	-	5,485.15	-228.19	11.60	5,701.73	0.00	1,662.50	-31.61	174.56	1,519.55	-
2012	531.26	36.42	72.23	422.61	0.00	7,403.10	-168.64	76.74	7,494.99	-0.00	1,798.73	-15.03	110.70	1,703.07	-0.00

Continuación Tabla AIII.1

Año	Nucleoenergía					Hidroenergía					Geoenergía				
	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-1.05	-26.78	5.50	20.23	-0.00	14.99	9.40	1.19	4.39	0.00
1978	-	-	-	-	-	-1.95	-37.30	9.45	25.90	0.00	15.96	7.68	2.21	6.07	-0.00
1980	-	-	-	-	-	-0.05	-41.05	9.88	31.12	0.00	24.09	9.99	3.40	10.70	0.00
2003	115.87	15.57	24.29	76.01	-	1.65	-60.44	15.04	47.05	0.00	135.74	18.24	28.45	89.05	-
2008	107.42	12.56	21.27	73.59	-0.00	70.96	-53.58	27.93	96.62	-0.00	161.03	18.83	31.88	110.31	-
2012	130.31	12.70	25.10	92.52	-	43.59	-59.00	21.90	80.70	-0.00	194.54	18.95	37.48	138.12	-

Continuación Tabla AIII.1

Año	Energía Solar					Energía Eólica					Bagazo de Caña				
	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.65	-	2.12	6.54	0.00
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.47	-	1.28	16.18	0.00
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.30	-	2.96	17.34	-
2003	2.79	-	1.01	1.78	-	0.02	0.00	0.00	0.01	-0.00	28.41	-	2.07	26.34	0.00
2008	5.62	-	1.95	3.67	0.00	0.92	0.11	0.18	0.63	0.00	40.53	-	10.88	29.65	0.00
2012	3.24	-	0.93	2.31	-	0.35	0.03	0.07	0.25	0.00	7.97	-	-3.75	11.72	0.00

Continuación Tabla AIII.1

Leña					
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-
1975	13.49	-	-18.72	32.21	0.00
1978	22.09	-	-28.27	50.37	0.00
1980	26.91	-	-45.14	72.05	0.00
2003	70.52	-	-84.95	155.48	0.00
2008	65.54	-	-91.73	157.28	0.00
2012	97.31	-	-101.54	198.85	0.00

Tabla AIII. 2 Resultados del Análisis de Cambio Estructural por Rama económica

Agropecuario						Ext. Petróleo y Gas					Ext. Carbón				
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	30.17	-1.12	1.78	29.51	-	203.88	-	-	203.88	-	-	-	-	-	-
1978	52.72	1.06	3.76	47.90	-	793.74	-	-	793.74	-	-	-	-	-	-
1980	85.79	4.39	6.51	74.89	-	1,839.42	-	-	1,839.42	-	-	-	-	-	-
2003	119.39	-1.88	15.64	105.63	-	4,005.81	-	-	4,005.81	-	0.01	-	-	0.01	-
2008	144.72	-7.03	8.65	143.10	-	3,301.46	-	-	3,301.46	-	0.17	-	-	0.17	-
2012	153.38	-2.94	13.89	142.43	-	4,818.94	-	-	4,818.94	-	1.61	-	-	1.61	-

Continuación Tabla AIII.2

Minería						GTD de Elec.					Público				
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	33.82	3.54	1.73	28.55	-	-199.75	-2.77	-18.35	-178.63	-	16.82	2.86	-	13.96	-
1978	26.79	3.31	1.70	21.78	-	-212.20	-2.96	-14.30	-194.94	-	24.99	2.33	-	22.66	-
1980	34.81	7.80	1.94	25.07	-	36.40	6.97	8.01	21.41	-	33.80	4.18	-	29.62	-
2003	44.58	-1.75	-0.94	47.27	-	150.98	-22.26	-12.55	185.78	-	60.04	1.41	-	58.63	-
2008	61.40	-5.78	-1.54	68.72	-	253.97	-16.29	-19.81	290.07	-	62.81	-0.61	-	63.41	-
2012	39.45	-4.09	9.32	34.22	-	170.17	-14.88	-12.95	198.00	-	68.64	-0.80	-	69.44	-

Continuación Tabla AIII.2

Construcción						Azúcar					Aguas Envasadas				
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	2.68	-0.01	0.05	2.64	-	6.12	0.07	0.22	5.83	-	2.25	0.22	0.04	1.99	-
1978	4.44	0.04	0.05	4.35	-	18.58	0.17	0.14	18.27	-	3.96	0.26	0.06	3.65	-
1980	6.14	0.19	0.06	5.89	-	20.32	2.30	-0.20	18.22	-	8.19	0.89	0.12	7.18	-
2003	10.01	-0.03	-0.05	10.10	-	31.93	-1.42	0.50	32.85	-	34.82	-0.37	0.95	34.23	-
2008	13.95	-0.20	-0.16	14.32	-	31.07	-0.42	-1.24	32.73	-	39.84	-0.51	0.75	39.60	-
2012	13.88	-0.15	-0.09	14.12	-	20.86	-1.17	4.00	18.03	-	39.58	-0.47	1.14	38.92	-

Continuación Tabla AIII.2

Tabaco						Celulosa y Papel					PGB				
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	0.15	0.03	0.01	0.11	-	8.91	0.43	0.41	8.07	-	70.54	-4.53	0.75	74.32	-
1978	0.18	0.02	0.02	0.14	-	19.74	0.38	0.44	18.92	-	178.24	-3.33	1.02	180.55	-
1980	0.30	0.06	0.02	0.22	-	31.51	1.85	0.49	29.16	-	240.41	-2.03	1.18	241.25	-
2003	0.26	-0.04	0.14	0.16	-	49.73	-2.03	3.24	48.53	-	124.06	-19.85	-1.19	145.10	-
2008	0.30	-0.07	0.13	0.25	-	54.35	-2.28	3.11	53.53	-	128.53	-21.20	3.57	146.16	-
2012	0.52	-0.05	0.08	0.49	-	67.76	-1.70	3.96	65.50	-	292.87	-12.91	0.69	305.09	-

Continuación Tabla AIII.2

Química						Fertilizantes					Hule				
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	33.00	-0.22	0.73	32.48	-	2.87	0.02	0.09	2.75	-	2.07	0.06	0.06	1.95	-
1978	50.76	0.16	0.79	49.81	-	3.68	0.01	0.10	3.57	-	3.24	0.05	0.07	3.12	-
1980	71.10	3.24	0.88	66.98	-	5.55	0.22	0.12	5.22	-	2.52	0.19	0.08	2.26	-
2003	119.77	-6.36	6.97	119.17	-	0.24	-0.77	0.38	0.62	-	8.02	-0.30	0.07	8.24	-
2008	84.98	-7.08	6.38	85.67	-	0.31	-0.92	0.01	1.22	-	7.97	-0.39	-0.11	8.48	-
2012	136.64	-4.61	8.35	132.90	-	6.24	-0.52	-0.11	6.87	-	10.85	-0.24	-0.03	11.12	-

Continuación Tabla AIII.2

Vidrio						Cemento					Siderurgia				
Año	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	12.85	-0.54	0.30	13.08	-	31.84	1.33	0.80	29.71	-	74.88	19.76	1.92	53.21	-
1978	24.53	-0.39	0.32	24.60	-	48.04	1.12	0.96	45.96	-	125.37	17.82	2.44	105.11	-
1980	35.23	0.49	0.37	34.37	-	70.88	4.77	0.96	65.15	-	141.66	26.50	3.47	111.70	-
2003	33.17	-4.12	0.29	37.00	-	59.55	-2.26	-6.41	68.21	-	78.98	-12.38	8.18	83.17	-
2008	43.85	-4.73	0.22	48.36	-	66.15	-2.19	-14.41	82.75	-	134.35	-14.07	12.14	136.28	-
2012	43.23	-2.65	0.82	45.07	-	128.75	-2.54	-3.91	135.20	-	371.91	-1.88	-7.57	381.35	-

Continuación Tabla AIII.2

Año	Aluminio					Automotriz					Otras act. Ind.				
	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	2.01	0.55	0.09	1.37	-	11.04	0.66	0.29	10.09	-	75.75	-2.01	1.79	75.96	-
1978	2.47	0.45	0.10	1.93	-	12.71	0.63	0.31	11.78	-	163.24	-1.84	17.69	147.38	-
1980	4.48	0.84	0.11	3.53	-	20.90	1.34	0.35	19.20	-	237.20	4.00	29.11	204.09	-
2003	8.22	0.13	0.00	8.09	-	13.44	-0.20	3.94	9.71	-	981.07	-30.06	126.14	884.99	-
2008	6.71	-0.29	0.14	6.86	-	16.40	-0.91	3.01	14.30	-	1,006.07	-34.08	109.85	930.30	-
2012	-4.60	-0.25	-2.44	-1.91	-	13.39	-0.63	2.65	11.38	-	1,158.44	-20.83	135.12	1,044.14	-

Continuación Tabla AIII.2

Año	Transporte (A)					Autotransporte					Transporte (M)				
	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	15.22	-0.66	0.05	15.83	-	154.85	-35.07	1.28	188.64	-	2.26	-0.08	-0.01	2.35	-
1978	26.85	0.13	0.02	26.70	-	360.88	-3.36	1.67	362.56	-	10.70	-0.01	0.00	10.71	-
1980	44.84	0.16	-0.00	44.68	-	616.17	15.52	2.17	598.48	-	13.34	0.34	0.00	13.00	-
2003	92.98	-1.30	0.37	93.91	-	946.14	-82.80	-0.27	1,029.21	-	31.77	-0.26	0.06	31.96	-
2008	111.62	-2.45	0.49	113.58	-	1,300.11	-129.70	-1.19	1,431.00	-	39.97	-0.19	-0.35	40.51	-
2012	137.08	-0.33	0.55	136.85	-	1,318.34	-100.52	-1.24	1,420.10	-	40.75	-0.24	-0.06	41.06	-

Continuación Tabla AIII.2

Año	Transporte (F)					Residencial					Comercio y Servicios				
	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE	ΔET	ETE	SE	VUE	IE
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	1.96	-1.94	-	3.90	-	79.47	3.81	13.34	62.32	-	35.59	5.53	-7.02	37.08	-
1978	5.07	-0.82	-	5.89	-	156.41	17.00	28.07	111.34	-	54.51	6.22	-5.28	53.58	-
1980	10.54	0.38	-	10.16	-	252.41	27.12	38.48	186.81	-	85.74	12.17	-5.78	79.35	-
2003	8.84	-1.32	0.19	9.97	-	720.81	3.44	107.37	610.00	-	164.56	2.28	0.95	161.33	-
2008	10.57	-2.78	0.15	13.20	-	757.51	-3.60	110.30	650.82	-	160.57	-1.62	0.18	162.01	-
2012	14.08	-1.77	0.12	15.73	-	961.12	3.50	85.95	871.67	-	186.52	-1.91	1.62	186.81	-

AIII.II Energía Contenida

Tabla AIII. 3 Tasa de crecimiento y peso de las componentes de EE sobre el total por rama

Agropecuario				Ext. Petróleo y Gas			Ext. Carbón		
Año	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.32	0.68	0	0.69	0.31	0	0.67	0.33
1975	46	0.24	0.76	16500	0.06	0.94	500	0.33	0.61
1978	76	0.25	0.75	148846	0.03	0.97	200	0.33	0.67
1980	191	0.21	0.79	173514	0.01	0.99	167	0.25	0.75
2003	109	0.18	0.82	286571	0.01	0.99	467	0.35	0.59
2008	59	0.18	0.82	301597	0.01	0.99	-2600	0.41	0.6
2012	111	0.17	0.83	651631	0	1	-29400	0.22	0.78

Continuación Tabla AIII.3

Minería				GTD de Elec.			Público		
Año	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.23	0.77	0	0.01	0.99	0	0	1
1975	37	0.17	0.83	-90	0.27	0.73	10200	0.01	0.99
1978	27	0.2	0.8	-92	0.56	0.44	11136	0.02	0.98
1980	59	0.2	0.8	58	0.57	0.43	17018	0.3	0.7
2003	185	0.17	0.83	113	0.16	0.84	24909	0.08	0.92
2008	284	0.16	0.84	102	0.09	0.91	13064	0.05	0.95
2012	401	0.18	0.82	240	0.07	0.93	31682	0.04	0.96

Continuación Tabla AIII.3

Construcción				Azúcar			Aguas Envasadas		
Año	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.62	0.38	0	0.06	0.94	0	0.6	0.4
1975	54	0.62	0.38	3	0.06	0.94	25	0.57	0.43
1978	90	0.61	0.39	26	0.06	0.94	66	0.57	0.43
1980	286	0.51	0.49	36	0.06	0.94	97	0.41	0.59
2003	206	0.38	0.62	131	0.13	0.87	248	0.29	0.71
2008	238	0.43	0.57	119	0.14	0.86	215	0.33	0.67
2012	509	0.4	0.6	148	0.15	0.85	358	0.27	0.73

Continuación Tabla AIII.3

Año	Tabaco			Celulosa y Papel			Petroquímica básica		
	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.42	0.58	0	0.33	0.67	0	0.18	0.82
1975	37	0.44	0.56	10	0.28	0.72	138	0.46	0.54
1978	73	0.44	0.56	140	0.3	0.7	282	0.48	0.52
1980	132	0.31	0.69	206	0.25	0.75	774	0.68	0.32
2003	122	0.37	0.63	266	0.21	0.79	1445	0.58	0.42
2008	19	0.3	0.7	-246	0.2	0.8	426	0.55	0.45
2012	-9	0.21	0.79	-166	0.17	0.83	-856	0.59	0.41

Continuación Tabla AIII.3

Año	Química			Fertilizantes			Hule		
	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.35	0.65	0	0.42	0.58	0	0.53	0.47
1975	47	0.28	0.72	68	0.36	0.64	13	0.33	0.67
1978	127	0.31	0.69	195	0.35	0.65	79	0.32	0.68
1980	293	0.24	0.76	160	0.23	0.77	153	0.28	0.72
2003	1027	0.62	0.38	1614	0.53	0.47	398	0.16	0.84
2008	218	0.22	0.78	-58	0.26	0.74	85	0.25	0.75
2012	46	0.13	0.87	-1832	0.11	0.89	-1592	0.2	0.8

Continuación Tabla AIII.3

Año	Vidrio			Cemento			Siderurgia		
	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.17	0.83	0	0.19	0.81	0	0.29	0.71
1975	35	0.12	0.88	156	0.1	0.9	16	0.25	0.75
1978	115	0.13	0.87	470	0.11	0.89	129	0.25	0.75
1980	247	0.17	0.83	197	0.1	0.9	-73	0.23	0.77
2003	-93	0.18	0.82	1399	0.15	0.85	82	0.18	0.82
2008	185	0.14	0.86	-411	0.17	0.83	-34	0.17	0.83
2012	132	0.12	0.88	353	0.12	0.88	-93	0.14	0.85

Continuación Tabla AIII.3

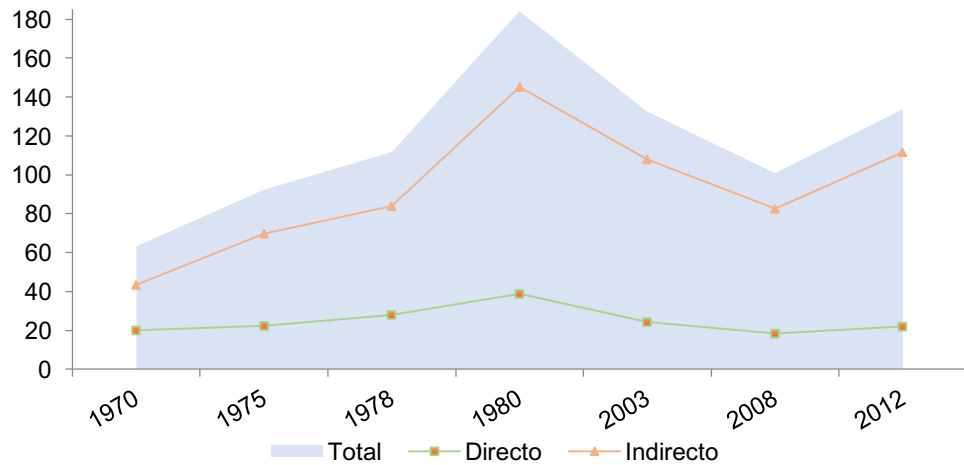
Año	Aluminio			Automotriz			Otras act. Ind.		
	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.41	0.59	0	0.29	0.71	0	0.35	0.65
1975	-26	0.4	0.6	82	0.27	0.73	38	0.35	0.65
1978	22	0.32	0.68	110	0.29	0.71	71	0.33	0.67
1980	19	0.31	0.69	260	0.27	0.73	135	0.29	0.71
2003	-70	0.23	0.79	753	0.33	0.67	530	0.48	0.52
2008	-136	0.17	0.83	1000	0.28	0.72	587	0.48	0.52
2012	-1792	0.16	0.84	2125	0.27	0.73	299	0.23	0.77

Continuación Tabla AIII.3

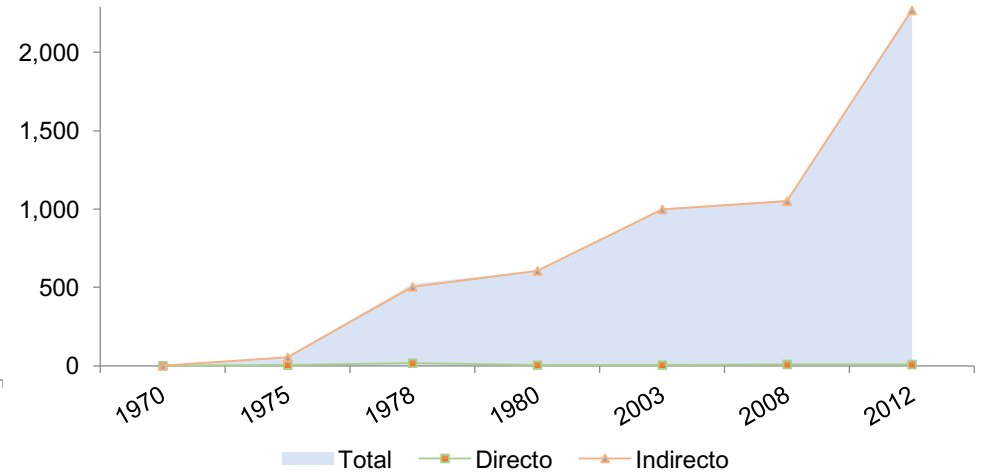
Año	Transporte (A)			Autotransporte			Transporte (M)		
	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.07	0.93	0	0.06	0.94	0	0.18	0.82
1975	85	0.1	0.9	38	0.06	0.94	52	0.14	0.86
1978	163	0.13	0.87	86	0.06	0.94	195	0.08	0.92
1980	356	0.11	0.89	176	0.05	0.95	356	0.09	0.91
2003	486	0.06	0.94	252	0.05	0.95	420	0.05	0.95
2008	602	0.06	0.94	433	0.04	0.96	786	0.01	0.99
2012	958	0.05	0.95	683	0.05	0.95	924	0.02	0.98

Continuación Tabla AIII.3

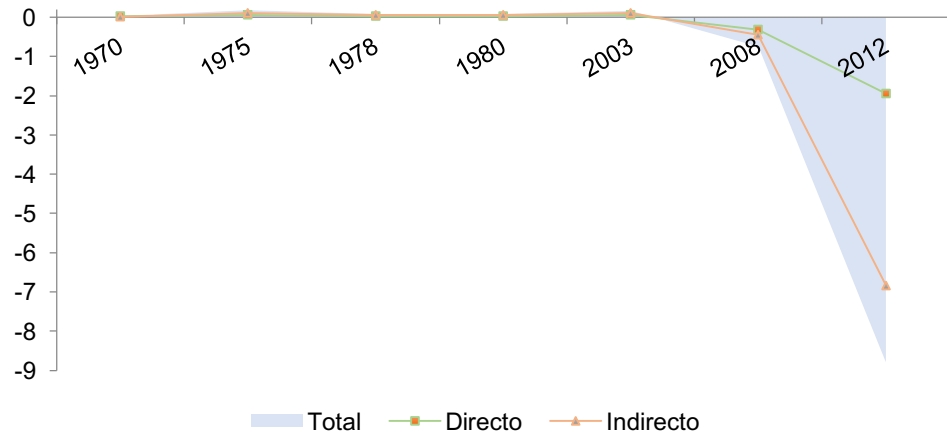
Año	Transporte (F)			Residencial			Comercio y Servicios		
	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto	tc @1970	Directo	Indirecto
1970	0	0.16	0.84	0	0	0	0	0.42	0.58
1975	29	0.17	0.83	0	0	0	60	0.36	0.64
1978	65	0.2	0.8	0	0	0	122	0.39	0.61
1980	172	0.15	0.85	0	0	0	355	0.33	0.67
2003	22	0.08	0.92	0	0	1	565	0.27	0.73
2008	35	0.01	0.99	0	0	1	495	0.34	0.66
2012	301	0.06	0.94	0	0	1	1104	0.23	0.77



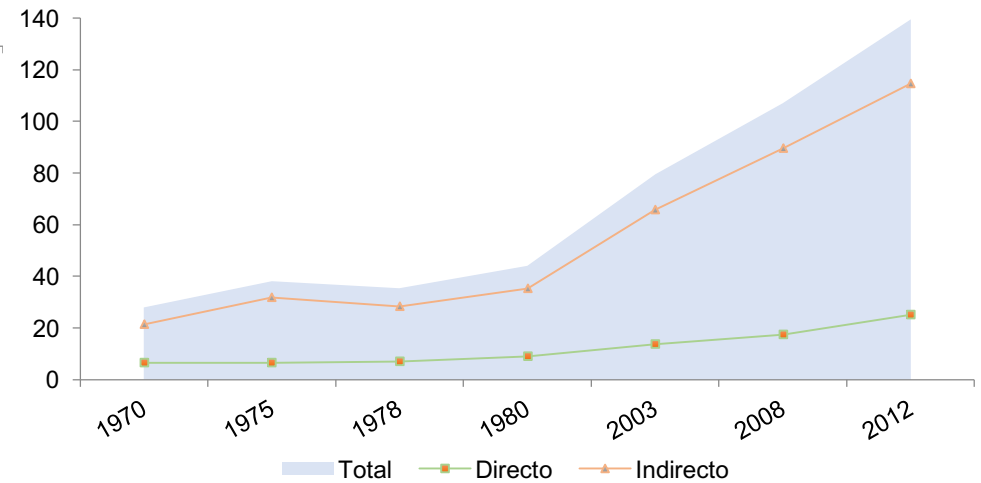
Gráfica AIII. 12 Agropecuario. Evolución de las componentes de EE (PJ)



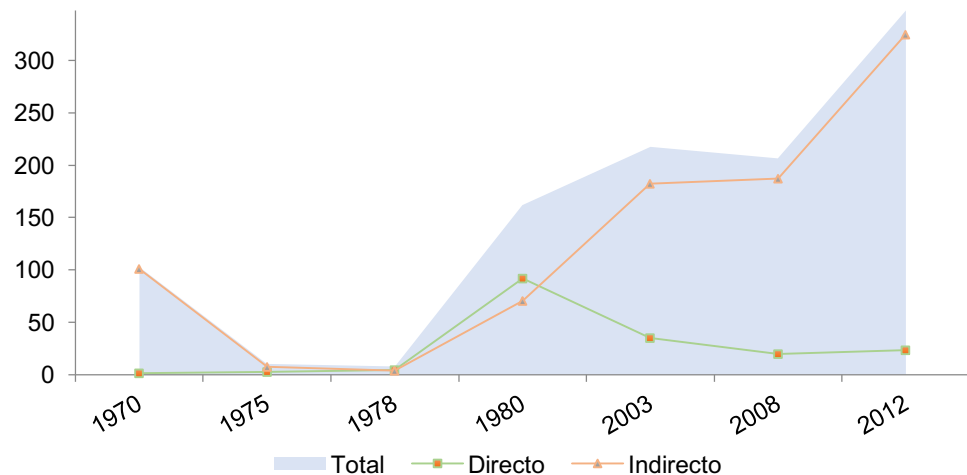
Gráfica AIII. 13 Extracción Petróleo Crudo y Gas. Evolución de las componentes de EE (PJ)



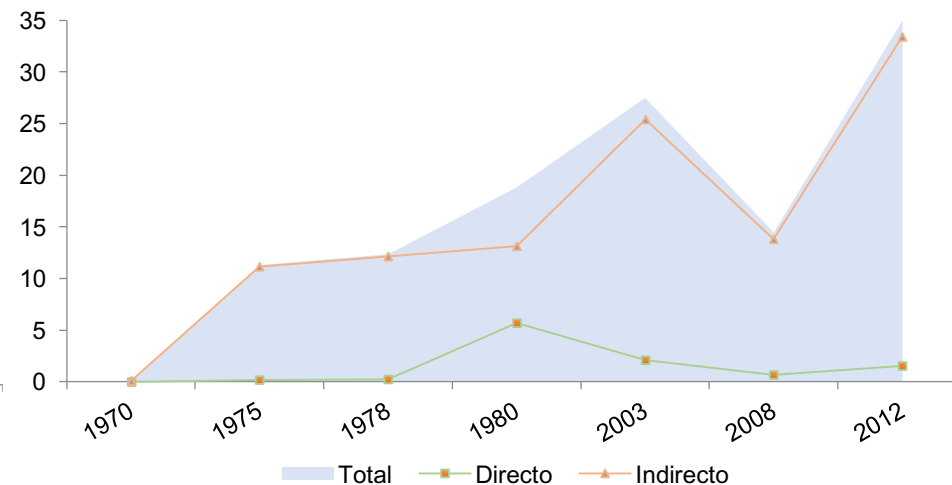
Gráfica AIII. 14 Extracción Carbón. Evolución de las componentes de EE (PJ)



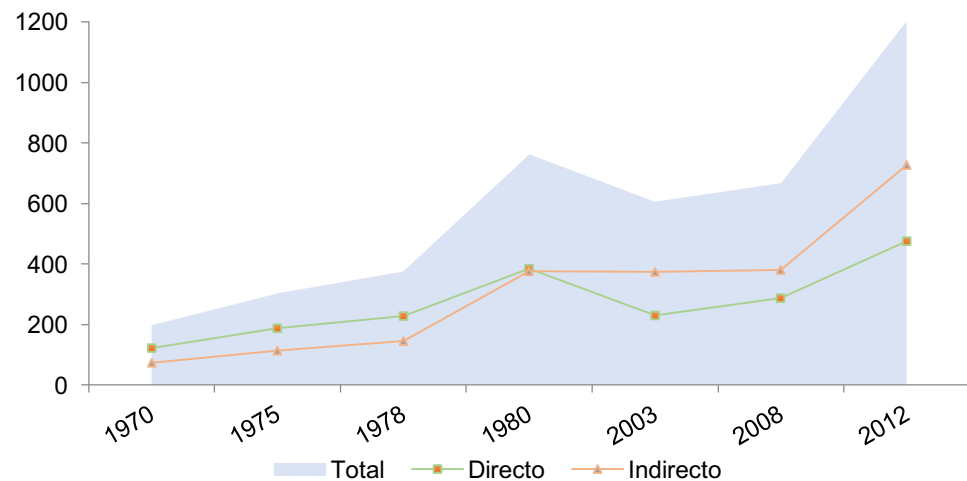
Gráfica AIII. 15 Minería. Evolución de las componentes de EE (PJ)



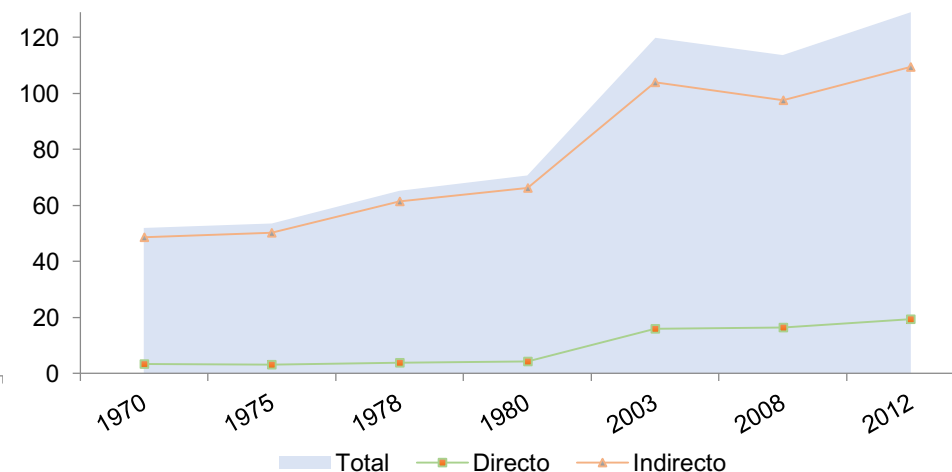
Gráfica All. 16 Generación, Transmisión y Distribución de Electricidad. Evolución de las componentes de EE (PJ)



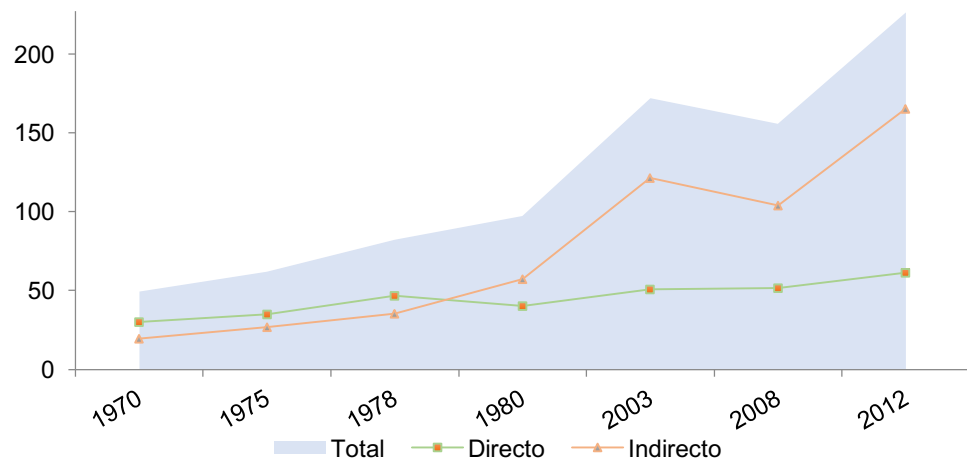
Gráfica All. 17 Público. Evolución de las componentes de EE (PJ)



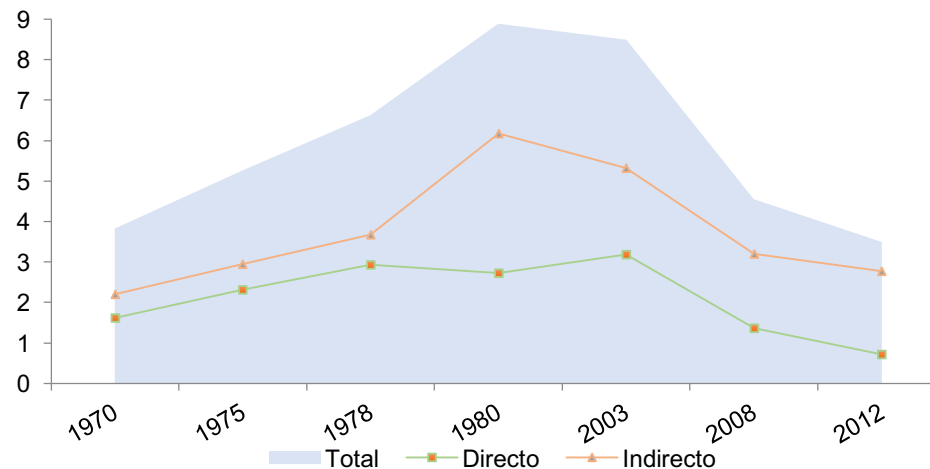
Gráfica All. 18 18 Construcción. Evolución de las componentes de EE (PJ)



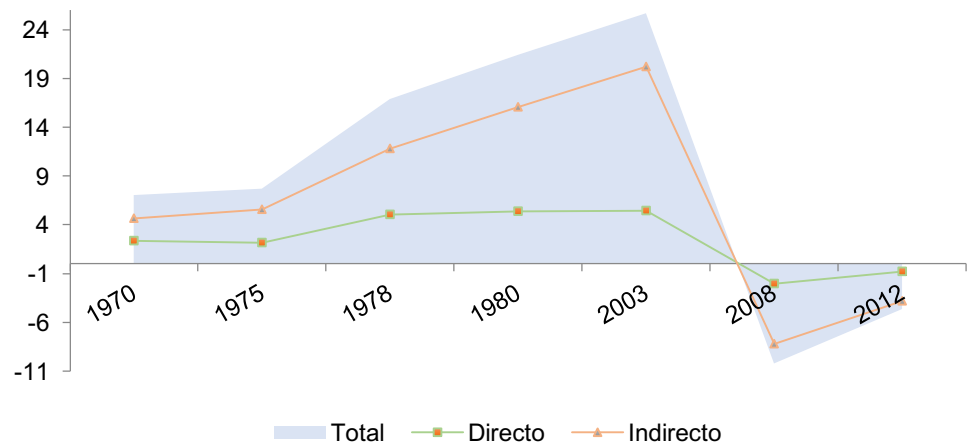
Gráfica All. 19 Azúcar. Evolución de las componentes de EE (PJ)



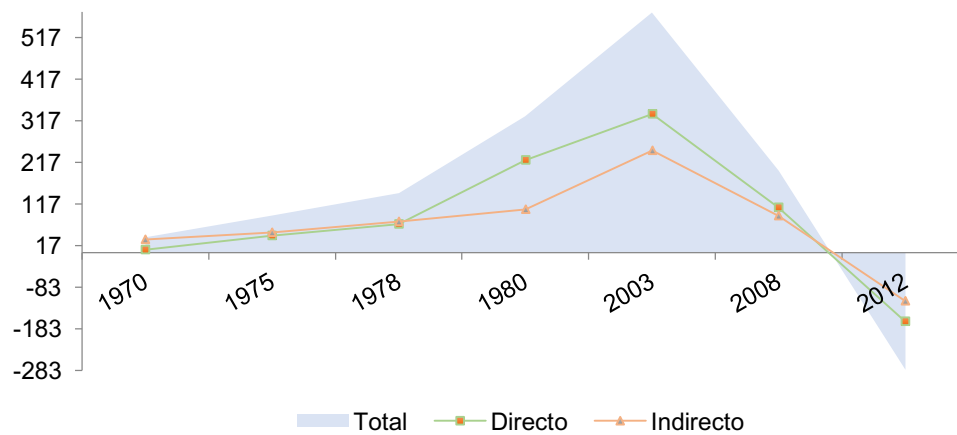
Gráfica AIII. 20 Aguas Envasadas. Evolución de las componentes de EE (PJ)



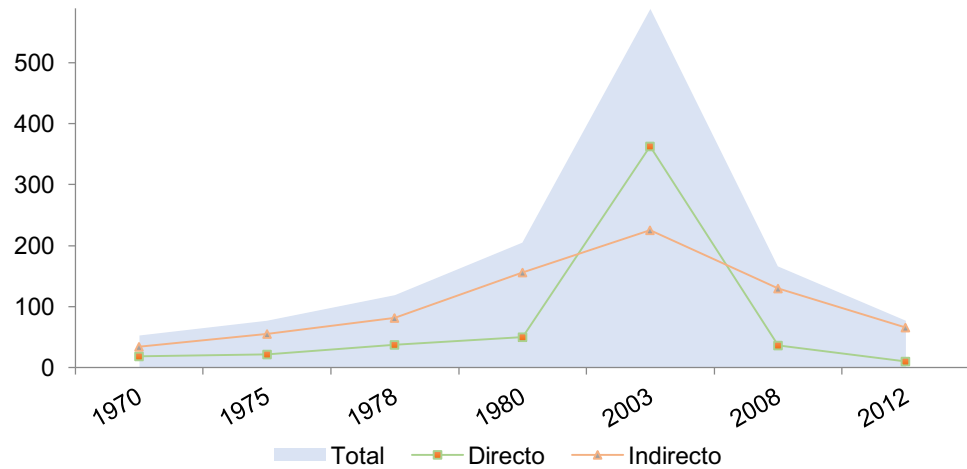
Gráfica AIII. 21 Tabaco. Evolución de las componentes de EE (PJ)



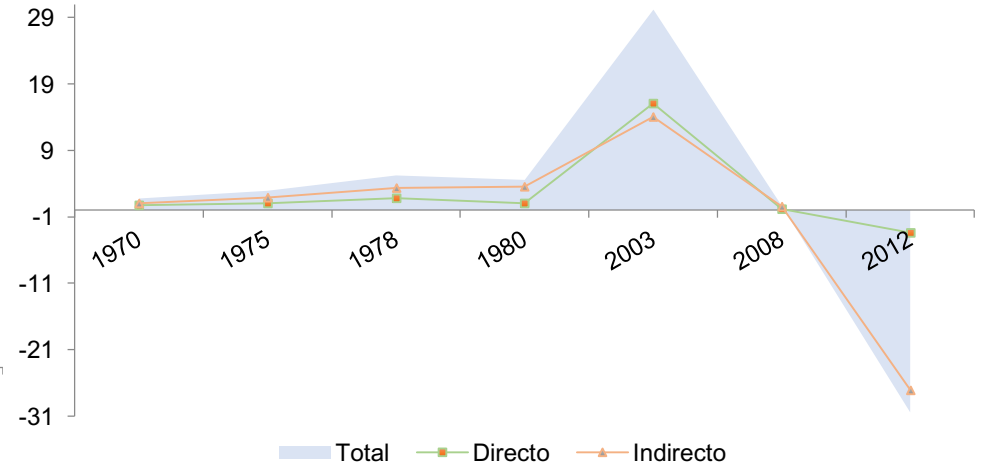
Gráfica AIII. 22 Celulosa y Papel. Evolución de las componentes de EE (PJ)



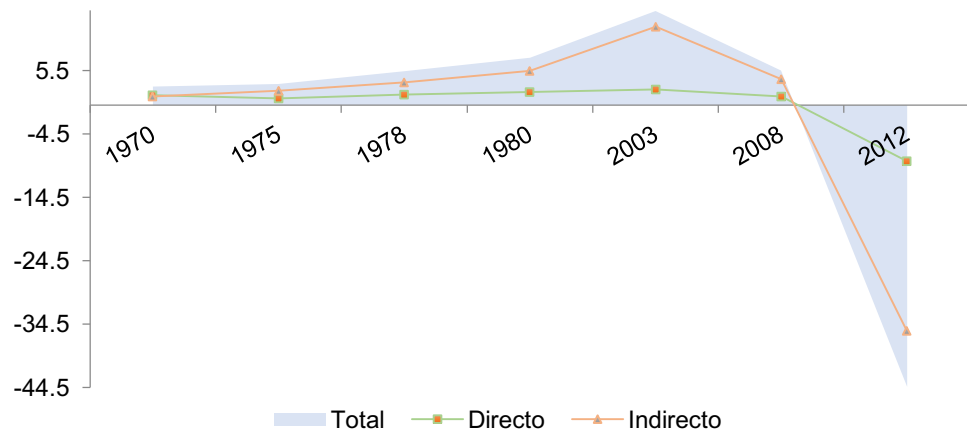
Gráfica AIII. 23 Petroquímica básica. Evolución de las componentes de EE (PJ)



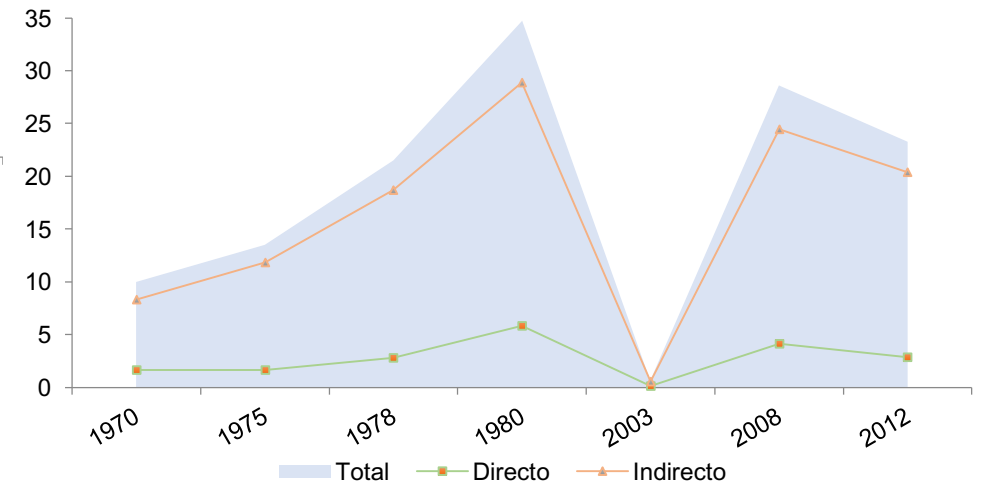
Gráfica AIII. 24 Química. Evolución de las componentes de EE (PJ)



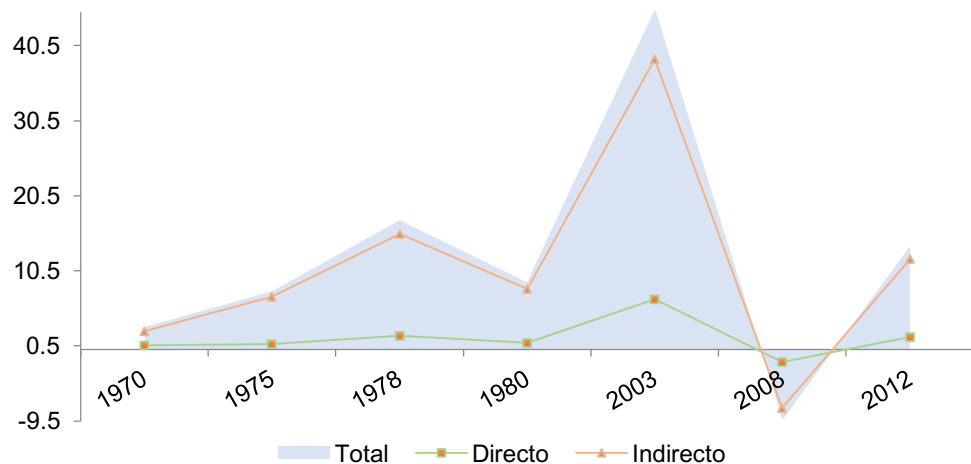
Gráfica AIII. 25 Fertilizantes. Evolución de las componentes de EE (PJ)



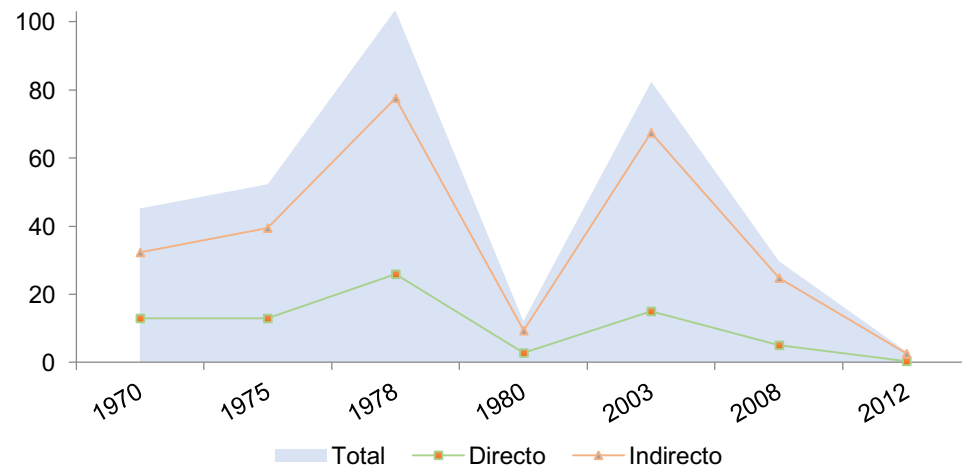
Gráfica AIII. 26 Hule. Evolución de las componentes de EE (PJ)



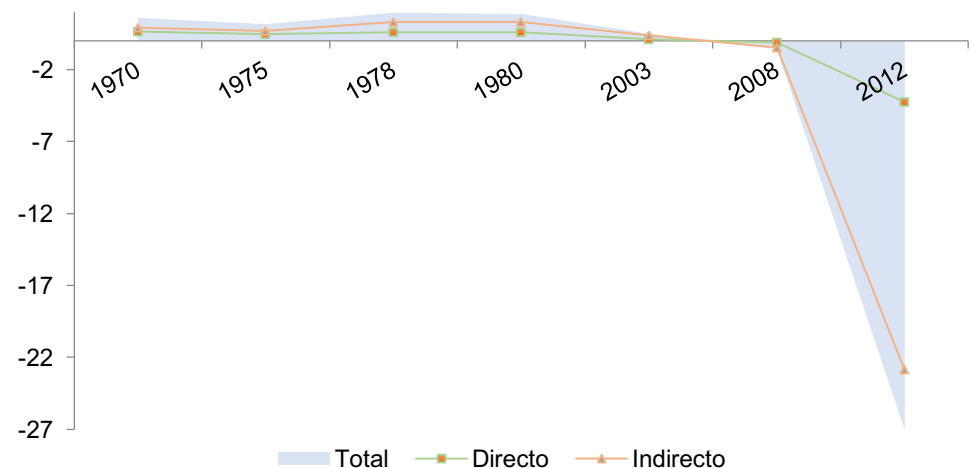
Gráfica AIII. 27 Vidrio. Evolución de las componentes de EE (PJ)



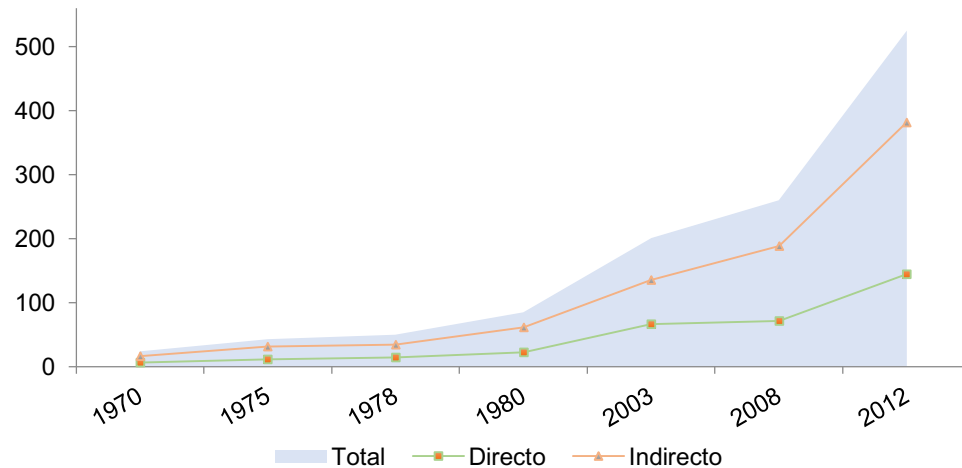
Gráfica AIII. 28 Cemento. Evolución de las componentes de EE (PJ)



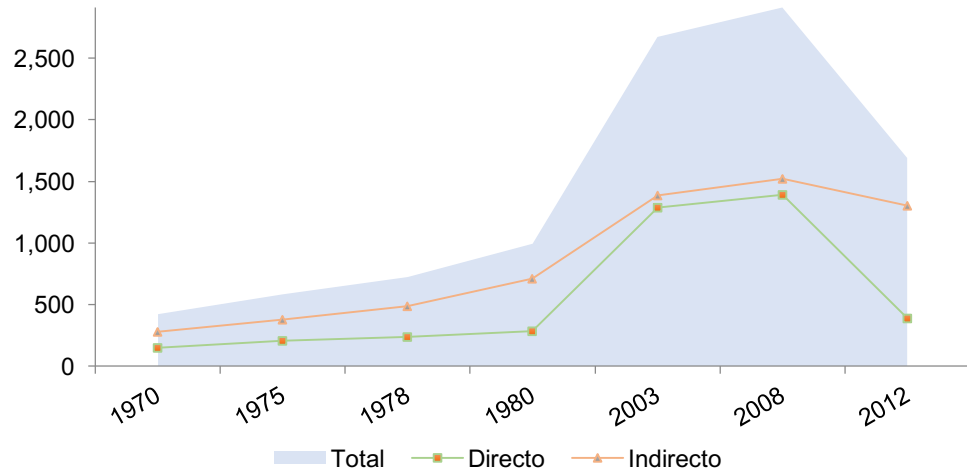
Gráfica AIII. 29 Siderurgia. Evolución de las componentes de EE (PJ)



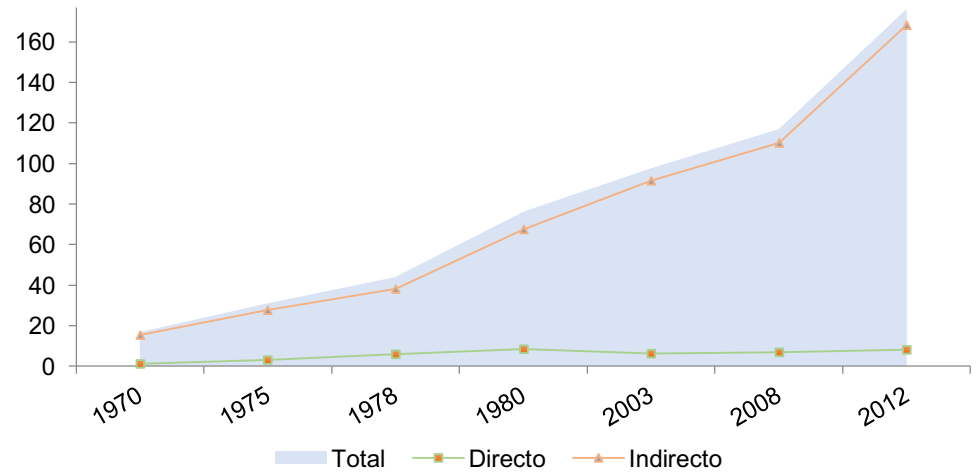
Gráfica AIII. 30 Aluminio. Evolución de las componentes de EE (PJ)



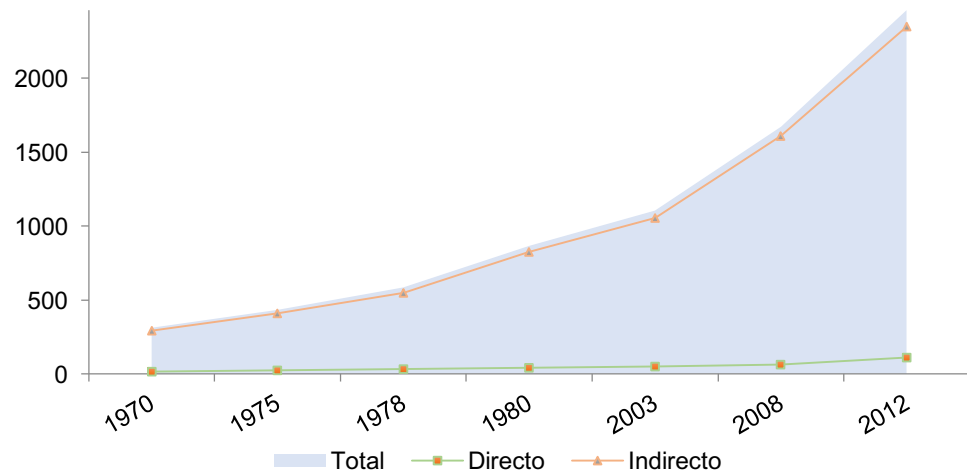
Gráfica AIII. 31 Automotriz. Evolución de las componentes de EE (PJ)



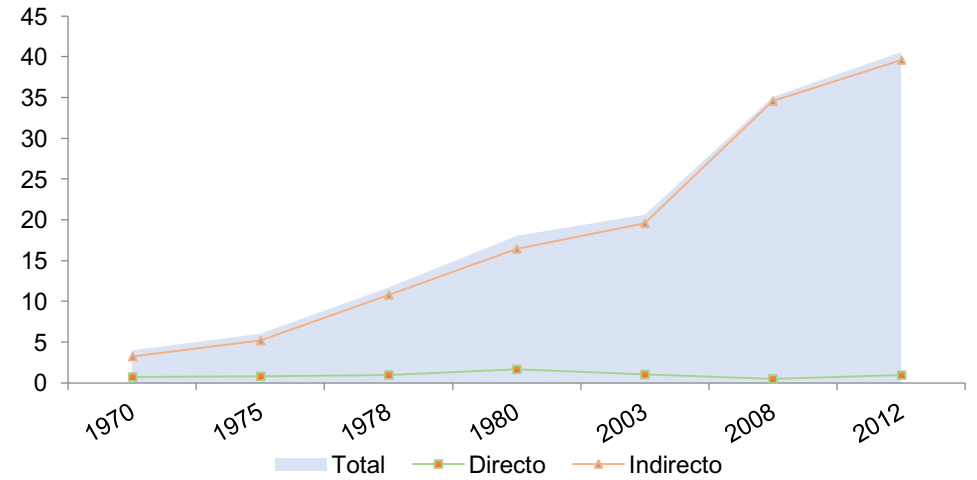
Gráfica AIII. 32 Otras actividades industriales. Evolución de las componentes de EE (PJ)



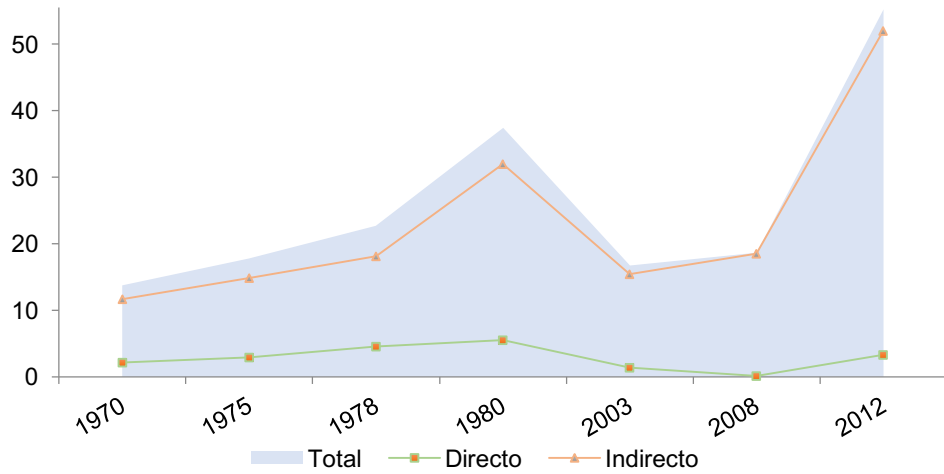
Gráfica AIII. 33 Transporte Aéreo. Evolución de las componentes de EE (PJ)



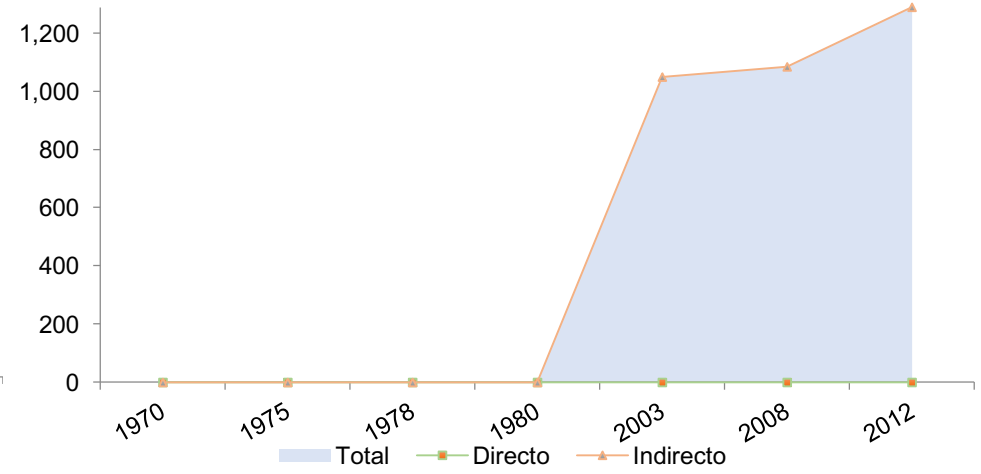
Gráfica AIII. 34 Autotransporte. Evolución de las componentes de EE (PJ)



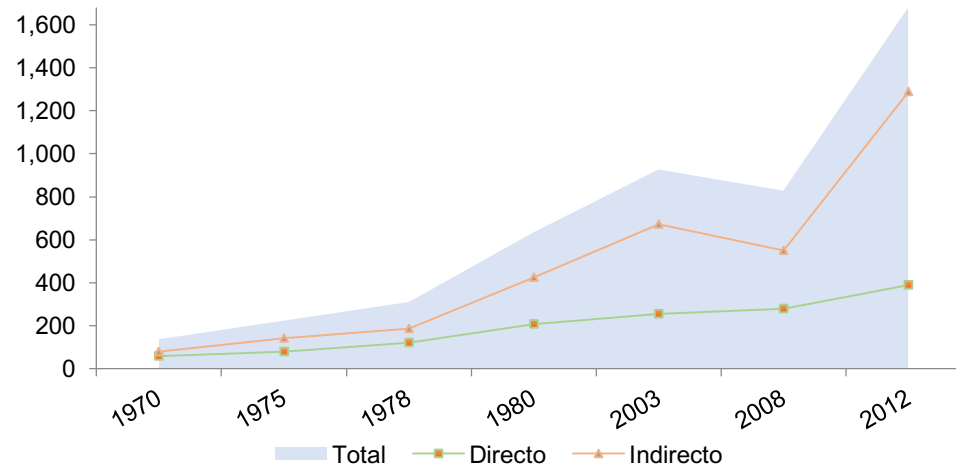
Gráfica AIII. 35 Transporte Marítimo. Evolución de las componentes de EE (PJ)



Gráfica AIII. 36 Transporte Ferroviario. Evolución de las componentes de EE (PJ)



Gráfica AIII. 37 Residencial. Evolución de las componentes de EE (PJ)



Gráfica AIII. 38 Comercio y Servicios. Evolución de las componentes de EE (PJ)

Bibliografía

- [1]. Alcántara, V., & Roca, J. (1995). Energy and CO₂ Emissions in Spain: Methodology of Analysis and some Results for 1980-90. *Energy Economics*, 17, 221-230.
- [2]. Banco Mundial. d. <http://www.bancomundial.org/> [descarga realizada el 8 de abril de 2013]
- [3]. Barber, W. (1978). *Historia del pensamiento económico* (3ª ed.). España: Alianza Editorial.
- [4]. Battjes, J., Noorman, J., & Biesot, W. (1998). Assesing the Energy Intensities of Imports. *Energy Economics*, 20, 67-83.
- [5]. Batty, M., & Marshall, S. (November de 2009). The evolution of cities: Geddes, Abercombie and the new physicalism. *Total planning review*, 80(6), 551-574.
- [6]. Born, P. (1996). Input-Output Analysis: Input of Energy, CO₂, and Works to Produce Goods. *Journal of Policy Modelling*, 18, 217-221.
- [7]. Brown, M., & Herendeen, R. (1996). Embodied Energy and EMERGY Analysis: A Comparative View. *Ecological Economics*, 19, 219-235.
- [8]. Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. ONU, Oslo.
- [9]. Bullard, C., Penner, P., & Pilati, D. (1976). *Net Energy Analysis: Hanbook for Combining Process and Input-Output Analysis*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [10]. Butnar, I., & Llop, M. (2011). Structural Decomposition Analysis and Input-Output Subsystems: Changes in CO₂ Emissions of Spain Service Sectors (2000-2005). *Ecological Economics*, 70, 2012-2019.
- [11]. Carballo, A., & Villasante, C. (2008). Applying Physical Input-Output Tables of Energy to Estimate the Energy Ecologycal Footprint (EEF) of Galicia (NW Spain). *Energy Policy*, 36, 1148-1163.
- [12]. Constanza, R. (December de 1980). Embodied Energy and Economic Valuation. *Science*, 210, 1219-1224.
- [13]. Constanza, R., & Herendeen, R. (February de 1984). Embodied Energy and Economic Value in the U.S. Economy: 1963, 1967 and 1972. *Resource and Energy*, 6, 129-163.
- [14]. Constitución Política. (2009). *Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos. Comentada y concordada* (Vigésima Ed. ed., Vol. I). (I. d. (IIJ), Ed.) México: Purrua.
- [15]. Cordera, R., & Tello, C. (2010). *México. La disputa por la nación: perspectivas y opciones del desarrollo* (Seguna Ed. ed.). México: Siglo XXI.
- [16]. Chang, Y., Ries, R., & Wang, Y. (2010). The Embodied Energy and Environmental Emissions of Constructions Projects in China: An Economic Input-Output LCA Model. *Energy Policy*, 38, 6597-6603.
- [17]. Dias, A., Lemos, D., Gabarrell, X., & Arroja, L. (2014). Environmentally Extended Inpute-Output Analysis on a City Scale e Application to Aveiro (Portugal). *Journal of Cleaner Production*, 1-12.
- [18]. Drejer, I. (2002). Input-Output Based Measures of Interindustry Linkages Revisited - A Survey and Discussion. *14th International Conference on Input-Output Techniques*. Montreal: IIOA.
- [19]. Eisenmenger, N., Ramos, J., & Schandl, H. (2007). Análisis del Metabolismo Energético y de Materiales de Brasil, Chile y Venezuela. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 6, 17-39.
- [20]. Ekelund, R., & Hébert, R. (2005). *Historia de la teoría económica y de su método* (3ª ed.). (J. E. Pascual, Trad.) México: McGraw-Hill.
- [21]. Folk, H., & Hannon, B. (1973). *An Energy, Pollution and Employment Policy Model*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.

- [22]. Furtado, C. (1971). *Desarrollo y sub - desarrollo*. (A. O'Neill, Trad.) Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- [23]. Georgescu-Roegen [1971], N. (1996). *La ley de la entropía y el proceso económico*. España: Fundación Argentaria.
- [24]. Georgescu-Roegen [1972], N. (Octubre-Diciembre de 1975). Energía y mitos económicos. *Trimestre económico*, 42(4), 779-836.
- [25]. Georgescu-Roegen, N. (Abril-Junio de 1983). La teoría energética del valor económico: un sofisma económico particular. *Trimestre económico*, 50(2), 829-860.
- [26]. Giovani, M., Scheaffer, R., & Worrell, E. (2001). Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input-Output Approach. *Ecological Economics*, 39, 409-424.
- [27]. Goldar, A., Bhanot, J., & Shimpko, K. (2011). Prioritizing Towards a Green Export Portfolio for India: An Environmental Input-Output Approach. *Energy Policy*, 39, 7036-7048.
- [28]. Gracida, E. M. (2004). *El desarrollismo* (1ª ed.). (E. Semo, Ed.) México: Oceano.
- [29]. Guerra, A., & Sancho, F. (2010). Measuring Energy Linkages with the Hypothetical Extraction Method: An Application of Spain. *Energy Economics*, 32, 831-837.
- [30]. Gyung, M. (June de 2006). Wilhem Ostwald (1853-1932). (J. Schummer, B. Bensaudet V., & B. Van Tiggelen, Edits.) *International journal of philosophy chemistry*, 12(7), 141-153.
- [31]. Hannon, B. (1 de March de 1973). The Structure of Ecosystems. *Journal of Theory of Biology*, 41, 535-546.
- [32]. Hannon, B. (1 de March de 1973). The Structure of Ecosystems. *Journal of Theory of Biology*, 41, 535-546.
- [33]. Hannon, B. (1973). *System Energy and Recycling: A Study of the Beverage Industry*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [34]. Hannon, B. (1974). *Energy, Employment and Transportation*. University of Illinois, Center of Advanced Computation. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [35]. Hannon, B., Stein, R., Segal, B., & Serber, D. (1977). *Energy Use for Building Construction*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [36]. Hawdon, D., & Pearson, P. (1995). Input-Output Simulations of Energy, Environment, Economy in the UK. *Energy Economics*, 17, 73-86.
- [37]. Herendeen, R. (1973). *An Energy Input-Output Matrix for the United States, 1963: User's Guide*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [38]. Herendeen, R. (1978). *Energy Cost of Household Consumption in Norway, 1973*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [39]. Herendeen, R., & Tanaka, J. (March de 1976). Energy Cost of Living. *Energy*, 1, 165-178.
- [40]. Hidalgo, A. C. (1998). *Pensamiento económico sobre el desarrollo. De los mercantilistas al PNUD*. Tesis Doctoral., Universidad de Huelva, Dpto. Economía.
- [41]. Hirschman, A. (Junio de 1983). La Estrategia de Desarrollo Económico. Una Reevaluación. *Colección de Estudios de CIEPLAN*, 10(73), 89-110.
- [42]. Hornborg, A., & Crumley, C. (2006). *The World System and the Earth System. Global Socioenvironmental. Change and Sustainability. Since the Neolithic*. USA: Left Coast Press.
- [43]. IAEA/IEA. (2001). *Indicators for Sustainable Energy Development*. 9th session of the Commission on Sustainable Development, United Nations.
- [44]. Ibararán, M. V., Davidsdottir, B., & Gracida, R. Z. (2009). Índice de Sustentabilidad Energética: Estimaciones para México. *Principios*, 15, 85-100.
- [45]. IEA. (2014). *Key world energy statistics*. France.
- [46]. INEGI. (1973). *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. 1970-1971*. Anuario, México.
- [47]. _____. (1996). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de Producción del Sector Público*. México.
- [48]. _____. (1997). *Tablas Comparativas. CIIU Rev. 3*. México.
- [49]. _____. (2000). *Estadísticas Históricas de México. Tomo I (1º Reimpresión ed.)*. México.

- [50]. _____. (2002). *Tablas Comparativas entre el SCIAN y otros Clasificadores*. México.
- [51]. _____. (2002). *Tablas Comparativas. CIIU Rev, 3.1*. México.
- [52]. _____. (2006). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Matriz de Insumo-Producto de México 2003. Clasificación SCIAN 2002*. México.
- [53]. _____. (2011). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Metodología*. México.
- [54]. _____. (2007). *Tablas Comparativas. CIIU Rev. 4*. México.
- [55]. _____. (2014). *Estadísticas Históricas de México*. INEGI, Aguascalientes.
- [56]. _____. (2014). *Sistemas de Cuentas Nacionales. Desarrollo de la Matriz de Insumo-Producto 2012. Fuentes y Metodologías*. México.
- [57]. Instituto de Investigaciones Jurídicas [IJ]. (2009). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Comentada y concordada (20º edición ed., Vol. Tomo I)*. (M. Carbonell, Ed.) México: Editorial Porrúa.
- [58]. IFIAS. (1978). Energy Analysis and Economics. *Resources and Energy, 1*, 151-204.
- [59]. Jain, S. (2012). An Input-Output Analysis to Estimate Embodied Energy of Goods. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(11), 1-12.
- [60]. Jevons [1865], W. (2001). *The coal question: An inquiry concerning the progress of the Nation, and probable exhaustion of our coal.mines* (Vol. IX). Great Britain: Palgrave. Recuperado el 5 de Noviembre de 2014, de Library of economic and liberty: <http://www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnCQCover.html>
- [61]. Kein, R., Sehitoglu, H., & Hannon, B. (1976). *Techniques for the Analysis of Total Energy and Labor of Industrial Plants*. University of Illinois, CAC. Urbana-Champaign: Energy Research Group.
- [62]. King, C., & Hall, C. (October de 2011). Relating Financial and Energy Return on Investment. *Sustainability, 3*(10), 1637-2049.
- [63]. Kok, R., Benders, R., & Moll, H. (2006). Measuring the Environment Load of Household Consumption Using some Methods Based on Input-Output Energy Analysis: A Comparison of Methods and a Discussions of Results. *Energy Policy, 34*, 2744-2761.
- [64]. Krausmann, F., & Haberl, H. (May de 2002). The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism: socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995. *Ecological Economics, 41*(2), 175-366.
- [65]. Kurz, H., Dietzenbacher, E., & Lager, C. (1998). *Input-Output Analysis* (Vol. III). Edward Elgar.
- [66]. Labandeira, X., & Labeaga, J. (2002). Estimation and Control of Spain Energy-Related CO₂ Emissions: An Input-Output Approach. *Energy Policy, 30*, 597-611.
- [67]. Lenzen, M. (1998). Primary Energy and Greenhouse gases embodied in Australia Final Consumption: An Input-Output Analysis. *Energy Policy, 26*, 495-506.
- [68]. Lenzen, M. (2001). A Generalized Input-Output Multiplier Calculus for Australia. *Economic Systems Research, 13*, 65-92.
- [69]. Lenzen, M., & Dey, C. (2002). Economic, Energy and Greenhouse Emissions Impacts of some Consumer Choice, Technology and Government Outlay Options. *Energy Economics, 24*, 377-403.
- [70]. Leontief [1966], W. (1985). *Análisis económico input - output* (Vol. IV). (V. F. Fábrega, Trad.) España: Ediciones Orbis.
- [71]. Liang, Q., Fan, Y., & Wei, Y. (2007). Multi-regional Input-Output Model for Regional Requirements and CO₂ Emissions in China. *Energy Policy, 35*, 1685-1700.
- [72]. Liang, S., Wang, C., & Zhang, T. (2010). An Improved Input-Output Model for Energy Analysis: A Case Study of Suzhou. *Ecological Economics, 69*, 1805-1813.
- [73]. Lindner, S., Li, X., Guan, D., & Hubacek, K. (2008). *Embodied Energy of Chinese Provinces*. Conference Paper, University of Cambridge; University of Leeds; University of Maryland.

- [74]. Liu, H., Guo, J., Qiang, D., & Xi, Y. (2009). Comprehensive Evaluation of Household Indirect Energy Consumption and Impacts of Alternative Energy Policies in China by Input–Output Analysis. *Energy Policy*, 37, 3194-3204.
- [75]. Liu, Z., Geng, Y., Lindner, S., Zhao, H., Fujita, T., & Guan, D. (2012). Embodied Energy Use in China's Industrial Sectors. *Energy Policy*, 49, 751-758.
- [76]. Llop, M., & Pié, L. (2008). Input-Output Analysis of Alternative Policies Implemented on the Energy Activities: An Application for Catalonia. *Energy policy*, 36, 1642-1648.
- [77]. Lotka, A. (1925). *Elements of Physical Biology*. USA: Williams & Wilkins Company.
- [78]. _____. (20 de June de 1921). Note on the Economic Conversion Factors of Energy . *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 7, 192-1997.
- [79]. _____. (6 de May de 1922). Contribution to the Energetics of Evolution. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 8, 147-151.
- [80]. _____. (6 de May de 1922b). Natural Selection as a Physical Principle. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 8, 151-154.
- [81]. Maddison, A. (1997). *La economía mundial: 1820-1992*. France: OCDE.
- [82]. Malthus [1798], T. R. (1986). *Ensayo sobre el principio de la población* (1ª ed.). (T. Ortiz, Trad.) México: FCE.
- [83]. Martínez A., J. (1986). *Energy - related issues in early economic literature. Summaries and bibliography*. Manuscript Reports, International Research Center and United Nations University, Energy research group, Ottawa.
- [84]. _____. (1995). *Los principios de la economía ecológica. Textos de: P. Geddes, A. Podolinsky y F. Soddy*. (J. Martínez A., Ed., J. Martínez A., & M. Estapé, Trads.) España: Fundación Argentaria.
- [85]. Martínez A., J., & Roca J., J. (2001). *Economía Ecológica y Política Ambiental* (2ª edición ed.). México: FCE.
- [86]. Martínez A., & Schlümpmann, K. (1991). *La ecología y la economía*. México: FCE.
- [87]. Martínez, J., Roca, J., & Jannette, S. (1998). *Curso de economía ecológica* (1ª ed., Vol. No. 1). México: PNUMA.
- [88]. Mathematica. (s.f.). (SENER) Recuperado el 15 abril de 2014, de Mathematica: www.reference.wolfram.com.
- [89]. Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Fisher-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., . . . Wiesz, H. (2000). *The Weigth of Nations. Material Outflows from Industrial Economies*. (C. Hutter, Ed.) Washington: World Resources Institute.
- [90]. Miller, R., & Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis. Foundations and extensions* (2ª edición ed.). USA: Cambridge University Press.
- [91]. Mikkelsen, J., & Schwartz, C. (1984). "Energetics" Theories of culture by Max Weber (Translation). *Mid-American Review of sociology*, 8.
- [92]. Mongelli, I., Tassielli, G., & Notarnicola, B. (2006). Global Warming Agreements, International Trade and Energy/Carbon Embodiements: An Input-Output Approach to the Italian Case. *Energy Policy*, 34, 88-100.
- [93]. Moreno-Brid, J., & Ros Bosch, J. (2009). *Desarrollo y crecimiento en la economía mexicana Una perspectiva histórica*. (1º ed., Vol. V). México: Fondo de Cultura Económica.
- [94]. Naredo, J. (2015). *La economía en evolución* (4ª Edición ed., Vol. Capítulo 9). España: Siglo XXI de España.
- [95]. Nässen, J., Holmberg, J., Wadeskog, A., & Nyman, M. (2007). Direct and Indirect Energy Use and Carbon Emissions in the Production Phase of Buildings: An Input–Output Analysis. *Energy*, 32, 1593-1602.
- [96]. Obregón, C. (Julio de 2011). Un futuro mexicano para México. *Revista de la Universidad de México*, No. 89(6), 86 - 90.
- [97]. OLADE. (2000). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas*. Ecuador.

- [98]. ONU. (2011). Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todos. En P. d. (PNUD). Estado Unidos.
- [99]. _____. (2014). Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el progreso humano: Reducir vulnerabilidades y construir resiliencia. En P. d. (PNUD). Estado Unidos.
- [100]. Park, H., & Heo, E. (2007). The Direct and Indirect Household Energy Requirements in the Republic of Korea from 1980 to 2000. An Input-Output Analysis. *Energy Policy*, 35, 2839-2851.
- [101]. PEMEX. (1977). *Anuario estadístico 1977*. Anuario, Coordinación y estudios técnicos. Sistemas de información., México.
- [102]. _____. (1989). *Anuario estadístico 1990*. México.
- [103]. _____. (1998). *Anuario estadístico 1999*. México.
- [104]. _____. (2003). *Anuario estadístico 2004*. México.
- [105]. _____. (2009). *Anuario estadístico 2010*. México.
- [106]. _____. (2011). *Anuario estadístico 2012*. México.
- [107]. _____. (2012). *Anuario estadístico 2013*. México.
- [108]. Platón. (s.f.). *Critias*. (B. Jowett, Trad.)
- [109]. PND. (1983). *Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988*. México: DOF.
- [110]. _____. (1988). *Plan Nacional de Desarrollo 1988-1994*. México: DOF.
- [111]. _____. (1995). *Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000*. México: DOF.
- [112]. _____. (2001). *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006*. México: DOF.
- [113]. _____. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. México: DOE.
- [114]. Primer Plan Sexenal. (6 de Diciembre de 1933). Cárdenas, Lázaro. Recuperado el 10 de Febrero de 2014, de <http://www.memoriapoliticademexico.org/>
- [115]. Proops, J. (March de 1976). Input-Output Analysis and Energy Intensities: A comparison of some methodologies. *Appl. Math. Modelling*, 1, 181-186.
- [116]. Proops, J., Gay, P., Speck, S., & Schröder, T. (1996). The Lifetime Pollution Implications of Various Types of Electricity Generation. *Energy Policy*, 24, 229-237.
- [117]. Ricardo [1817], D. (1973). *Principios de economía política y tributación*. (J. Broc, N. Wolff, & J. Estrada, Trad.) México: FCE.
- [118]. Redclift, M., & Woodgate, G. (1997). *The International Handbook of Environment Sociology*. UK: Edward Elgar.
- [119]. Rist, G. (2002). *El Desarrollo: Historia de una Creencia Occidental*. (A. Fernández, Trad.) Madrid: Catarata.
- [120]. Rodríguez-Padilla, V. (2011). Seminario de Política Energética – Posgrado en Ingeniería UNAM. México.
- [121]. Rosado, L. (2007). *Measuring the Embodied Energy in Household Goods: Application to the Lisbon City*. Instituto Superior Técnico de Lisboa, Technology and Policy Research. ITS.
- [122]. Salinas, C. d. (1989 de Noviembre de 1989). *Primer Informe de Gobierno*. Informe, México. Recuperado el 2014 de Noviembre de 25, de http://www.desarrollopolitico.gob.mx/work/models/Desarrollo_Politico/Resource/104/1/images/I-Informe-de-Gobierno-de-Salinas-de-Gortari.pdf
- [123]. Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2002). *Economía* (16ª ed.). (McGraw-Hill, Ed.) México.
- [124]. Schmidt, A. (1977). *El concepto de naturaleza en Marx* (2ª ed.). (J. M. Ferrari de Prieto, & E. Prieto, Trad.) España: Siglo XXI.
- [125]. Salgado, R., & Altomonte, H. (2001). *Indicadores de Sustentabilidad, 1990-1999*. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile: CEPAL.
- [126]. Scheinbaum-Pardo, C., Rodríguez-Padilla, V., & Robles-Morales, G. (Julio-Septiembre de 2009). Política mexicana e indicadores de sustentabilidad. *Problemas del desarrollo*, 40(158), 113-135.

- [127]. Schmithüsen, F. (2013). La sostenibilidad aplicada en el sector de las actividades forestales cumple 300 años. *Unasylva*, 64(240), 3-11.
- [128]. Schumpeter [1947], J. A. (1968). *Ensayos*. (J. Silvestre, E. Lluch, & J. Planas, Trads.) España: Oikos-Tau.
- [129]. Segundo Plan Sexenal. (1939). *Ávila, Miguel*. Recuperado el 2014 de Diciembre de 14, de <http://www.memoriapoliticademexico.org/>
- [130]. Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad* (1ª ed., Vol. 1 y 2). (E. Rabasco, & L. Toharia, Trads.) D.F., México: Editorial Planeta.
- [131]. SENER. (2012). *Balance Nacional de Energía 2011*.
SIE. (s.f.). (SENER) Recuperado el 5 febrero de 2014, de Sistema de información energética: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>
- [132]. Smith [1776], A. (1983). *La riqueza de las naciones* (Vol. I). (Orbis, Ed., & J. A. Otriz, Trad.) Barcelona, España.
- [133]. Soddy, F. (1912). *Matter and energy* (Vol. X). (H. H. Company, Ed.) USA: Harvard College Library.
- [134]. Soofi, A. (1992). Industry Linkage, Indices of Variation and Structure of Production: an International Comparison. *Economic System Research*, 4(4), 349-375.
- [135]. SPP. (1980). *Modelo de Insumo - Producto. 1. Bases Teóricas y Aplicaciones Generales*. México.
- [136]. _____. (1981). *Las Matrices de Insumo-Producto de México de 1950, 1960 y 1970. Su utilización para el Análisis de los Cambios Estructurales de la Economía*. México.
- [137]. _____. (1985). *Antología de la Planeación en México 1917-1985* (Primera Ed. ed., Vol. VII). México: FCE.
- [138]. _____. (1986). *Matriz de Insumo-Producto Año 1980*. México.
- [139]. Tang, X., Zhang, B., Feng, L., Snowden, S., & Höök, M. (2012). Net Oil Exports Embodied in China's International Trade: An Input-Output Analysis. *Energy*, 48, 464-471.
- [140]. Tarancon, M., & Del Río, P. (2012). Assessing Energy-related CO₂ Emissions with Sensitivity Analysis and Input-Output Techniques. *Energy*, 37, 161-170.
- [141]. Technocracy Inc. [1945]. (2008). *Technocracy study course* (Digital Printed Edition ed.). USA: Thenorthamericantechnate.
- [142]. Tello, C. (2014). *Estado y desarrollo económico: México 1920-2006* (3º Reimp., 2º Edición ed.). México: FCE.
- [143]. Theil, H. (1967). *Economía and Information Theory. Studies in Mathematical and Managerial Economics* (Vol. 7). Holland: North-Holland Publishing Company.
- [144]. Theil, H. (1971). *Principles of econometrics*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [145]. Thomas, B., & Azevedo, I. (2013). Estimating Direct and Indirect Rebound Effects for U.S. Households with Input-Output Analysis Part 1: Theoretical Framework. *Ecological Economics*, 86, 199-210.
- [146]. Toledo, V. (Otoño de 2013). El metabolismo Social: una Nueva Teoría Socioecológica. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, XXXIV(133), 41-71.
- [147]. Torres G., R. (1994). *Teoría del Comercio Internacional* (Vol. IV). México.
- [148]. Treloar, G. (1997). Extracting Embodied Energy Paths from Input-Output Tables: Towards an Input-Output-Based Hybrid Energy Analysis Method. *Economic Systems Research*, 9, 375-391.
- [149]. United Nations. (2015). *World Population 2015*. Department of Economic and Social Affairs, Population, New York.
- [150]. Varsakelis, D., Karagianni, S., Pempetzoglou, M., & Sfetsos, A. (2010). Optimizing Production with Energy and GHG Emissions Constraints in Greece: An Input-Output Analysis. *Energy Policy*, 38, 1566-1577.
- [151]. Vernadsky [1926], V. I. (1997). *La biosfera*. (M. V. López P., & L. Gutiérrez A., Trads.) España: Fundación Argentaria.

- [152]. Yotopoulos, P., & Nugent, J. (1991). *Investigación sobre el desarrollo económico* (1ª ed.). (E. Suárez, Trad.) México: FCE.
- [153]. Yuan, C., Liu, S., & Xie, N. (2010). The Impact on Chinese Economic Growth and Energy Consumption of the Global Financial Crisis: An Input-Output Analysis. *Energy*, 35, 1805-1812.
- [154]. Zhu, Q., Peng, X., & Wu, K. (2012). Calculation and Decomposition of Indirect Carbon Emissions from residential Consumption in China Based on the Input-Output Model. *Energy Policy*, 48, 618-626.

Nomenclatura

Ramas Económicas		Energéticos	
1	Agropecuario	1	Carbón
2	Ext. Petróleo y Gas	2	Petróleo crudo
3	Ext. Carbón	3	Gas natural
4	Minería	4	Nucleoenergía
5	GTD de Elec.	5	Hidroenergía
6	Público	6	Geoenergía
7	Construcción	7	Energía solar
8	Azúcar	8	Energía eólica
9	Aguas Envasadas	9	Bagazo de caña
10	Tabaco	10	Leña
11	Celulosa y Papel	11	Coque de carbón
12	Petroquímica básica	12	Coque de petróleo
13	Química	13	Gas LP
14	Fertilizantes	14	Gasolinas y naftas

15	Hule	15	Querosenos
16	Vidrio	16	Diesel
17	Cemento	17	Combustóleo
18	Siderurgia	18	Prod. no energéticos
19	Aluminio	19	Gas seco
20	Automotriz	20	Electricidad
21	Otras act. Ind.		
22	Transporte (A)		
23	Autotransporte		
24	Transporte (M)		
25	Transporte (F)		
26	Residencial		
27	Comercio y Servicios		