ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INGENIERÍA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

"MODELIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL ECUADOR"

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentada por:

JULIANNA MARITZA COBO CORREA

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

1999

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar a unas de mis metas. a mis padres por su apoyo y especialmente al Mat. Fernando Sandoya. Director de Tesis. por su ayuda en el transcurso de este proyecto.

DEDICATORIA

Mis Padres

A mis hermanos

A Francisco

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Pablo Alvarez Zamora

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Mat. Fernando Sandoya Sanchez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Marín López

VOCAL

Ing. Raúl Paz Chavez

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

" La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado. me corresponde exclusivamente. y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

JULIANNA MARITZA COBO CORREA

RESUMEN

El siguiente proyecto trata sobre la realización de posibles modelos matemáticos. econométricos y energéticos que me van ha permitir predecir la demanda de energía a un corto plazo.

La realización de este trabajo involucra un proceso en el cual se puede describir en las siguientes fases:

FASE 1: SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Primeramente se debe definir el universo de trabajo - país Ecuador -. el área de investigación -consumo de energía- y luego sistematizar la información.

FASE 2: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPILADA

Comprende básicamente la aplicación del análisis estadístico de los datos, determinar medias, desviación y las relaciones existentes entre variables.

FASE 3: CONSTRUCCIÓN DE MODELOS

De acuerdo al sistema existente, se escoge un tipo de modelo con el fin de que arroje resultados similares a la realidad. Una vez teniendo que tipo de modelos se usará se realizan ensayos preliminares para escoger el modelo mejor ajustado.

FASE 4: PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

En esta última fase se procede a desarrollar los modelos sugeridos, simularlos y compararlos con la realidad histórica, siempre y cuando evaluando el grado de afinidad matemática de cada modelo.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN..... VI

INDICE GENERAL..... VIII

ABREVIATURAS..... XIII

INDICE DE FIGURAS..... XIV

INDICE DE TABLAS..... XVI

INTRODUCCIÓN..... 19

I. CONTEXTO ENERGÉTICO..... 21

1.1. Qué es la Energía..... 21

1.1.1. Clases de Energía..... 22

1.1.2. Recursos Renovables..... 23

1.1.3. Recursos no Renovables..... 24

1.2. Energía en el Mundo..... 27

1.3. La energía en el Ecuador..... 29

1.3.1. Indicadores Generales del Ecuador..... 29

1.3.2. Donde está la Energía que se produce en el Ecuador..... 30

1.3.3. Cómo se consume..... 33

1.3.4. La energía que usamos..... 36

1.3.5. El derroche y ahorro de energía..... 37

1.4. Recursos Energéticos en el Ecuador..... 42

1.4.1. Oferta de Energía Primaria..... 44

1.4.2. Oferta de Energía Secundaria..... 45

1.5. Crisis energética..... 47

1.6. El triángulo sociedad -economía -tecnología..... 49

1.6.1. Los sistemas Sociales..... 49

1.6.2. Complejidad dinámica de un sistema..... 50

1.6.3. El enfoque sistémico..... 52

1.7. El punto de vista del análisis de sistemas..... 57

II. MARCO TEÓRICO DE LA MODELIZACIÓN..... 59

2.1. Qué es un modelo..... 59

2.1.1. Las magnitudes macro -energéticas..... 60

2.1.2. Modelos energéticos..... 61

2.1.3. Elaboración de un modelo general..... 63

2.2. Planificación Energética..... 66

2.2.1. El crecimiento económico y tecnológico..... 67

2.2.2. Diseño de Escenarios..... 72

2.3. Modelos Especiales..... 73

2.4. Selección de modelos..... 81

III. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ECUADOR..... 83

3.1. Análisis de Datos..... 83

3.1.1. Matriz de Datos..... 85

3.2. Variables..... 86

3.2.1. Importancia..... 87

3.2.2. Tipos de Datos..... 88

3.2.3. Tabla de Datos..... 89

3.2.4. Proceso General del Análisis de Datos..... 89

3.3. Análisis Univariado..... 91

3.4. Análisis Multivariado..... 96

3.4.1. Correlaciones..... 96

3.4.2. Análisis Cluster..... 104

3.4.3. Análisis en Componentes Principales..... 110

IV. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL ECUADOR APLICANDO MODELOS ECONOMÉTRICOS 117

4.1. Modelo PROCER 118

4.1.1. Introducción 118

4.2. Metodología 120

4.2.1. Determinación de los consumos eficaces sectoriales 120

4.2.2. Establecimiento de los valores añadidos por sectores 122

4.2.3. Políticas de ahorro energético 123

4.2.4. Consumo de energía total 125

4.3. Ajuste del Modelo: Método de los Mínimos Cuadrados 125

4.4. Proyección del Consumo final de energía total 149

4.5. Comparación del Modelo PROCER con la realidad 166

V. APLICACIÓN DE MODELOS POR MEDIO DE UN SIMULADOR PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA A NIVEL NACIONAL ... 168

5.1. Consideraciones Preliminares 168

5.2. Modelos Sugeridos 169

5.2.1. Modelo de Regresión Simple 170

5.2.2. Modelo de Regresión Múltiple 173

5.2.3. Modelo Univariante 181

5.3. Proyección de la demanda de energía por medio de un simulador 186

5.3.1. Modelo de Regresión Simple 188

5.3.2. Modelo de Regresión Múltiple 190

5.3.3. Modelo de Series de Tiempo 193

5.4. Comparación entre los Modelos Sugeridos 195

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 197

APÉNDICES 202

BIBLIOGRAFÍA 208

ABREVIATURAS

BEP	Barriles Equivalentes de Petróleo
BLS	Barriles
DNH	Dirección Nacional de Hidrocarburos
gdl	Grados de libertad
GWh	Gigawatts hora
hab	Habitantes
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
IPC	Indice del Precio al Consumidor
m^3	Metro cúbico
mbd	Millones de Barriles diarios
MM	Millones
MWh	Megawatts hora
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
pc	Per -cápita
PIB	Producto Interno Bruto
R^2	Coeficiente de determinación
Sig	Significancia
SNI	Sistema Nacional Interconectado
TEP	Toneladas Equivalentes de Petróleo

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Distribución mundial de las reservas probadas de crudo	28
Figura 1.2	Destino de la Energía Consumida	32
Figura 1.3	Oferta de energía primaria en el Ecuador	45
Figura 1.4	Oferta de energía secundaria en el Ecuador	47
Figura 1.5	Esquema de la Modelización	56
Figura 2.1	Modelo de Estructura	78
Figura 2.2	Modelo de Simulación	79
Figura 2.3	Modelos Analíticos	80
Figura 3.1	Proceso del análisis de datos	90
Figura 3.2	Diagrama de dispersión entre la Población y la Demanda	97
Figura 3.3	Diagrama de dispersión entre las Importaciones y la Demanda	99
[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Demanda	
Figura 3.5	Diagrama de dispersión entre el PIB y la Demanda	103
Figura 3.6	Dendograma para la oferta y la demanda de energía	108
Figura 3.7	Dendograma para los sectores del PIB	109
Figura 3.8	Diagrama de las componentes para el consumo de energía	112
Figura 3.9	Diagrama de las componentes de la estructura del PIB	115
Figura 4.1	Curva de estimación del sector agricultura	129
Figura 4.2	Curva de estimación del sector industrial	130
Figura 4.3	Curva de estimación del sector transporte	132
Figura 4.4	Curva de estimación del sector público	134
Figura 4.5	Curva de estimación del sector servicios	136
Figura 4.6	Curva de estimación del sector residencial	138

Figura 4.7	Curva de estimación del sector agricultura	140
Figura 4.8	Curva de estimación del sector industrial	142
Figura 4.9	Curva de estimación del sector transporte	143
Figura 4.10	Curva de estimación del sector público	145
Figura 4.11	Curva de estimación del sector servicios	147
Figura 4.12	Curva de estimación del sector residencial	149
Figura 4.13	Energía total del escenario 1	159
Figura 4.14	Energía total del escenario 2	161
Figura 4.15	Energía total del escenario 3	165
Figura 4.16	Comparación entre escenarios y datos reales	166
Figura 5.1	Demanda vs PIB	173
Figura 5.2	Tendencia del Modelo de Regresión Simple	173
Figura 5.3	Tendencia del Modelo de Regresión Múltiple	178
Figura 5.4	Serie de la demanda de energía	181
Figura 5.5	Autocorrelaciones y Autocorrelaciones Parciales	182
Figura 5.6	Autocorrelaciones de la serie transformada	183
Figura 5.7	Autocorrelaciones y Autocorrelaciones Parciales de los residuos	186
Figura 5.8	Autocorrelaciones y Autocorrelaciones Parciales de la serie transformada del PIB	188
Figura 5.9	Proyección del Producto Interno Bruto	189
Figura 5.10	Diagrama de flujo del modelo de regresión simple	189
Figura 5.11	Demanda de energía simulada	190
Figura 5.12	Proyección del Ingreso Real	191
Figura 5.13	Diagrama de flujo del modelo de regresión múltiple	192
Figura 5.14	Demanda de energía simulada	193
Figura 5.15	Diagrama de flujo del modelo de series de tiempo	194
Figura 5.16	Serie simulada de la demanda de energía	194
Figura 5.17	Comparación entre modelos sugeridos	195

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla # 1.I	Demanda y Oferta del petróleo en el mundo	29
Tabla # 1.II	Indicadores macro -económicos	30
Tabla # 1.III	Reservas energéticas del Ecuador	43
Tabla # 1.IV	Oferta de energía primaria en el Ecuador	45
Tabla # 1.V	Oferta de energía secundaria en el Ecuador	47
Tabla # 1.VI	Característica entre los enfoques	53
Tabla # 3.I	Matriz Euclideana	106
Tabla # 3.II	Resultado del análisis clúster	107
Tabla # 3.III	Estadística descriptiva del consumo de energía	110
Tabla # 3.IV	Total de la varianza explicada	111
Tabla # 3.V	Estadística descriptiva de la estructura del PIB	113
Tabla # 3.VI	Total de la varianza explicada	114
Tabla # 4.I	Simbología del nuevo peso	124
Tabla # 4.II	Método Cúbico del sector agricultura	127
Tabla # 4.III	Análisis de varianza del método cúbico del sector agricultura	128
Tabla # 4.IV	Variables en la ecuación del método cúbico del sector agricultura	128
Tabla # 4.V	Método Cúbico del sector industrial	129
Tabla # 4.VI	Análisis de varianza del método cúbico del sector industrial	130
Tabla # 4.VII	Variables en la ecuación del método cúbico del sector industrial	130
Tabla # 4.VIII	Método Cúbico del sector transporte	131
Tabla # 4.IX	Análisis de varianza del método cúbico del sector	131

	transporte	
Tabla # 4.X	Variables en la ecuación del método cúbico del sector transporte	132
Tabla # 4.XI	Método Cúbico del sector público	133
Tabla # 4.XII	Análisis de varianza del método cúbico del sector público	133
Tabla # 4.XIII	Variables en la ecuación del método cúbico del sector público	133
Tabla # 4.XIV	Método Cúbico del sector servicios	135
Tabla # 4.XV	Análisis de varianza del método cúbico del sector servicios	135
Tabla # 4.XVI	Variables en la ecuación del método cúbico del sector servicios	135
Tabla # 4.XVII	Método Cúbico del sector residencial	137
Tabla # 4.XVIII	Análisis de varianza del método cúbico del sector residencial	137
[illegible]	[illegible] sector residencial	[illegible]
Tabla # 4.XX	Método Cúbico del sector agricultura	139
Tabla # 4.XXI	Análisis de varianza del método cúbico del sector Agricultura	139
Tabla # 4.XXII	Variables en la ecuación del método cúbico del sector agricultura	139
Tabla # 4.XXIII	Método exponencial del sector industrial	141
Tabla # 4.XXIV	Análisis de varianza del método exponencial del sector Industrial	141
Tabla # 4.XXV	Variables en la ecuación del método exponencial del sector industrial	141
Tabla # 4.XXVI	Método Cúbico del sector transporte	142
Tabla # 4.XXVII	Análisis de varianza del método cúbico del sector transporte	143
Tabla # 4.XXVIII	Variables en la ecuación del método cúbico del sector transporte	143
Tabla # 4.XXIX	Método Cúbico del sector público	144
Tabla # 4.XXX	Análisis de varianza del método cúbico del sector público	144
Tabla # 4.XXXI	Variables en la ecuación del método cúbico del sector público	145
Tabla # 4.XXXII	Método Cúbico del sector servicios	146
Tabla # 4.XXXIII	Análisis de varianza del método cúbico del sector servicios	146
Tabla # 4.XXXIV	Variables en la ecuación del método cúbico del sector servicios	146

Tabla # 4.XXXV	Método Cúbico del sector residencial	148
Tabla # 4.XXXVI	Análisis de varianza del método cúbico del sector residencial	148
Tabla # 4.XXXVII	Variables en la ecuación del método cúbico del sector residencial	148
Tabla # 4.XXXVIII	Estructura del PIB	151
Tabla # 4.XXXIX	Evolución del Consumo Final	152
Tabla # 4.XL	Peso del PIB	153
Tabla # 4.XLI	Consumo eficaz	154
Tabla # 4.XLII	Proyecciones de los consumos eficaces	155
Tabla # 4.XLIII	Proyecciones de la estructura del PIB	156
Tabla # 4.XLIV	Nuevo consumo eficaz	157
Tabla # 4.XLV	Escenario 1 por sectores	158
Tabla # 4.XLVI	Energía total del escenario 1	159
Tabla # 4.XLVII	Escenario 2 por sectores	160
Tabla # 4.XLVIII	Energía total del escenario 2	161
Tabla # 4.XLIX	Nuevo Peso del PIB	163
Tabla # 4.L	Escenario 3 por sectores	164
Tabla # 4.LI	Energía total del escenario 3	165
Tabla # 5.I	Estadística de regresión simple	171
Tabla # 5.II	Análisis de varianza	171
Tabla # 5.III	Análisis de variables en la ecuación	172
Tabla # 5.IV	Estadística de regresión múltiple	176
Tabla # 5.V	Análisis de varianza	177
Tabla # 5.VI	Análisis de variables en la ecuación	177
Tabla # 5.VII	Coeficientes del modelo de la demanda	185

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo establecer modelos sobre el comportamiento de la demanda (consumo) energética del Ecuador. las cuales permitirán hacer proyecciones coherentes de la demanda en función del tiempo y de otras variables macro- económicas relacionadas con el comportamiento de esta variable.

Se ha utilizado los siguientes modelos. Un modelo llamado PROCER. el cual se basa en una función donde interviene el PIB. los precios de la energía y el ahorro energético. De igual manera se utilizó un modelo matemático de regresión simple y múltiple con variables con una alta correlación y modelos en los que el comportamiento de una variable se explica utilizando sólo su propio pasado. conocidos como modelos univariantes o modelos de series temporales.

Las estimaciones sobre la demanda de energía en el Ecuador se han centrado exclusivamente en obtener y analizar la elasticidad precio, variables macroeconómicas y simular, con estos resultados, diversos escenarios de política ambiental. Desde luego, las simulaciones realizadas dependen crucialmente del valor de los parámetros utilizados, la calidad de los datos y los supuestos de comportamiento futuro de estas variables.

CAPÍTULO I

CONTEXTO ENERGÉTICO

El objetivo de este capítulo es presentar una descripción previa de todo lo relacionado con la energía en forma general. los modelos energéticos a utilizarse y por último sus predicciones. los cuales se analizarán en detalle en los próximos capítulos.

1.1. QUÉ ES LA ENERGÍA

Energía es la capacidad de hacer un trabajo físico a partir de acciones mecánicas. térmicas. químicas o eléctricas. o de causar una transferencia de calor entre dos objetos que se hallen en distintas temperaturas(1).

---

(1) Ecología y Medio Ambiente. Tyler Miller. Año 1994.

1.1.1. *Clases De Energía*

ENERGIA PRIMARIA: Se considera a las distintas fuentes de energías, tal como las que se obtienen en la naturaleza: a) En forma directa: como en el caso de la energía hidráulica o solar. la leña y otros combustibles vegetales. b) Mediante un proceso de extracción como el petróleo. carbón mineral. geotérmica. etc. (2).

Las Fuentes primarias de energía son:

Petróleo
Hidráulica
Carbón
Geotérmica
Eólica
Leña
Mareática
Gas

ENERGIA SECUNDARIA: Son los diferentes productos energéticos que provienen de los distintos centros de transformación: los cuales son utilizados en diversos sectores de consumo y/u otros centros de transformación (3). Las formas de energía secundaria consideradas son las siguientes:

Electricidad
Gasolinas. Kerosene
Naftas/Alcohol
Diesel y Gas Oil
Nuclear
Coque
Carbón Vegetal

---

(2) (3) Estadísticas e Indicadores Energéticos de América Latina y el Caribe. 1996

1.1.2. Recursos Renovables

Son recursos inagotables en la escala humana del tiempo(4). Como son: la energía solar. energía de las mareas. energía del oleaje. energía eólica. biomasa. hidráulica y geotérmica.

Energía Hidráulica

Trata cuando el sol calienta las aguas de la superficie terrestre y las evapora: las moléculas de agua y el aire caliente tienen energía que los hace subir en la atmósfera. Cuando están en las alturas llueve y el agua cae en las montañas. El agua en las montañas tiene entonces esa energía que tuvo y que le transfirió el sol. En la mayoría de los casos. la energía hidráulica se usa para generar energía eléctrica. por eso es común hablar de energía hidroeléctrica(5).

Energía Eólica

Es el movimiento cinético del viento que se puede aprovechar mediante una máquina y transformarlo en movimiento mecánico (6).

Biomasa

---

(4) Ecología y Medio Ambiente, Tyler Miller, Año 1994.
(5) http://www.infocenter.com.pe/odeso/fuentes.htm
(6) Folletos emitidos por el Ministerio de Energía y Minas

Se entiende por Biomasa a toda materia orgánica que se encuentra en la tierra. como la leña. residuos pecuarios. residuos agrícolas. aguas servidas. etc..

Geotérmica

Es la energía almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor(7).

1.1.3. Recursos No Renovables

Recursos que existen en una cantidad fija(como almacenaje). y tienen la posibilidad de renovación por medio de procesos geológicos. físicos y químicos(8). Como son: el petróleo. gas natural. carbón y la energía nuclear.

El petróleo. el gas y el carbón

La energía almacenada en los combustibles fósiles es energía química. Cuando el petróleo o sus derivados se queman se produce calor. o energía calórica. que es la que finalmente usamos. ya sea directamente o bien por medio de la electricidad. El calor de la combustión es la suma de las pequeñas cantidades de energía que se producen cuando cada molécula de

---

(7) Folleto emitido por el Ministerio de Energía y Minas.
(8) Ecología y Medio Ambiente. Tyler Miller, Año 1994.

combustible fósil se combina químicamente con átomos de oxígeno.

Los combustibles fósiles son los restos de los componentes de seres vivos que existieron hace millones de años. Esos seres vivos. particularmente las plantas. en su momento transformaron la energía solar en energía química mediante la fotosíntesis. tal como lo hacen ahora. Cuando quemamos gas para cocinar nuestra comida. estamos en realidad usando la energía solar que llegó a la tierra hace millones de años y que fue almacenada (como sí fuera un acumulador) en forma de combustible fósil(9).

Energía nuclear

Si bien en algunos casos se usan materiales radioactivos para generar energía eléctrica mediante procesos similares al descrito para el aprovechamiento fotovoltaico de la energía solar. la [illegible] de energía eléctrica a partir de la fisión nuclear autosostenida en los reactores nucleares. La energía nuclear guardada en los núcleos de uranio se transforma entonces en energía calórica mediante el proceso de fisión.

---

(9) http://www.infocenter.com.pe/odeso/fuentes.htm

El 99,3 % del uranio natural está constituido por el isótopo Uranio 238, mientras que el 0,7 % restante es Uranio 235.

Lamentablemente, el isótopo útil es justamente el más escaso, el Uranio 235. La mayoría de los reactores nucleares actuales se basan principalmente en la fisión del Uranio 235 y parcialmente en la fisión del Plutonio 239, isótopo creado en el mismo reactor como consecuencia de la irradiación del Uranio 238 con los mismos neutrones que automantienen la reacción en cadena. Algunos de los reactores nucleares existentes, llamados reproductores, optimizan la producción y consumo de plutonio, con lo que prácticamente se estaría logrando la fisión del uranio natural, es decir multiplicando por mas de 100 las reservas de energía nuclear vía fisión actual.

Hay otra forma de obtener energía calórica a partir de la energía nuclear: es el proceso de fusión de núcleos de isótopos del hidrógeno a muy altas temperaturas. Este es un desafío tecnológico actual, se espera que dentro de 30 a 50 años haya muchos reactores comerciales de este tipo en funcionamiento. Lo interesante es que el hidrógeno está en el agua, por lo que esta fuente sería casi inagotable. El sol y las estrellas son grandes reactores de fusión. El calor que recibimos se debe a una gran

cantidad de reacciones de fusión que constantemente ocurren en el sol(10).

1.2.ENERGÍA EN EL MUNDO

La principal fuente energética en el mundo es el petróleo, la misma que se está agotando, por lo que expertos recomiendan diversificar las fuentes, o al menos encontrar una combinación de energéticos adecuada para satisfacer las necesidades de cada país.

Existen países que recurren a otras fuentes de energía como son la nuclear, solar, hidroeléctrica, biomasa o eólica. Al encaminarse por esta vía evitan encontrarse con el problema de los hidrocarburos, ya que el valor de su infraestructura de desarrollo basada en el petróleo, no es tan elevado como en los países industrializados, siendo así una forma menos impactante la transición o cambio energético.

Otra fuente energética que carece en los países pobres es la leña. La madera es talada por países en vías de desarrollo. Esta fuente energética no se la ha explotado como es debido, aunque se podría decir que es la energía más lucrativa ya que se requiere de mayor mano de obra y brinda

---

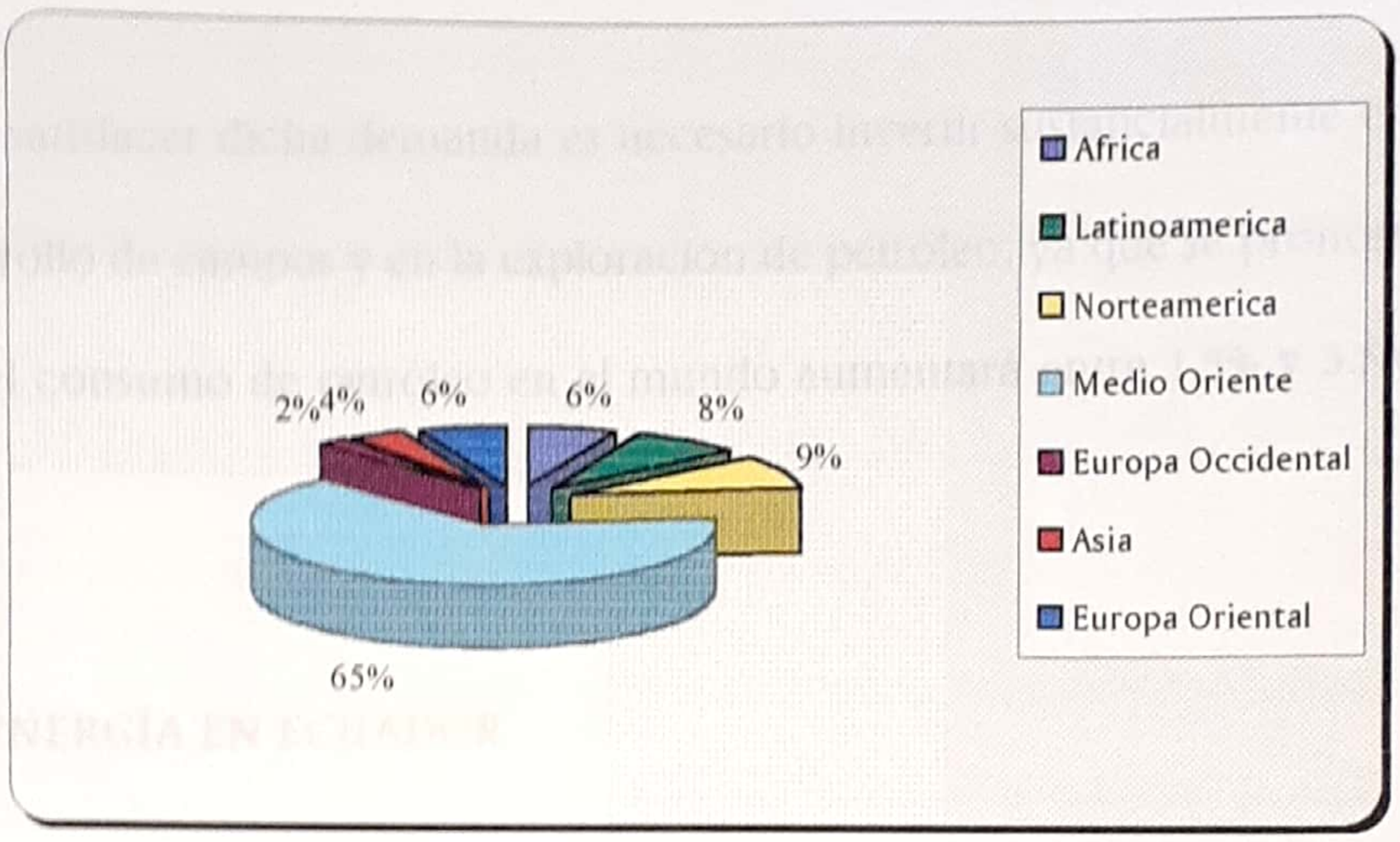
(10) http://www.infocenter.com.pe/odeso/fuentes.htm

un alto rendimiento, especialmente si se emplea especies vegetales de rápido crecimiento y poder calórico.

FIGURA 1.1

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE LAS RESERVAS PROBADAS DE CRUDO

DE 1997



FUENTE: *Paper Producción Mundial de Crudo (http://www.mem.gob.pe/nuevo/capitu2.htm)*

El gráfico representa que el Medio Oriente tiene el 65% de las reservas probadas de crudo.

En la tabla 1.I. se resume el balance a nivel mundial de la oferta y demanda del petróleo, como se mencionó anteriormente una fuente principal de energía.

TABLA 1.I:

DEMANDA Y OFERTA DEL PETROLEO EN EL MUNDO

BALANCE MUNDIAL DE OFERTA Y DEMANDA PETROLERA (mbd)						
AÑO	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**
DEMANDA	67,60	68,60	68,32	71.7	74.0	68.93
OFERTA	67,80	68,70	69,76	69.26	69.01	68.77

Fuente: *Paper Petronoticias internacionales*
(http://www.quicklink.com/mexico/gob97jul/cp2.htm)

Para satisfacer dicha demanda es necesario invertir sustancialmente en el desarrollo de campos y en la exploración de petróleo. ya que se pronostica que el consumo de petróleo en el mundo aumentará entre 1.5% y 3.5% al año.

1.3. LA ENERGÍA EN ECUADOR

1.3.1. *Indicadores Generales del Ecuador*

Es necesario conocer la evolución de las variables macro - económicas que influyen en nuestro país. ya que con esta información se conocerá un poco más de lo que ocurre dentro del mismo.

TABLA 1.II.

INDICADORES MACRO-ECONÓMICOS

	91	92	93	94	95	96	97
Población(miles hab)	10502	10741	10981	11221	11460	11698	11937
PIB(millones de sucres)	190638	197436	201447	210150	215074	219335	226749
Consumo de energía pc (BEP/HAB)	3.58	3.52	3.49	3.68	3.60	3.85	3.91
IPC(%)	31,1	48	69,6	88,7	109	135,6	177,11
DEUDA EXTERNA ENERGÉTICA(MILLONES DE $)							
Subsector Petrolero	285.77	234.65	160.34	110.18	98.51	137.86	
Petrolero	148.22	136.52	106.88	79.65	76.76	124.32	
Anticipos petroleros	88.55	55.63	18.16	0	0	0	
Subsector eléctrico	501.38	479.90	457.92	489.90	437.61	470.31	
INECEL	486.58	466.13	445.14	483.88	433.66	467.15	
Empresas Eléctricas	14.75	13.76	12.79	6.02	3.96	3.16	

***FUENTE**: Cuentas Nacionales trimestrales. Banco Central del Ecuador 1998*

1.3.2. Dónde Está La Energía Que Se Produce En El Ecuador

Energía y Desarrollo son dos conceptos íntimamente ligados entre sí. uno es razón para el otro. La energía es el motor del desarrollo de un pueblo. sin energía no se podría mover maquinaria. iluminar las viviendas. calentar agua. etc.. es decir. no tendríamos bienestar en nuestras viviendas y hábitos de vida Los países tercer mundistas como el nuestro o con economías en transición para no ser muy discriminatorios. concentran las ¾ partes de la población mundial y consumen el 80% de toda la energía no renovable y comercial que se genera en el mundo. por lo tanto. son los países que más contribuyen al calentamiento generalizado del planeta.

El Ecuador. País Petrolero y productor de hidrocarburos. hace que su economía gire alrededor de este tema. pero su situación no es de las mejores como miembros del club de países del tercer mundo.

Nuestro consumo medio de energía per -cápita alcanzó en 1996 a 1.65 kwh/día (kilowatt hora día). Hace 18 años. en 1980. el consumo medio per -cápita de un país desarrollado como los EEUU se encontraba en 5.8 kWh/día prácticamente 4 veces más que nuestro consumo(11). una desigualdad tan grande como los niveles de vida existentes en ambos países.

El país no produce poca energía. en realidad produce 3.5 veces más de lo que consumimos..... hacia donde va esta energía?

Aproximadamente el 60% de la producción de petróleo es exportado. En 1996 el sector de la energía generó el 47% de los ingresos del presupuesto general del Estado. representando el 31% del total de las exportaciones del país.

El 12% de la energía producida no es aprovechada. se la reinyecta. quema. se autoconsume en los centros de transformación o simplemente se la pierde.

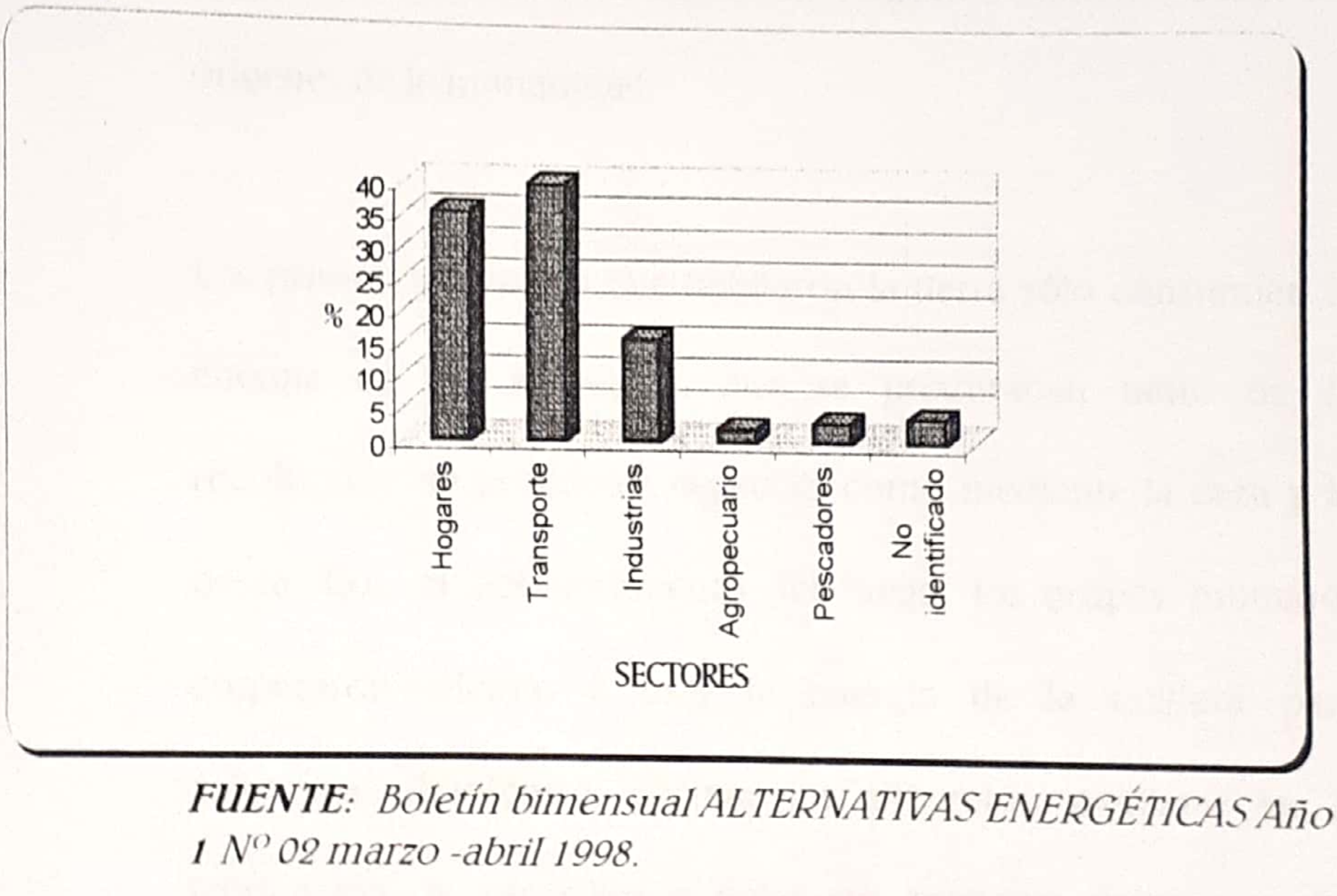
---

(11) Alternativa Energética Nº 02 Marzo-Abril 1998

El resto de la energía que consumimos. tiene un destino curioso. De la energía comercial(electricidad. GLP. Gasolinas. diesel. etc.) aproximadamente el 35.5% es consumida en los hogares. el 40% es utilizada por los medios de transporte. el 15.8% por las industrias. apenas el 2% en el sector agropecuario. 3% por los pescadores y 3.7% es consumo no identificado. es decir mucho más que el consumo agropecuario. Es esto correcto? (Ver GRAFICO 1.2)

FIGURA 1.2.

DESTINO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA



FUENTE: *Boletín bimensual ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS Año 1 Nº 02 marzo -abril 1998.*

Estas cifras deben hacernos reflexionar sobre el futuro de nuestro país. que nos indica que debemos tender a una planificación

nacional y coherente, que permita promover un uso eficiente, racional y ordenado de la Energía, integrando las nuevas fuentes de energía, que busquen el mejoramiento de la calidad de vida del habitante ecuatoriano.

1.3.3. Cómo Se Consume

Los seres humanos necesitamos energía para poder vivir y para poder realizar las actividades individuales y sociales que desempeñamos. Sin embargo este consumo de energía ha variado a lo largo de la historia de la humanidad. El consumo de energía por individuo ha estado en constante aumento desde los orígenes de la humanidad.

Los primeros hombres que habitaron la tierra sólo consumían la energía de los alimentos, que se procuraban tanto de la recolección de productos vegetales como mediante la caza y la pesca. Con el descubrimiento del fuego, los grupos humanos empezaron además a usar la energía de la madera para calentarse, iluminarse, cocinar los alimentos, ayudarse en la fabricación de utensilios y dejar sus primeras marcas en las paredes de las cavernas.

Al desplazarse en búsqueda de alimentos. los seres humanos comenzaron a utilizar animales de carga. A partir del desarrollo de tareas de cultivo. además de la energía de los animales. usaron la energía del agua y del viento para mover molinos.

Es decir. a medida que los seres humanos buscaron un mayor bienestar. fue necesaria una cada vez mayor transformación de energías en su propio provecho. Poco a poco se fueron empleando herramientas y máquinas de todo tipo que ayudaran a elaborar los diversos productos que se fabricaban para la vida cotidiana. máquinas que consumían más y más energía.

Así llegamos a la actualidad. donde se consume mucha energía por habitante. Obviamente no todas las personas consumen la misma cantidad de energía. pero si dividimos la energía total consumida en cada país por su cantidad de habitantes encontramos el consumo promedio por habitante. Según sean sus países de origen algunos seres humanos del siglo XX gastan hasta 20 veces y más energía que una persona de la prehistoria.

El consumo energético promedio "por habitante" se obtiene al dividir el consumo total de energía en un país por el número de

habitantes. imaginando que todos los habitantes consumen lo mismo. Si bien esto dista de ser cierto. nos permite hacer comparaciones globales acerca de cuánto se consume en cada país. En promedio. cada habitante de los países llamados "desarrollados" consume más energía que un habitante de un país "subdesarrollado". El consumo de energía por individuo de un país y la riqueza de sus habitantes están muy relacionados entre sí: se observa que cuando una es grande. la otra también la es.

Esto quiere decir que para vivir con la calidad de vida que tenemos ahora tenemos que conseguir energía en grandes cantidades. Necesitamos energía para cocinar. para calentarnos en invierno. para refrescarnos en verano. para subir a los edificios. para curar a los enfermos. para iluminarnos. para protegernos. para trasladarnos de un lado a otro. para producir útiles y maquinarias. para producir alimentos. para conservarlos. para comunicarnos. para divertirnos. para construir nuestras casas. caminos. túneles. puentes. para construir máquinas que transformen energías. etc..

¿Cómo conseguimos esas grandes cantidades de energía? Si bien podemos obtener energía teóricamente de cualquier cosa. en la naturaleza sólo algunas de ellas están almacenadas en cantidades

suficientes y en forma utilizable: son las llamadas Fuentes o Recursos Energéticos.

1.3.4. La Energía Que Usamos

La conservación energética o uso eficiente de la energía. consiste en la reducción del consumo de la misma. en los distintos procesos y usos finales que se requieren para el desarrollo de las actividades de un país. sin afectar los niveles de productividad o la calidad de vida del consumidor.

Además. del beneficio directo para el usuario que ahorra su dinero al disminuir sus cuentas en energía. la conservación energética trae consigo otras importantes implicaciones. por ejemplo: prolonga la vida de los recursos energéticos del país y genera efectos positivos sobre el medio ambiente.

Para un país altamente dependiente del petróleo como es el Ecuador. cuyas reservas son cada vez más escasas. el uso eficiente de la energía es de vital importancia para mantener un suficiente saldo exportable. que permita la captación de divisas que financien un desarrollo adecuado de su economía.

Por otra parte. la ampliación de la infraestructura de suministro energético ligada al crecimiento poblacional y al desarrollo económico. como por ejemplo. el aumento de la capacidad de generación. transporte y distribución de electricidad. demanda enormes inversiones que el país no puede afrontar. a no ser restando recursos económicos a otros sectores. como la educación. la salud. etc.. o recurriendo al endeudamiento externo.

En definitiva. la eficiencia energética debe ser considerada como una estrategia para el desarrollo del Ecuador. en la que se promueva el uso de procesos y tecnologías eficientes y limpias. compatibles con la situación socio -económica del país. con la búsqueda de competitividad y modernización de los sectores productivos. y con la necesidad de minimizar el impacto ambiental que causan las actividades de producción. transporte y consumo de energía.

1.3.5. *El derroche y ahorro de energía*

Más de una vez nos retiramos de una habitación en la que no queda nadie y nos olvidamos de apagar la luz. Es más. muchas veces no es que nos olvidemos. sino que ni siquiera tenemos

conciencia del hecho. Estamos en esos casos malgastando nuestras reservas de energía, haciendo un mal uso de ellas.

Muchos diremos: "¿Qué le hace una lamparita más o una lamparita menos a un país de 12 millones de habitantes?". Para nuestro propio asombro la respuesta es....**¡mucho daño!** Hagamos algunas estimaciones groseras.

Cuando dejamos encendida inútilmente una lamparita de 100 W solamente 1 hora. estamos desperdiciando 100 Wh de energía eléctrica. Si cada familia ecuatoriana dejara encendida inútilmente una lamparita como esta una hora por día. el desperdicio de energía eléctrica sumaría aproximadamente 850.000.000 Wh por día. es decir 850 MWh. Como 1KW/h en 1998 tiene un costo promedio de S/.450. entonces el dejar una lamparita encendida por un día nos costará S/.1080 sucres.

Dejar lamparitas encendidas no es el único error que cometemos los ecuatorianos. Un televisor color tiene en general una potencia de aproximadamente 230 W. Muchas veces el aparato está encendido pero hacemos otras cosas sin mirar televisión. Si contamos todos esos momentos. seguramente comprobaremos que bien podríamos ahorrarnos una hora de uso diario. Si sólo la

mitad de las familias en Ecuador poseen televisión y cada una de ellas la dejara inútilmente funcionando. Para cubrir esta demanda innecesaria de energía se necesitaría una nueva central eléctrica de aproximadamente 30 MW.

Otra consecuencia de nuestro comportamiento es el mal uso de las energías primarias. En efecto. se produce energía eléctrica a partir de los recursos hídricos. el resto utiliza recursos no renovables. Obviamente si ahorráramos esos más de 1.400 MWh de energía eléctrica malgastados por día. podríamos dejar de operar algunas de las centrales a petróleo o gas. y podríamos así utilizar estos insumos para la fabricación de plásticos. materiales sintéticos. transporte. calefacción. etc.. por mucho más tiempo. antes que nuestras reservas de esos hidrocarburos se agoten.

Para los ejemplos de ahorro de los que ha dicho. esto significaría nada menos que 150.000 toneladas de petróleo por año. suficiente combustible para que un automóvil recorra 1.500.000 km.

Además de esta falta de beneficio. existe un deterioro innecesario de la naturaleza. ya que debido a nuestras lamparitas y televisores inútilmente encendidos estaríamos descargando a la atmósfera aproximadamente 40.000 toneladas de CO_2 (contribuyendo al efecto invernadero). unas 7.000 toneladas de SO_2 y 1.000

toneladas de NO_2 (orígenes de la famosa lluvia ácida) y alrededor de 500 toneladas de cenizas.

Estos casos son sólo ejemplos para llamar a nuestra reflexión. pero no sólo en estos casos y no sólo con la energía eléctrica derrochamos nuestros recursos: si el motor de nuestro automóvil no funciona bien. consume más gasolina de la necesaria: si el colectivo acelera y frena bruscamente o su motor emite mucho humo de escape. consume mucho más diesel de lo que es necesario: si la lamparita común de 100 watts que usamos para iluminarnos nos ilumina igual que otra de las llamadas de "bajo consumo" que sólo gasta 40 watts: si el proceso industrial de fabricación de un producto no es reemplazado por otro que existe y es más eficiente: si en invierno dejamos las puertas o las ventanas abiertas con la calefacción encendida (o en verano con el acondicionador de aire): si usamos el automóvil en lugar del transporte público. o si lo empleamos para ir a la esquina a comprar el diario en lugar de ir caminando o en bicicleta. También derrochamos nuestros recursos energéticos cuando gastamos energía para quitarle calorías a los alimentos dietéticos: cuando bajamos en ascensor un par de pisos solamente: cuando la iluminación pública está encendida de día: cuando no reemplazamos los cables viejos de alta tensión. con alto

porcentaje de pérdidas. por nuevos: cuando las paredes. las ventanas y los techos de nuestras casas no son lo suficiente aislantes para conservar el calor del interior.

Esta no es sino una ínfima parte de la lista de actos comunes en nuestra vida diaria que no nos representan ningún beneficio y que conducen a grandes cantidades de energía derrochada cuando sumamos las pequeñas partes que les corresponden a cada habitante de un país de aproximadamente 12.000.000 de personas. Seguramente superaremos con creces las cifras del ejemplo de la lamparita y el televisor. La evaluación precisa del derroche y las posibilidades concretas de ahorro de energía en un país son difíciles de evaluar exactamente. pero seguramente la energía que los ecuatorianos malgastamos por día podrá ser medida fácilmente en miles de MWh diarios. las pérdidas de combustible fósil en cientos de miles de toneladas anuales. la plata que dilapidamos por nuestro descontrol energético en cientos de millones de sucres por año.

¿Qué significa esto? Simplemente que los ecuatorianos podríamos vivir mucho mejor con la misma energía que consumimos. o igual que hasta ahora sin gastar la que gastamos.

Además, no hay que creer que todo se soluciona con el ahorro de energía, como no todo se soluciona ahorrando dinero. El concepto "calidad de vida" es algo no tiene una definición precisa, ya que depende de innumerables factores que no siempre pueden ser medibles. Sin embargo, se puede afirmar que para que una familia tenga un determinado bienestar se necesita un mínimo de dinero que no se puede disminuir a menos de perder calidad de vida. Lo mismo sucede con la energía, es importante no derrocharla, pero no se puede reducir su consumo por debajo de valores dados si no se quiere reducir el nivel de vida de la gente.

Como ejemplo a nivel mundial se puede ver que la calidad de vida de los europeos es comparable a la de los norteamericanos pero, salvo contadas excepciones, los consumos promedios de energía en los países europeos son inferiores a la mitad del consumo por habitante norteamericano.

1.4.RECURSOS ENERGÉTICOS EN EL ECUADOR

El país durante los últimos 15 años ha basado sus recursos energéticos a través de su potencial hidroeléctrico, geotérmico y sus reservas probadas en lo que respecta a hidrocarburos como son el petróleo y el gas natural.

En la tabla 1.III se presentan las reservas energéticas del Ecuador en el período de 1991-1998: en el que se indica al potencial hidroeléctrico que ha permanecido invariable en una cifra constante de 22000 MW.

En lo que respecta al potencial geotérmico sucedió algo similar presentándose 1450 MM TEP durante este lapso de tiempo. En cuanto a las reservas probadas de petróleo para el año 1991 se obtuvo 1524 MM BLS. aumentando progresivamente hasta 1998 un estimado de 3461 MM BLS. es decir existió una tasa de crecimiento del 10.8% en este tipo de reserva. Mientras que por el lado del Gas Natural para el mismo período existió un crecimiento inferior al petróleo de apenas en el orden del 2.1%: pasando de 19478 MM m^3 de Gas Natural hasta alcanzar en 1998 los 23089 MM m^3 de Gas Natural asociado.

TABLA 1.III.

RESERVAS ENERGÉTICAS DEL ECUADOR

	91	92	93	94	95	96	97	98
Potencial Hidroeléctrico (MW)	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000
Potencial Geotérmico(MM TEP)	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
Reservas Probadas								
Petróleo(MM BLS)	1524	3240	3660	3491	3385	3453	3425	3461**
Gas Natural Asociado (MM m^3)	19478	25549	25351	24351	23607	23138	23106	23089**

FUENTE: *Cuentas Nacionales Trimestrales. Banco Central del Ecuador. 1998*

**: estimado

1.4.1. Oferta De Energía Primaria

La producción de Energía primaria está distribuida en cinco rubros de los cuales el más importante es el petróleo crudo. tal como se muestra en la tabla 1.IV: siguiéndole en orden de importancia la leña. gas asociado. hidroenergía y otros combustibles.

De aquí tenemos que en el año de 1991 el petróleo crudo registró cifras de 6572 mil TEP de este hidrocarburo. pasando a ofertar en el año 1998 la cantidad de 11839 mil TEP del crudo. es decir existió una razón progresiva promedio del 7.6% en este período. En lo que respecta a la leña para el período analizado. este pasó de 883 mil TEP para 1991 y aumentando a una tasa de crecimiento del 6.8% promedio anual para llegar al año 1998 a ofertar leña obtenida de manera rústica o artesanal en el orden 1498 mil TEP de este producto.

Los tres últimos rubros de producción de energía primaria con el gas asociado. la hidroenergía y otros combustibles registran cifras menos significativas.

TABLA 1.IV

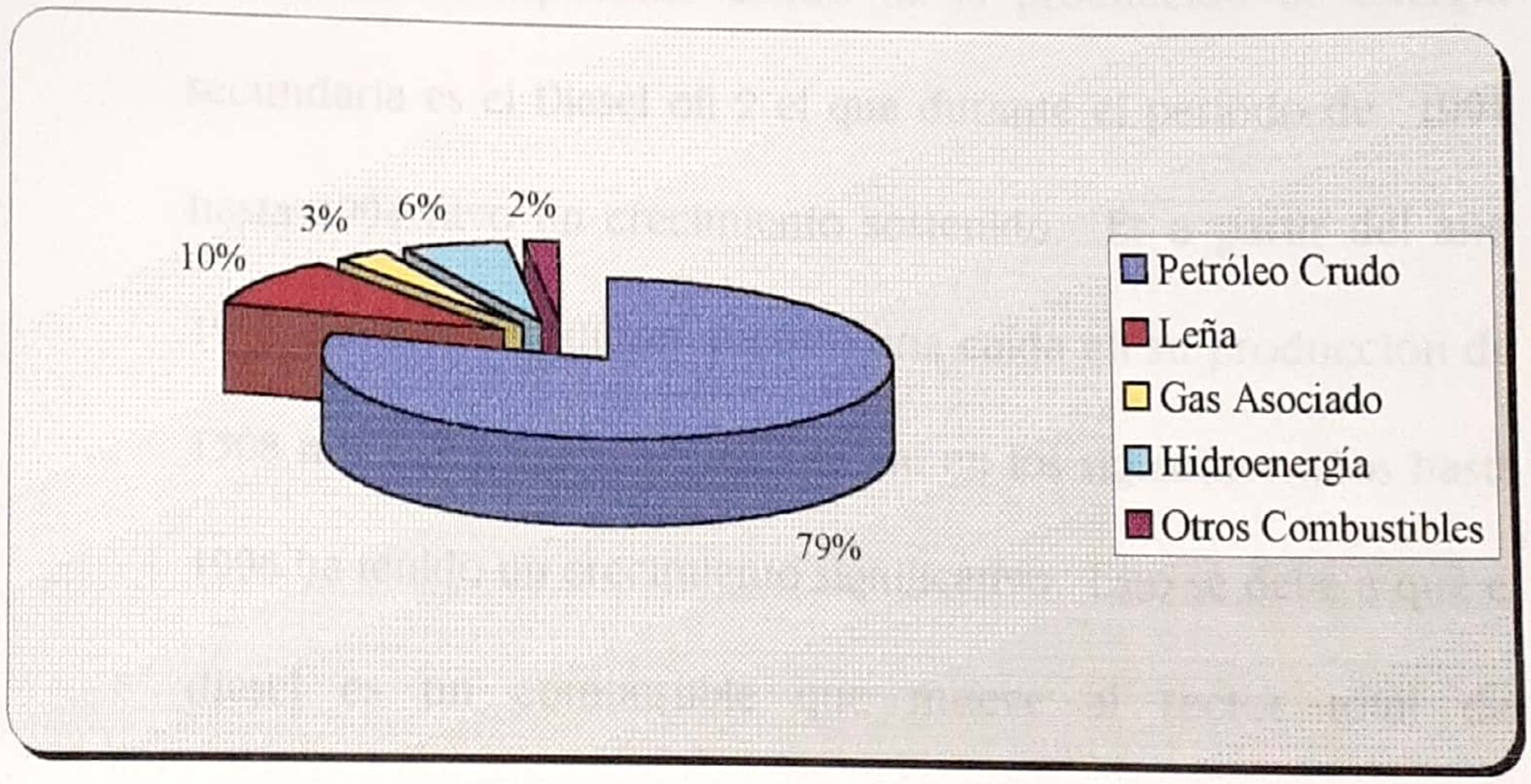
OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA

Energético (mil TEP)	91	92	93	94	95	96	97	98
Petróleo Crudo	6572	6560	6549	7034	6900	8070	10559	11839
Leña	883	909	946	965	985	1017	1337	1498
Gas Asociado	307	307	354	386	309	328	401	449
Hidroenergía	489	476	557	635	496	610	802	899
Otros Combustibles	220	215	244	218	238	247	267	299
TOTAL	8471	8467	8650	9238	8928	10272	13366	14984

FUENTE: *Cuentas Nacionales Trimestrales, Banco Central del Ecuador, 1998.*

FIGURA 1.3.

OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL ECUADOR



1.4.2. OFERTA DE ENERGÍA SECUNDARIA

La producción de energía secundaria en el Ecuador divide ocho carburantes que se producen en la refinería de Esmeraldas y la

Libertad en el orden de representatividad que muestra la figura 1.4.

La gasolina y nafta son los productos que mayormente se produce en el país en sus dos principales presentaciones como son: la gasolina súper y la extra esto se debe al gran parque automotor de vehículos, tanto ensamblado como importados que demandan este tipo de combustibles, tal como se presenta en la tabla 1.V. Este tipo de energía registró para el año 1991, 1405 mil TEP, aumentando su tasa de producción en el orden 4.7% para alcanzar una oferta en el año de 1998 en el orden de los 2026 mil TEP.

El segundo componente dentro de la producción de energía secundaria es el Diesel oil 2 el que durante el período de 1991 hasta 1994 tuvo un crecimiento sostenido. Es a partir del año 1995 que este carburante registra una caída en su producción de 1508 mil TEP a 1486 mil TEP, de ahí en los siguientes años hasta 1998 ha tenido un crecimiento significativo. Esto se debe a que el diesel es un combustible que mueve al sector total del transporte(servicio urbano y transporte de carga); así como el sector pesquero, la tasa de crecimiento para el período de 91-98 estuvo en el orden del 10%.

TABLA 1.V.

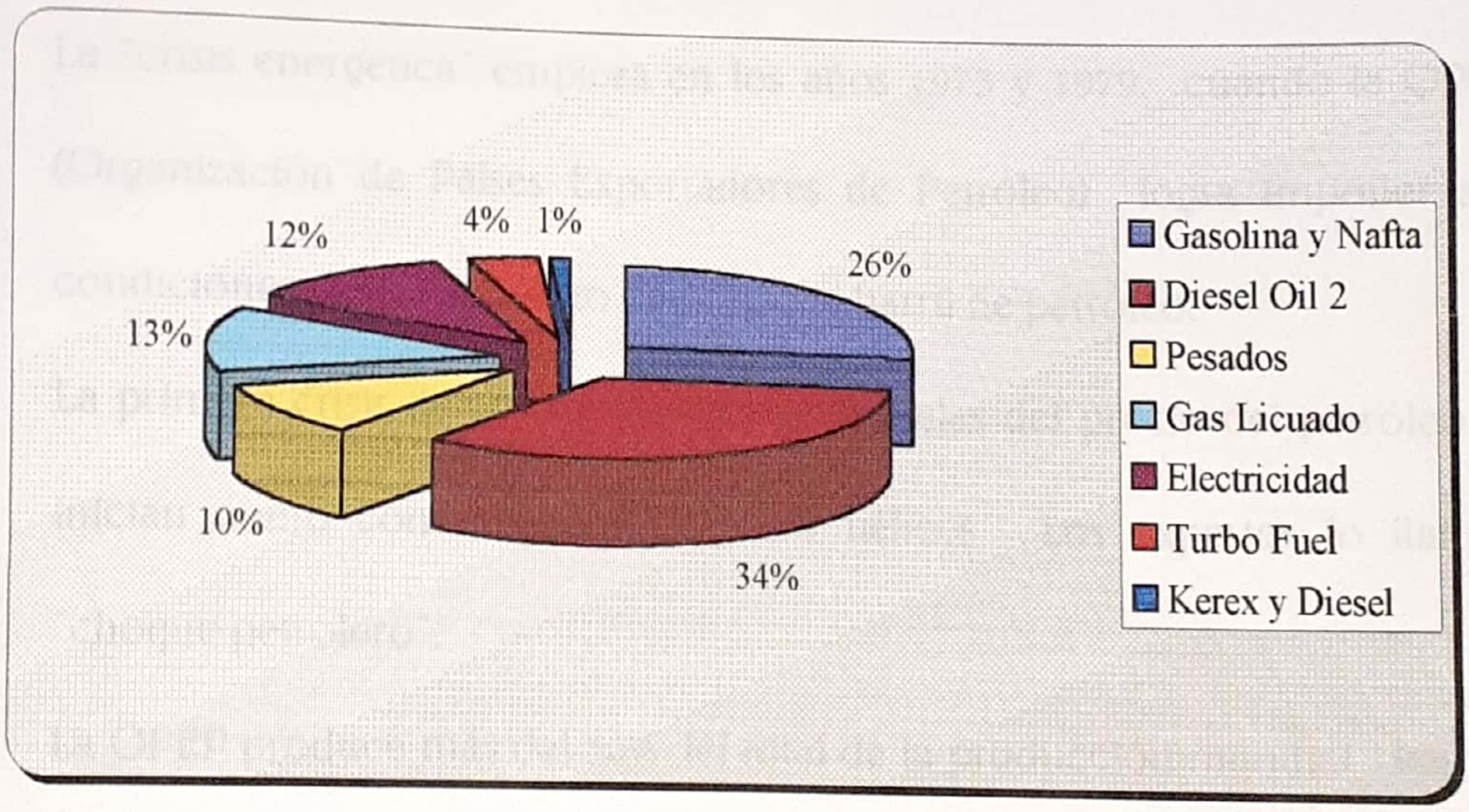
OFERTA DE ENERGÍA SECUNDARIA

Energético (mil TEP)	91	92	93	94	95	96	97	98
Gasolina y Nafta	1405	1443	1351	1352	1375	1336	2033	2026
Diesel Oil 2	1233	1250	1253	1508	1486	1741	2688	2650
Pesados	410	470	404	489	487	537	782	779
Gas Licuado	441	471	500	561	626	659	1016	1013
Electricidad	453	471	486	546	550	607	938	935
Turbo Fuel	144	158	136	167	190	226	312	311
Kerex y Diesel	144	76	78	76	70	72	78	77
TOTAL	4230	4339	4208	4699	4784	5178	7820	7795

FUENTE: *Cuentas Nacionales Trimestrales. Banco Central del Ecuador. 1998*

FIGURA 1.4

OFERTA DE ENERGÍA SECUNDARIA EN EL ECUADOR



1.5. *CRISIS ENERGÉTICA*

Un análisis de la evaluación de la economía actual y de la consecuencia en nuestra sociedad quedaría incompleta sin determinar la incidencia de la

crisis energética y la repercusión de los incrementos de los precios del petróleo. Posiblemente esta variable fue el detonante de una crisis económica que subyacía en el sistema social establecido. Razón por la cual la crisis de la energía ha revelado de manera totalmente repentina e incluso dramática el aspecto físico de la sociedad humana.

La energía. un recurso escaso que al mismo tiempo es imprescindible e insustituible para conseguir un crecimiento económico. desarrolla una creciente demanda. por lo cual hoy en día el consumo anual es diez veces mayor que a principios de siglo.

La "crisis energética" empieza en los años 1973 y 1979. cuando la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) logra imponer sus condiciones con el aumento de precio al barril de petróleo.

La primera crisis de 1973 y las subidas brutales del precio del petróleo se inician como consecuencia de actos bélicos. Los expertos lo llaman "choque petrolero".

La OPEP produce más del 50% del total de la producción mundial. Pero la elasticidad precio -demanda es muy reducida: la demanda de petróleo es muy rígida y por la vía de subir los precios no se logra una disminución sensible de esta demanda: sólo se consigue de forma rápida. contrayendo la actividad productiva.

Por esta razón. el mundo no es que se está quedando sin energía. sino que la malgastan y ahora se ha terminado la época fácil de la energía barata. estamos actualmente en un período de energía cara y crecimiento difícil. y posiblemente para un plazo largo. que estará cargado de dificultades. porque el mundo cada año consume más crudo del que encuentra: además. la puesta en producción de nuevos campos petrolíferos es cada día más lenta y costosa.

1.6.EL TRIÁNGULO SOCIEDAD-ECONOMÍA-TECNOLOGÍA

Existe una relación causal. aunque no comprendida totalmente. entre la economía y la energía: es decir que. a un aumento en la producción económica le corresponde un aumento proporcional en el consumo de energía. De ahí para lograr el bienestar económico en el futuro. es necesario proyectar los requerimientos energéticos del sistema social actual y proponer los planes para lograr satisfacer dicha demanda potencial.

De lo que se conoce en ecología. economía y biología. disciplinas que hoy nos fuerzan a modificar nuestros modos de pensar. darán los fundamentos para introducir las nociones de "sistema" y de "enfoque sistémico". bases de la nueva cultura.

1.6.1. *Los Sistemas Sociales*

Primeramente se requiere conocer lo que es un sistema. y este es el conjunto de elementos en interacción.

Un sistema social es un conjunto de fenómenos sociales interactuantes. en el que se generan cualidades integrativas no implícitas en cada uno de sus elementos.

Cuando se desea crear un modelo abstracto que trate de explicar un sistema objetivamente existente. no se debe partir del pensamiento e imponer el resultado al sistema social: sino más bien. observar la realidad histórica concreta. comprender su sistematicidad y transmitirla al modelo.

Lo anterior implica que no es posible admitir que exista una sociedad generalizada que aparece de pronto. lo que existe es una sociedad histórica concreta. fruto del desarrollo socioeconómico a través del tiempo.

1.6.2. *Complejidad Dinámica De Un Sistema*

Antes de abordar el enfoque sistémico. cuyo principal método de acción lo constituyen los modelos y la simulación. conviene definir previamente algunos conceptos.

Un sistema es un conjunto de elementos en interacción dinámica. organizados en función de un objetivo.

Un sistema abierto es aquel que mantiene una relación permanente con su ecosistema. Intercambia energía. materia. informaciones utilizadas en el mantenimiento de su organización frente a la degradación provocada por el tiempo. Arroja al entorno entropía. energía "usada"(12).

En cambio. un sistema cerrado es una abstracción en la cual no existe ningún tipo de intercambio con el exterior. La generación de entropía se realiza a partir de su energía interna hasta alcanzar el equilibrio termodinámico. correspondiente a la entropía máxima y energía útil nula (13).

La complejidad de un sistema está constituida por una gran variedad de componentes o de elementos dotados de funciones especializadas. Estos elementos están organizados en niveles jerárquicos internos. Los diferentes niveles y elementos individuales están unidos por una gran variedad de enlaces. de lo que resulta una elevada densidad de interconexiones. Por lo tanto se puede apreciar que el comportamiento de un sistema complejo es difícilmente previsible.

---

(12). (13) El Macroscopio -Hacia una visión global- 1993.

1.6.3. El Enfoque Sistémico

El objetivo del enfoque sistémico es considerar un sistema en su totalidad, su complejidad y su dinámica propia. Gracias a la simulación, se puede animar un sistema y observar en tiempo real los efectos de los diferentes tipos de interacciones entre sus elementos.

Según Joel de Rosnay, "el enfoque sistémico no es una ciencia, una teoría, una disciplina, sino como una nueva metodología que permite reunir y organizar los conocimientos con vistas a una mayor eficacia de la acción"(14).

El enfoque analítico es aquel que estudia detalladamente los componentes de un sistema para determinar sus interrelaciones y proponer las leyes aplicables a todo el conjunto, con el objeto de predecir su comportamiento en condiciones diferentes (15).

El enfoque analítico y el enfoque sistémico son más complementarios que opuestos. Pero son mutuamente irreductibles.

---

(14) El Macroscopio -Hacia una visión global- 1993

(15) Paper sobre El Enfoque Sistémico aplicado al conocimiento social.

Es necesario exponer las características de cada uno de estos dos enfoques.

TABLA 1.VI.

CARACTERÍSTICAS ENTRE LOS ENFOQUES

ENFOQUE ANALÍTICO	ENFOQUE SISTÉMICO
Aisla: se concentra sobre los elementos	Relaciona: se concentra sobre las interacciones de los elementos.
Considera la naturaleza de las interacciones.	Considera los efectos de las interacciones.
Se basa en la precisión de los detalles.	Se basa en la percepción global.
Modifica una variable a la vez.	Modifica simultáneamente grupos de variables.
Independiente de la duración: los fenómenos considerados son reversibles o modificables.	Integra la duración y la irreversibilidad.
La validación de los hechos se realiza por la prueba experimental en el marco de una teoría.	La validación de los hechos se realiza por comparación del funcionamiento del modelo con la realidad.
Modelos precisos y detallados. aunque difícilmente utilizables en la acción.	Modelos insuficientemente rigurosos para servir de base a los conocimientos. pero utilizables en la decisión y en la acción.
Enfoque eficaz cuando las interacciones son lineales y débiles.	Enfoque eficaz cuando las interacciones son no lineales y fuertes.
Conduce a una enseñanza por disciplinas	Conduce a una enseñanza pluri-disciplinaria.
Conduce a una acción programada en sus detalles.	Conduce a una acción por objetivos.
Conocimiento de los detalles. objetivos mal definidos.	Conocimiento de los objetivos. detalles borrosos.

FUENTE: *El Macroscopio -Hacia una visión global- 1993. Pág. 98.*

El cuadro. útil por su simplicidad. representa una caricatura de la realidad. Esta representación. encierra el pensamiento en una alternativa que parece difícil traspasar.

Los modelos analógicos son aquellos que permiten predecir el comportamiento global de un sistema del cual se analizó previamente sus elementos constitutivos. Estos modelos son inútiles cuando se trata de sistemas complejos. Aquí nacen los modelos matemáticos y la simulación.

En presencia de un reducido número de variables. empleamos constantemente tales modelos analógicos: para comprender un sistema sobre el que se poseen pocas informaciones: o para tratar de prever las respuestas o las reacciones de una persona que tenga un modelo diferente de la situación. Nuestra visión del mundo es un modelo.

El estudio de los sistemas complejos tiene tres etapas: análisis del sistema. modelización y simulación.

El análisis de sistemas consiste en definir los límites del sistema a modelar: en identificar los elementos importantes y los tipos de interacciones entre estos elementos: después. en determinar los enlaces que los integran en un todo organizado.

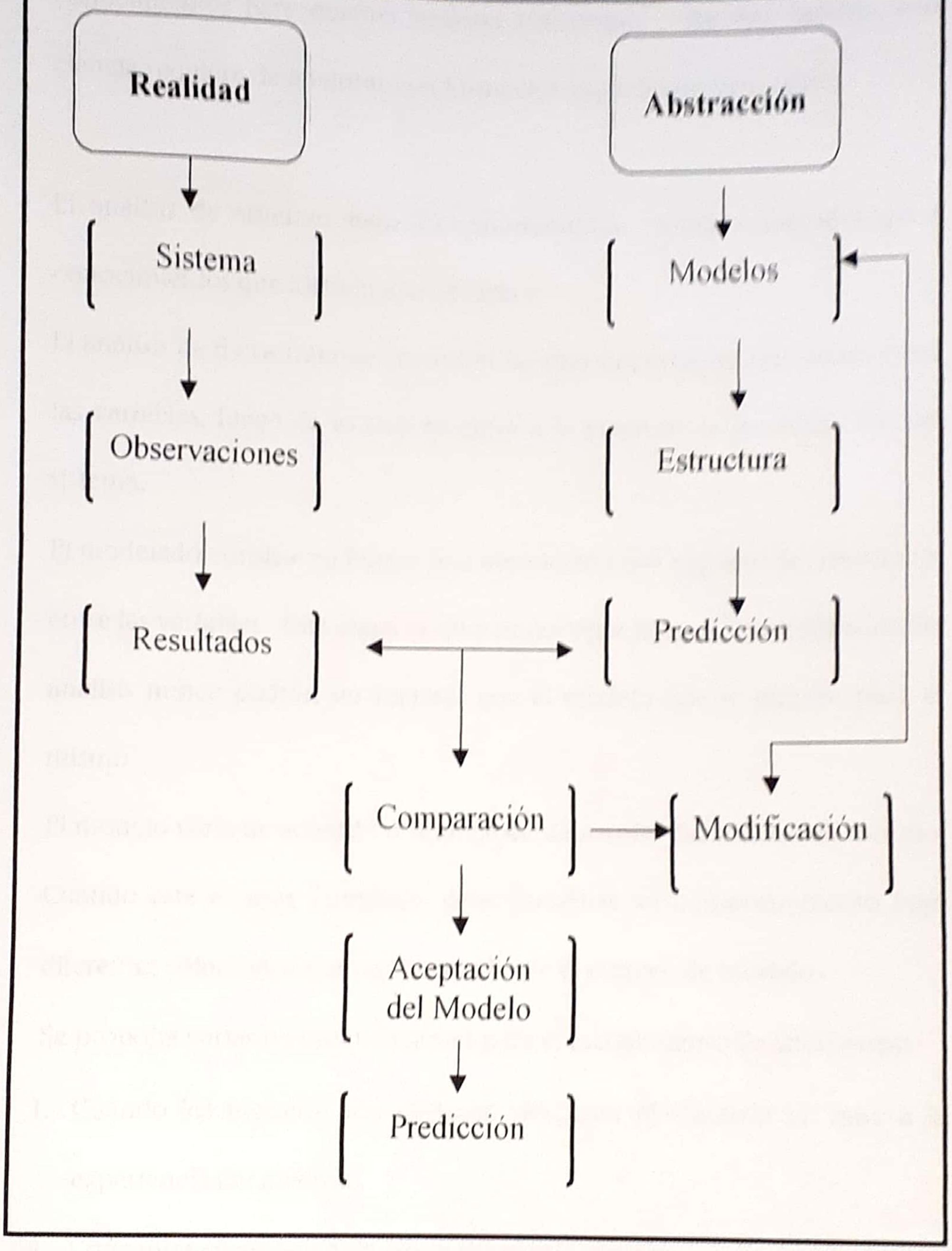
La modelización consiste en construir un modelo a partir de los datos del análisis de sistemas. Primeramente se establece un esquema completo de las relaciones causales entre los elementos de los diferentes subsistemas. después. se expresan en un lenguaje apropiado de programación las ecuaciones descriptivas de las interacciones y enlaces entre los diferentes elementos del sistema.

La simulación estudia el comportamiento temporal de un sistema complejo. En lugar de modificar una variable a la vez. emplea un computador para hacer variar simultáneamente grupos de variables. que es lo que acontece en la realidad. También puede utilizarse un simulador. que es un modelo físico interactivo. dando en "tiempo real" una respuesta a las distintas decisiones y acciones del usuario.

Debe tenerse siempre presente que la modelización solamente pone al descubierto las tendencias generales de un sistema. por lo que los resultados de la simulación. al no constituir una realidad. deberán ser comparados con ella para deducir conclusiones y elementos de acción más relevantes.

FIGURA 1.5.

ESQUEMA DE LA MODELIZACIÓN



1.7.EL PUNTO DE VISTA DEL ANALISIS DE SISTEMAS

El análisis de sistemas es una metodología científica que ayuda a integrar conocimientos para obtener mejores soluciones. En este sentido, esta ciencia requiere de analistas con formación especialista-generalista.

El análisis de sistemas tiene tres dimensiones: tiempo, metodología y conocimientos que forman una disciplina.

El análisis de datos trata de encontrar las más importantes relaciones entre las variables, luego de lo cual se entra a la etapa de la modelización del sistema.

El modelado consiste en buscar una abstracción que explique las relaciones entre las variables. Esta etapa es muy importante porque "los resultados del análisis nunca podrán ser mejores que el modelo que se emplee para el mismo".

El modelo varía de acuerdo a la etapa de desarrollo del sistema en estudio. Cuando éste es muy complejo, debe simularse su comportamiento bajo diferentes soluciones alternativas mediante el empleo de modelos.

Se propone varias recomendaciones para el escogimiento de alternativas:

1. Cuando los modelos son costosos, descartar alternativas en base a la experiencia del analista.
2. Concentre su atención en alternativas promisorias.

3. No gaste más de lo que piensa obtener como beneficio.
4. Divida la alternativa en clases.
5. Determine la más promisoria.
6. Explore soluciones dentro de aquella clase.
7. Explore el mayor número de alternativas económicamente justificables.
8. Recurra a técnicas de optimización de ser necesarias.

todos los elementos o factores que influyen en la generación y consumo de energía.

La modelización del sistema energético permite proyectar los balances de energía en las situaciones futuras y a este respecto se requiere primero. el marco exógeno de una demanda previamente estudiada.

2.1.1. *Las Magnitudes Macro-Energéticas*

Los modelos que se utilizan para el análisis y proyección de las grandes magnitudes del sector energético suelen apoyarse en una hipótesis previa del crecimiento económico y de su estructura. y en consecuencia son por lo general modelos de escenarios.

Según Joel de Rosney un escenario no es otra cosa que "la descripción. más o menos minuciosa. de algunos futuros posibles. Sirve para clarificar las decisiones y facilitar las opciones. Pero un escenario no describe lo que es probable y lo posible. se sitúan tanto la voluntad política como lo aleatorio. la catástrofe. la crisis global o la revolución. Describe situaciones plausibles en un contexto dado y en función de lo que se sabe de las tendencias evolutivas de los principales elementos del sistema que se estudia".

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA MODELIZACIÓN

2.1. QUE ES UN MODELO

Los modelos se utilizan para medir y estudiar el comportamiento de las magnitudes características de fenómenos complejos que no han sido interpretados satisfactoriamente por la teoría. Es decir pretenden medir y analizar el comportamiento de las magnitudes económicas. tecnológicas o sociales. características de procesos evolutivos complejos. en los que participan numerosas influencias y no pueden ser objetos de un tratamiento puramente abstracto.

Por lo tanto existen problemas complejos que requieren ser analizados o solucionados. tal como la crisis energética que impera en nuestro país. con lo cual puede resultar muy útil la utilización de modelos que integren

todos los elementos o factores que influyen en la generación y consumo de energía.

La modelización del sistema energético permite proyectar los balances de energía en las situaciones futuras y a este respecto se requiere primero. el marco exógeno de una demanda previamente estudiada.

2.1.1. *Las Magnitudes Macro-Energéticas*

Los modelos que se utilizan para el análisis y proyección de las grandes magnitudes del sector energético suelen apoyarse en una hipótesis previa del crecimiento económico y de su estructura. y en consecuencia son por lo general modelos de escenarios. Según Joel de Rosney un escenario no es otra cosa que "la descripción. más o menos minuciosa. de algunos futuros posibles. Sirve para clarificar las decisiones y facilitar las opciones. Pero un escenario no describe lo que es probable y lo posible. se sitúan tanto la voluntad política como lo aleatorio. la catástrofe. la crisis global o la revolución. Describe situaciones plausibles en un contexto dado y en función de lo que se sabe de las tendencias evolutivas de los principales elementos del sistema que se estudia".

Los modelos deterministas analizan la evolución a través de las diferentes modalidades de suministros de mercancías y servicios energéticos. haciendo el seguimiento histórico de la evolución y apoyándose a veces en el instrumento prospectivo de la encuesta.

2.1.2. Modelos Energéticos

Al ser un modelo una representación simplificada de la realidad surge una controversia en el momento en el cual se trata de inferir futuros comportamientos en base a información estadística. En este sentido es necesario distinguir entre dos tipos básicos de modelos: los exactos o determinísticos y los probabilísticos o estocásticos.

- Modelos Determinísticos:

Los modelos Determinísticos se subdividen en dos clases: coyunturales y teóricos.

Los coyunturales son modelos apropiados para planificar únicamente a corto plazo. Se fundamentan en informaciones estadísticas sumadas al criterio de expertos que opinan sobre la realidad actual y su posible evolución futura. Esto obliga a una revisión periódica del modelo propuesto.

Los teóricos son los más comunes y son aquellos que representan la realidad mediante expresiones matemáticas.

De acuerdo a la forma en que se considera que el tiempo interviene en la estructura de los modelos teóricos. éstos se clasifican en estáticos y dinámicos.

Los estáticos se dividen a su vez en estacionarios. si sus variables se mantienen constantes en el tiempo. e históricos si sus variables incluyen al tiempo en forma explícita. Es decir tanto en los modelos estacionarios como en los históricos. las variables dependientes toman su valor de las independientes en un mismo tiempo.

Los dinámicos incorporan ecuaciones diferenciales o en diferencias finitas y se dividen a su vez en históricos si toman en cuenta al tiempo de manera explícita. y casuales si no lo hacen en esa forma.

Además. este tipo de modelos relaciona las variables en distintos tiempos de ahí que. los valores proporcionados en un instante dado dependen de los valores observados precedentemente.

- Modelos Estocásticos:

Estos modelos surgen. debido a las limitaciones de los modelos determinísticos. a partir de la segunda mitad de este siglo y

constituyen abstracciones más cercanas a la realidad. En el ámbito económico se las conoce como modelos econométricos. Se caracterizan a priori por incluir variables aleatorias que tratan de explicar todo lo desconocido del sistema. convirtiendo así a la representación exacta en probabilística.

Si el modelo matemático determinístico se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 2.1

$$Y(t) = a1X1(t) + a2X2(t) + \ldots\ldots\ldots\ldots + anXn(t)$$

El modelo estocástico se genera añadiendo la perturbación aleatoria $\nabla(t)$:

Ecuación 2.2

$$Y(t) = f(Xi(t)) + \nabla(t)$$

2.1.3.. Elaboración De Un Modelo General

Un modelo general del sector energético debe apoyarse en tres esquemas principales que se refieren a:

Demanda energética

Oferta energética

Ajuste entre oferta y demanda

Este último es el principal desde el punto de vista de la planificación y requiere un complemento que sirva de enlace con el marco exógeno a través de las importaciones y exportaciones de energía primaria, teniendo además en cuenta la producción propia o interior de recursos energéticos.

Cada uno de estos esquemas pueden tratarse separadamente a través de algoritmos previamente construidos o por configurarse en un conjunto enlazado de gran complejidad de funcionamiento.

La elaboración de un modelo general requiere como base indispensable una información muy completa del ámbito sobre el que se debe operar, referente a la economía, estructura de la producción, distribución demográfica y evolución de los consumos energéticos.

Es aconsejable elaborar un diagrama de los movimientos de la energía desde su fase de recursos a su empleo final como suministro o mercancía energética comercial. El acierto y elaboración de esta representación simplificada del sector

energético es muy importante y determinará en buena medida la utilidad del modelo.

El algoritmo del modelo se referirá principalmente al ajuste entre las demandas proyectadas y la oferta optimizada para alcanzar los costes más favorables, teniendo en cuenta las líneas del diagrama en que es posible la sustitución y la competencia de distintas formas de energía y de aquellas otras que están alimentadas por energías insustituibles y en que la optimización tiene limitaciones mucho más vinculantes, puesto que solo afectan al empleo de las tecnologías y no de los recursos.

La puesta a punto de un modelo general es dificultosa y requiere largo tiempo. El medio más frecuentemente utilizado es el de considerar la situación pasada y elaborar los datos con la información disponible. Con ello se establece la optimización prevista por el algoritmo del modelo y comparar los resultados obtenidos con la realidad histórica. Cuando se logra este ajuste, y se mantiene en los años inmediatos al de la proyección podrá considerarse ajustado al modelo e iniciar con el ejercicio de proyecciones y de análisis de la previsión en el tiempo futuro.

2.2. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

La utilización de modelos macro-económicos. físicos y tecnológicos para el análisis de los principales problemas relativos a la planificación energética se ha hecho general y su desarrollo va en aumento. a medida que descubren nuevas aplicaciones para el análisis de sistemas concretos.

La Planificación Energética es un ejercicio difícil que se proyecta sobre un ámbito complejo. dinámico e interdependiente. donde la realidad actual debe prolongarse a largo plazo y como son numerosas las incógnitas y grande la incertidumbre del cambio. se debe establecer la debida jerarquización de los problemas y en segundo lugar. desde un punto de vista sectorial o especializado. profundizar en el análisis y solución de las principales incógnitas que configuran el abastecimiento de las variables.

Planificar es en este caso. una previsión a largo plazo. que permite el encaje entre las necesidades que van a resultar del crecimiento. evolución de la demanda y los medios de producción disponibles. o sea con la oferta que abastece el mercado para lograr una satisfacción completa y regular al menor coste posible. Este enunciado que parece tan sencillo es sumamente difícil de precisar en líneas de actuación y en su expresión métrica. cuando se quiere llevar a la práctica y se debe traducir en

decisiones y en la aplicación de fuertes inversiones para el crecimiento de todo el sistema energético.

La planificación energética tiene dos horizontes, el de la demanda o sea de la forma y dimensión del futuro del mercado y de la producción o la oferta que debe ir evolucionando morfológicamente y ordenando para ajustarse en el espacio y en el tiempo a la demanda conjunta de los usuarios.

2.2.1. El Crecimiento Económico Y Tecnológico

La planificación energética es un asunto por demás difícil e incierto y, por lo tanto, susceptible de muchos errores puesto que básicamente debe tomarse en cuenta lo siguiente:

1. Especificidad y tamaño de la demanda futura.
2. Evolución de la oferta hasta lograr un ajuste a la demanda, con un apreciable margen de seguridad.

Surge entonces la pregunta: ¿Qué nivel de ajuste?. Para lo cual cabe anotar que el adaptar un margen de seguridad alto es lo más conveniente porque un déficit imprevisto es varias veces más costoso que la existencia de un superávit energético.

El déficit involucra la disminución del crecimiento económico, mientras que el superávit únicamente se refiere al recargo calculable del capital invertido.

Existe un hecho innegable en lo referente al aprovechamiento de los recursos energéticos: No existe crisis energética sino crisis tecnológica. La cuestión radica en desarrollar tecnologías que posibiliten a tiempo el consumo de energéticos actualmente olvidados. La clave del bienestar futuro radica por lo tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En este punto debe anotarse que una tecnología necesita entre 30 y 45 años hasta llegar al mercado pues. atraviesa básicamente por las siguientes fases: factibilidad científica. desarrollo técnico. demostración técnica y planta comercial. para finalmente integrarse al sistema social. Se indica además. que cada fase es más costosa que la anterior y está dada por sus limitaciones prácticas así como también por el nivel de inversiones necesarias y diversos parámetros operativos. institucionales. administrativos y de contaminación entre otros.

Por otro lado. en lo referente a la demanda energética futura. existe un debate entre quienes están a favor del crecimiento económico y quienes están en contra del mismo. Se dice que el crecimiento trae consigo el mejoramiento de la calidad de la vida. pero que también origina varios costos sociales como:

contaminación ambiental, aglomeración urbana, delincuencia e inseguridad, por citar unos cuantos.

Así mismo se afirma que el crecimiento económico se resume en cuánto está dispuesta la sociedad actual sacrificar en beneficio de la gente del futuro. Antes que elaborar bienes de consumo se debería fabricar bienes duraderos como infraestructuras viales, represas, etc. O dirigir los recursos intelectuales a la invención de innovaciones útiles para las futuras generaciones.

La relación del crecimiento económico con el grado de desarrollo tecnológico está dada econométricamente por la función de producción de Cobb-Douglas, la misma que en su forma más general se define así:

Ecuación 2.3

$$Y = e^{at} K^{b} L^{c}$$

Donde Y es el volumen de producción económica; K es el capital; L es la mano de obra; a, b y c son constantes; y t es el tiempo el mismo que incorpora implícitamente la variación tecnológica. De igual manera, no se debe pensar en una relación estrecha entre un aumento de la productividad de la mano de obra y el mayor esfuerzo de los trabajadores, su mayor instrucción,

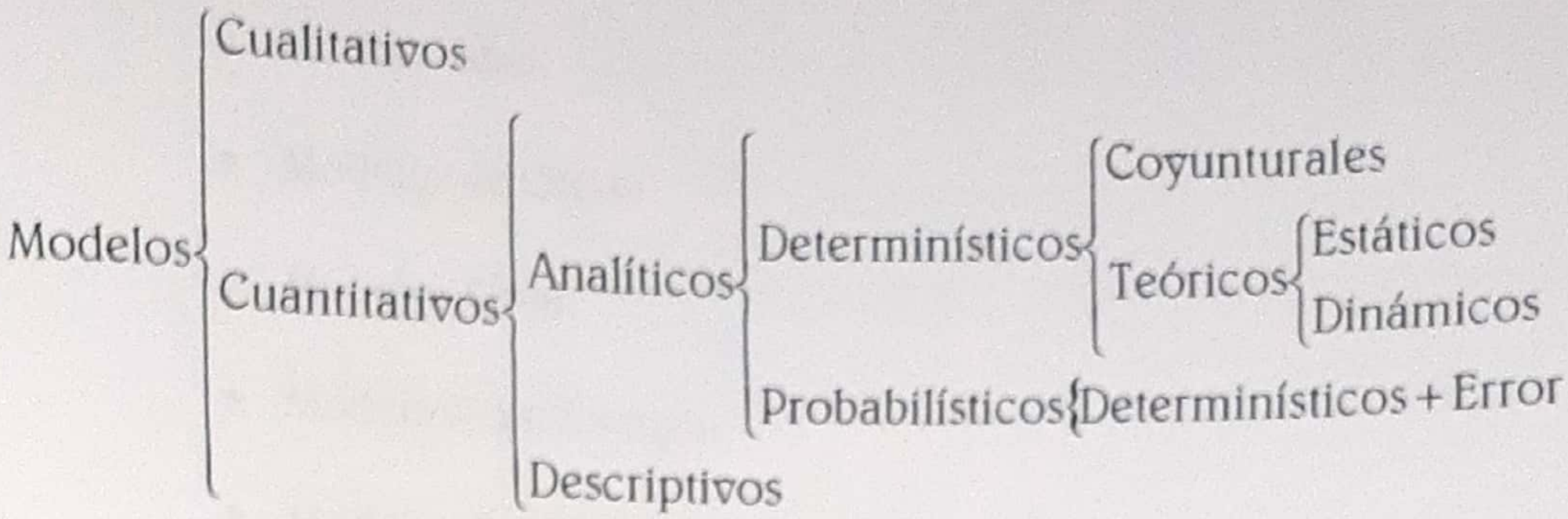
iniciativa, e incentivos, o una eficiente administración energética. Lo que se nota claramente es que la mayor productividad del trabajo depende en gran medida del mejoramiento tecnológico.

El pronóstico de la tecnología es una actividad muy compleja. si se lo representa en función del tiempo toma la forma de una curva sigmoide con las siguientes fases: crecimiento lento: crecimiento rápido (exponencial). consolidación(se aplana la curva). y madurez(cuando surgen las limitaciones y tiende hacia un límite asintótico).

La planificación energética requiere de tres actividades básicas:

a) Formulación de un escenario que constituye la imagen objetivo a largo plazo.
b) Ofrece varias opciones para llegar hacia el objetivo. con la posibilidad de simular el impacto y eficiencia de las medidas socioeconómicas que se tomen.
c) Ofrece una visión clara sobre el corto plazo para que el sendero hacia el objetivo sea claro.

Se reconoce que toda clasificación de los modelos es arbitraria pero se propone la siguiente taxonomía:



Los modelos analíticos son aquellos que establecen una solución mediante lenguajes matemáticos. Los descriptivos no convergen a una solución analítica pero son susceptibles de una simulación(1).

Existen varios tipos de modelos energéticos de los cuales se los ampliará en forma breve en la siguiente sección.

- Modelos Deductivos:
- Modelos Dinámicos Energéticos:
- Modelos Prospectivos:
- Modelos Inerciales:
- Modelos de Flujo Energético:
- Modelos de Simulación:
- Modelos de Estructura:
- Modelos Medee:

---

(1) Modelización del Sector Energético, Volumen V, Madrid, 1986

- Modelo Abel:
- Modelos de Oferta:
- Modelos Efom:
- Modelo Multi-Energía:
- Modelos de Impactos:

2.2.2. Diseño De Escenarios

Para el IIASA (International Institute for Applied System Analysis) "escenario es una caracterización de un posible estado futuro de un sistema y es útil para sintetizar las proyecciones que se formulan"(2).

La tarea de diseñar escenarios es subjetiva e iterativa. Subjetiva porque existen concepciones que no pueden defenderse en base a la lógica y es iterativa porque cuando existen inconsistencias en los resultados de los modelos propuestos, es necesario variar los flujos de entrada básicos.

Un escenario debe ser consistente en lo referente a las cantidades producidas y consumidas. también debe contener proyecciones

---

(2) Modelización del Sector Energético. Volumen V. Madrid. 1986

razonables. sin cambios bruscos y basados en el crecimiento de la población. producto interno bruto y cambios sociopolíticos.

Para el modelo GRENOBLE-MEDEE se debe crear hipótesis que caractericen al escenario de una forma coherente sobre la base de las variables inerciales es decir aquellas que no varían significativamente en el tiempo.

La tarea de definición del escenario comienza con una caracterización del mundo mediante variables. cuantitativas (crecimientos) o cualitativos (tendencias). así como con una caracterización a nivel nacional que guarde coherencia con el contexto internacional. Por lo que el problema fundamental de diseñar escenario está en lograr la coherencia entre las hipótesis que se vierten sobre cada variable.

La tarea de construir un escenario comienza suponiendo los determinantes de la oferta y demanda energéticas. se define la variable del escenario. de la cual esta debe ser coherente para ser aceptada o sino se ensaya otro futuro.

2.3. MODELOS ESPECIALES

Con independencia del enfoque dado a la planificación. un sistema energético se compone de numerosas instalaciones y emplea tecnologías de características muy diferentes. por lo que al lado de un modelo general

de optimización de la oferta. pueden utilizarse. como instrumento auxiliares. modelos subsectoriales proyectados sobre sectores determinados. como puede ser el sector eléctrico. sector petrolífero. sector de gas o incluso más concretos todavía. sobre la producción hidráulica. el refinamiento de petróleo. la gasificación del gas natural. las redes de distribución de gas. el almacenamiento de carbones. etc.

A continuación se describe brevemente cada modelo energético. construidos por determinados países para luego analizar cual de ellos se puede implementarse en una economía ecuatoriana.

Modelos Inerciales

Se analizan las relaciones entre los macro- parámetros de la economía. energía y de esos parámetros se seleccionan los que tengan una mayor inercia. es decir que evolucionen lentamente en el tiempo. Si se dispone de una estadística precisa es posible deducir series de tiempo que nos permitan hacer la previsión de las variables. en base a una elegida como referencia. o bien a un conjunto de variables elegidas como escenario de la proyección. Las mismas que se referirán a datos sectoriales observados a los niveles de producción y consumo históricos. para así cuantificar la demanda energética futura.

Modelos Prospectivos

Se refieren a las previsiones que se proyectan a largo plazo. En los modelos Prospectivos se realiza un esfuerzo complementario para examinar cuales pueden ser los cambios que se han de producir y las clases de tecnologías que se pueden incorporar. Los modelos de carácter Prospectivos son del tipo de escenario. en los cuales hay que admitir como hipótesis una determinada estructura social y tecnológica. en cada horizonte futuro considerando como objetivo de la proyección.

La utilidad del modelo es de carácter analítico para así poder comparar las hipótesis futuras. en lo referente a la estructura social. económica y tecnológica.

Los modelos Prospectivos admiten una gran variedad de fundamentaciones y en general su algoritmo parte de una situación concreta. presente. caracterizada por unas determinadas vinculaciones económio-sociales que se han de enlazar con otra futura. hipotética. susceptible de una definición ocurrente. en la cual puede jugar fácilmente la fantasía del modelador y en la que se deben definir los grandes macro-parámetros del comportamiento social y de la efectividad tecnológica.

El escenario urbano social y el escenario tecnológico jugarán un papel predominante en esta clase de modelos Prospectivos. Estos prototipos no tiene gran utilidad en la Planificación Energética a medio plazo por lo que

debe considerarse como instrumento de investigación para el progreso de ordenamiento territorial y de la conducta social.

Modelos Deductivos

El modelo deductivo está sostenido en una formulación físico-matemática que pretende ser rigurosa. El sentido de este modelo es establecer una vinculación entre la demanda de energía y ciertas magnitudes de carácter económico -social o físico. Por lo cual establece una dependencia matemática:

Ecuación 2.4.

$$D(E_i) = f(P_k, P_j, P_l)$$

En la cual E_i es la demanda de energía de un determinado sector y P_k, P_j y P_l los parámetros físicos-económicos que la modulan.

Luego agrupando toda la formulación matemática que defina las distintas demandas parciales, se conseguirá una expresión o fórmula general para evaluar en cada momento, la demanda de energía, en función de las variables independientes.

Modelos Dinámicos Energéticos

Los modelos dinámicos tienen una dependencia entre la función de entrada y la función de salida, que se modifican de acuerdo a los cambios

estructurales. tratando de alcanzar una solución convergente de algún parámetro específico.

El modelo dinámico toma en consideración: fundamentalmente los precios de los recursos energéticos. evolución en el tiempo. los costes de la tecnología. las inversiones y el coste del dinero.

El modelo dinámico energético se simplifica en los siguientes módulos:

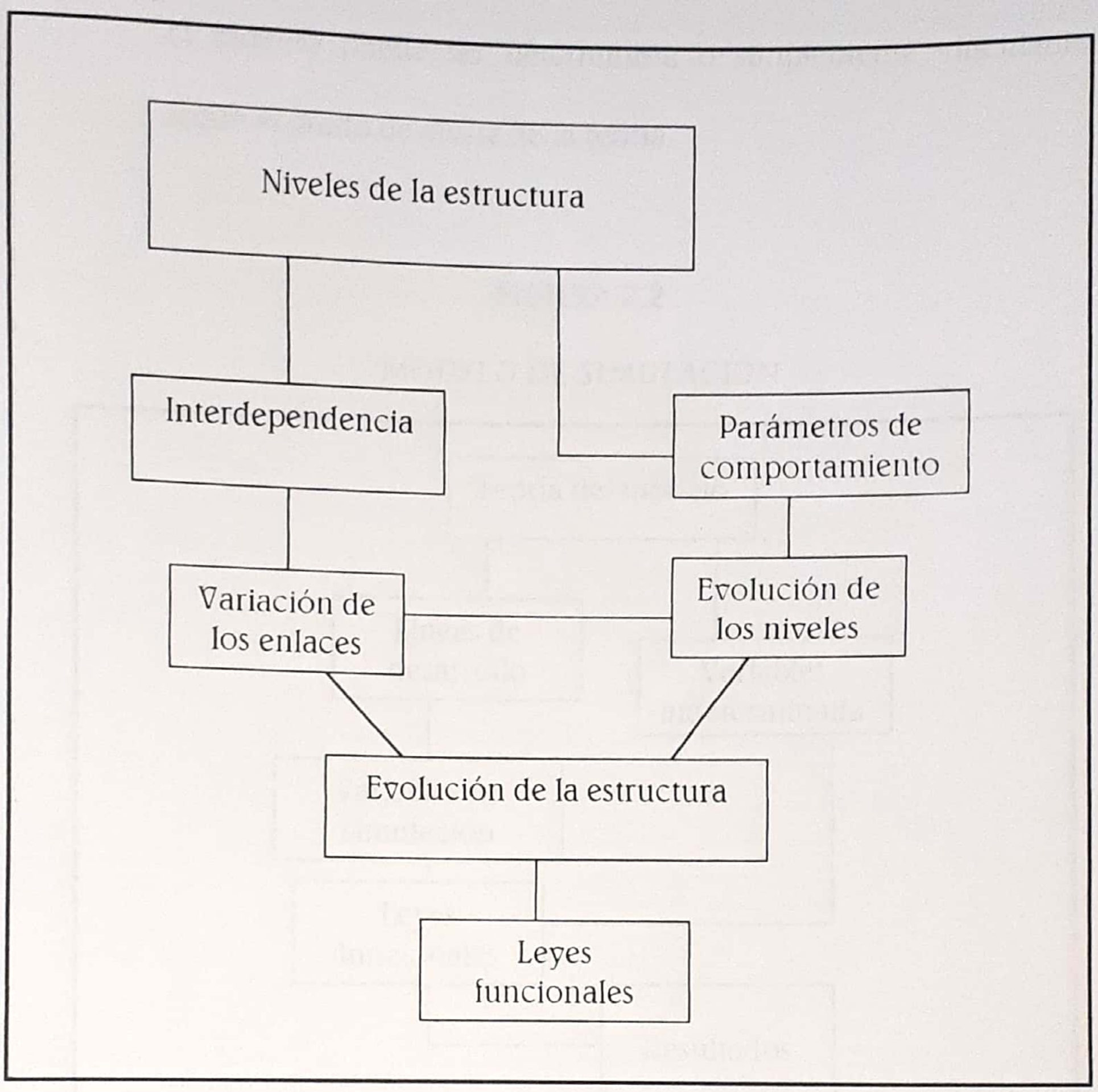
1. Módulo de demanda de energía primaria.
2. Módulo de evolución de los precios de los recursos.
3. Módulo de oferta del sector energético.
4. Módulo económico. principalmente de consumo de los diferentes sectores.
5. Módulo de inversión. modificando los sectores consumidores.
6. Módulo tecnológico para precisar los cambios atribuibles a la inversión.

Modelos de Estructura

Este modelo se aplica a sectores complejos en donde se utiliza múltiples variables que se clasifican ya sea en grupos similares o en niveles de la estructura. En el siguiente gráfico se sintetiza la aplicación del modelo de Estructura:

FIGURA 2.1

MODELO DE ESTRUCTURA



Modelos de Simulación

Pretenden representar la fenomenología de un problema por medio de una teoría que lo interpreta con suficiente aproximación.

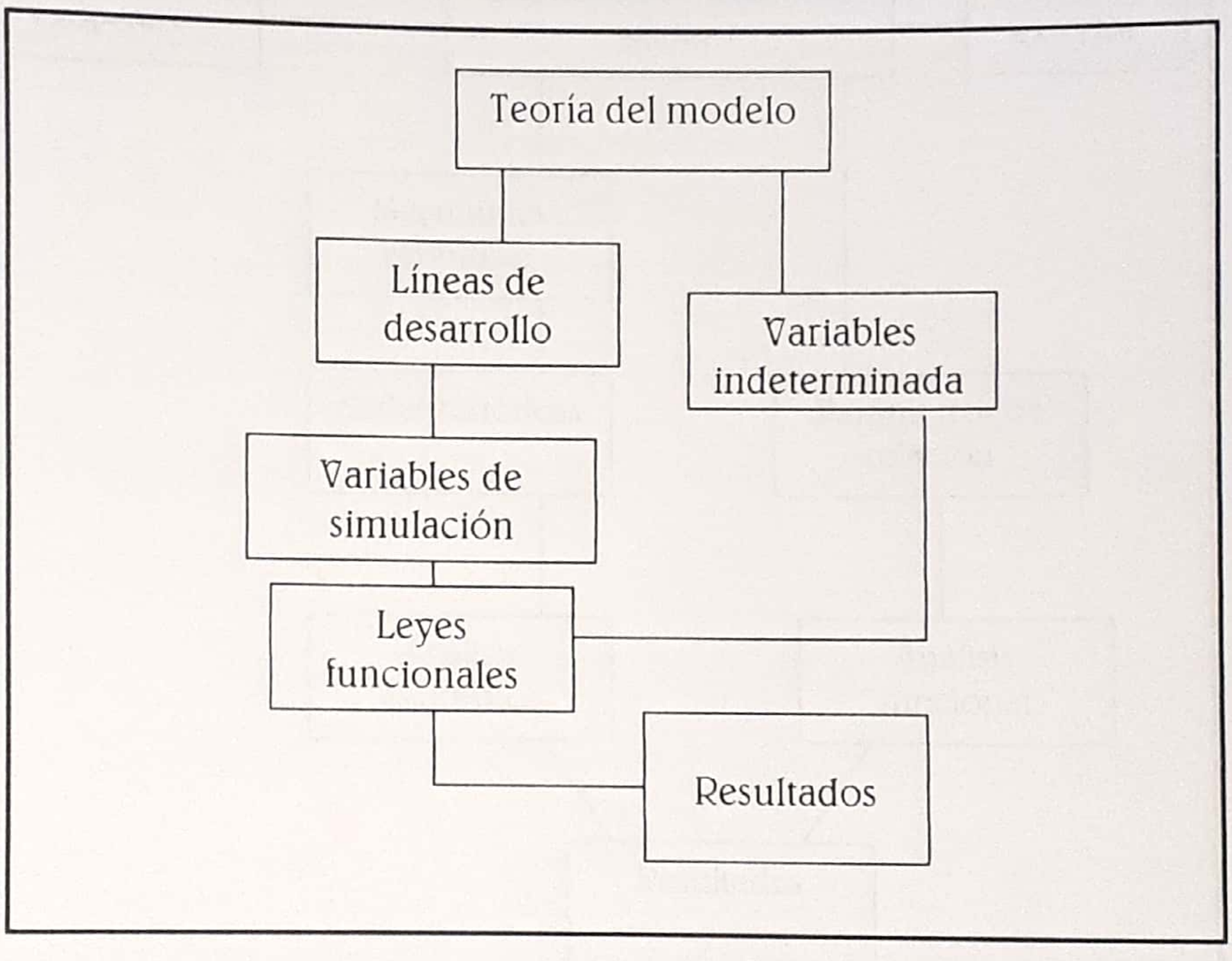
El modelo se concreta en un esquema que simule las principales líneas de la teoría. La simulación se realiza por medio de

parámetros que evolucionan según leyes funcionales o matriciales.

El modelo puede ser determinista o simplemente vinculante. según el grado de ajuste de la teoría.

FIGURA 2.2

MODELO DE SIMULACIÓN



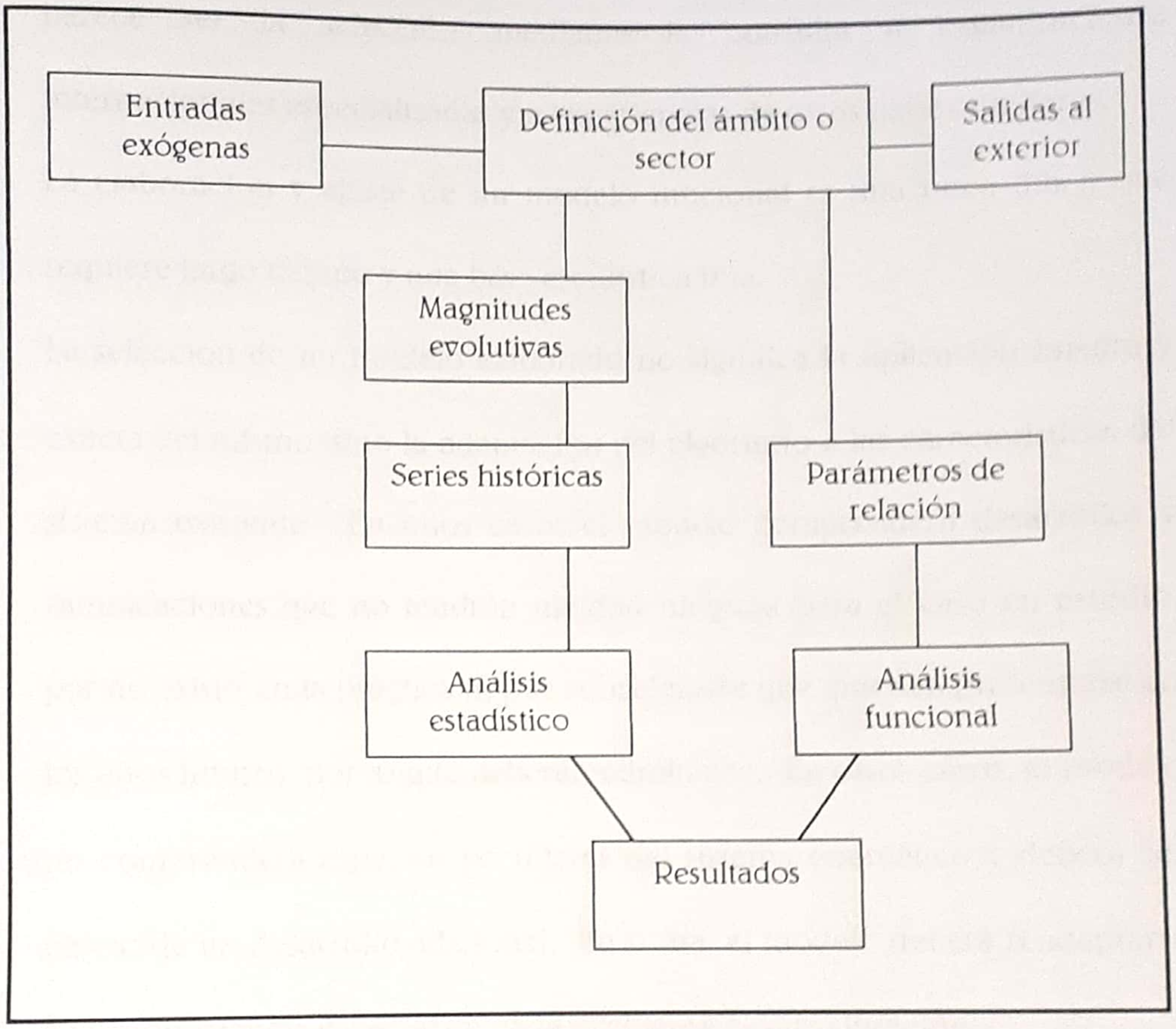
Modelos Analíticos

Concentran su examen a un ámbito determinado de la actualidad económica. registrando con el mayor rigor posible el ritmo de cambio en el tiempo y las variaciones de las magnitudes de

mayor significación a través de una contabilidad estadística que se ordena en series cronológicas.

FIGURA 2.3

MODELOS ANALÍTICOS



El análisis de las series estadísticas y la introducción de relaciones y parámetros de comparación permite en muchos casos medir el régimen evolutivo. y establecer vinculaciones y enlaces entre las variables que son circunstanciales pero que se mantienen durante

un cierto tiempo, además de ser útiles para la previsión de los cambios.

2.4. SELECCIÓN DE MODELOS

A pesar de que cabe la elaboración de modelos propios, lo más aconsejable parece ser la selección mediante la consulta a organizaciones internacionales especializadas y a experiencias de otros países similares.

La elaboración y ajuste de un modelo funcional es una tarea difícil que requiere largo tiempo y una base estadística fina.

La selección de un modelo elaborado no significa la aplicación íntegra y exacta del mismo, sino la adaptación del algoritmo a las características del sistema existente. En unos casos el modelo comprenderá desarrollos y ramificaciones que no tendrán utilidad ninguna para el caso en estudio, por no existir en la práctica ni por considerarse que pueden presentarse en los años futuros, por lo que deberán eliminarse. En otros casos, el modelo no comprenderá aspectos peculiares del sistema energético y deberá ser objeto de un desarrollo adicional. En suma, el modelo deberá readaptarse a la circunstancia especial de cada problema y cada situación.

Cuando se trata de introducir un modelo elaborado y la información estadística económica requerida no es suficiente, debe llevarse a cabo una previa labor de acomodación y simplificación. No tiene ningún interés práctico pretender obtener mayor precisión por medio de algoritmos

matemáticos complejos, cuando los datos que se suministran de base al modelo carecen de rigor. Es un error que se comete con mucha frecuencia que tiene un elevado coste y que introduce confusión en el análisis. A este respecto se eligen modelos de gran complejidad. elaborados por los principales centros de investigación mundial y luego se aplican a ámbitos de escaso desarrollo económico y estadístico. con lo que se obtiene un resultado totalmente deformado.

Para el desarrollo de los próximos capítulos se analizó detalladamente que modelo podría emplearse para modelar la demanda energética. por lo cual se observó que el modelo ha ser escogido debe ser un modelo dinámico estocástico a mediano plazo porque la información obtenida es una serie histórica donde interviene la variable tiempo y pueden sufrir modificaciones aleatorias. De igual manera se orientó hacia un modelo de simulación en el cual se podrá obtener una representación admisible de la realidad energética.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ECUADOR

En el presente capítulo se analizará estadísticamente el consumo de las dos principales clases de energía consideradas que se consumen en el país que son: la energía hidrocarburífera y la energía eléctrica. Por lo tanto. se hace referencia a los conceptos y base metodológicas principales de diferentes técnicas matemáticas. las más frecuentes dentro del ámbito de la modelización.

3.1. *ANÁLISIS DE DATOS*

El análisis de datos consta de las siguientes partes:

1. Matrices de datos.
2. Análisis de componentes principales.
3. Análisis factorial.
4. Análisis "cluster".
5. Análisis discriminante.
6. Análisis de correspondencias.
7. Regresión.
8. Correlaciones.

Para el desarrollo del capítulo se analizará componentes principales para seleccionar las variables relevantes a utilizar en los próximos capítulos y. análisis "cluster" para agrupar dichas variables.

El Análisis de Datos constituye el desarrollo de varias técnicas matemáticas. mediante las cuales de una gran información se extraen los elementos importantes para ser analizados. Al referirse Análisis de Datos se refiere al Análisis Multivariante. El objetivo de las matemáticas es proveer las medias globales de explotación de la información disponible. medias que permitirán a través de gráficos y características numéricas. responder a las preguntas sentadas con anterioridad. Se trata de reducir la información con el mínimo de deformación de los datos contenidos en una tabla.

Las técnicas multivariantes se pueden definir como un conjunto de métodos estadísticos que analizan de forma simultánea dos o más variables observadas. A partir de esta definición se puede deducir que permitirán una *visión de conjuntos* de los fenómenos, desentrañando la compleja interacción de factores que siempre existen en los fenómenos energéticos, y en este sentido constituyen un avance frente a los estudios clásicos univariantes. Sin embargo, la aportación de las técnicas multivariantes es mucho mayor.

El análisis estadístico multivariante recoge varias técnicas de análisis de datos. Todas ellas tratan de describir, clasificar y clarificar los datos.

Cuando se trata de explicar unas variables en función de otras o de algunos tratamientos, se utilizan la regresión, el análisis de varianza o el análisis canónico.

3.1.1. *Matriz De Datos*

La Matriz de Datos está conformada por filas y columnas, con los datos a analizarse.

La población objetivo para el siguiente trabajo son todas las personas y empresas que habitan en el país, que consumen y demandan energía para satisfacer sus necesidades. Para obtener la información se tomó una base de datos de las entidades

correspondientes a la energía hidrocarburífera y eléctrica. estas son la DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS (DNH) y el SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO (SNI) respectivamente.

La información de datos energéticos se ha recopilado mensualmente desde el año 1990. ya que para la realización de proyecciones futuras se requiere datos históricos de por lo menos los últimos cinco años. En esta información. el año 1990 hasta el año 1998. se tiene la cantidad de energía que el país demandó y su producción mensual.

3.2. VARIABLES

La matriz de datos para realizar los análisis respectivos está conformada por las siguientes variables macro- económicas:

- Crecimiento poblacional
- Consumo final
- Evolución de los precios de la energía
- Demanda real
- Producción de energía
- Importaciones
- Exportaciones

- Ingreso Real
- Producto Interno Bruto

3.2.1. Importancia

Las variables macro- económicas mencionadas son de gran importancia en el contexto energético. debido a que estas van a explicar la evolución de situaciones y proyectar la demanda de energía.

Para realizar el modelo de la demanda se introdujo el ingreso y el gasto de entidades públicas y privadas. porque estas variables son factores determinantes. para obtener la previsión de la demanda.

Al analizar estas funciones se va a determinar los flujos energéticos y los consumos de energía para los sectores que se van a estudiar.

Se escogió como variable la evolución de los precios de energía ya que si se conoce esta información se podrá establecer con mayor precisión las soluciones adecuadas para el crecimiento del sistema generador.

Como ya se mencionó anteriormente. el objetivo del proyecto es el ajuste entre la oferta y la demanda. por lo que. con un modelo adecuado se podrá precisar con suficiente aproximación la

demanda energética del país y, en un futuro la generación de energía podrá acertar la cantidad de dicha energía para así, abastecer al país.

Otras variables de gran importancia son las importaciones y exportaciones que realiza el país, ya que las exportaciones son fuentes de ingreso debido a que otros países demandan en gran cantidad. Con respecto al petróleo el país registra una capacidad de producción de 295.000 barriles diarios. De esa cifra, cerca de 160.000 barriles son destinados al mercado exterior, y la diferencia (135.000) son para el consumo interno a través de las refinerías.

El crecimiento poblacional depende en gran cantidad de la energía que se consume, por tanto mientras más habitantes existan, mayor será el consumo de energía, estas variables tienen una alta correlación, por lo que es necesario mencionarlas para realizar las proyecciones de la demanda.

3.2.2. *Tipos De Datos*

Los datos obtenidos son variables cuantitativas o escalas métricas, ya que el valor que dan las variables como ingreso, consumo,

número de habitantes. etc. son valores numéricos que se pueden cuantificar. por ende realizar operaciones tanto matemáticas como estadísticas.

3.2.3. Tabla De Datos

Para la matriz de datos de la demanda de energía. las n filas son los años desde 1990 hasta 1998 y las p columnas son las variables a utilizarse mencionadas anteriormente. El tipo de tablas que se utilizará son tablas de series temporales. ya que recogen el valor de un conjunto de variables en distintos momentos del tiempo.

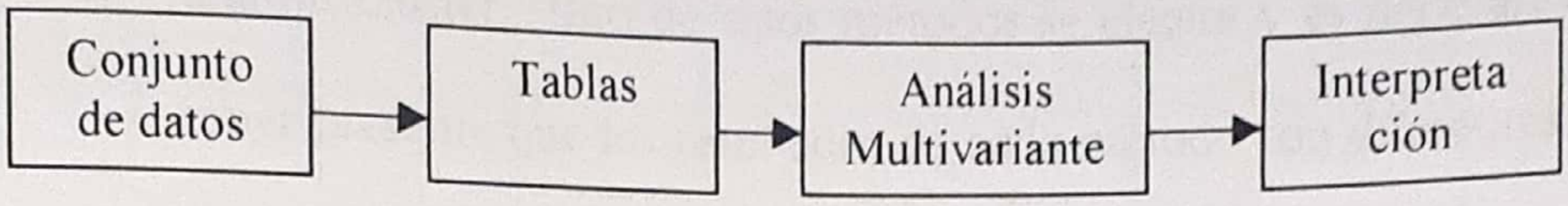
3.2.4. Proceso General Del Análisis De Datos

El análisis de datos es un conjunto de técnicas donde se desarrollan los problemas estadísticos.

Para lo cual se necesita un conjunto de datos informativos. los que se van a estudiar. este conjunto de referencias es necesario transformarlo en una tabla rectangular que represente los elementos cifrados. En el gráfico siguiente se mostrará resumidamente el proceso del análisis de datos.

FIGURA 3.1

PROCESO DEL ANÁLISIS DE DATOS



Fases previas al análisis de datos

1. Especificar los objetivos e hipótesis del estudio.
2. Elegir las unidades informadoras. es decir. el conjunto de unidades en donde se extraerá la información.

Fases en un proceso de análisis de datos

Primera etapa: Conjunto de datos

Una vez que se obtienen los datos sobre la demanda. oferta. ingreso real. etc.. se procederá a formar una matriz. si estas variables no están establecidas se las codificará de acuerdo a la variable.

Segunda etapa: Tablas

La tabla de datos por analizar se organiza cruzando el conjunto de individuos y el conjunto de variables.

Tercera etapa: Análisis Multivariante

El tipo de análisis depende del origen de cada variable. Se usará las técnicas estadísticas de análisis en componentes principales. análisis cluster. Uno de estos métodos se elegirá y es necesario tener presente que los resultados de cada método son diferentes. por lo tanto se deberá analizar antes de elegir.

Cuarta etapa: Interpretación

Los resultados que arrojan los métodos multivariantes solamente son entendibles por el técnico. por esa razón es necesario acompañar los resultados con unos comentarios que concreten el contenido.

3.3. ANÁLISIS UNIVARIADO

El análisis univariado comprende toda la estadística descriptiva de cada una de las variables cuantificables. a continuación de manera esquemática se presentarán cada una de ellas.

CRECIMIENTO POBLACIONAL

Unidad	Habitantes
# de casos	8
Mínimo	1.02640E+07
Máximo	1.19370E+07
Rango	1.67300E+06
Suma	8.88040E+07
Mediana	1.11010E+07

Media	1.11005E+07
Desviación Estándar	5.85778E+05
Varianza	3.43136E+11
Coeficiente de Variación:	0.05277
Sesgos	-0.00098
Kurtosis	-1.20525

De los ocho años analizados, el número promedio de habitantes en el Ecuador ha sido de 11.100.500 habitantes, es decir que tiene un crecimiento promedio del 2.17% anual. La varianza refleja la dispersión de la distribución de la variable por lo cual su desviación estándar es de 585.778.3589 habitantes. El sesgo mide el grado de simetría de la distribución alrededor de la media, por lo tanto -0.00098, significa que la distribución es negativamente asimétrica. La kurtosis mide el grado de picudez de la distribución por lo que su valor es de -1.20525. El coeficiente de variación es la desviación estándar dividida para su muestra.

DEMANDA DE ENERGÍA

Unidad	TEP
# de casos	96
Mínimo	784749.4000
Máximo	1.96520E+06
Rango	1.18045E+06
Suma	1.28847E+08
Mediana	1.33988E+06
Media	1.34216E+06
Desviación Estándar	245008.4005
Varianza	6.00291E+10
Coeficiente de Variación	0.1825
Sesgos	0.0683
Kurtosis	-0.2031

La variable de demanda de energía es muy importante ya que con ella se trabajará para realizar las proyecciones y poder saber que cantidad producir para que exista un balance energético en el país. La unidad de la demanda de energía está dada por una unidad energética llamada Toneladas equivalentes de petróleo (TEP).

El número máximo de demanda de energía es 1.96520E+06 lo cual corresponde al mes de julio de 1997. es decir que en ese mes se demandó ese valor de toneladas equivalentes de petróleo. Cabe notar que el número mínimo es 784749 que corresponde al mes de abril de 1990.

PRODUCTO INTERNO BRUTO

Unidad	10^9 sucres
# de casos	20
Mínimo	49972.00000
Máximo	57447.00000
Rango	7475.00000
Suma	1.07276E+06
Mediana	53869.50000
Media	53637.75000
Desviación Estándar	2300.85856
Varianza	5.29395E+06
Coeficiente de Variación	0.04290
Sesgos	-0.11673
Kurtosis	-0.95583

El producto interno bruto se lo obtiene anualmente ya que son todos los bienes y servicios finales producidos por un país en un año. El PIB

comprendido en el periodo 1997 a 1998 tiene un promedio de 53637.75 y una desviación de 2300.85 por lo cual su tasa promedio de crecimiento es de 3.13% anual. El PIB es negativamente asimétrica.

OFERTA DE ENERGÍA

Unidad	TEP
# de casos	96
Mínimo	1.08761E+06
Máximo	1.81511E+06
Rango	727498.9000
Suma	1.42986E+08
Mediana	1.51862E+06
Media	1.48944E+06
Desviación Estándar	193397.6852
Varianza	3.74027E+10
Coeficiente de Variación	0.1298
Sesgos	-0.2051
Kurtosis	-1.3278

Para la oferta de energía cuya unidad está en TEP unidad energética tiene una media de 3701.5 que se encuentra entre los datos de una serie histórica de 1990 a 1997. su varianza es de 854100e6. es decir la dispersión de sus datos. cuya desviación estándar es 2922.49. Está sesgada negativamente. y un grado de picudez de -1.3278.

EXPORTACIONES

Unidad	Miles de dólares
# de casos	104
Mínimo	2.15613E+05

Máximo	4.77291E+05
Rango	2.61678E+05
Suma	3.47670E+07
Mediana	3.17776E+05
Media	3.34298E+05
Desviación Estándar	72414.01692
Varianza	5.24379E+09
Coeficiente de Variación	0.21661
Sesgos	0.12075
Kurtosis	-1.28816

En la variable de exportación se tiene un promedio de 3.34298e5 de miles de dólares que el país obtiene exportando sus productos de mayor concentración. Su varianza es de 5.24379e9 miles de dólares que varía en el transcurso del tiempo. La distribución de las exportaciones tiene un sesgo positivo de 0.12075.

INGRESO REAL

Unidad	Millones de sucres
# de casos	20
Mínimo	9.54438E+05
Máximo	3.69443E+06
Rango	2.73999E+06
Suma	4.21579E+07
Mediana	1.95911E+06
Media	2.10789E+06
Desviación Estándar	9.05651E+05
Varianza	8.20203E+11
Coeficiente de Variación	0.42965
Sesgos	0.47956
Kurtosis	-1.09767

El ingreso real, que comprende el nivel de renta del que disponen las economías domésticas para gastar y ahorrar, tiene un promedio de 2.10789e6 millones de sucres a nivel nacional, con una desviación estándar de 9.056511e5 millones de sucres. Esta sesgada positivamente.

3.4 ANÁLISIS MULTIVARIADO

Para la realización del análisis multivariado (correlación, análisis en componentes principales, análisis cluster) se aplicó los paquetes estadísticos como SYSTAT 95 y SPSS, para obtener el análisis respectivo.

3.4.1. CORRELACIONES

Se realizará un análisis de correlación para poder determinar, como se relacionan estas variables macro -económicas.

En el análisis univariado se analizó que los datos provenientes pertenecían a una población por lo cual procederemos a calcular el estimador $\hat{\rho}$, llamado coeficiente de correlación de la muestra, suele denotarse por medio de la letra r y su cálculo esta dado por:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} S_{yy}}}$$

ρ va a medir la intensidad de la relación lineal entre x e y. Se procederá a establecer la relación entre las variables (crecimiento. ingresos. exportaciones e importaciones contra la demanda de energía). la matriz de correlación entre el grupo de variables se encuentra en los anexos.

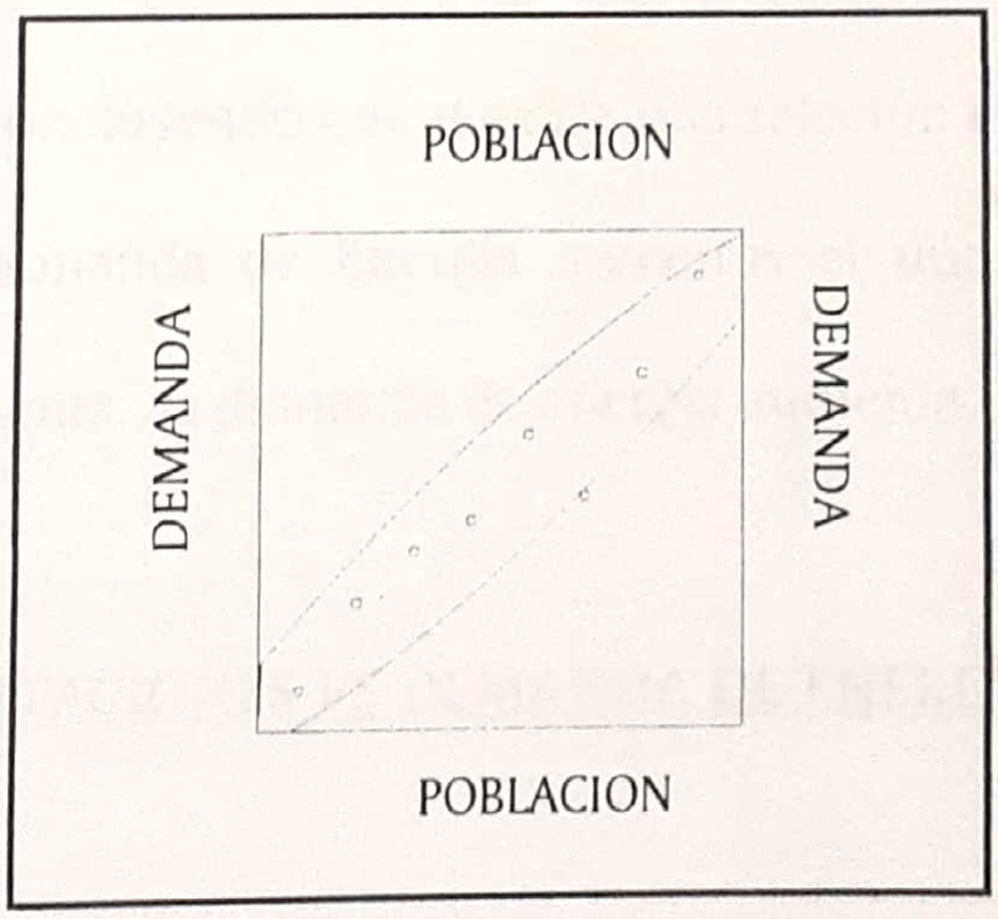
CRECIMIENTO POBLACIONAL VS DEMANDA DE ENERGÍA

El crecimiento poblacional y la Demanda de energía son valores de una población normal bivariada es decir. son normales con media μ y varianza σ^2.

	Demanda	*Población*
Demanda	1	
Población	0.95639654	1

Figura 3.2

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE LA POBLACIÓN Y LA DEMANDA



El valor de ρ es 0.95. lo cual quiere decir que existe una alta correlación positiva entre el crecimiento poblacional y la demanda de energía. Es decir que el 90.25% de la variación de las y(Demanda de energía) se atribuye a una relación lineal con las x(Crecimiento Poblacional).

Para verificar la correlación se procederá a realizar una prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0.01

Ho: $\rho=0$ vs H1: $\rho\neq0$

Rechace la hipótesis nula sí $-z_{\alpha/2}\leq z\leq z_{\alpha/2}$

$z\leq -2.575$ o $z\geq 2.575$

como $z=\frac{\sqrt{n-3}}{2}*\ln\frac{(1+r)(1-\rho)}{(1-r)(1+\rho)}$

$z= 4.05$

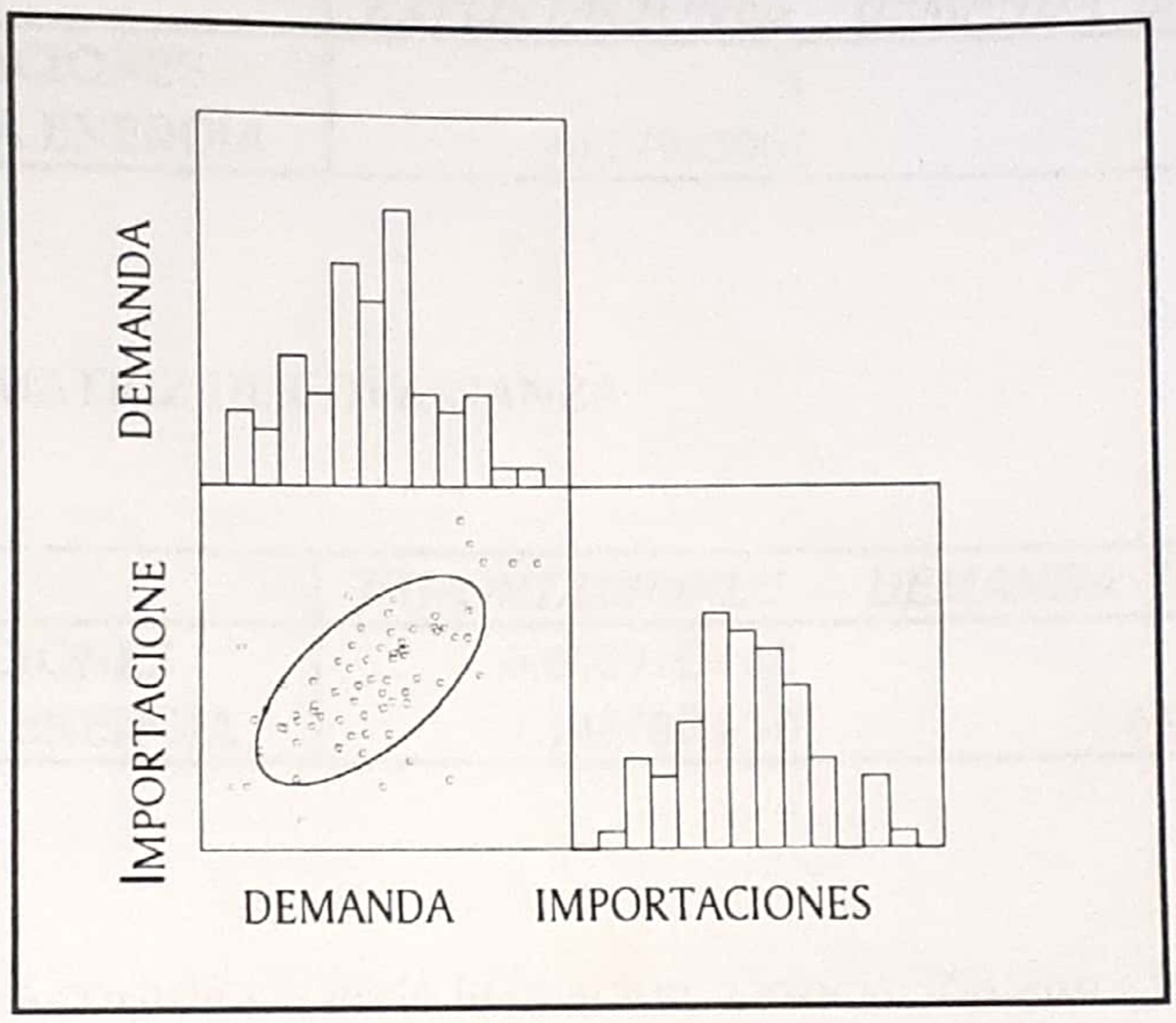
Ya que $z= 4.05$ es mayor que 2.575. debe rechazarse la hipótesis nula: concluyendo que si existe una relación entre el crecimiento y la Demanda de Energía. mientras el número de habitantes incrementa. la demanda de energía aumenta.

IMPORTACIONES VS DEMANDA DE ENERGÍA

	Importaciones	*energía*
Importaciones	1	
Energía	0.641626994	1

Figura 3.3

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE LAS IMPORTACIONES Y LA DEMANDA DE ENERGÍA



El valor de ρ es 0.64. con este valor se aprecia que la relación entre estas variables no es tan significativa. Es decir que el 40.96% de la variación de las y(Demanda de energía) se atribuye a una relación lineal con las x(Importaciones).

EXPORTACIÓN VS DEMANDA DE ENERGÍA

Las Exportaciones y la Demanda de energía son valores de una población normal bivariada es decir. son normales con media μ y varianza σ^2.

MATRIZ DE CORRELACIÓN

	EXPORTACIONES	*DEMANDA ENERGÍA*
EXPORTACIONES	1	
DEMANDA ENERGÍA	0.77983064	1

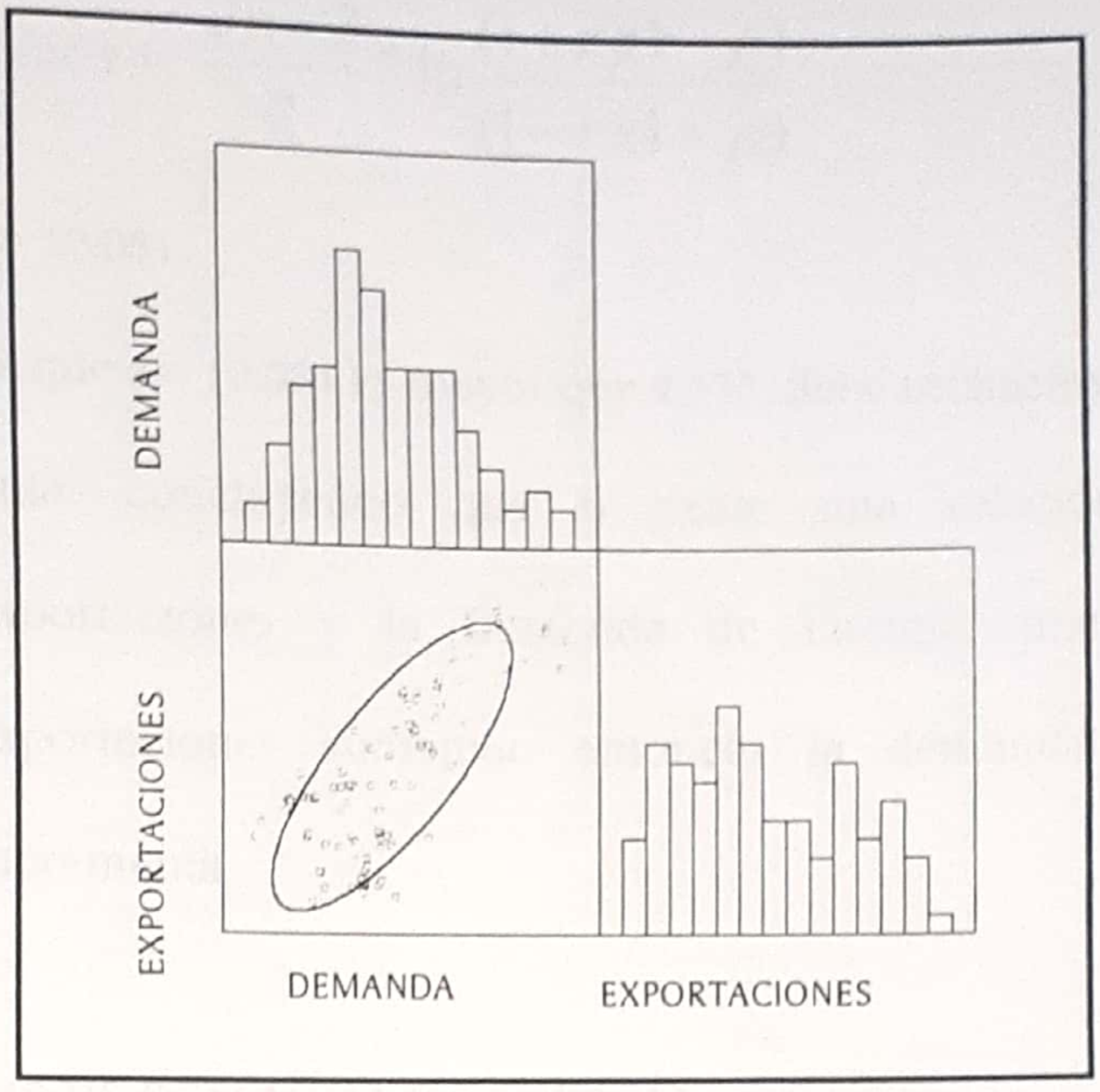
MATRIZ DE COVARIANZA

	EXPORTACIONES	*DEMANDA ENERGÍA*
EXPORTACIONES	6.00291E+10	
DEMANDA ENERGÍA	1.14879E+10	4.99187E+09

La covarianza mide la relación o asociación entre los valores de x y y. en la cual la COV(demanda. exportación) es 1.14879E+10. La diagonal es la varianza de las variables.

Figura 3.4

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE LA EXPORTACIÓN Y LA DEMANDA



El valor de ρ es 0.78. lo cual quiere decir que existe una alta correlación positiva entre las exportaciones que realiza el país y la demanda de energía. Es decir que el 61% de la variación de las y(Demanda de energía) se atribuye a una relación lineal con las x(Exportaciones realizadas en el país).

Para verificar la correlación se procederá a realizar una prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0.01

Ho: $\rho=0$ vs H1: $\rho\neq0$

Rechace la hipótesis nula sí $-z_{\alpha/2} \leq z \leq z_{\alpha/2}$

$z \leq -2.575$ o $z \geq 2.575$

$$\text{como } z = \frac{\sqrt{n-3}}{2} * \ln \frac{(1+r)(1-\rho)}{(1-r)(1+\rho)}$$

$z = 10.081$

Ya que $z = 10.081$ es mayor que 2.575. debe rechazarse la hipótesis nula: concluyendo que si existe una relación entre las exportaciones y la Demanda de Energía. mientras la las exportaciones aumentan entonces la demanda de energía incrementa.

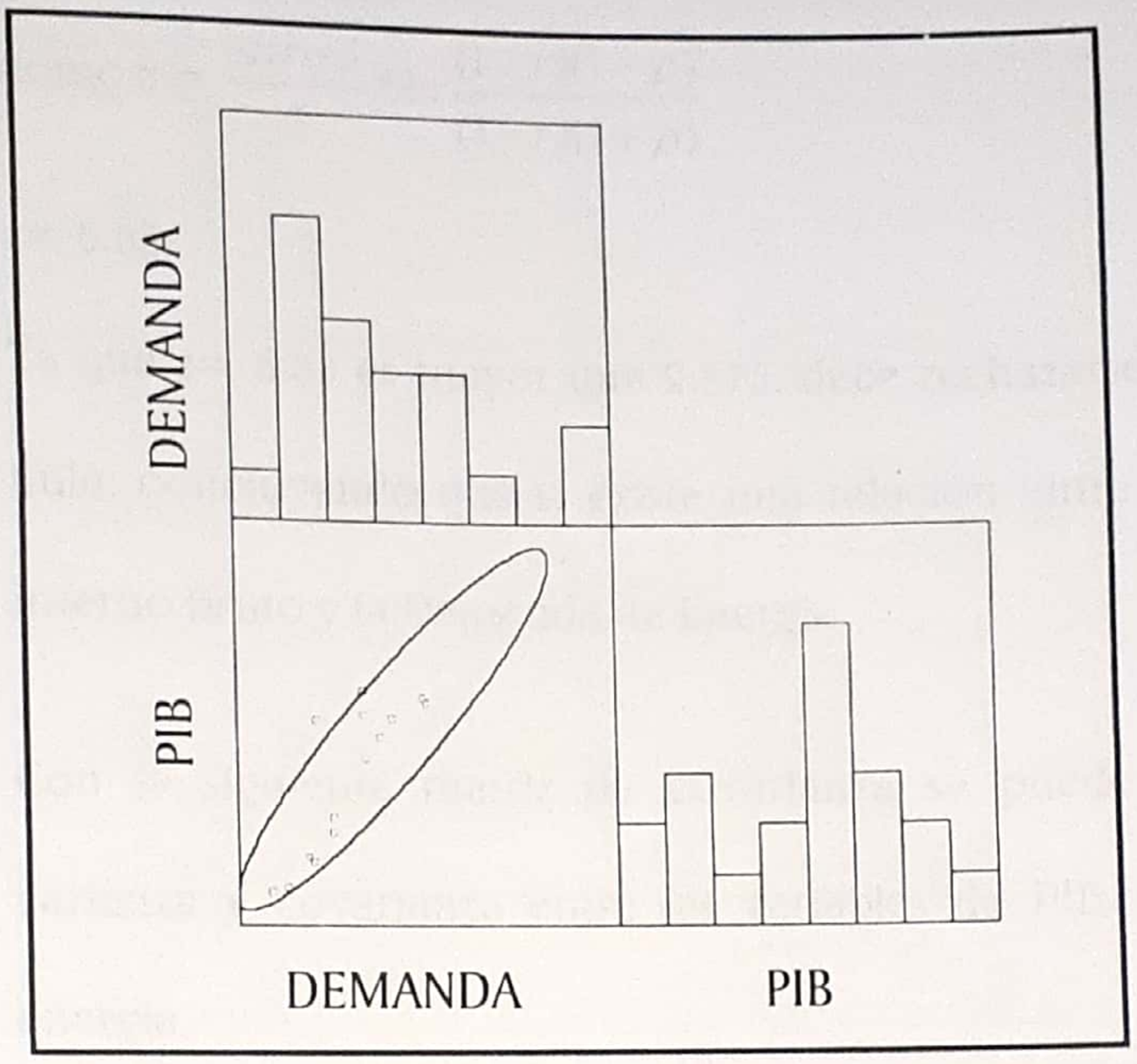
PIB VS DEMANDA DE ENERGÍA

El PIB y la Demanda de energía son valores de una población normal bivariada es decir son normales con media μ y varianza σ^2.

	PIB S/	*DEMANDA DE ENERGÍA*
PIB S/	1	
DEMANDA	0.92759	1

FIGURA 3.5

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE EL PIB Y LA DEMANDA



El coeficiente de correlación mide la intensidad de la relación lineal entre **x** y **y**. por lo cual ese valor de $\rho = 0.93$ quiere decir que existe una alta correlación positiva entre el PIB y la demanda de energía. Con lo cual se deduce que el 86% de la variación de las y(Demanda de energía) se atribuye a una relación lineal con x(PIB).

Para verificar la correlación se procederá a realizar una prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0.01

Ho: $\rho=0$ vs H1: $\rho\neq0$

Rechace la hipótesis nula sí $-z_{\alpha/2}\leq z\leq z_{\alpha/2}$

$z\leq -2.575$ o $z\geq 2.575$

como $z = \frac{\sqrt{n-3}}{2} * \ln\frac{(1+r)(1-\rho)}{(1-r)(1+\rho)}$

$z= 6.83$

Ya que $z= 6.83$ es mayor que 2.575. debe rechazarse la hipótesis nula: concluyendo que si existe una relación entre el Producto Interno Bruto y la Demanda de Energía.

Con la siguiente matriz de covarianza se puede observar la varianza y covarianza entre las variables de PIB. demanda de energía.

MATRIZ DE COVARIANZA

	PIB	*DEMANDA DE ENERGÍA*
PIB	5.29395E+06	
DEMANDA ENERGÍA	9.99205E+08	2.88851E+11

La relación entre la demanda de energía y el PIB es de 9.99205+08. su varianza de cada variable se encuentra en su diagonal.

3.4.2. ANÁLISIS CLUSTER

El análisis Cluster es una técnica que permite agrupar objetos sean estos variables o ítems. El objetivo de agrupar es asignar nuevas observaciones a uno de esos grupos.

Los ítems (unidades o casos) son agrupados. por algún orden en las distancias. Mientras que las variables son usualmente agrupadas en la base de los coeficientes de correlación.

La matriz euclideana o línea recta es la distancia entre un punto $P(x_1.x_2)$ al origen O(0.0) es el teorema de Pitágoras

$$d(O,P) = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$$

y más generalmente si se toma la distancia entre dos puntos arbitrarios P y Q donde sus coordenadas sean $P=(x_1.x_2.....x_p)$ y $Q(y_1.y_2.....y_p)$ entonces la distancia es dada por:

$$d(P,Q) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + ... + (x_p - y_p)^2}$$

Para obtener los grupos de variables se realizó un método de agrupación jerárquico en el cual trata de que los objetos similares sean primeramente agrupados y luego con este grupo inicial fusionarlo acorde a su similitud. Existe un algoritmo para agrupar N objetos (artículos o variables).

1. Empezar con N cluster.

2. Obtener una matriz simétrica de distancias entre los clusters U y V sea $\{d_{uv}\}$

3. Fusionar los clusters U y V. Etiquetado con un nuevo formato (UV). De la matriz de distancia se escoge la distancia mínima. se elimina la fila y la columna correspondiente al clusters U y V. se añade la fila y la columna dada por la distancia entre el cluster UV y se renombra el cluster.

4. Repetir el paso 2 y 3 en un total de N-1 veces. El método aplicado es conexión simple (distancia mínima).

La demanda de energía total en TEP se agrupó por medio de la demanda de energía hidrocarburífera en barriles y la demanda de energía eléctrica en Gigawattshora. Lo mismo sucedió con la oferta de energía total.

Los cluster de la matriz son seis:

TABLA 3.I.

MATRIZ EUCLIDEANA

	1	2	3	4
1	0	317971635	362239575	9893
2	317971635	0	50626627	317972339
3	362239575	50626627	0	362240271
4	9893	317972339	362240271	0

Codificación:

1	Demanda Eléctrica
2	Demanda Hidrocarburífera
3	Oferta Hidrocarburífera
4	Oferta Eléctrica

Se realizó esta agrupación para poder trabajar con la demanda de energía total y oferta de energía total. Lo que se trata de hacer es unificarlas de tal forma que cada grupo que se junte. tendrá significancia. El método aplicado es el de conexión simple (la distancia mínima o el vecino mas cerca).

TABLA 3.II

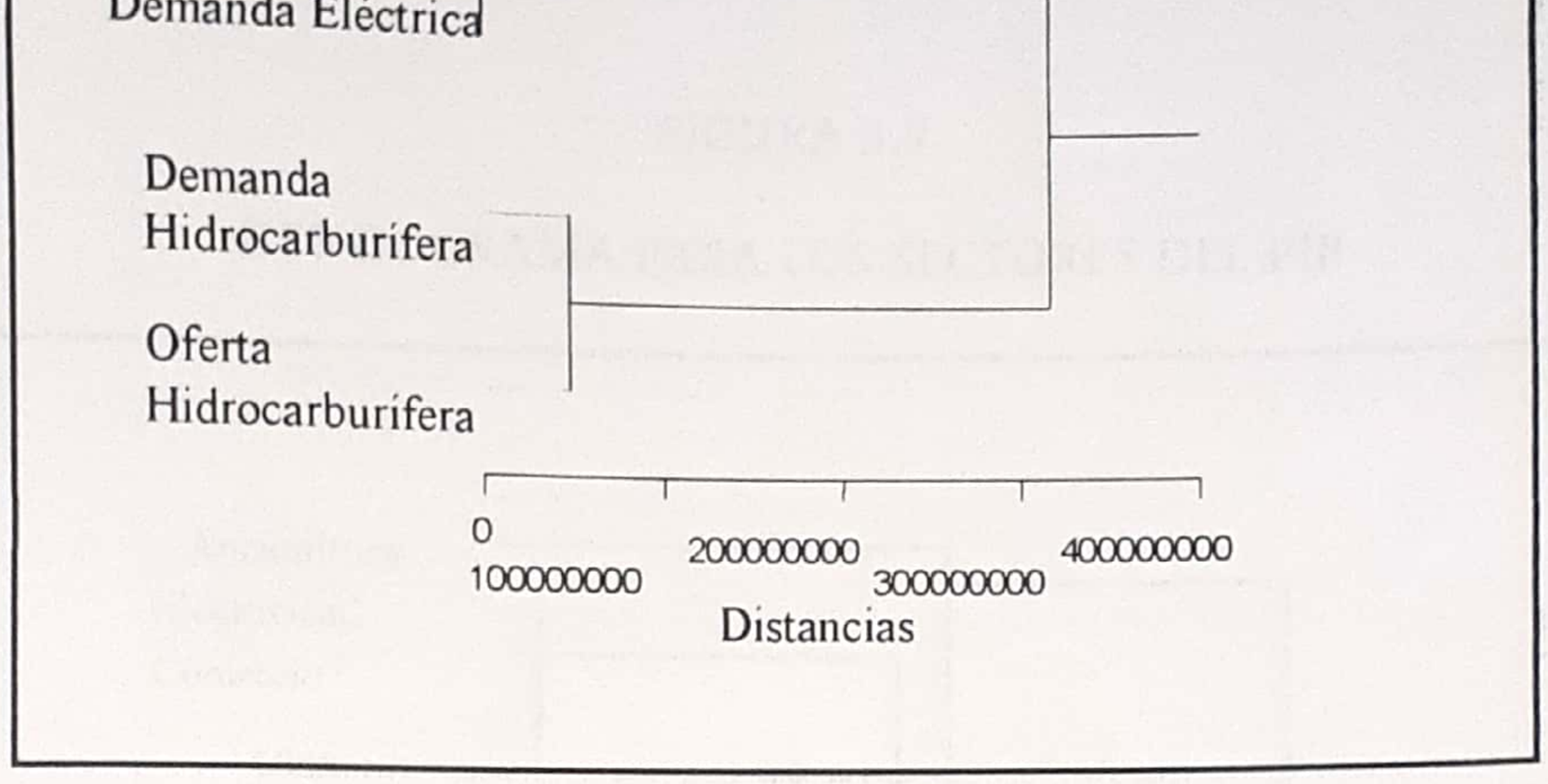
RESULTADO DEL ANÁLISIS CLUSTER

Contenido del Cluster	Contenido del Cluster	Unión de las distancias	Nuevo clúster
Oferta Eléctrica	Demanda eléctrica	7012.31250	2
Oferta Hidrocarburífera	Demanda Hidrocarburífera	4.75537E+07	2
Oferta Hidrocarburífera	Oferta Eléctrica	3.16392E+08	4

En la columna 1 se muestra las variables que se agruparon con las variables de la columna 2. en la columna 3 se muestra la distancia entre esas variables y en la columna 4 el número de cluster que se agruparon para formar el nuevo cluster.

FIGURA 3.6

DENDOGRAMA DE LA OFERTA Y DEMANDA DE ENERGÍA



La figura 3.6 ilustra las fusiones de las variables en la cual han sido agrupadas en niveles sucesivos. Esta agrupación se dio. ya que entre ellas existe una relación. En el eje de las abscisas muestra la unión de las distancias presentada en la columna 3 de la tabla 3.II.

Se va a realizar un análisis cluster para agrupar los sectores del PIB en una forma más general.

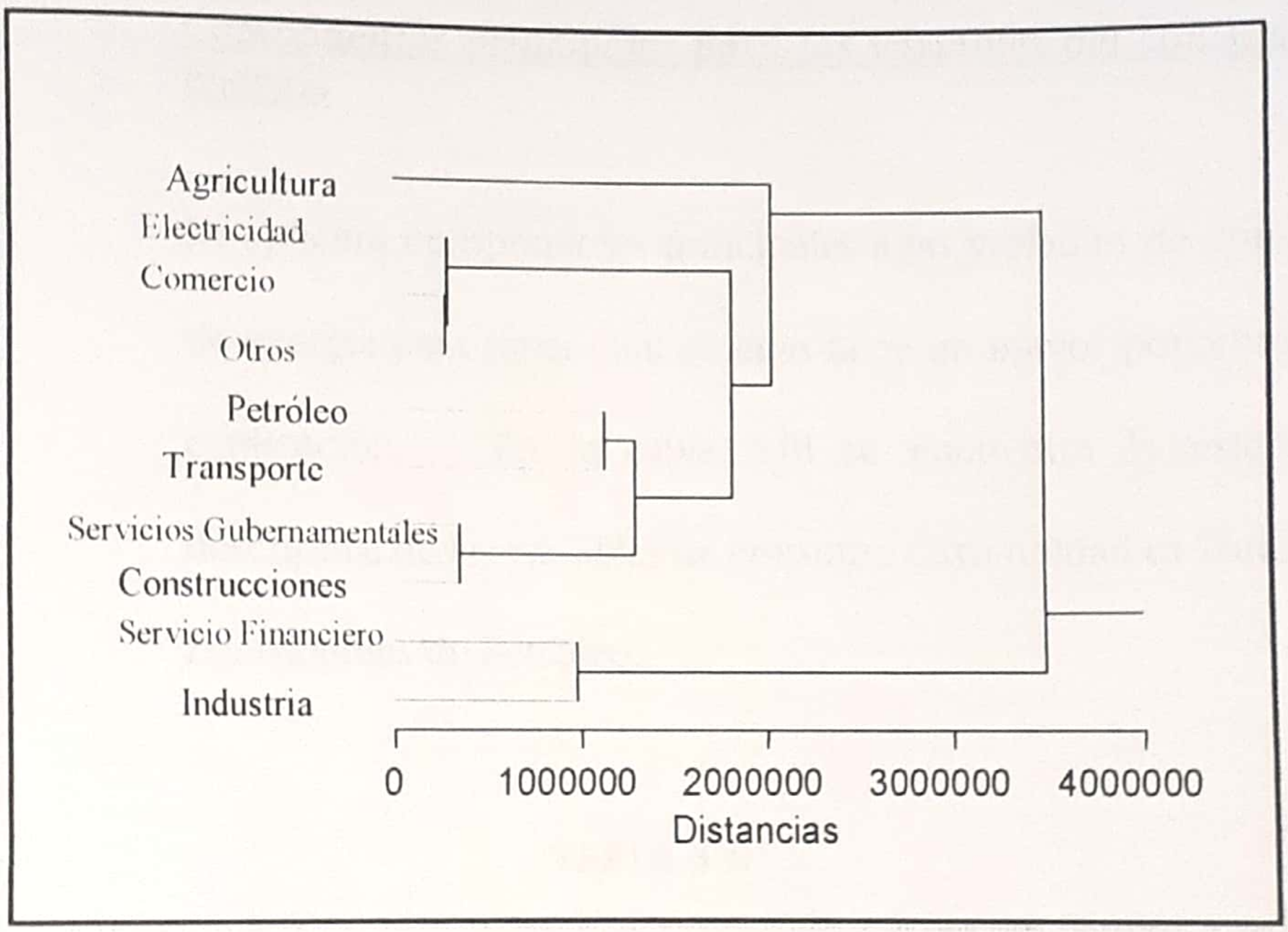
Los sectores son:

1	Agricultura Caza, silvicultura y pesca
2	Petróleo y minas

3	Industria Manufacturera
4	Electricidad gas y agua
5	Construcciones
6	Comercio y hoteles
7	Transporte y Comunicaciones
8	Servicios financieros y a empresas
9	Servicios gubernamentales sociales y personales
10	Otros elementos del PIB

FIGURA 3.7

DENDOGRAMA PARA LOS SECTORES DEL PIB



El gráfico 3.7 ilustra las fusiones de las variables en la cual han sido agrupadas en niveles sucesivos. Estas agrupaciones se dan de acuerdo al método utilizado. en este caso fue el método del vecino más cercano. es decir que de la matriz euclideana se tomará el mínimo entre ellas. Las agrupaciones que se dieron

fueron como lo muestra la figura, utilizadas en el desarrollo de la proyección de los consumos de energía final.

3.4.3. ANÁLISIS EN COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis en componentes principales permite analizar las variables y tomar las más explicativas para representarlas como una combinación lineal de las variables originales.

Componentes principales para las variables del consumo de energía

Se aplicará componentes principales a las variables de consumo de energía para saber cual de ellas tiene un mayor porcentaje de explicación. En la tabla 3.III se encuentra la estadística descriptiva de las variables de consumo cuya unidad es Toneladas Equivalentes de Petróleo.

TABLA 3.III

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL CONSUMO DE ENERGÍA

	Media	Desviación estándar	N
Agricultura	1483,22302	237,1006576	8
Industria	3305,00782	528,3221175	8
Transporte	6174,72192	987,0603463	8
Sector público	386,927744	61,85234546	8
Servicio	532,025648	85,04697501	8
Residencial	4256,20519	680,3758001	8

La tabla 3.IV muestra el porcentaje de explicación de cada variable. en la primera columna se encuentran los valores característicos por medio del cual tiene su porcentaje de explicación.

TABLA 3.IV

TOTAL DE LA VARIANZA EXPLICADA

COMPONENTES	VALORES CARACTERISTICOS		
	TOTAL	% DE VARIANZA	ACUMULADO %
1	6,000	100	100
2	1,731E-09	2,89E-08	100
3	4,47E-10	7,45E-09	100
4	3,221E-11	5,37E-10	100
5	1,378E-11	2,29E-10	100
6	3,521E-12	5,86E-11	100

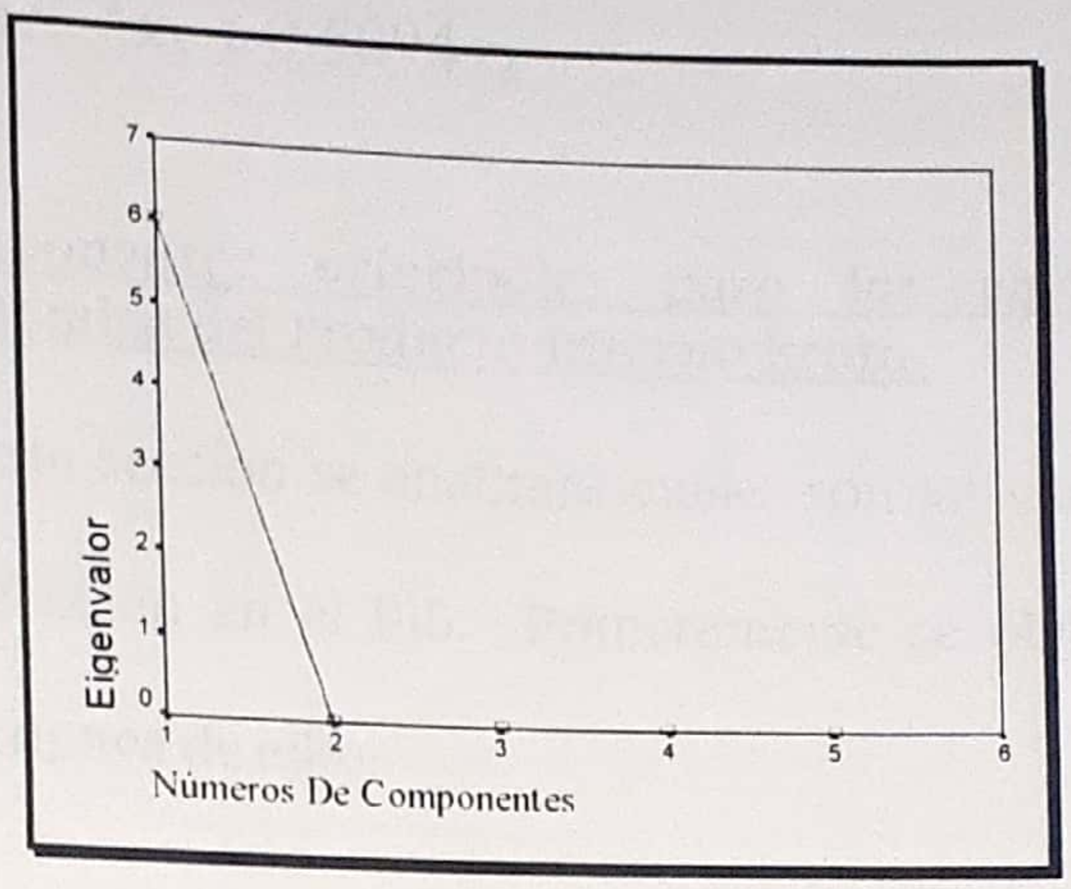
COMPONENTES	EXTRACIÓN DE LAS COMPONENTES EXPLICADAS		
	TOTAL	% DE VARIANZA	ACUMULADO %
1	6,000	100	100

El primer porcentaje es considerablemente alto. por lo que se tendría un solo componente que explique las variables originales. esto se debe a que existe una concentración bastante neta de la nube de datos.

Para poder ilustrar el número de variables a ser tomadas. se ha graficado las componentes. en la cual muestra que primera componente:

FIGURA 3.8

DIAGRAMA DE LAS COMPONENTES PARA EL CONSUMO DE ENERGÍA



Vectores Propios

0.240208
0.535248
1
6.2663E-2
8.6162E-2
0.689293

Vectores Ortonormalizados

0.1775
0.3955
0.7390
4.63E-2
6.36E-2
0.5094

Por medio del vector ortonormalizado, la variable de mayor explicación es el transporte, por lo cual la nueva variable es una combinación lineal de todas las variables iniciales y se la llamará "Transporte".

$$y_1 = 0.1775x_1 + 0.3955x_2 + 0.739x_3 + 4.63E^{-2}x_4 + 6.36E^{-2}x_5 + 0.5094x_6$$

Componentes principales para las variables macro - económica del Producto Interno Bruto.

En esta sección se analizará cuales son las variables con mayor explicación en el PIB. Primeramente se obtiene la estadística descriptiva de ellas:

TABLA 3.V

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA ESTRUCTURA DEL PIB

	Media	Desviación estándar	N
Agricultura	5354719	3903120,029	9
Petróleo	4135610	2361932,011	9
Industria	9479575,89	7110843,036	9
Electricidad	108552,556	104364,5993	9
Construcciones	2037364,78	1529644,298	9
Comercio	8734401,56	6225817,3	9
Transporte	4019878	3107727,213	9
Servicios Financieros	2279060,11	1751545,01	9
Servicios Gubernamentales	5118646,56	4170241,126	9
Otros	2276355	1771820,138	9

En anexos se encuentra la matriz de correlación, ella nos indica el grado de dependencia que tiene cada variable con otra.

En la tabla 3.VI muestra el valor característico de cada variable con su porcentaje de explicación

TABLA 3.VI

TOTAL DE LA VARIANZA EXPLICADA

COMPONENTES	VALORES CARACTERISTICOS		
	TOTAL	% DE VARIANZA	ACUMULADO %
1	9,001	90,015	90,015
2	0,713	7,13E+00	97,143
3	0,133	1,33E+00	98,478
4	0,115	1,15E+00	99,63
5	3,10E-02	3,00E-01	99,941
6	4,18E-03	4,19E-02	99,983
7	1,68E-08	1,68E-02	99,999
8	6,34E-05	6,34E-04	100
9	1,03E-15	1,03E-14	100
10	1,18E-16	1,18E-15	100

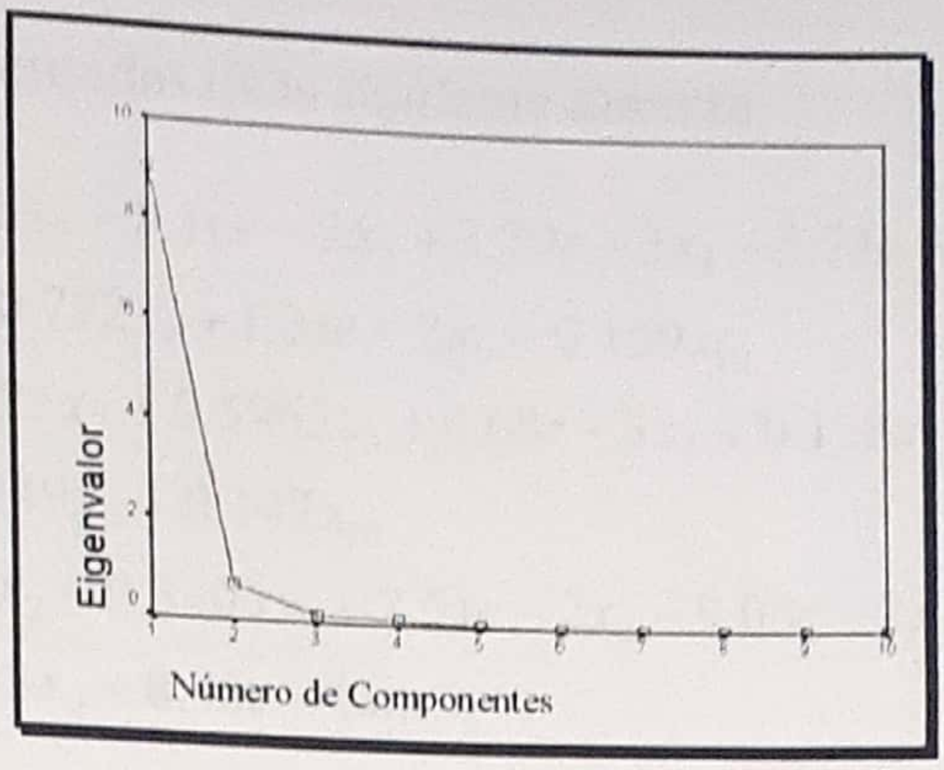
COMPONENTES	EXTRACIÓN DE LAS COMPONENTES EXPLICADAS		
	TOTAL	% DE VARIANZA	ACUMULADO %
1	9,001	90,015	90,015
2	0,713	7,13E+00	97,143
3	0,133	1,33E+00	98,478

Los tres primeros valores propios. son los representativos. estos son altos debido a la relación que existe entre ellos.

En la figura siguiente se ilustra las componentes principales. además se observa que son las 4 primeras las que reflejan el 99% de explicación.

FIGURA 3.9

DIAGRAMA DE LAS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DEL PIB



Vectores Propios

-0,1109	0,5485	0,252
0,772326	0,306	-0,3109
-0,1057	1	-0,4564
4,9188	1,46E-02	-3,38E-02
-4,84E-02	0,2149	-0,1218
-8,11E-02	8755	-4094
-7,31E-02	0,4368	0,454489
1	8,46E-02	0,194725
1,71E-02	0,5862	1
-0,206959	0,2466	-1,13318

Se ortonormaliza los vectores propios para representar las nuevas variables

Vectores Ortonormalizados

-0,0857	0,3272	0,1881
0,5963	0,1825	-0,2319
-8,16E-02	0,5965	-0,3405
3,80E-03	8,68E-03	-2,52E-02
-3,74E-02	0,1282	-9,09E-02
-6,26E-02	0,5222	-0,3054
-5,64E-02	0,2605	0,339
0,7721	5,05E-02	0,1452

1.32E-02	0.3497	0.7459
-0.1597	0.1471	-8.45E-03

Representadas de la siguiente manera:

$$y_1 = -0.085x_1 + 0.596x_2 - 8.16e-2x_3 + 3.79e-3x_4 - 3.74e-2x_5 - 6.26e-2x_6 - 5.64e-2x_7 + 0.772x_8 + 1.31e-2x_9 - 0.159x_{10}$$

$$y_2 = 0.3272x_1 + 0.1825x_2 + 0.5965x_3 + 8.68e-3x_4 + 0.128x_5 + 0.522x_6 + 0.26x_7 + 5.04e\text{-}2x_8 + 0.349x_9 + 0.147x_{10}$$

$$y_3 = 0.188x_1 - 0.231x_2 - 0.3405x_3 - 2.51e-2x_4 - 9.08e-2x_5 - 0.305x_6 + 0.339x_7 + 0.1452x_8 + 0.745x_9 - 8.45e-3x_{10}$$

Ahora podemos representar cuatro nuevas variables con una combinación lineal de las variables anteriores. donde en el primer factor los valores más altos son: 0.5963 que pertenece a la actividad económica del petróleo, y 0.7721 que pertenece a la actividad económica de los servicios financieros. Por lo que la nueva variable se llamará "petróleo_y_servicios_financieros"

En el segundo factor las variables con valores cercanos a 1. son 0.5965 que pertenece al sector industrial y 0.5222 que pertenece al sector comercial. entonces la nueva variable tomará el nombre de "Industria_comercial". Y en el último factor se tiene 0.339 que pertenece al sector del transporte y 0.7459 que pertenece al sector servicios gubernamentarios. entonces la nueva variable tendrá el nombre de "transportes_gubernamentales".

CAPÍTULO IV

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN EL ECUADOR APLICANDO MODELOS ECONOMÉTRICOS

En el siguiente capítulo se realizarán proyecciones de la demanda aplicando un modelo energético. Los datos son valores mensuales desde el año 1990 a 1997. expresados en KTEP (toneladas equivalentes de petróleo): el año 1998 se lo utilizará para comparaciones.

El modelo a utilizarse es llamado PROCER. considerado un modelo dinámico porque la característica de estos modelos es el cambio que presentan las variables en función del tiempo. La elección de dicho modelo se debe a que

en él interviene una variable altamente correlacionada con la demanda de energía. por lo cual se proyectará y se analizará si el modelo se ajusta con la economía del país.

4.1. MODELO PROCER

El modelo PROCER es un modelo sectorial de previsión de demanda a corto y medio plazo. desarrollado por la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales de España. para ser aplicado al conjunto del Sector Energético(1).

PROCER procede de la contracción del título "Proyección de los Consumos Energéticos Representativos" que define el objetivo fundamental del modelo.

4.1.1. *Introducción*

Generalmente la previsión de la demanda se la ha realizado por medio del estudio de series históricas o a través de métodos de pronósticos. relacionando el consumo energético con variables macro -económicas. Ya que se sabe que la demanda de energía y el crecimiento económico son dos variables que están

---

(1) Modelización del Sector Energético. Año 1986.

fuertemente vinculadas. por lo que la economía es un fenómeno dinámico que varía con el transcurso del tiempo. entonces determinados sectores aumentan su participación en el conjunto de la economía mientras que otros disminuyen su participación. El modelo PROCER está basado en el reconocimiento de este hecho. El modelo parcela la economía en sectores. estudia la distinta participación de cada uno de ellos en un momento dado en el conjunto nacional y le aplica la relación consumo energético sectorial/valor añadido bruto sectorial. Por lo tanto el consumo total de energía en el futuro dependerá de las expectativas económicas y energéticas de cada sector y del peso relativo de cada uno de ellos en el conjunto económico nacional.

Para un sector determinado i. el consumo de energía en un momento dado es:

$$e_i = c_i x v_i$$

donde

e_i = Consumo energético del sector i

c_i = Relación consumo energético del sector i/valor añadido bruto del sector i

∇_i = Valor añadido bruto del sector i

si suponemos la economía dividida en n sectores. el consumo total de energía final (Ef) sería:

$$Ef = \sum_{i=1}^{n} c_i x v_i$$

en la cual se debe cumplir la condición de:

$$\sum_{i=1}^{n} v_i = PIB$$

El parámetro C_i se denomina consumo eficaz puesto que da una medida de la eficacia con que se consumen la energía en el sector i dando como resultado un valor añadido más o menos elevado.

4.2. METODOLOGÍA

El modelo PROCER se descompone en tres fases:

a) Determinación de los consumos eficaces sectoriales.

b) Establecimiento de los valores añadidos por sectores

c) Cálculo del consumo de energía final.

4.2.1. Determinación De Los Consumos Eficaces Sectoriales

Los consumos eficaces se determinan por medio del cociente entre el consumo final y el producto interno bruto.

Una vez obtenido el consumo eficaz se procederá a proyectar el consumo eficaz de todos los sectores considerados para todos los años que contemple el horizonte de la previsión. Esta proyección se realiza por medio de ajustes estadísticos a partir de las series históricas de este parámetro.

La base para desarrollar este modelo es suponer que el consumo eficaz es función del tiempo. es decir:

$$c_i = f(t)$$

Con lo que sólo resta hallar la estructura de la función f. Para lo cual se va ensayando diversos tipos de funciones hasta poder estimar la función probando su validez por medio del coeficiente de determinación de la regresión aplicada que dependiendo de lo próximo que este a la unidad o no. dará una indicación de la dispersión de los puntos de la serie en torno a la función supuesta.

Para los n sectores las funciones probadas en el desarrollo del modelo han sido:

Lineal $f(t)= a+bt$

Logarítmica $f(t)= a+b\ln(t)$

Potencial $f(t)=a.t^b$

Exponencial $f(t)= a.e^{bt}$

Eligiéndose siempre el ajuste que condujese al coeficiente de determinación más aceptable.

La variable t (tiempo) se la codificó de 1 a 8 para los años del 90 hasta el 97 y del 9 al 14 para los años de predicción. 1998 hasta 2003. Debido a que se determinaban valores muy altos en los coeficientes de regresión

Una vez conocida la función. es decir teniendo los parámetros de la función se procederá a proyectar sustituyendo el valor de t por el número de años que han de transcurrir hasta el año que se quiere realizar la previsión y determinar. así. el consumo eficaz para el año considerado.

4.2.2. *Establecimiento De Los Valores Añadidos Por Sectores (Escenarios).*

El valor añadido de un sector determinado se lo calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\nabla_i = PIB.x_i$$

Donde x_i es el peso de un sector dentro de una estructura económica. En la etapa de los valores añadidos se van a sobrellevar dos etapas:

1. Establecer que valor tendrá el PIB en el año contemplado para la previsión.
2. Establecer la estructura sectorial que tendrá el PIB en dicho año.

4.2.3. *Políticas De Ahorro Energético y De Precios*

Al introducir un ahorro energético en el modelo de consumo. este nos llevará a una mejora en los rendimientos para su uso final. Pero evaluar la incidencia de este tipo de medida resulta complicado y se requerirán estudios detallados en cada sector. Por lo cual el modelo PROCER introduce este efecto por medio de un factor exponencial decreciente el cual reducirá el consumo eficaz del sector y por lo tanto el consumo eficaz efectivo se expresará de la siguiente forma:

$$c_i^* = c_i e^{-bt}$$

En donde b es un coeficiente que pretende recoger la influencia de las medidas de ahorro que se vayan introduciendo con el transcurso del tiempo.

Los valores de este coeficiente deben ser estimados con estudios sobre el impacto de políticas y campañas de ahorro energético a lo largo de algunos años.

En relación con las políticas de precios sabemos que si este índice aumenta entonces el consumo variará dependiendo del sector que lo demande.

El modelo PROCER toma este índice por medio de un factor exponencial que modifica el coeficiente estructural del sector dentro de la economía con arreglo a su consumo eficaz y a la elasticidad de la demanda sectorial respecto a la variación relativa de los precios de la energía.

Ahora el peso del sector x_i será modificado por el efecto de la variación de los precios de la energía, de tal forma que su expresión es:

$$x_i^* = x_i e^{-\lambda p \frac{c_i}{c_n} t}$$

donde

TABLA 4.1

SIMBOLOGÍA DEL NUEVO PESO

λ	Elasticidad de la demanda sectorial con respecto a la variación relativa de los precios de la energía
p	(Variación relativa de los precios de la energía/variación relativa de del nivel general de precios) -1
c_i	Consumo eficaz del sector considerado
c_n	Consumo eficaz total
T	Tiempo transcurrido desde el año de origen

4.2.4. Consumo De Energía Total

Una vez tomadas en consideración todas las variables que influyen en el consumo de energía final para el sector i quedará especificado el modelo

$$e_i = x_i^* . c_i^* . PIB .$$

Donde e_i es el consumo de energía en ese sector. Ahora sumando todos los sectores productivos se tendrá la expresión del consumo total de energía final que en su forma más general será:

$$E_f = \sum_{i=1}^{n} x_i^* . c_i^* . PIB$$

4.3. AJUSTE DEL MODELO: MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

Para obtener la función del consumo en cada sector con respecto al tiempo se aplicará el modelo de regresión que mejor se ajuste de acuerdo al coeficiente de determinación. y luego se efectuarán las pruebas estadísticas para comprobar la adecuación del modelo.

Para estimar el consumo de cada sector. se toma como hipótesis el modelo

$$y = \mu + \varepsilon$$

Tomando los datos de la muestra para calcular μ. se aplica el método de los mínimos cuadrados. en el cual selecciona el estimador que hace mínima la suma del error al cuadrado.

$$y(t_i) = \hat{a} + \hat{b}t_i + \varepsilon_i$$

$$y(t_i) - \hat{a} - \hat{b}t_i = \varepsilon_i$$

$$[y(t_i) - \hat{y}(t_i)]^2 = \varepsilon_i^2$$

$$\sum [y(t_i) - \hat{y}(t_i)]^2 = \sum \varepsilon_i^2$$

Se deriva con respecto a cada parámetro y se obtienen los coeficientes correspondientes.

Para obtener una buena proyección se realizaron curvas de estimación. en la cual se escogió el modelo con mayor coeficiente de determinación.

AJUSTE DEL MODELO PARA LOS SECTORES DEL CONSUMO EFICAZ

Las funciones que se escogerán para cada sector serán reemplazadas en el modelo PROCER. es decir las que mejor se ajusten en el sentido que se mencionó anteriormente.

Para cada sector analizado se presenta una tabla que contiene el coeficiente de correlación múltiple. coeficiente de determinación. R^2 ajustado y el error estándar. El error estándar de la media está dado por

$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. lo que significa que la desviación estándar de la distribución de

$\bar{x}$ disminuye cuando n(el tamaño de la muestra) es incrementado.

* SECTOR AGRICULTURA

Para ajustar el modelo se utilizó el paquete estadístico SPSS. Con los resultados que arroja el paquete se escoge el coeficiente de determinación más alto, ya que esto nos indica que el escogido se asemeja más a los datos reales.

TABLA 4.II

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR AGRICULTURA

Coeficiente de correlación múltiple	.91903
Coeficiente de determinación R^2	.84462
R^2 Ajustado	.72809
Error estándar	13.12738

Debido a que el método cúbico. es el que mejor se ajusta para determinar el comportamiento en esta recta. se realizará la tabla ANOVA y se determinarán los coeficientes de la ecuación.

TABLA 4.III

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO DEL SECTOR

AGRICULTURA

Fuente de variación	Gdl	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG* F
Regresión	3	3747.081	1249.027	7.2479	0.042
Residual	4	689.3124	172.3281		

SIG*: Significancia

TABLA 4.IV

VARIABLES EN LA ECUACIÓN DEL MÉTODO CÚBICO

VARIABLE	Coeficientes	T	SIG T
Tiempo	37.591439	1.284	0.2684
Tiempo1	-6.641829	0.905	0.4168
Tiempo2	0.448636	0.833	0.4517
Constante	163.7285	5.062	0.0072

FUNCIÓN DE y ESTIMADO

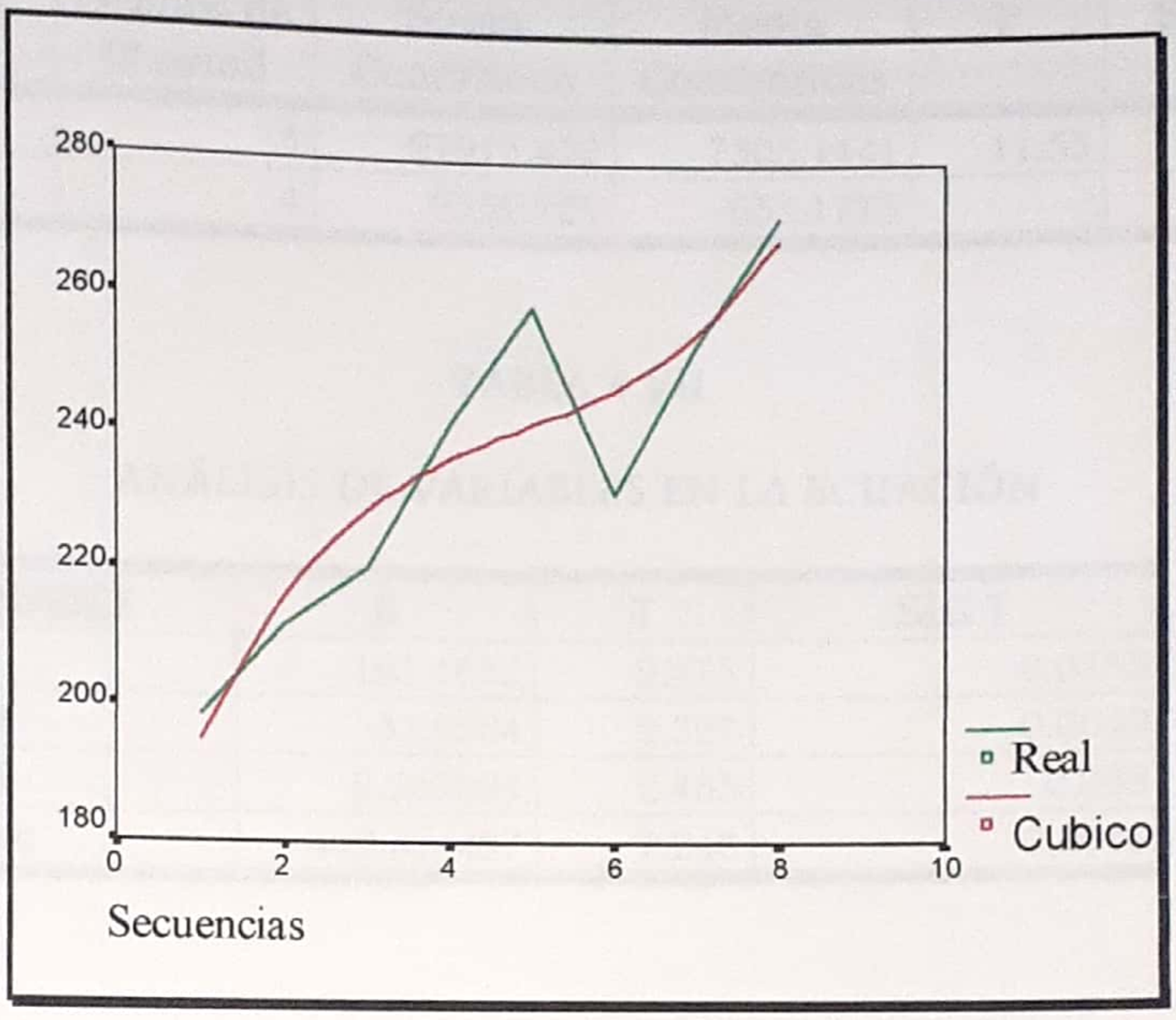
$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 163.7285 + 37.5914t - 6.641829t^2 + 0.448636t^3$$

Para el sector de agricultura la función que tiende los datos reales es cúbica por lo cual se tomará para proyectar el consumo eficaz de dicho sector hasta el año 2003. que es el tiempo horizonte preestablecido.

FIGURA 4.1

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR AGRIGULTURA



* SECTOR INDUSTRIAL

De igual manera se obtiene la función de ajuste para el sector industrial.

Se escogerá el coeficiente de determinación más alto.

TABLA 4.V

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR INDUSTRIAL

Coeficiente de correlación múltiple	.94679
Coeficiente de determinación R^2	.89640
R^2 Ajustado	.81871
Error estándar	25.16301

TABLA 4.VI

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	21915.432	7305.1441	11.53	0.0194
Residual	4	2532.709	633.1773		

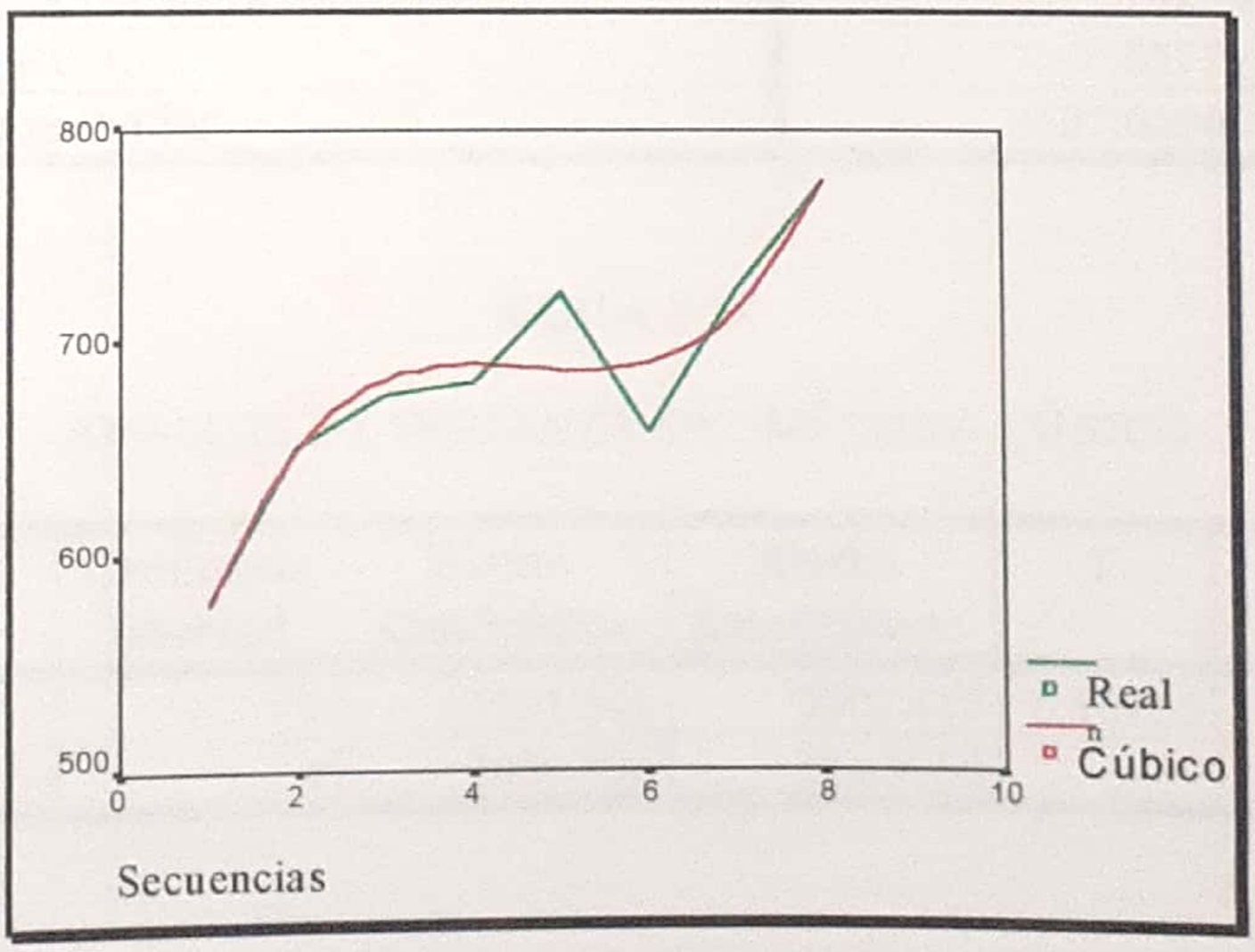
TABLA 4.VII

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	161.1682	2.873	0.0453
Tiempo1	-35.5584	2.527	0.0649
Tiempo2	2.563994	2.483	0.068
Constante	449.364487	7.248	0.0019

FIGURA 4.2

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL



FUNCIÓN DE y ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 449.3644 + 161.1682t - 35.5584t^2 + 2.563994t^3$$

* SECTOR TRANSPORTE

En el sector de transporte se aplicarán los métodos de ajuste a los datos reales. escogiendo el coeficiente de determinación más alto ya que este representa la fracción de reducción de variabilidad de la suma de los cuadrados de las desviaciones a la suma cuadrática del error. por lo cual el método que más se asemeja es el cúbico con un 79.29% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.VIII

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR TRANSPORTE

Coeficiente de correlación múltiple	.89050
Coeficiente de determinación R^2	.79298
R^2 Ajustado	.63772
Error estándar	27.65861

TABLA 4.IX

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	11721.346	3907.115	5.10735	0.0746
Residual	4	3059.996	764.9990		

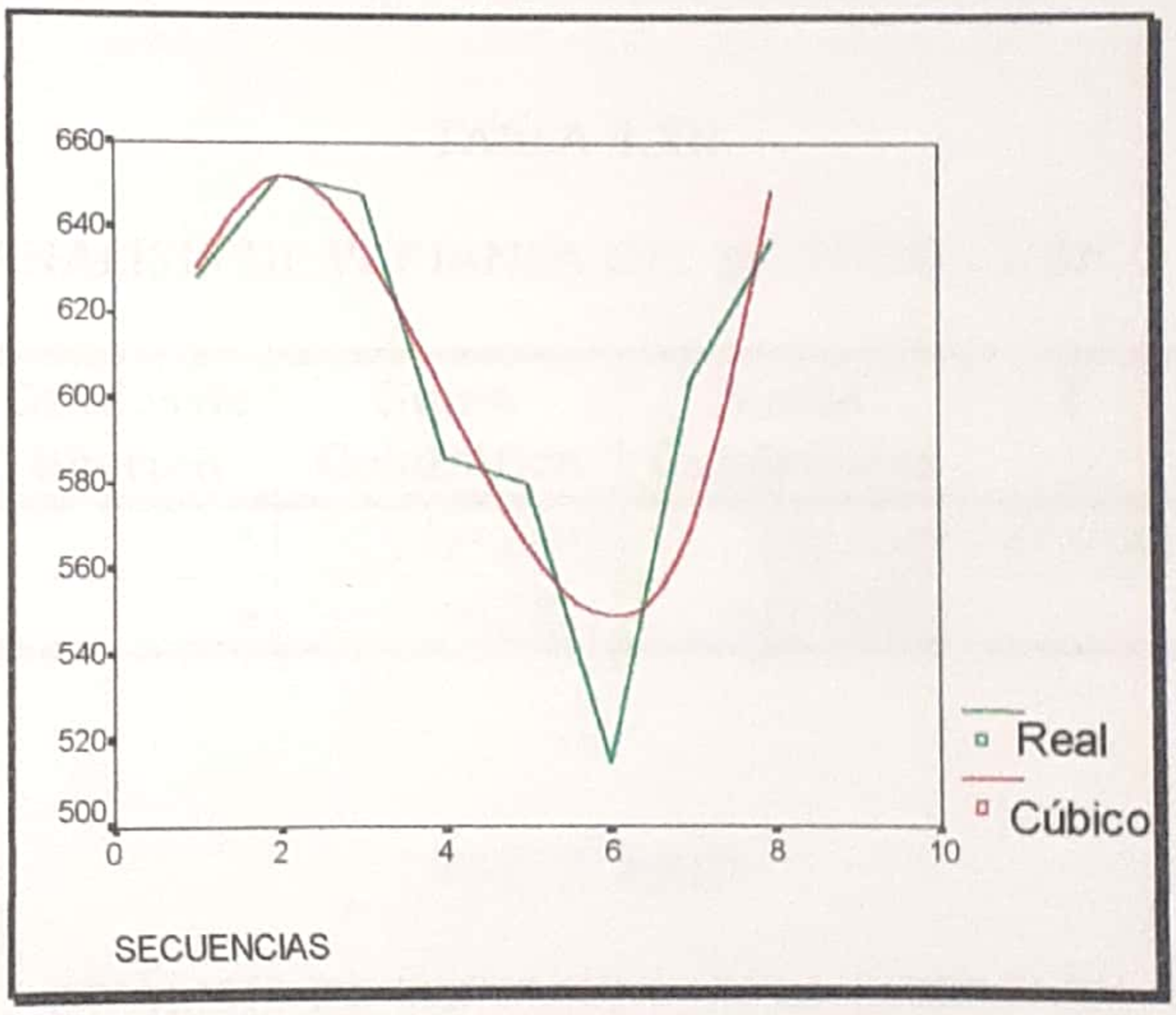
TABLA 4.X

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	113.2925	1.837	0.1401
Tiempo1	-37.95066	2.453	0.0702
Tiempo2	3.161972	2.786	0.0495
Constante	552.162166	8.102	0.0013

FIGURA 4.3

CURVA ESTIMADA DEL SECTOR DE TRANSPORTE



FUNCIÓN DE y ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 552.1621 + 113.29254t - 37.9506t^2 + 3.161972t^3$$

* SECTOR PUBLICO

En el sector público se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales. escogiendo el coeficiente de determinación más alto. el método que más se ajustó es el cúbico con un 96.8% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XI

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR PÚBLICO

Coeficiente de correlación múltiple	.98413
Coeficiente de determinación R^2	.96851
R^2 Ajustado	.94490
Error estándar	3.40159

TABLA 4.XII

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	1423.6928	474.5642	41.0140	0.0018
Residual	4	46.2831	11.57078		

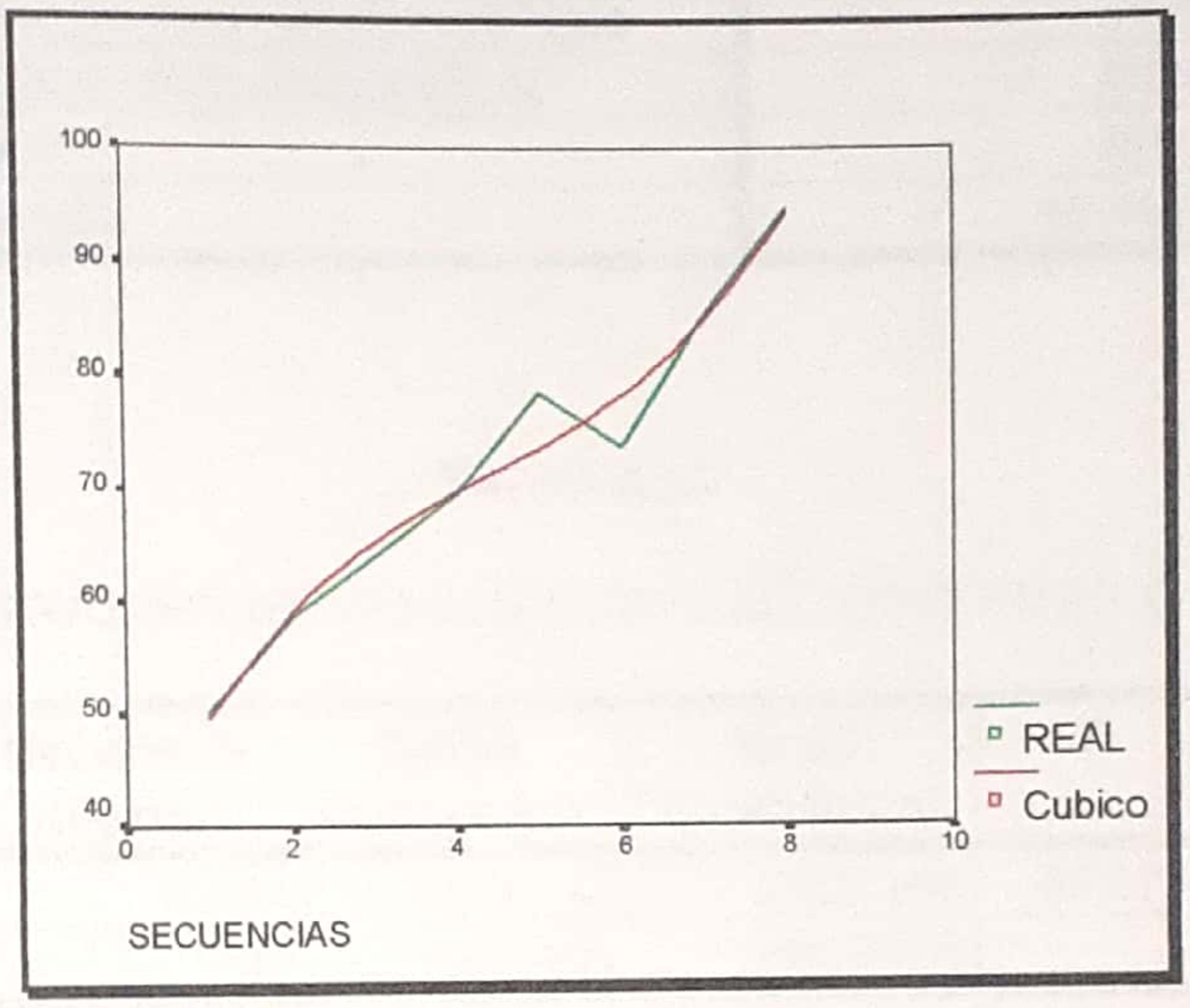
TABLA 4.XIII

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	16.049	2.116	0.1018
Tiempo1	-2.7339	1.437	0.2241
Tiempo2	0.2046	1.466	0.2164
Constante	36.1504	4.313	0.0125

FIGURA 4.4

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR PÚBLICO



FUNCIÓN DE y ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 36.150425 + 16.049458t - 2.733916t^2 + 0.204665t^3$$

* SECTOR SERVICIOS

En el sector de servicios se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales, escogiendo el coeficiente de determinación más alto, el método que más se ajustó es el cúbico con un 94.4% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XIV

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR SERVICIOS

Coeficiente de correlación múltiple	.97183
Coeficiente de determinación R^2	.94446
R^2 Ajustado	.90281
Error estándar	18.46072

TABLA 4.XV

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	23181.48	7727.162	22.673	0.0057
Residual	4	1363.193	340.7982		

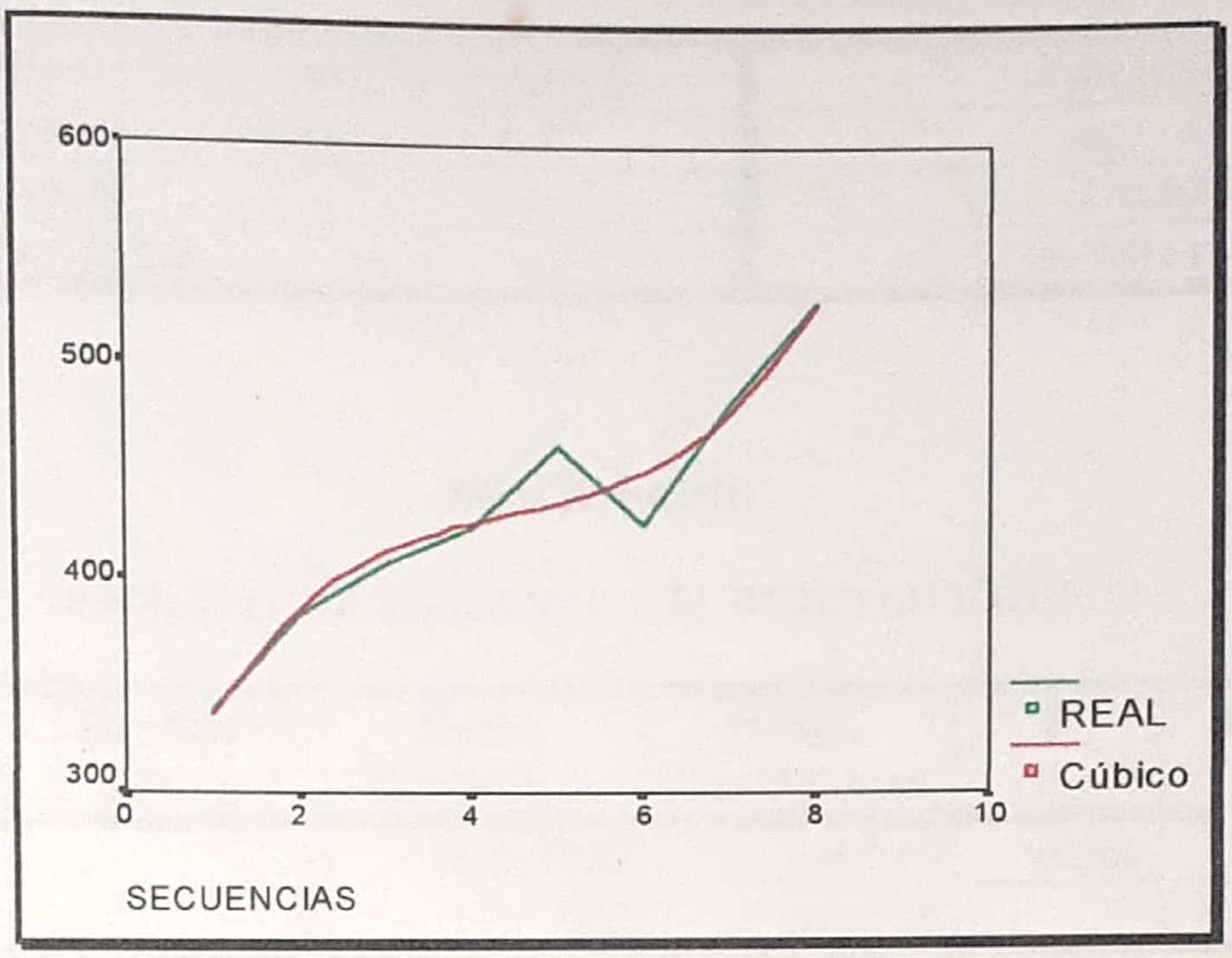
TABLA 4.XVI

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	97.98026	2.380	0.0759
Tiempo1	-19.784	-1.916	0.1278
Tiempo2	1.4702	1.941	0.1242
Constante	256.826	5.646	0.0048

FIGURA 4.5

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR SERVICIOS



FUNCIÓN DE *y* ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 256.826623 + 97.980269t - 19.784832t^2 + 1.470234t^3$$

* SECTOR RESIDENCIAL

En el sector residencial se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales, escogiendo el coeficiente de determinación más alto, el método que más se ajustó es el cúbico con un 83.11% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XVII

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR RESIDENCIAL

Coeficiente de correlación múltiple	.91167
Coeficiente de determinación R^2	.83114
R^2 Ajustado	.70449
Error estándar	19.39914

TABLA 4.XVIII

ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	7409.0709	2469.69	6.562	0.0504
Residual	4	1505.307	376.326		

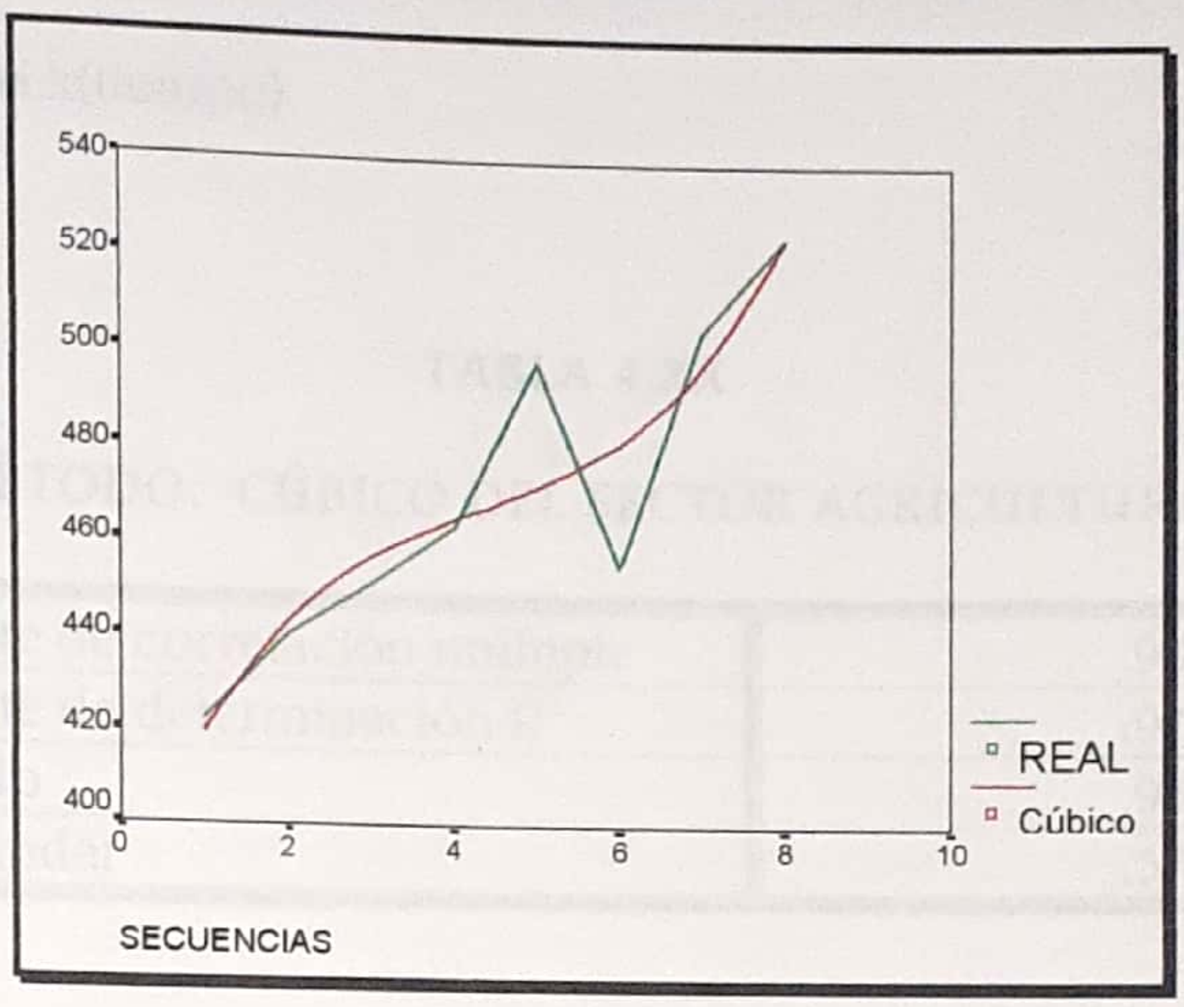
TABLA 4.XIX

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	44.689	1.033	0.3599
Tiempo1	-8.71568	-0.803	0.4668
Tiempo2	0.6682	0.840	0.4484
Constante	382.8296	8.009	0.0013

FIGURA 4.6

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR RESIDENCIAL



FUNCIÓN DE *y ESTIMADO*

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 382.82969 + 44.68992t - 8.715686t^2 + 0.668268t^3$$

AJUSTE DEL MODELO PARA LOS SECTORES DE LA ESTRUCTURA DEL PIB.-

Para la estructura del PIB. de igual forma se obtiene el coeficiente de determinación para encontrar el mejor modelo a ajustarse con las observaciones reales. por medio del paquete estadístico SPSS.

* SECTOR AGRICULTURA

En el sector agricultura se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales. escogiendo el coeficiente de determinación más alto. el método que más se ajustó es el cúbico con un 97.5% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XX

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR AGRICULTURA

Coeficiente de correlación múltiple	.98761
Coeficiente de determinación R^2	.97537
R^2 Ajustado	.96060
Error estándar	.55449

TABLA 4.XXI

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	60.8856	20.2952	66.008	0.0002
Residual	5	1.537311	0.307462		

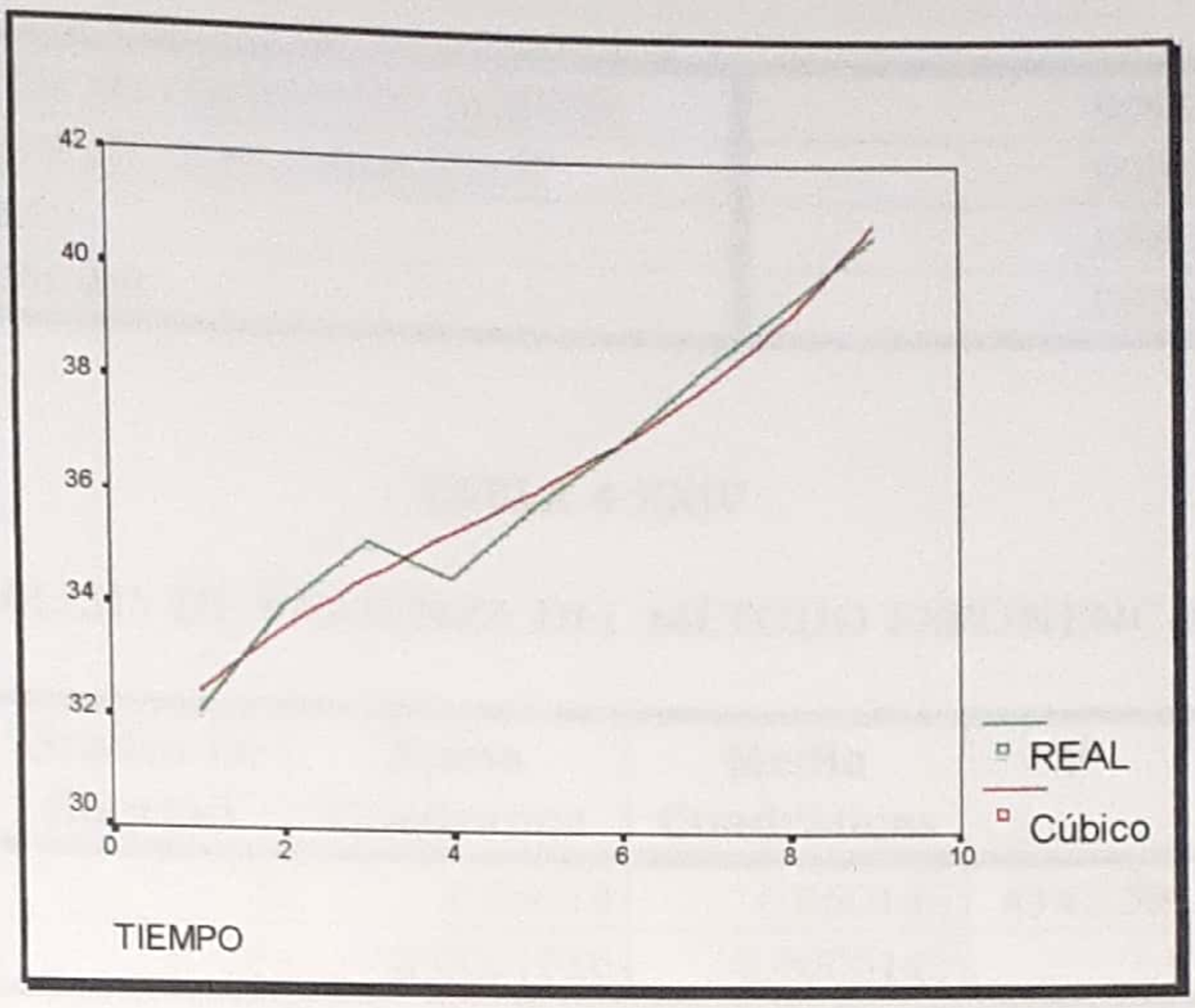
TABLA 4.XXII

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	1.6716	1.700	0.1498
Tiempo1	-0.205036	0.921	0.3991
Tiempo2	0.015901	1.083	0.3284
Constante	30.9234	25.794	0.000

FIGURA 4.7

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR AGRICULTURA



FUNCIÓN DE *y* ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 30.92341 + 1.67168t - 0.20503t^2 + 0.0159t^3$$

* *SECTOR INDUSTRIAL*

En el sector industrial se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales, escogiendo el coeficiente de determinación más alto. el método que más se ajustó es el exponencial con un 99.8% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XXIII

MÉTODO: EXPONENCIAL DEL SECTOR INDUSTRIAL

Coeficiente de correlación múltiple	.99916
Coeficiente de determinación R^2	.99831
R^2 Ajustado	.99807
Error estándar	.00381

TABLA 4.XXIV

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO EXPONENCIAL

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	1	0.06014	0.060146	4143.38	0.0000
Residual	7	0.0001016	0.0000145		

TABLA 4.XXV

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	0.0316	64.369	0.000
Constante	27.19619	361.283	0.000

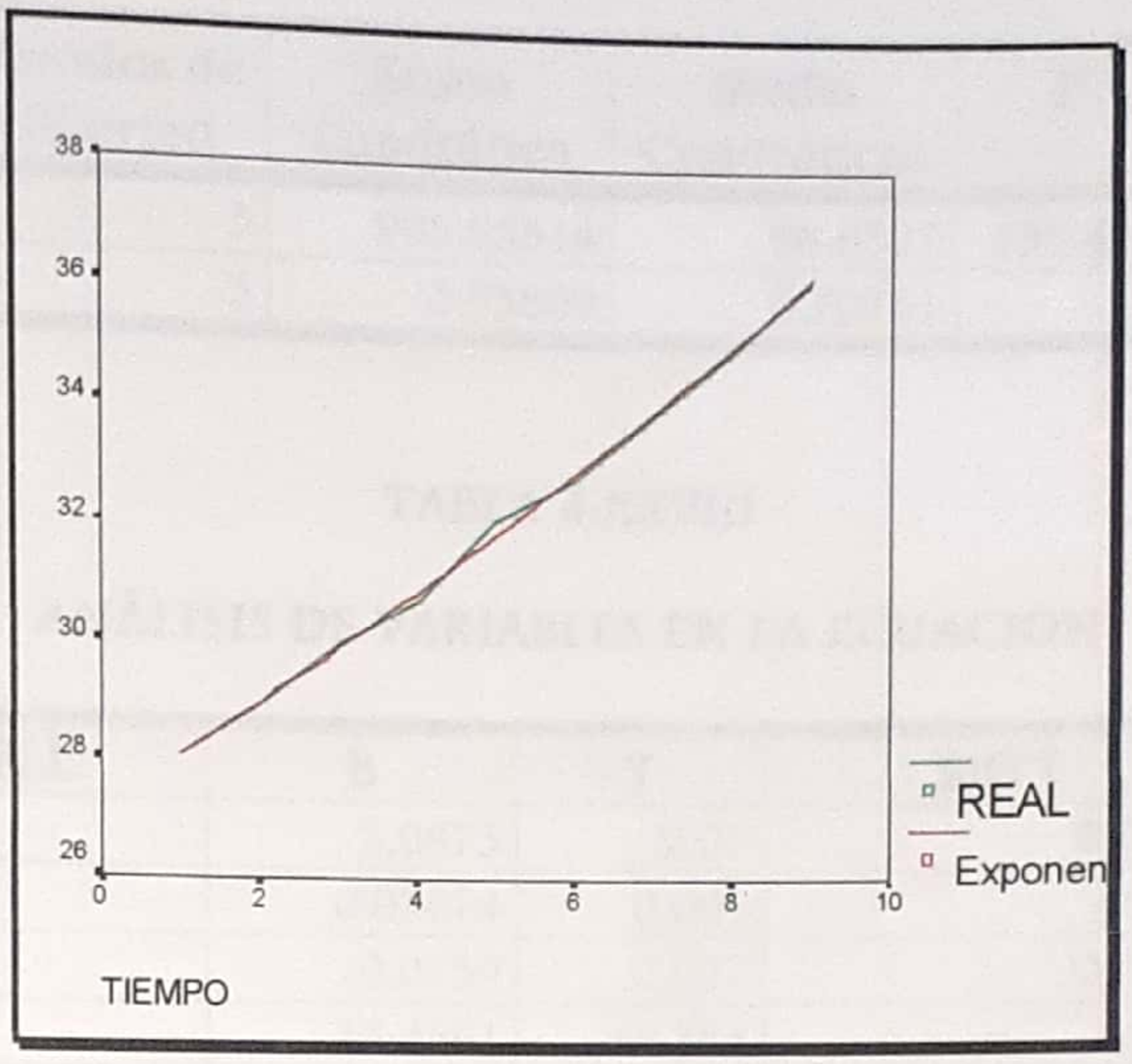
FUNCIÓN DE *y* ESTIMADO

$$y = \hat{a}e^{\hat{b}t}$$

$$y = 27.1961 * e^{0.031661t}$$

FIGURA 4.8

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL



* SECTOR DE TRANSPORTE

En el sector transporte se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales, escogiendo el coeficiente de determinación más alto, el método que más se ajustó es el cúbico con un 98.8% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XXVI

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR TRANSPORTE

Coeficiente de correlación múltiple	.99408
Coeficiente de determinación R^2	.98819
R^2 Ajustado	.98110
Error estándar	.84120

TABLA 4.XXVII

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	295.95814	98.6527	139.415	0.0000
Residual	5	3.53809	0.70761		

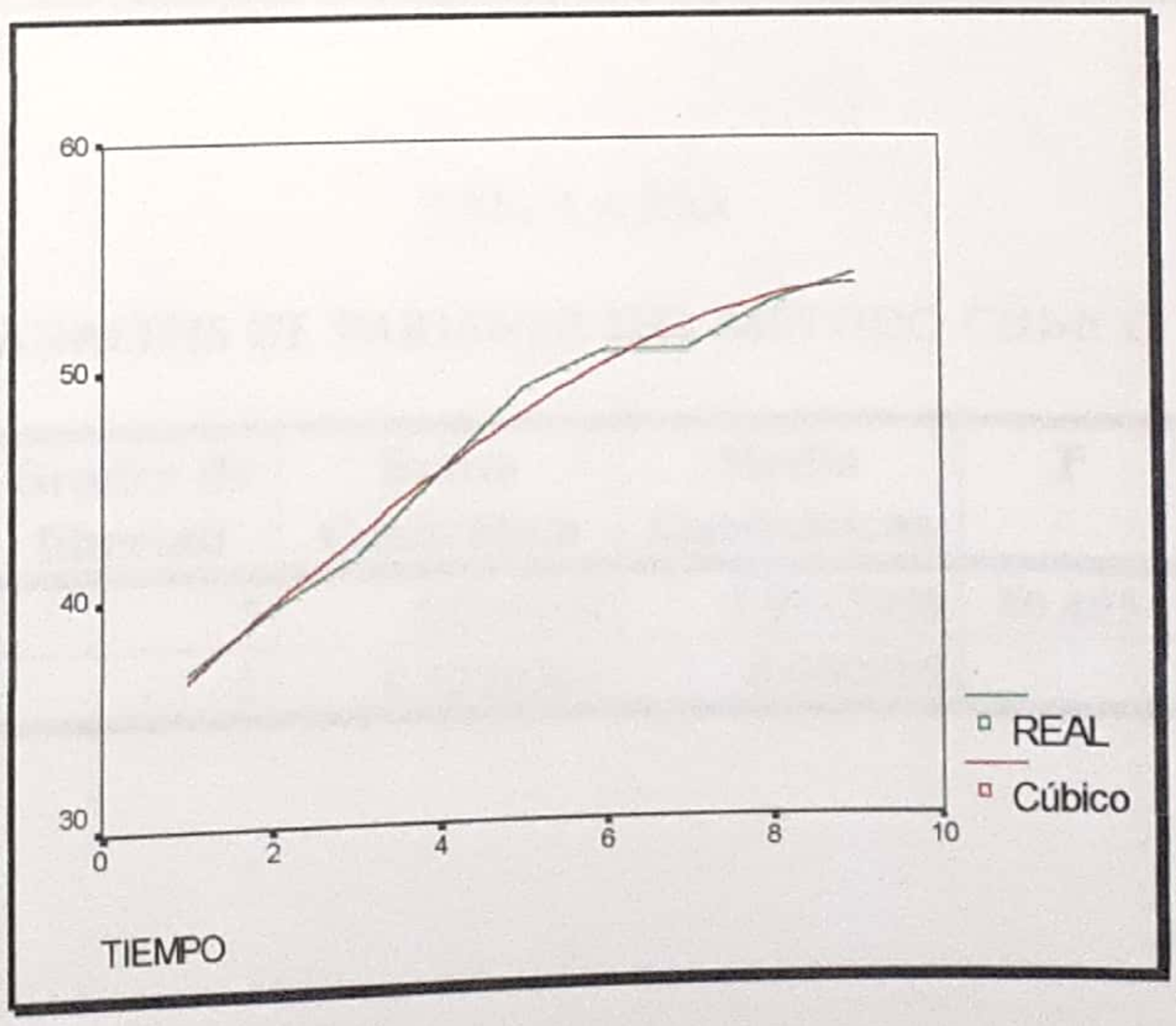
TABLA 4.XXVIII

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	3.0873	2.07	0.0932
Tiempo1	0.03074	0.091	0.931
Tiempo2	-0.0139	0.627	0.5583
Constante	33.4361	18.384	0.000

FIGURA 4.9

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR DE TRANSPORTES



FUNCIÓN DE y ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 33.4361 + 3.08733t + 0.03074t^2 - 0.013965t^3$$

* SECTOR PÚBLICO

En el sector público se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales. escogiendo el coeficiente de determinación más alto. el método que más se ajustó es el cúbico con un 95.9% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XXIX

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR PÚBLICO

Coeficiente de correlación múltiple	.97951
Coeficiente de determinación R^2	.95944
R^2 Ajustado	.93511
Error estándar	.17529

TABLA 4.XXX

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	3.634169	1.2113898	39.4254	0.0007
Residual	5	0.1536305	0.030726		

TABLA 4.XXXI

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	0.59809	1.925	0.1123
Tiempo1	-0.127186	-1.808	0.1304
Tiempo2	0.010429	2.246	0.0746
Constante	32.19381	84.947	0.000

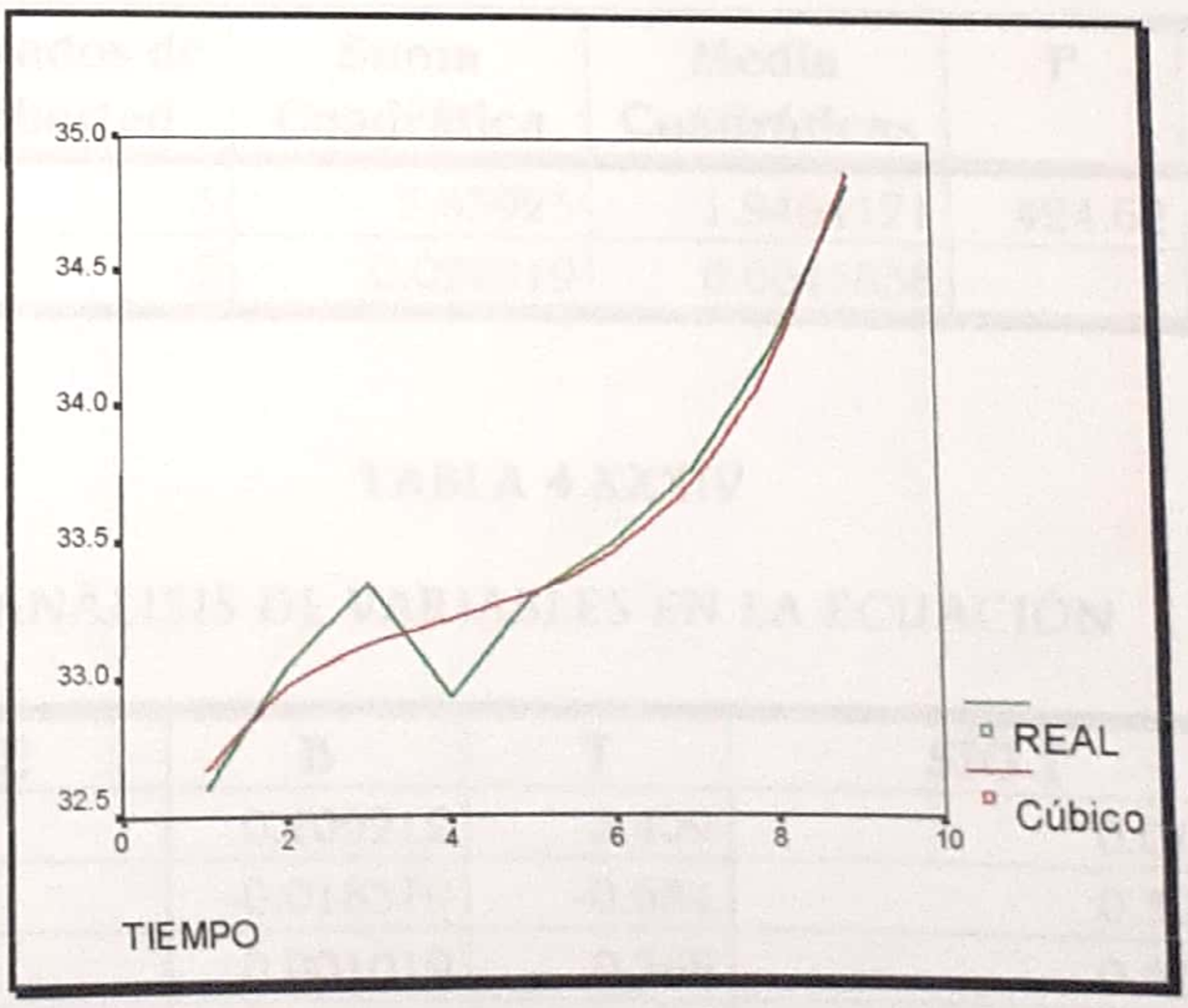
FUNCIÓN DE *y* ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 32.1938 + 0.598099t - 0.127186t^2 + 0.010429t^3$$

FIGURA 4.10

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR PÚBLICO



* *SECTOR SERVICIO*

En el sector de servicios se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales. escogiendo el coeficiente de determinación más alto. el método que más se ajustó es el cúbico con un 99.6% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XXXII

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR SERVICIOS

Coeficiente de correlación múltiple	.99804
Coeficiente de determinación R^2	.99609
R^2 Ajustado	.99374
Error estándar	.06770

TABLA 4.XXXIII

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	5.83923	1.9464121	424.62	0.000
Residual	5	0.022919	0.0045838		

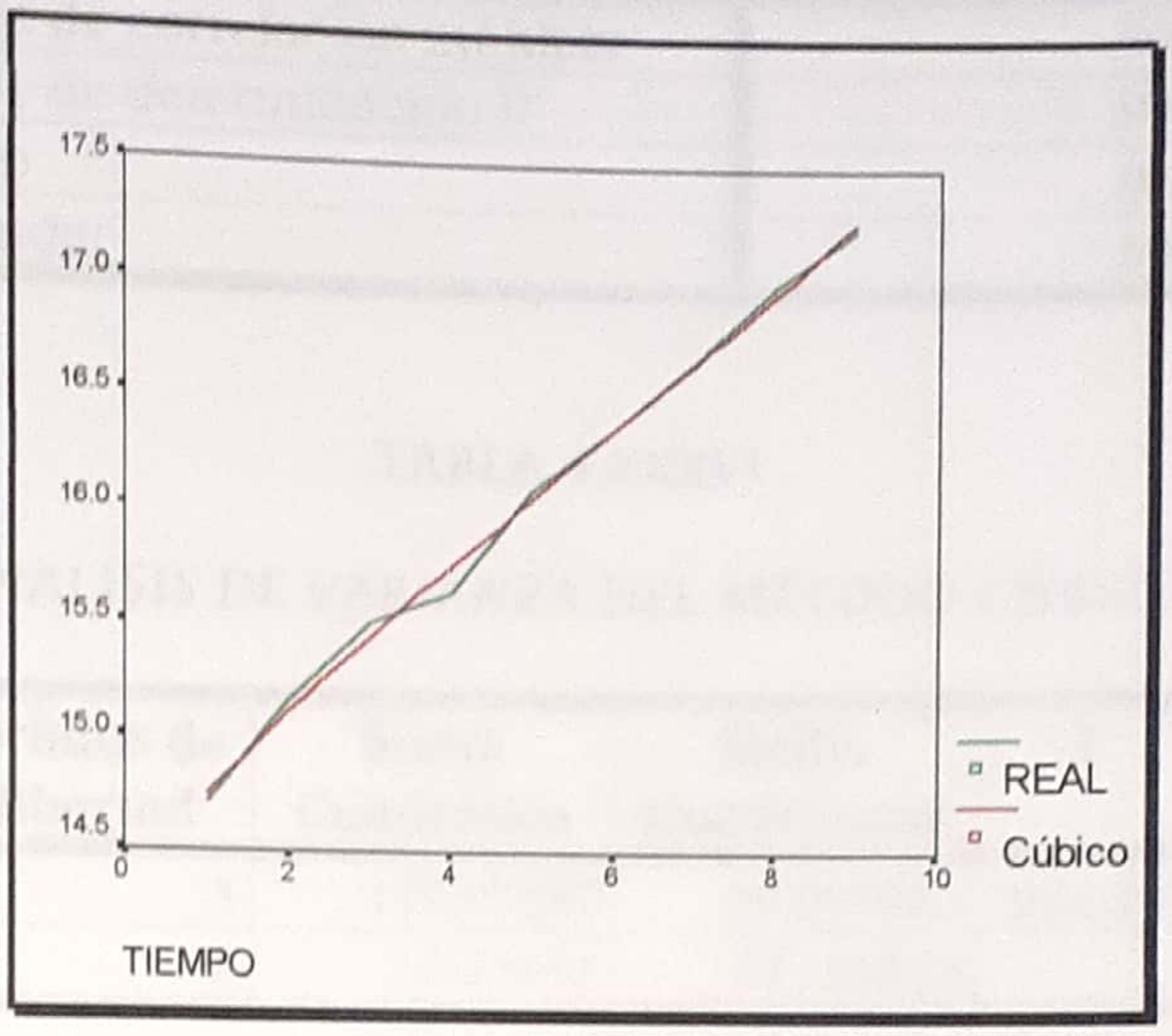
TABLA 4.XXXIV

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	0.409212	3.409	0.0191
Tiempo1	-0.018579	-0.684	0.5245
Tiempo2	0.001019	0.568	0.5946
Constante	14.35087	98.037	0.000

FIGURA 4.11

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR DE SERVICIOS



FUNCIÓN DE y ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 14.35087 + 0.409212t - 0.018579t^2 + 0.001019t^3$$

* *SECTOR RESIDENCIAL*

En el sector residencial se aplicarán métodos de ajuste a los datos reales, escogiendo el coeficiente de determinación más alto. el método que más se ajustó es el cúbico con un 99.3% de la variación de las y que atribuye a las x(tiempo).

TABLA 4.XXXV

MÉTODO: CÚBICO DEL SECTOR RESIDENCIAL

Coeficiente de correlación múltiple	.99686
Coeficiente de determinación R^2	.99373
R^2 Ajustado	.98997
Error estándar	.38913

TABLA 4.XXXVI

ANALISIS DE VARIANZA DEL MÉTODO CÚBICO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma Cuadrática	Media Cuadráticas	F	SIG F
Regresión	3	119.97589	39.991962	264.107	0.000
Residual	5	0.75711	0.151423		

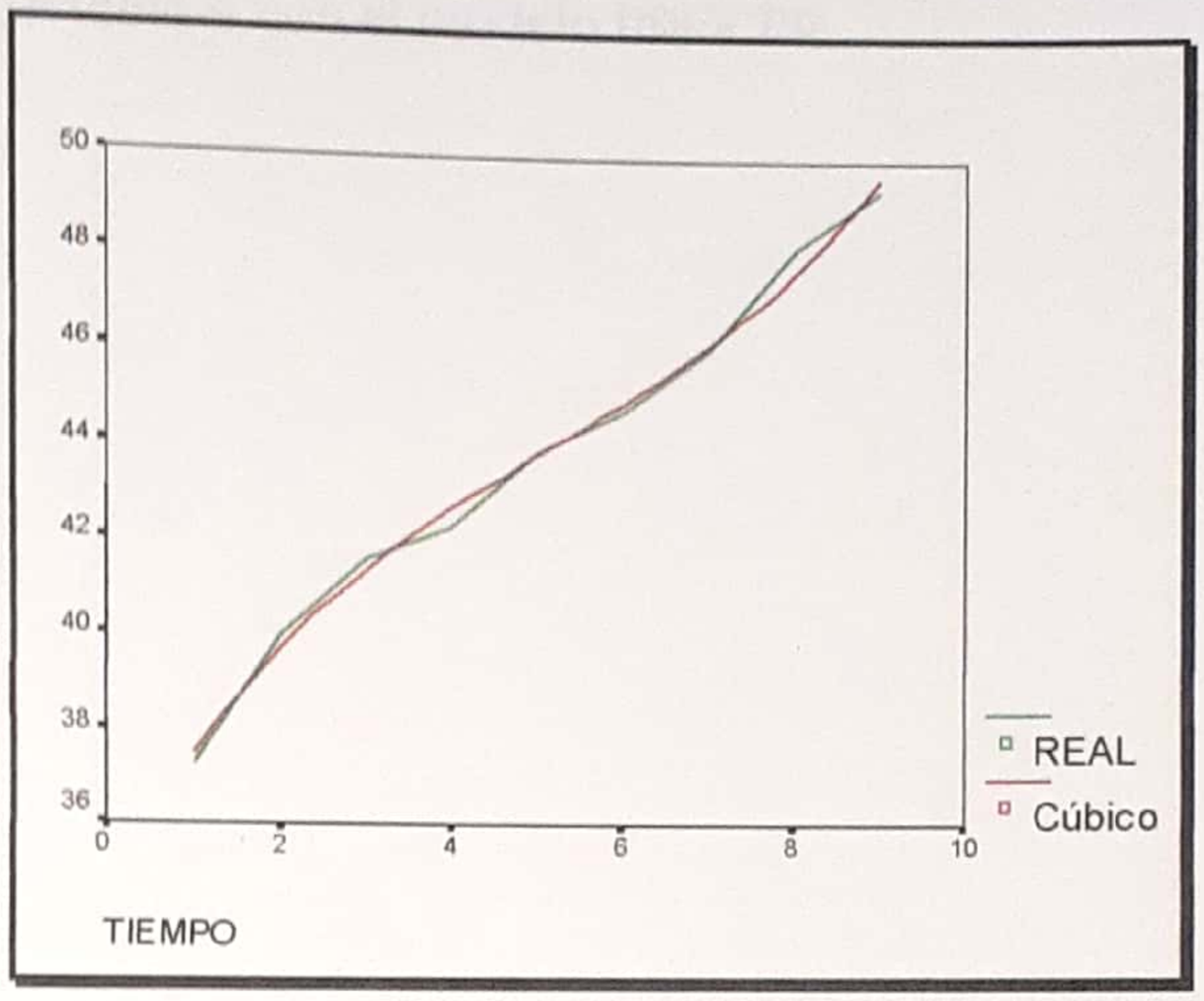
TABLA 4.XXXVII

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

VARIABLE	B	T	SIG T
Tiempo	3.290366	4.769	0.005
Tiempo1	-0.426053	-2.728	0.0414
Tiempo2	0.027391	2.658	0.0450
Constante	34.590317	41.114	0.000

FIGURA 4.12

CURVA DE ESTIMACIÓN DEL SECTOR RESIDENCIAL



FUNCIÓN DE *y* ESTIMADO

$$y = \hat{a} + \hat{b}t + \hat{c}t^2 + \hat{d}t^3$$

$$y = 34.590317 + 3.290366t - 0.426053t^2 + 0.027391t^3$$

4.4. PROYECCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA TOTAL

En esta sección se procederá a proyectar el consumo de energía por sectores según el modelo PROCER. teniendo tres escenarios. El primero es el *escenario simple*. es decir. consumo final de energía sin tomar en cuenta el precio y el ahorro energético. El segundo es el *escenario medio*. es decir. el consumo final de energía con ahorro energético pero sin precios. Y el

tercero es el *escenario total* cuyo consumo final de energía toma en cuenta los factores de precios y ahorro energético.

A continuación se observarán las tablas de las variables econométricas y las proyecciones obtenidas con el modelo PROCER.

TABLA 4.XXXVIII

Estructura del Producto Interno Bruto

Unidad: Miles de millones de sucres de 1975

Período	PIB	Agricultura	Industria	Transporte	Sector público	Servicio	Residencial
1.990	181,53	32,08	28,06	36,80	32,60	14,71	37,28
1.991	190,64	33,99	28,95	39,54	33,04	15,15	39,97
1.992	197,44	35,15	29,99	41,82	33,35	15,50	41,63
1.993	201,45	34,56	30,73	45,29	32,93	15,64	42,30
1.994	210,15	35,89	32,09	48,95	33,29	16,09	43,85
1.995	215,07	37,03	32,79	50,66	33,49	16,35	44,75
1.996	219,34	38,33	33,89	50,67	33,77	16,66	46,03
1.997	226,65	39,53	34,96	52,73	34,23	16,99	48,22
1.998	232,34	40,74	36,25	53,88	34,83	17,25	49,39

FUENTE: *Cuentas Nacionales trimestrales del Banco Central del Ecuador Boletín n. 25-26*

TABLA 4.XXXIX

Evolución del Consumo final

Unidad: KTEP

PERIODO	TOTAL	Agricultura	Industria	Transporte	Sector público	Servicio	Residencial
1990	12.240,94353	1.126,16681	2.509,39342	4.688,28137	293,78264	403,95114	3.231,60909
1991	13.966,89785	1.284,95460	2.863,21406	5.349,32188	335,20555	460,90763	3.687,26103
1992	14.995,41518	1.379,57820	3.074,06011	5.743,24401	359,88996	494,84870	3.958,78961
1993	15.580,49919	1.433,40593	3.194,00233	5.967,33119	373,93198	514,15647	4.113,25179
1994	17.265,76994	1.588,45083	3.539,48284	6.612,78989	414,37848	569,77041	4.558,16326
1995	16.041,40921	1.475,80965	3.288,48889	6.143,85973	384,99382	529,36650	4.234,93203
1996	18.478,76192	1.700,04610	3.788,14619	7.077,36582	443,49029	609,79914	4.878,39315
1997	20.406,21792	1.877,37205	4.183,27467	7.815,58146	489,74923	673,40519	5.387,24153

FUENTE: *Anuario de la Actividad Hidrocarburífera del País. PETROECUADOR. Período 1990-1997*
Informe Estadístico del plan de electrificación. INECEL y el SNI. Período 1990-1997

TABLA 4.XL

Peso Del PIB

SECTORES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
1	0,17672	0,17829	0,17805	0,17153	0,17077	0,17219	0,17477	0,17441
2	0,15455	0,15186	0,15189	0,15255	0,15268	0,15248	0,15449	0,15422
3	0,20274	0,20741	0,21183	0,22482	0,23291	0,23555	0,23099	0,23263
4	0,17959	0,17333	0,16890	0,16347	0,15843	0,15570	0,15395	0,15103
5	0,08102	0,07944	0,07848	0,07766	0,07656	0,07602	0,07596	0,07497
6	0,20538	0,20966	0,21085	0,20996	0,20866	0,20807	0,20984	0,21274

El peso del sector considerado dentro de la estructura económica del PIB.

TABLA 4.XLI

Consumo eficaz

Unidad de consumo: (KTEP)/Miles de millones de sucres

PERIODO	Agricultura	Industria	Transporte	Sector público	Servicio	Residencial
1.990	198,64828	578,76067	628,31065	50,17820	338,97869	422,03447
1.991	212,05379	651,23263	652,28122	58,52419	383,07589	439,99228
1.992	220,40588	674,86162	648,29701	63,90114	406,92617	450,99938
1.993	241,82890	681,30668	586,05221	69,46141	423,21446	463,17755
1.994	259,19634	722,54536	580,06907	78,55876	462,56331	498,19560
1.995	231,44109	657,65103	514,85115	73,83957	425,95329	454,82914
1.996	253,74667	723,63521	604,73275	85,31646	481,88649	505,12300
1.997	272,29044	775,98872	637,21466	94,73102	528,62184	525,19879

TABLA 4.XLII

Proyecciones de los consumos eficaces

unidad de consumo(KTEP)/Miles de millones de sucres

Sector	Ajuste elegido	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Agricultura	Cúbico	291,11860	324,09560	370,70711	433,64493	515,60089	619,26680
Industria	Cúbico	888,79943	1.069,20040	1.332,32421	1.693,55483	2.168,27622	2.771,87234
Transporte	Cúbico	802,87395	1.051,99950	1.414,94217	1.910,67380	2.558,16620	3.376,39123
Sector público	Cúbico	108,34914	127,91841	154,29974	188,72114	232,41058	286,59606
Servicio	Cúbico	607,87824	728,38011	897,52636	1.124,13840	1.417,03761	1.785,04541
Residencial	Cúbico	566,23578	626,42829	709,28551	818,81705	959,03251	1.133,94151

El ajuste de las proyecciones del consumo eficaz se las obtuvo en la sección anterior. en la cual se reemplaza en la función la variable *t* por el tiempo que se va a proyectar el consumo.

TABLA 4.XLIII

Proyecciones de la estructura del PIB

Unidad: Miles de millones de sucres

Sector	Ajuste elegido	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Agricultura	Cúbico	40,95219	43,03720	45,66615	48,93444	52,93747	57,77064
Industria	exponencial	36,10695	37,25935	38,44853	39,67567	40,94197	42,24868
Transporte	Cúbico	53,53153	53,41840	52,52886	50,77910	48,08535	44,36380
Sector público	Cúbico	34,87738	35,88520	37,26439	39,07753	41,38718	44,25592
Servicio	Cúbico	17,27173	17,60409	17,96044	18,34687	18,76952	19,23449
Residencial	Cúbico	49,66136	52,27968	55,68935	60,05473	65,54015	72,30996

Las proyecciones de la estructura del PIB se las obtuvo en la sección anterior.

TABLA 4.XLIV

Nuevo consumo eficaz

Unidad de consumo(KTEP)/Miles de millones de sucres

Sector	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Agricultura	270,894847	299,1779462	339,4790653	393,9508165	464,6725663	553,6519264
Industria	849,6900131	1017,054881	1261,025081	1594,929876	2031,821096	2584,476636
Transporte	802,1516865	1050,948026	1413,386591	1908,382363	2554,842749	3371,667588
Sector público	84,21379583	96,67865073	113,397244	134,8644851	161,5000656	193,6541375
Servicio	568,2006398	675,7499054	826,4525417	1027,385136	1285,398134	1607,120159
Residencial	508,2688586	555,5920525	621,5759714	709,0036515	820,5090795	958,5818004

El nuevo consumo eficaz es el que está dado por la fórmula $c_i^* = c_i e^{-bt}$ donde el b es el coeficiente de ahorro energético.

TABLA 4.XLV

ESCENARIO 1 POR SECTORES

Energía final sin precios y ahorro energéticos

Unidad: KTEP

Sector	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Agricultura	2106,84	2486,76	3014,21	3639,98	4661,06	6160,07
Industria	4959,684	6049,904	7780,819	10250,366	13553,640	17856,358
Transporte	8713,672	11655,572	15744,000	21812,883	28650,309	35283,150
Sector público	678,656	795,667	971,128	1205,568	1523,906	1974,831
Servicio	850,659	1018,665	1265,113	1601,655	2036,265	2609,957
Residencial	5775,318	6866,397	8328,625	10324,584	13115,083	17060,584

El consumo de energía final del escenario 1 es sin contar el nuevo consumo eficaz.

TABLA 4.XLVI

ENERGÍA TOTAL DEL ESCENARIO 1

Unidad: KTEP

PERIODO	CONSUMO DE ENERGÍA
1998	23084,82
1999	28872,96
2000	37103,90

PERIODO	CONSUMO DE ENERGÍA
2001	48835,03
2002	63540,26
2003	80944,95

FIGURA 4.13

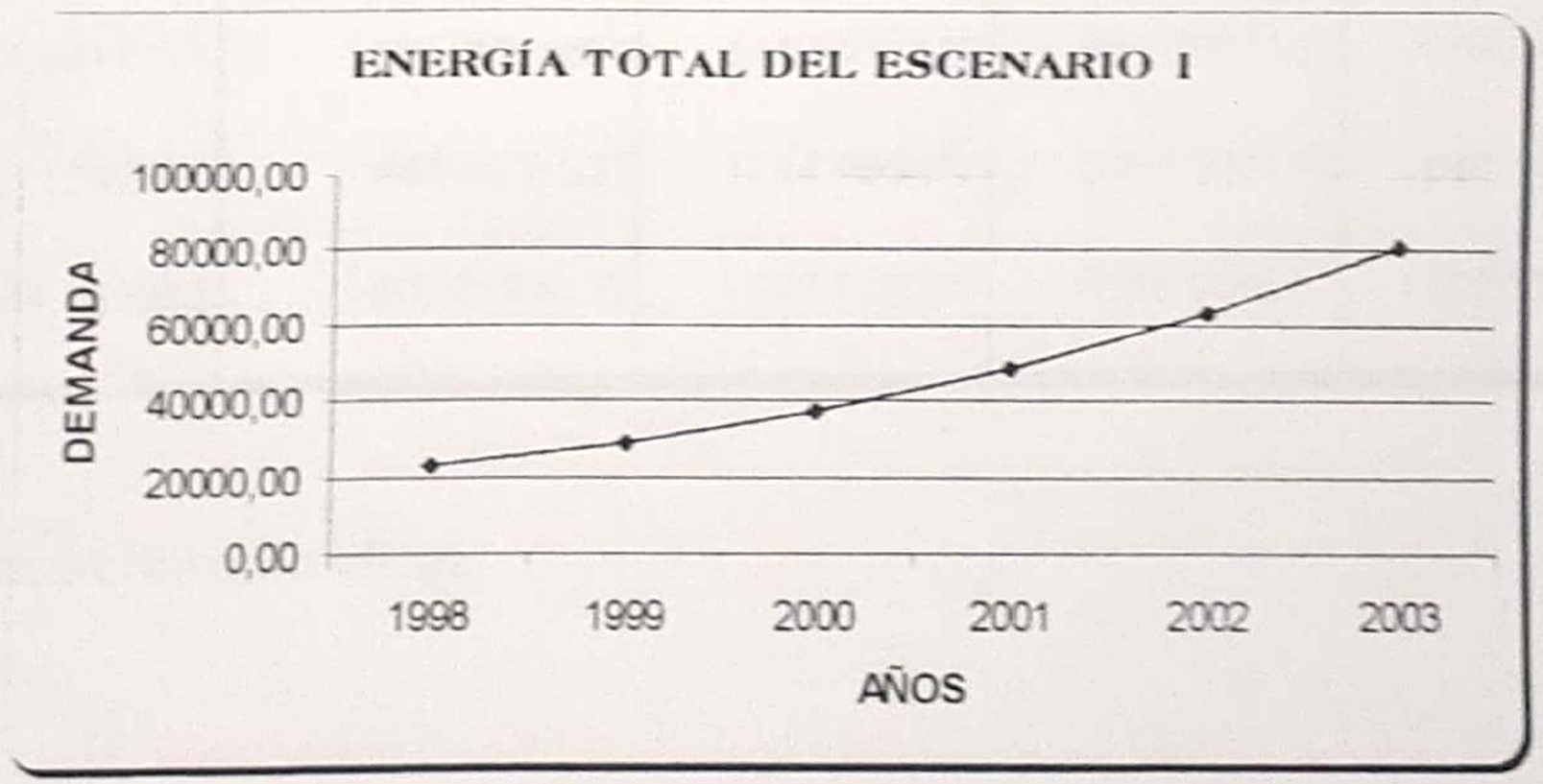


TABLA 4.XLVII

ESCENARIO 2 POR SECTORES

Energía final con ahorro energético

Unidad: KTEP

Sectores	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Agricultura	1960,475571	2295,56567	2760,296923	3306,7908	4200,664291	5507,379162
Industria	4741,445316	5754,846313	7364,429283	9653,431054	12700,67543	16649,15819
Transporte	8705,833132	11643,92251	15726,69105	21786,72291	28613,08745	35233,78789
Sector público	527,4814218	601,3524602	713,6971152	861,5267646	1058,949081	1334,401262
Servicio	795,1342397	945,0601533	1164,930477	1463,801999	1847,100441	2349,807976
Residencial	5184,085252	6089,948157	7298,715597	8939,930607	11220,72938	14422,22976

El escenario 2 es con el nuevo consumo eficaz.

TABLA 4.XLVIII

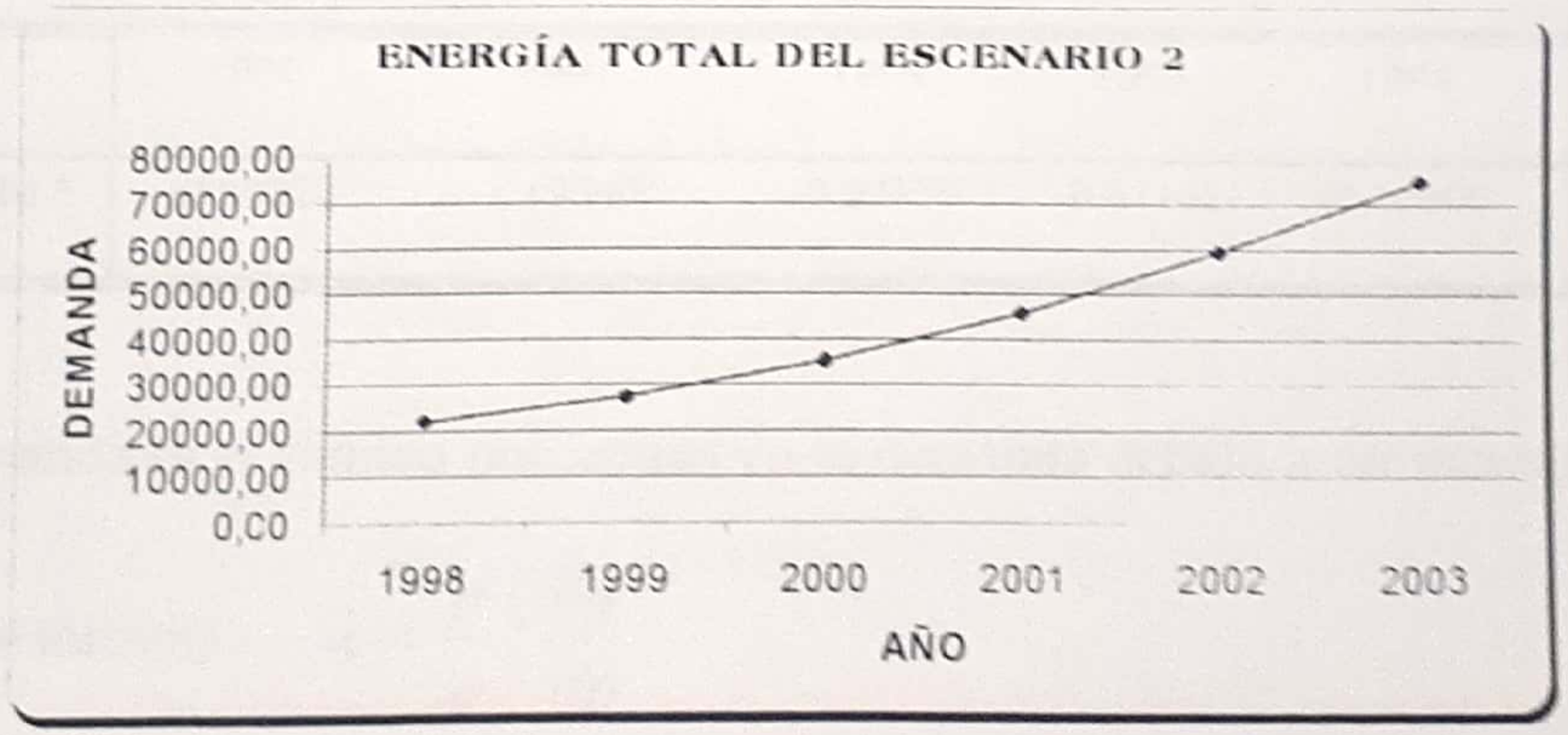
ENERGÍA TOTAL DEL ESCENARIO 2

Unidad: KTEP

PERIODO	CONSUMO DE ENERGÍA
1998	21914.45
1999	27330.70
2000	35028.76

PERIODO	CONSUMO DE ENERGÍA
2001	46012.20
2002	59641.21
2003	75496.76

FIGURA 4.14



PRECIOS DE LA ENERGÍA TOTAL

$/KTEP	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
ENERGÍA TOTAL	47,521	47,491	47,496	47,479	47,473	47,481	47,504	47,506

variación relativa de los precios	-0,00063	0,00009	-0,00036	-0,00011	0,00017	0,00048	0,00003
variación relativa del nivel general de precios	48,50	48,70	54,60	45,00	27,30	22,90	24,40
p	-1,00001	-1,00000	-1,00001	-1,00000	-0,99999	-0,99998	-1,00000

PERIODO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Elasticidad de la demanda *	-0,80220	1,19345	-0,23159	-0,61162	-2,42296	0,81908	-0,61551

La elasticidad de la demanda es el cambio porcentual en la demanda debido a un incremento del 1% en el precio.

Está dada por la siguiente fórmula : $\lambda = \frac{p}{q} * \frac{dq}{dp}$

En el año 1990. 1992. 1993. 1995 y 1996 la demanda se dice que es inelástica. es decir que un incremento del 1% en el precio produce una disminución en la demanda.

En el año 1991 y 1994 la demanda se dice que es elástica. es decir que la demanda es relativamente sensible a los cambios en el precio.

TABLA 4.XLIX

Nuevo Peso del PIB

Sector	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Agricultura	0,16446	0,22020	0,16733	0,13493	0,05107	0,27889
Industria	0,12534	0,29045	0,12559	0,07758	0,00528	0,60023
Transporte	0,16151	0,39710	0,17646	0,12567	0,01563	0,68862
Servicio público	0,17636	0,18373	0,16588	0,15258	0,10988	0,18160
Servicio	0,07167	0,11634	0,06998	0,05102	0,00888	0,18465
Residencial	0,17629	0,32493	0,18569	0,13259	0,02050	0,53677

TABLA 4.L

ESCENARIO 3 POR SECTORES

Energía final con precios y ahorro energéticos

Unidad: KTEP

Sector	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Agricultura	1824,50	2835,23	2594,07	3601,19	6256,14	8920,27
Industria	3845,53	7006,49	6088,98	4909,30	4238,86	5540,06
Transporte	6935,36	8292,96	13100,69	12178,31	1919,77	3033,58
Servicio público	517,99	637,44	700,96	804,14	934,47	1556,34
Servicio	703,35	1383,93	1038,72	961,76	1714,22	5707,97
Residencial	4449,88	9438,03	6427,62	5645,36	5102,33	37205,88

En la energía final del escenario 3 se toma en cuenta los precios y el ahorro energético.

TABLA 4.LI

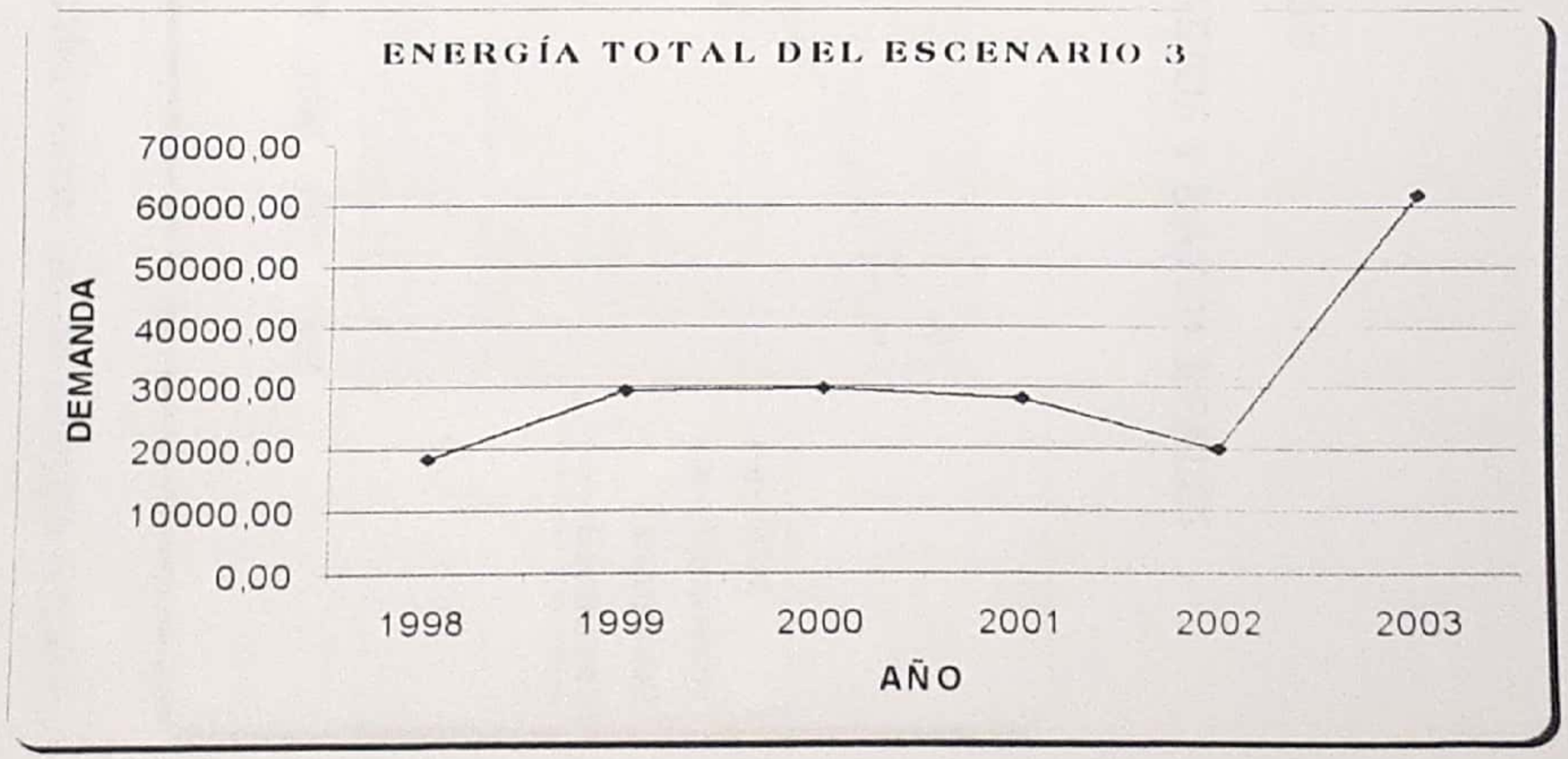
ENERGÍA TOTAL DEL ESCENARIO 3

Unidad: KTEP

PERIODO	CONSUMO DE ENERGÍA
1998	18276,61
1999	29594,08
2000	29951,04

PERIODO	CONSUMO DE ENERGÍA
2001	28100,05
2002	20165,78
2003	61964,10

FIGURA 4.15

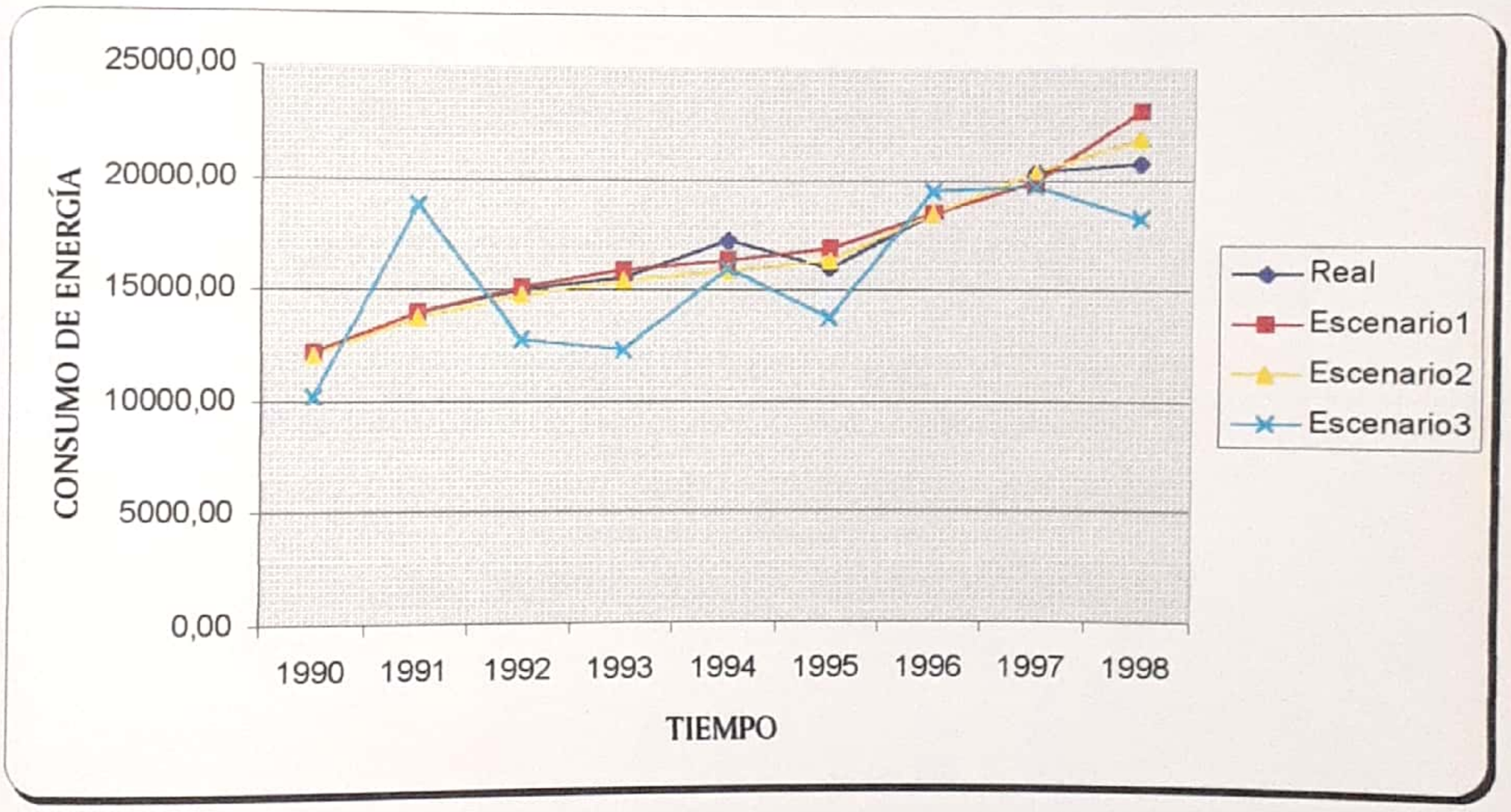


4.5. COMPARACIÓN DEL MODELO PROCER CON LA REALIDAD

Para realizar las proyecciones por medio del modelo PROCER se dejó el año 1998 para comparar con los resultados, por lo tanto se realizó dicha comparación entre todos los escenarios y la realidad, para así darnos cuenta la tendencia del modelo.

FIGURA 4.16

COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIOS Y DATOS REALES



El gráfico 4.16 representa los valores reales del consumo de energía a través del tiempo, de lo siguiente se puede concluir que los escenarios 1 y 2 tienen la misma tendencia de los valores reales, pero el escenario 3 donde interviene el precio y el ahorro energético, se obtiene una serie que varía en determinado tiempo, suponiendo que en el sector energético existen

cambios bruscos de los precios de la energía. por lo cual la población ecuatoriana se restringe en satisfacer su demanda y se someterá a un ahorro más profundo.

La demanda energética tiene una tendencia exponencial. es decir que cada año se incrementará a un promedio de 7.06% anual.

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DE MODELOS POR MEDIO DE UN SIMULADOR PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA A NIVEL NACIONAL

En el siguiente capítulo se proyectará la demanda de energía por medio de un simulador llamado POWERSIM.

Los modelos que se emplean para proyectar la demanda de energía son modelos sugeridos que han sido comprobados por medio del análisis de regresión y el análisis de series de tiempo.

5.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

La labor de determinar un modelo matemático que describa la correlación entre las variables macro-económicas con la demanda de energía para obtener un resultado de gran utilidad práctica. requiere del planteamiento de consideraciones preliminares.

En el apéndice se encuentra la matriz de correlación entre las variables indipendientes como el Producto Interno Bruto. las Exportaciones. los Ingresos Reales y el Crecimiento poblacional. con la variable dependiente que es la demanda de energía. con el fin de poder agrupar dichas variables para la formulación de un modelo que se ajuste a la demanda energética del país.

5.2. MODELOS SUGERIDOS

Analizando la matriz de datos y sus correlaciones se podrá dar a conocer algunos modelos de regresión simples y múltiples para poder predecir la demanda energética. Dentro de los posibles modelos se realizará el análisis respectivo y su predicción. para lo cual se deberá tomar el que mejor se ajuste a los datos. Estos son:

* Modelo de regresión simple de la demanda de energía dependiendo del Producto Interno Bruto

* Modelo de regresión múltiple de la demanda de energía dependiendo del Producto Interno Bruto y del Ingreso Real.
* Modelo univariante de series temporales de la demanda de energía.

Para la obtención de un modelo matemático como se lo mencionó anteriormente se requiere de un proceso largo y un apoyo estadístico firme. para lo cual los modelos propuestos se los podría mejorar cada vez. ajustándolos a la situación del país.

5.2.1. *Modelo De Regresión Simple*

Para modelar la demanda de energía se conoce que existe una estrecha relación entre el Producto Interno Bruto (PIB) y el consumo energético. esto se conoce por medio de la matriz de correlación entre ambas variables. La demanda de energía dependerá de muchos otros factores además del PIB. pero aún si todos esos factores se incluyeran en un modelo. todavía es improbable que se pudiera predecir exactamente la demanda de energía. Casi con seguridad habrá alguna variación en la demanda de energía debida estrictamente a fenómenos aleatorios que no se pueden modelar ni explicar.

El modelo probabilístico de la demanda en función del PIB es el siguiente:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

donde

y= variable dependiente (demanda)

x= variable independiente (PIB)

ε= error

Para estimar este modelo se usa el método de los mínimos cuadrados, en la cual selecciona el estimador que hace mínima la suma de los errores elevados al cuadrado.

El análisis de regresión es el siguiente:

TABLA 5.I

ESTADÍSTICA DE REGRESIÓN SIMPLE

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.810991398
Coeficiente de determinación R^2	0.657707047
R^2 ajustado	0.654065632
Error típico	144104.5942
Observaciones	96

TABLA 5.II

ANÁLISIS DE VARIANZA

	gdl	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3.75075E+12	3.75075E+12	180.6185662	1.317E-23
Residuos	94	1.95202E+12	20766134066		
Total	95	5.70277E+12			

TABLA 5.III

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

	Coeficientes	*Error típico*	*Estadístico t*	*Probabilidad*
Constante	-1441127,572	207619,8336	-6,941184505	4,94737E-10
X1	162,6899484	12,10541064	13,43944069	1,317E-23

En la tabla 5.III. Especifica los coeficientes de regresión β_0, β_1. el error típico y el estadístico t.

El modelo de regresión es el siguiente:

$$\hat{y} = -1441127.572 + 162.6899484 x_1$$

Es importante especificar la distribución de probabilidad del término del error aleatorio y estimar cualquier parámetro desconocido de esta distribución.

El promedio del error es cero. porque el componente determinísta del modelo representa a E(*y*). Por último. se supone que la variancia de ε es σ^2. constante para todos los valores de x. y que los errores asociados con distintas observaciones son independientes.

Por medio de gráficos se observará la relación que existe entre la demanda de energía y el PIB. también se ilustra los valores reales de la variable dependiente con los valores de la variable y estimada.

FIGURA 5.1

DEMANDA VS PIB

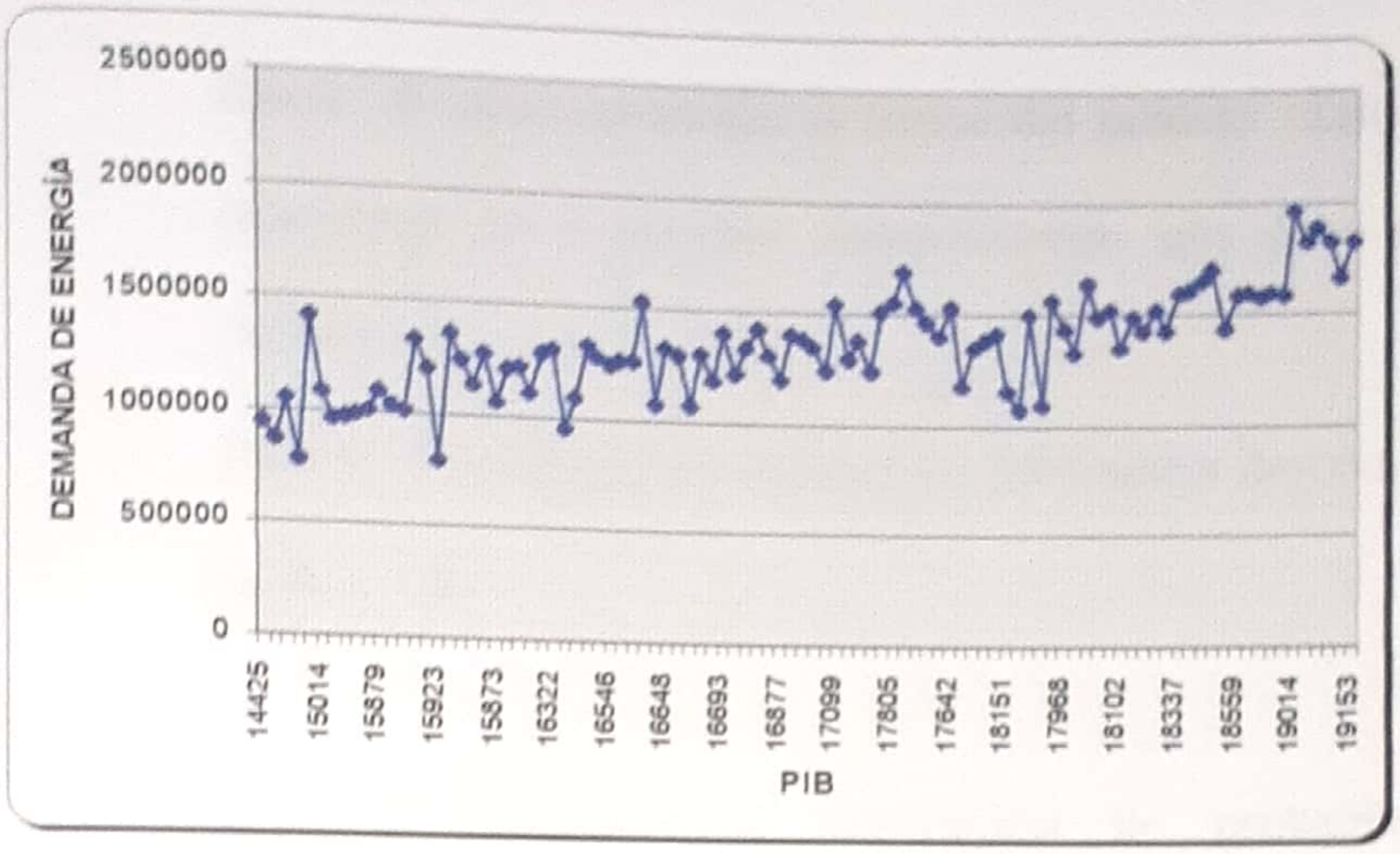
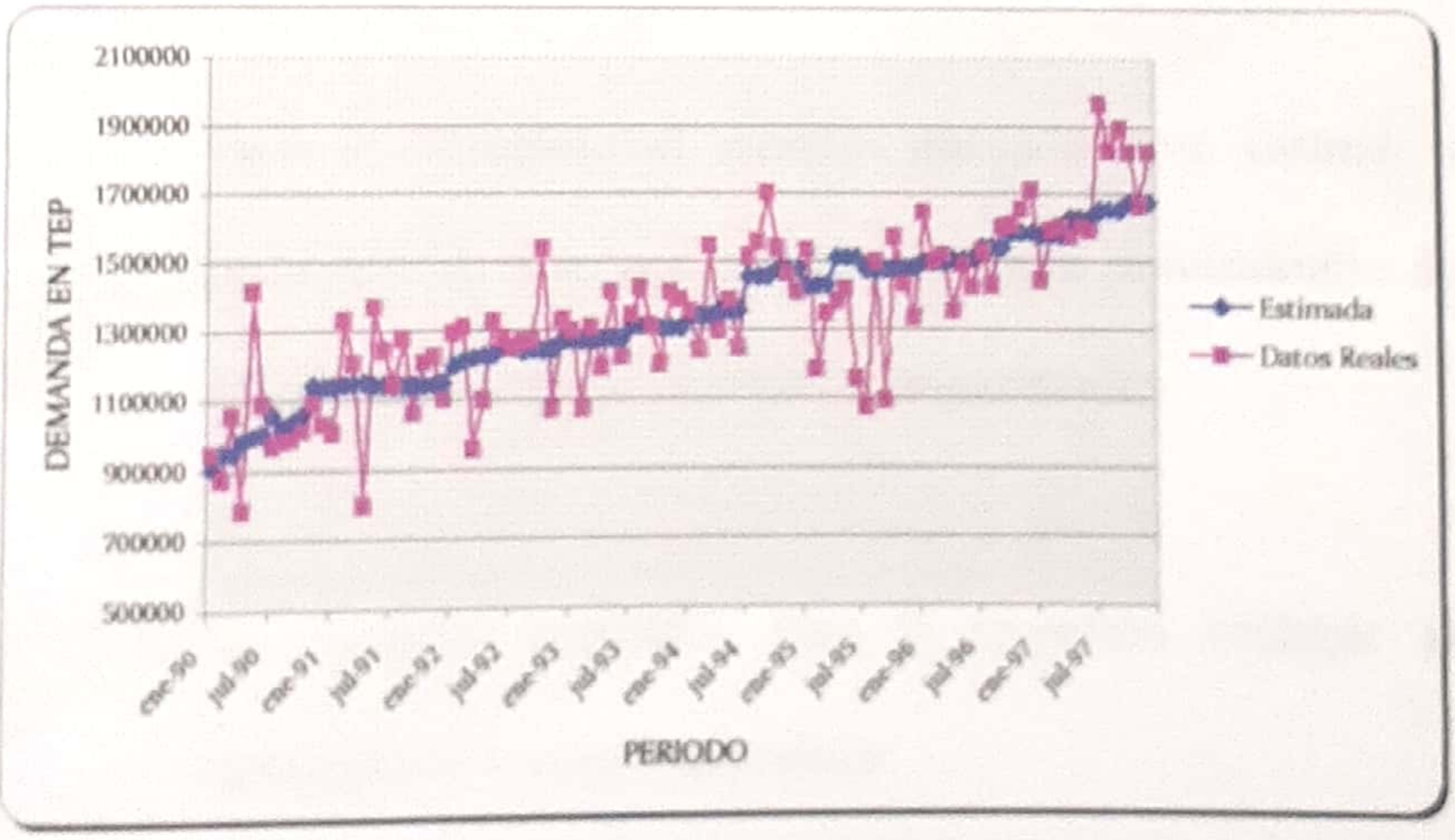


FIGURA 5.2

TENDENCIA DEL MODELO DE REGRESIÓN SIMPLE



5.2.2. Modelo De Regresión Múltiple

Para el caso del modelo de regresión múltiple son aplicables los pasos que se siguen para desarrollar un modelo de este tipo.

Paso1. Primero, proponer la forma del modelo. Esto significa seleccionar las k variables independientes que debe incluir el modelo.

Paso 2. A continuación, estimar los parámetros desconocidos β_0, β_1, β_2,..... β_k

Paso 3. Especificar la distribución de probabilidad del componente aleatrorio de error ε y estimar su variancia σ^2.

Paso 4. Comprobar lo adecuado del modelo.

Paso 5. Emplear el modelo ajustado para estimar el valor promedio de Y o para predecir un valor determinado de Y para valores dados de las variables independientes.

Los modelos sugeridos para la regresión múltiple tienen la siguiente expresión matemática:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_k x_k$$

Se realizará la prueba F para determinar si cualquier conjunto de términos se debe tener en cuenta en un modelo. al probar la hipótesis nula de que el conjunto determinado de β son iguales simultáneamente a cero.

Modelo reducido: $E(Y)= \beta_0+\beta_1x_1+.....+\beta_gx_g$

Modelo completo: $E(Y)= \beta_0+\beta_1x_1+.....+\beta_gx_g+\beta_{g+1}x_{g+1}+...+\beta_kx_k$

H0: $\beta_{g+1}=\beta_{g+2}=...=\beta_k=0$

H1: por lo menos uno de los parámetros β que se prueban es distinto de cero.

Medida estadística de prueba: $$F=\frac{(SSE_1-SSE_2)/(k-g)}{SSE_2/[n-(k+1)]}$$

Donde:

SSE_1 y SSE_2= suma cuadrática del error del modelo reducido y el modelo completo respectivamente.

k-g= número de parámetros β especificados en H0

k+1= número de parámetros β en el modelo completo (incluyendo a β_0).

N= tamaño total de la muestra.

Regíon de rechazo: $F>F_\alpha(\nu_1.\nu_2)$

Se realizaron ensayos preliminares para escoger algún otro modelo de regresión múltiple. pero realizando la prueba F no cumplió con las pruebas estadísticas por lo cual se escogió el siguiente modelo.

PROPONER LA FORMA DEL MODELO

Para el modelo reducido $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$

Donde:

y= variable dependiente (demanda de energía)

x1 =variable independiente (PIB)

x2=variable independiente (Ingreso real)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA 5.IV

ESTADÍSTICA DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.81333726
Coeficiente de determinación R^2	0.66151749
R^2 ajustado	0.6542383
Error típico	144068.626
Observaciones	96

TABLA 5.V

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Gdl	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3.75075E+12	1.88624E+12	90.8778533	1.3287E-22
Residuos	94	1.95202E+12	20755768948		
Total	95	5.70277E+12			

TABLA 5.VI

ANÁLISIS DE VARIABLES EN LA ECUACIÓN

	Coeficientes	*Error típico*	*Estadístico t*	*Probabilidad*
Constante	-1022113.39	459113.4129	-2.226276484	0.0284107
X1	135.1750895	29.48881709	4.583944115	1.41776E-05
X2	0.102446443	0.100123387	3.023201926	0.000308591

ESTIMAR LOS PARÁMETROS DESCONOCIDOS β

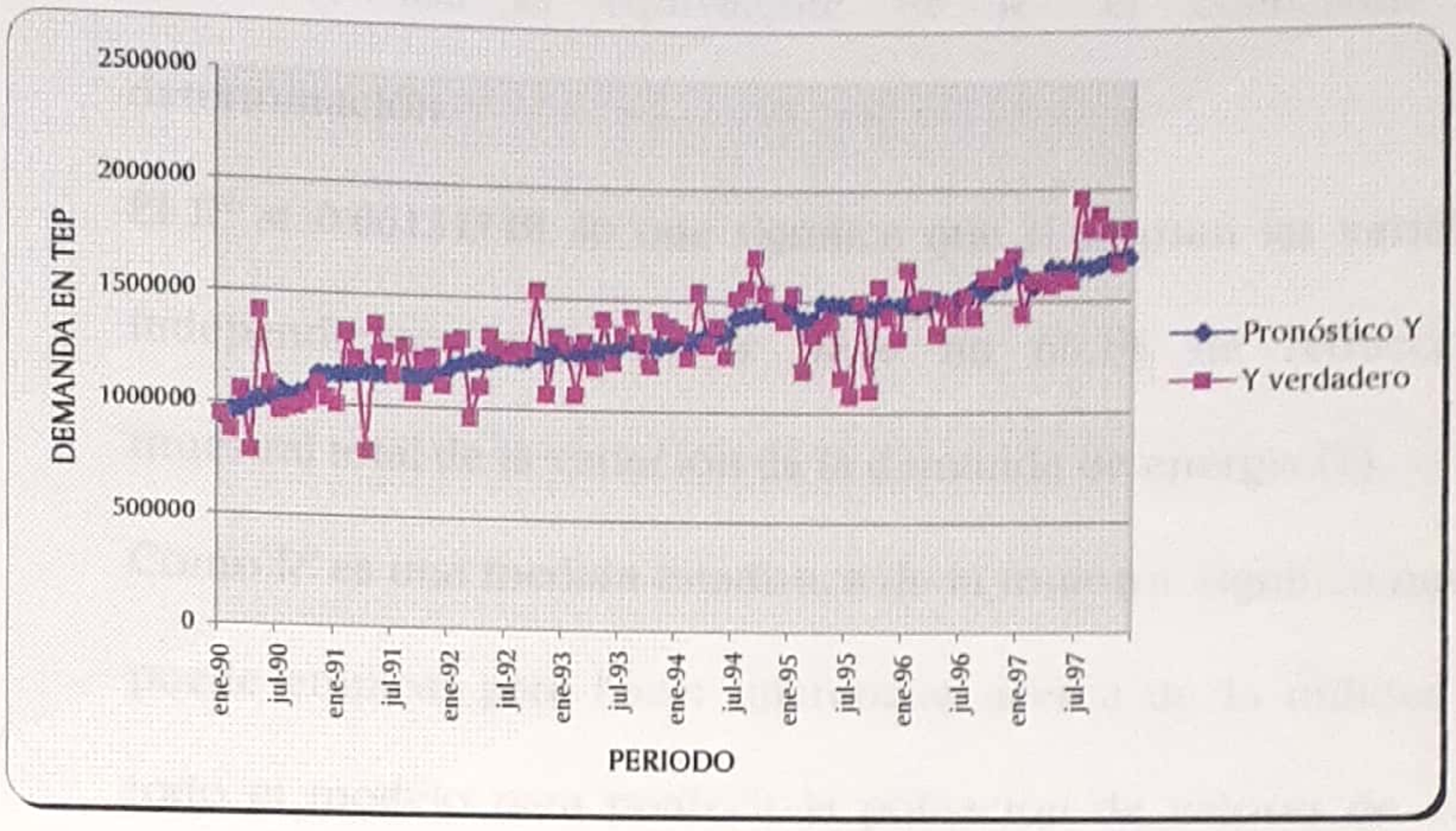
El modo de ajustar modelos de regresión múltiple es por medio del método de los mínimos cuadrados. El resultado se lo obtiene por medio de un paquete estadístico llamado SYSTAT. por medio del cual la ecuación reduce la suma cuadrática del error al mínimo para los datos. el modelo es:

$$\hat{y} = -1022113.39 + 135.17508x_1 + 0.102446443x_2$$

Se puede observar que la gráfica del modelo de regresión múltiple. da un buen ajueste a los datos reales. Sin embargo. antes que se mida la utilidad del modelo. es necesario estimar la variancia del error.

FIGURA 5.3

TENDENCIA DEL MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE



ESTIMACIÓN DE LA VARIANCIA DEL ERROR

Se supone que ε tiene una distribución normal con media cero y varianza σ^2 constante, además se supone que los errores son independientes. Con estas hipótesis, la tarea que queda para especificar la distribución de probabilidad de ε es estimar σ^2.

El estimador para el modelo de línea recta es

$s^2 = \dfrac{SEC}{n-(k+1)}$ donde k es el número de parámetros estimados

$s^2 = 20755768948$

PRUEBA DE LA ADECUACIÓN DEL MODELO:

Para determinar una medida estadística que cuantifique lo bien que ajusta el modelo de regresión múltiple a un conjunto de datos. se usa el equivalente de R^2. el coeficiente de determinación.

El $R^2 = 0.66151749$. lo que significa que si se usan las variables independientes tomadas. se tiene un 66.1% de reduccción muestral total de la variación de la demanda de energía (Y).

Como R^2 es una medida estadística de la muestra. significa que se puede emplear para hacer inferencias acerca de la utilidad de todo el modelo para predecir la población de valores de y en cada conjunto de las variables independientes.

H0: $\beta_1=\beta_2=\beta_3=0$

H1: por lo menos uno de los coeficientes es distinto de cero

Medida estadística de prueba: $F = \dfrac{R^2 / k}{(1-R^2)/[n-(k+1)]}$

La medida estadística de la prueba se hace grande a medida que aumenta el coeficiente de determinación R^2.

La región de rechazo de F es: $F>F_{\alpha}(k.n-(k+1))$

Como F= 90.8778533 es mayor que $F_{0.05}(2.93)$ se llega a la conclusión de que al menos uno de los coeficientes en el modelo

es distinto de cero. Por lo tanto. esta prueba F global indica que es útil este modelo para predicir la demanda de energía.

ESTIMACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ACERCA DE LOS PARÁMETROS β INDIVIDUALES.

Después de determinar que el modelo es útil. también se requiere realizar inferencias acerca de los parámetros β que también tienen significancia.

El paquete estadístico nos da la prueba t de Student para cada coeficiente del modelo.

La prueba del coeficiente tiene las siguientes hipótesis:

Ho: $\beta_i = 0$ H1: $\beta_i \neq 0$

Su medida estadística de prueba es:

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{s\hat{\beta}_i}$$

Región de rechazo:

$t < -t_{\alpha/2}[n-(k+1)]$

Para cada coeficiente se tiene que

$t > t_{0.025}(93)$

- 4.583944115>1.960 ∴se concluye que el término x1 si contribuye al valor predicho de la demanda de energía. y que hay evidencia de que esta demanda de energía varía cuanto varía el Producto Interno Bruto.

- 3.023201926 >1.960 ∴se concluye que el término x2 también contribuye al valor predicho de la demanda de energía.

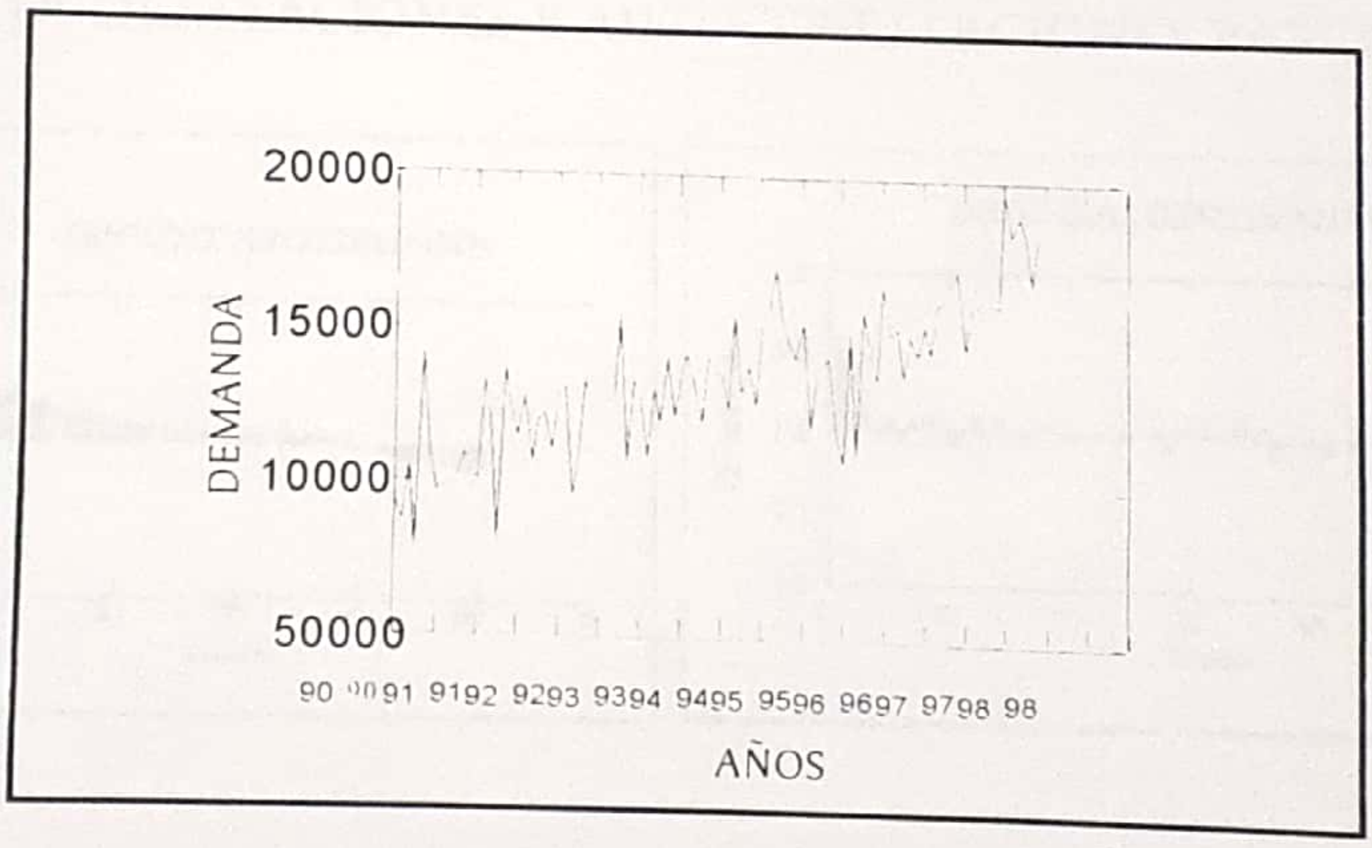
5.2.3. *Modelo univariante*

Los modelos univariantes son aquellos que el comportamiento de una variable se explica utilizando sólo su propio pasado.

La serie histórica de la demanda es:

FIGURA 5.4

SERIE DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

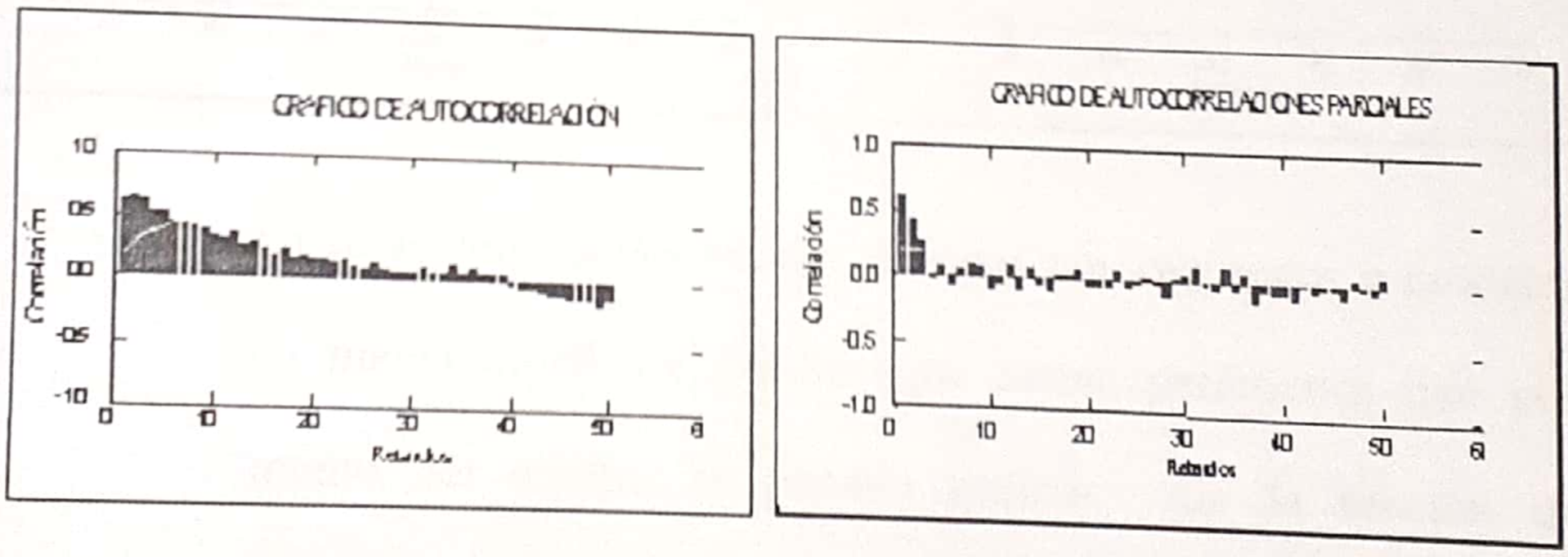


Antes de predecir se deberá analizar la serie para luego estimar el modelo. se presentan las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de la serie.

Una función de autocorrelación simple de un proceso estocástico $\{X_t\}$. es una función que para cada instante t y cada entero k toma un valor $\rho_k(t)$ igual a la correlación entre X_t y X_{t-k}. Y una función de autocorrelación parcial de un proceso estocástico $\{X_t\}$. es una función que para cada instante t y cada entero k toma un valor igual a la correlación entre Xt y Xt-k. ajustada por el efecto de los retardos intermedios X_{t-1}. X_{t-2}. .....X_{t-k-1}.

FIGURA 5.5

AUTOCORRELACIONES Y AUTOCORRELACIONES PARCIALES



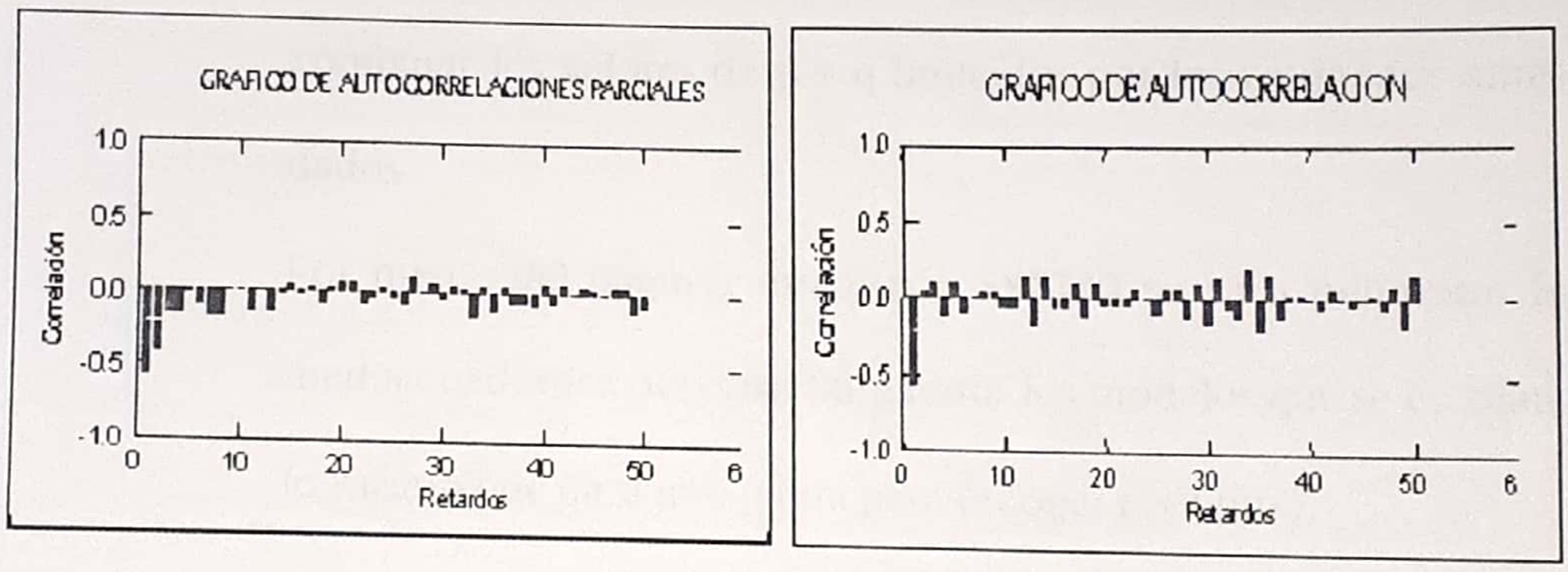
Como se observa en los gráficos existe una aproximación entre los primeros valores de la función y una tendencia a uno. por lo cual se procederá a diferenciar la serie. Se esta trabajando con

un 95% de cofianza. lo cual va a influir dentro de las bandas de aceptación.

Al diferenciar la serie se procederá a obtener las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales para así saber si se tiene que diferenciar por segunda vez.

FIGURA 5.6

AUTOCORRELACIONES DE LA SERIE TRANSFORMADA



En series temporales existen modelos autoregresivos y modelos de media móvil. los mismos que tienen parámetros que por medio del análisis se pueden estimar. De la función de autocorrelación estimada para la serie diferenciada una vez vemos que un valor es el que sale fuera de la banda lo cual nos indica que el valor que debe de tener el parámetro q es uno.

Para el caso de las autocorrelaciones parciales vemos que son 2 los valores que salen de la banda. teniendo en cuenta que el primero es igual al de la función estimada de autocorrelación. pero estos parámetros son los valores máximos que pueden tener estos modelos.

SELECCIÓN DEL MODELO

Para elegir bien el número de los parámetros se procede a combinar los valores de p y q limitados por los resultados antes dados.

Por medio del paquete estadístico SYSTAT se va a minimizar la media cuadrática del error para todos los modelos que se escojan. lo mismo que dará una pauta para escoger el óptimo.

$$R^2 = 1 - \sigma^2/V$$

Donde V es la variancia empírica de la serie inicial diferenciada d veces y como el estimador de la variancia es la MSE. entonces de ahí se desprende que entre menor sea la MSE mayor va ha ser el coeficiente de determinación y el modelo tendrá mayor poder predictivo.

La forma del modelo es:

ARIMA(p.d.q)

p máximo = 2

q máximo = 1

* ARIMA(2.1.1)

La media cuadrática del error es: 2.23383E+10

* ARIMA(1.1.1)

La media cuadrática del error es: 2.35739E+10

* ARIMA(0.1.1)

La media cuadrática del error es: 2.22250E+10

El menor valor de la media cuadrática del error es el ARIMA(0.1.1).

TABLA 5.VII

COEFICIENTES DEL MODELO DE LA DEMANDA

Indice	Tipo	Estimado	Intervalos	
1	Constante	9222.01	5231	13213.1
2	MA	0.885	1	

Matriz de correlación de los parámetros

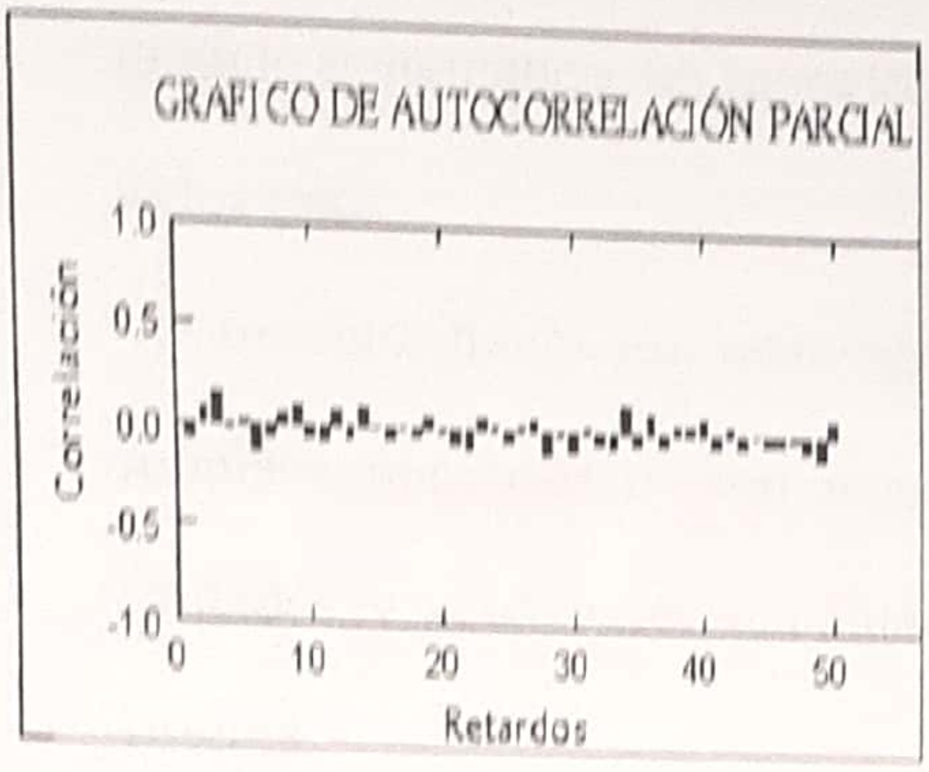
	1	2
1	1	
2	-0.2	1

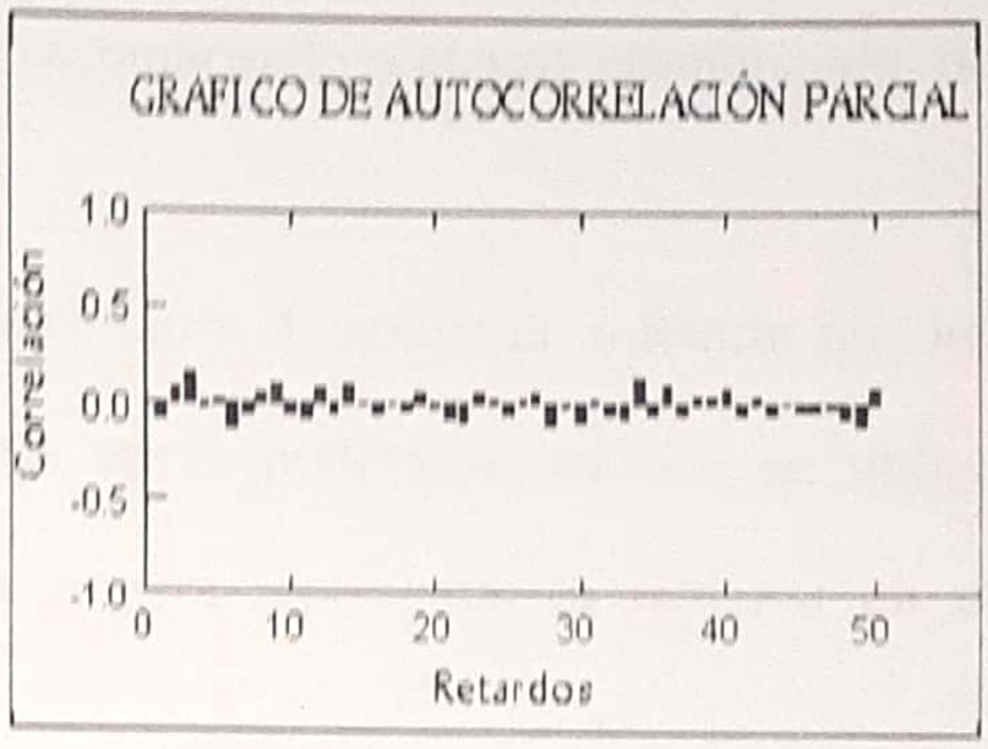
Pero antes de escoger el modelo se deberá verificar el modelo por medio de la prueba de los residuos. que significa que los valores deberán estar dentro de la banda.

FIGURA 5.7

AUTOCORRELACIONES Y AUTOCORRELACIONES PARCIALES

DE LOS RESIDUOS





MODELO SUGERIDO

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t - 0.885\mu_{t-1} + 9222.01$$

donde

X_t = demanda en el tiempo t

X_{t-1} = demanda en el tiempo t-1

μ_t = el error en el tiempo t

μ_{t-1} = el error en el tiempo t-1

5.3. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA POR MEDIO DE UN SIMULADOR

Antes de presentar los resultados por medio de simulador, conviene recordar lo que es una simulación.

La palabra simulación significa imitar. La simulación generalmente envuelve algunas clases de modelos o da una representación simplificada de la realidad. Un modelo de simulación puede ser un modelo físico, un modelo matemático, un modelo computarizado o alguna combinación de todos estos.

Los modelos físicos son relativamente caros de construir, mientras que los modelos matemáticos son algunas veces preferidos, ya que se utiliza símbolos y ecuaciones matemáticas para representar la relación en el sistema.

En el caso de proyectar la demanda de energía, este tendrá un problema dinámico. Abordar un sistema dinámico para modelar y simular requiere de los siguientes puntos:

1. Perspectiva
2. El tiempo del horizonte
3. Cuáles son los patrones de cambio del problema
4. Qué soluciones son propuestas al problema.

En los capítulos anteriores se ha analizado las variables, el tiempo de horizonte y los patrones de cambio del problema "Demanda energética", por lo cual se procederá a presentar el diagrama de flujo de la demanda energética.

5.3.1. Modelo De Regresión Simple

En el modelo de regresión simple se simula la demanda de energía dependiendo de una sola variable que es el PIB.

Para construir el diagrama de flujo de la regresión se proyectan los valores del PIB que tomará en el transcurso del tiempo. la proyección del PIB se la obtuvo por medio de series temporales cuyo modelo fue:

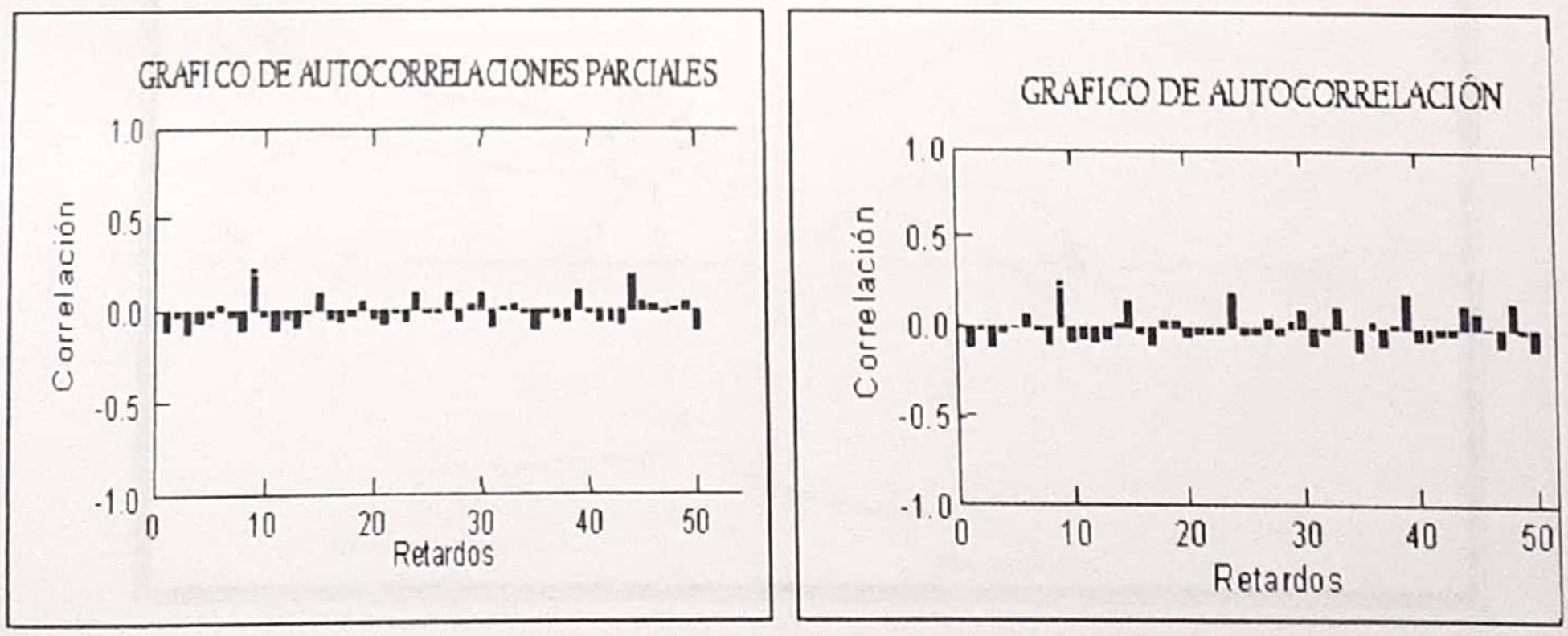
ARIMA(0.1.1)

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t - 0.1220\mu_{t-1} + 49.7680$$

Cuyos parámetros son p=0 y q=1. Sus funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial son:

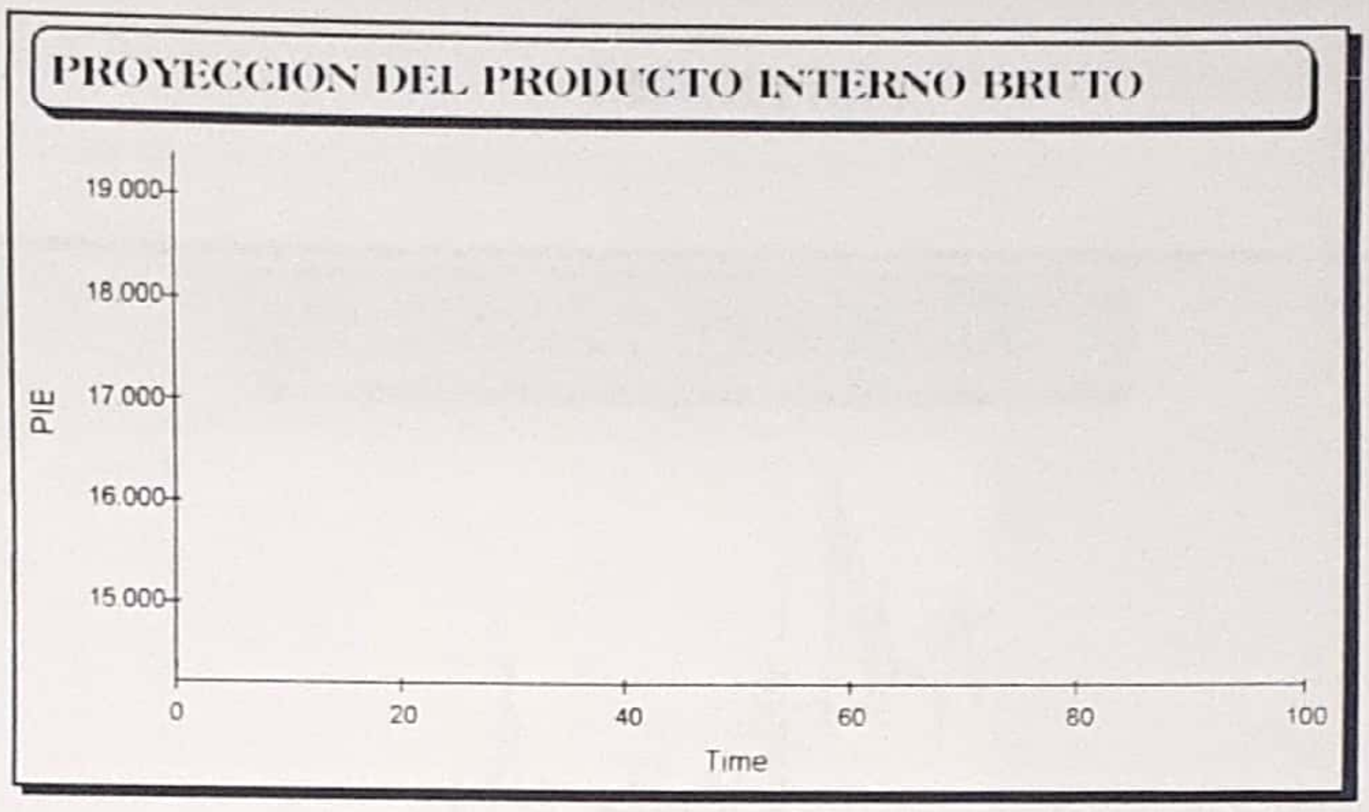
FIGURA 5.8

AUTOCORRELACIÓN Y AUTOCORRELACIONES PARCIALES DE LA SERIE TRANSFORMADA DEL PIB



Simulando el PIB con un tiempo de horizonte de 10 años. el resultado es el siguiente:

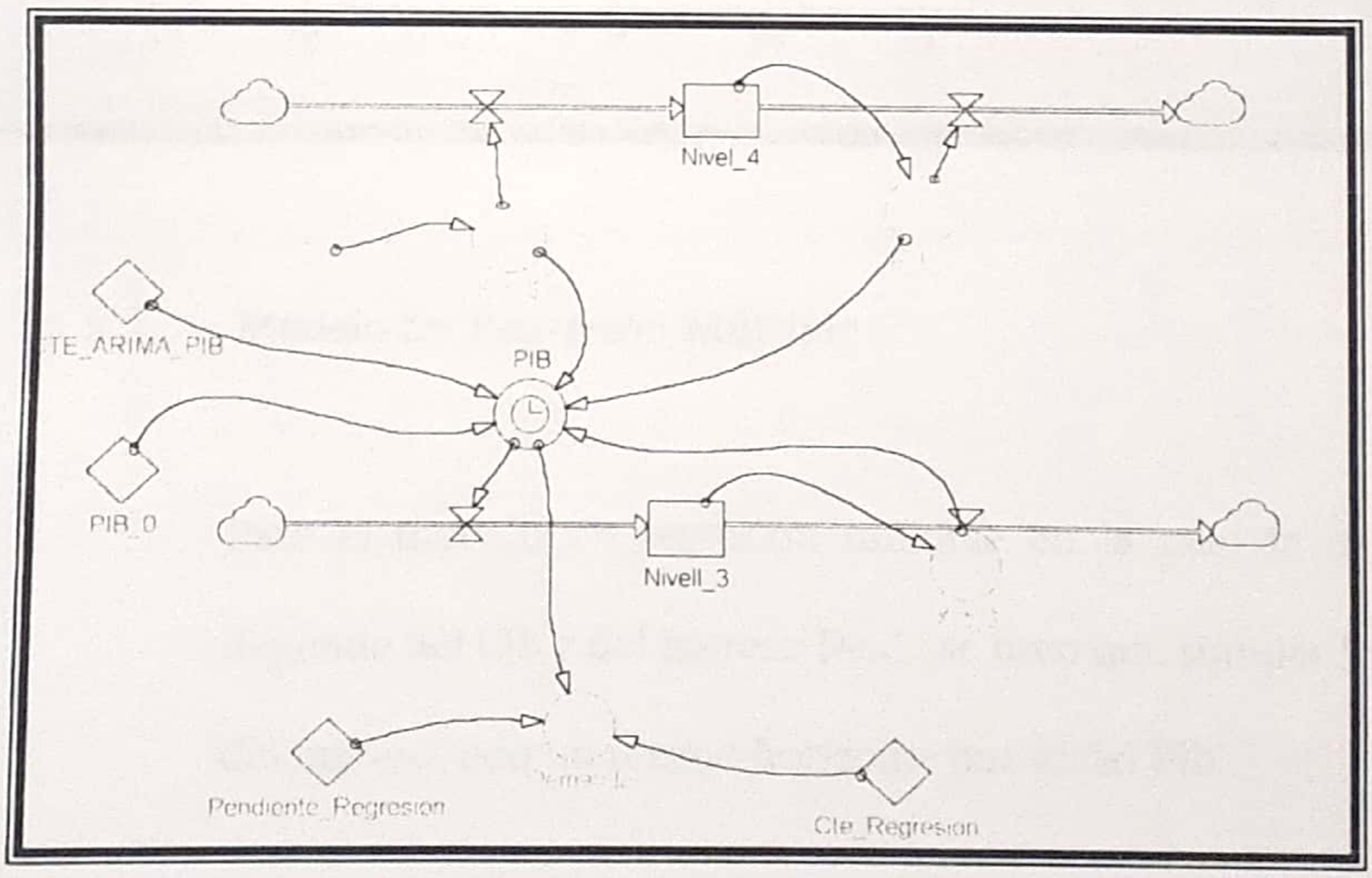
FIGURA 5.9



Teniendo las proyecciones del PIB se utiliza el modelo de regresión para simular la demanda de energía. cuyo diagrama de flujo es el siguiente:

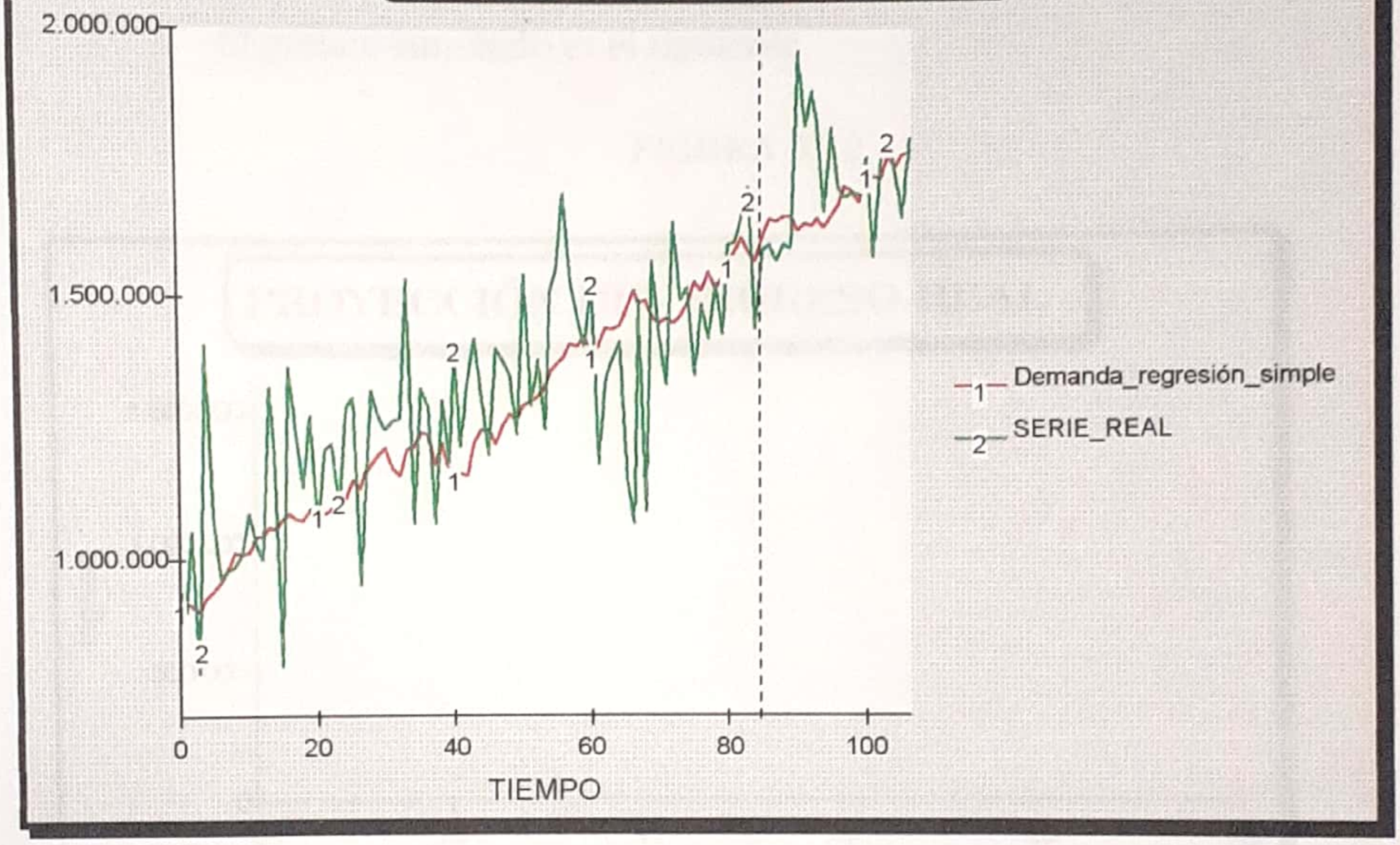
FIGURA 5.10

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO DE REGRESIÓN SIMPLE



En el siguiente gráfico muestra la simulación de la demanda de energía dependiendo del PIB.

FIGURA 5.11



5.3.2. *Modelo De Regresión Múltiple*

Para el modelo de regresión múltiple en la cual la demanda depende del PIB y del Ingreso Real, se tuvo que simular los datos del Ingreso, con un mismo horizonte que el del PIB.

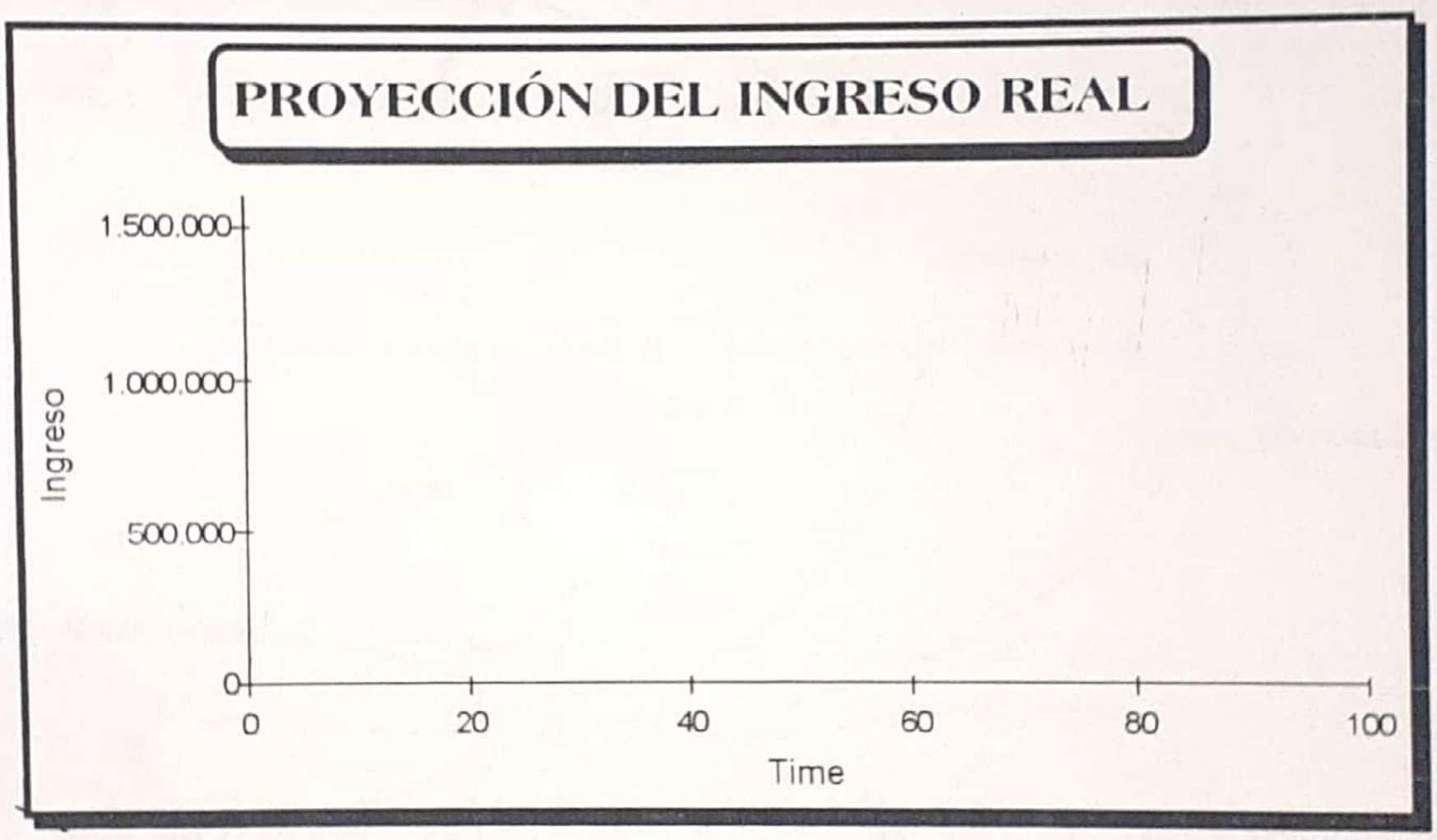
Analizando la serie histórica del Ingreso Real por medio de series temporales se obtuvo un ARIMA (1.1.1). cuyos parámetros p y q eran 1 y 1 respectivamente. con una media cuadrática del error de 1.13098E+10.

El modelo sugerido es el siguiente:

$$X_t = X_{t-1} + 0.162X_{t-2} + \mu_t - 0.803\mu_{t-1} + 10629.19$$

El gráfico simulado es el siguiente:

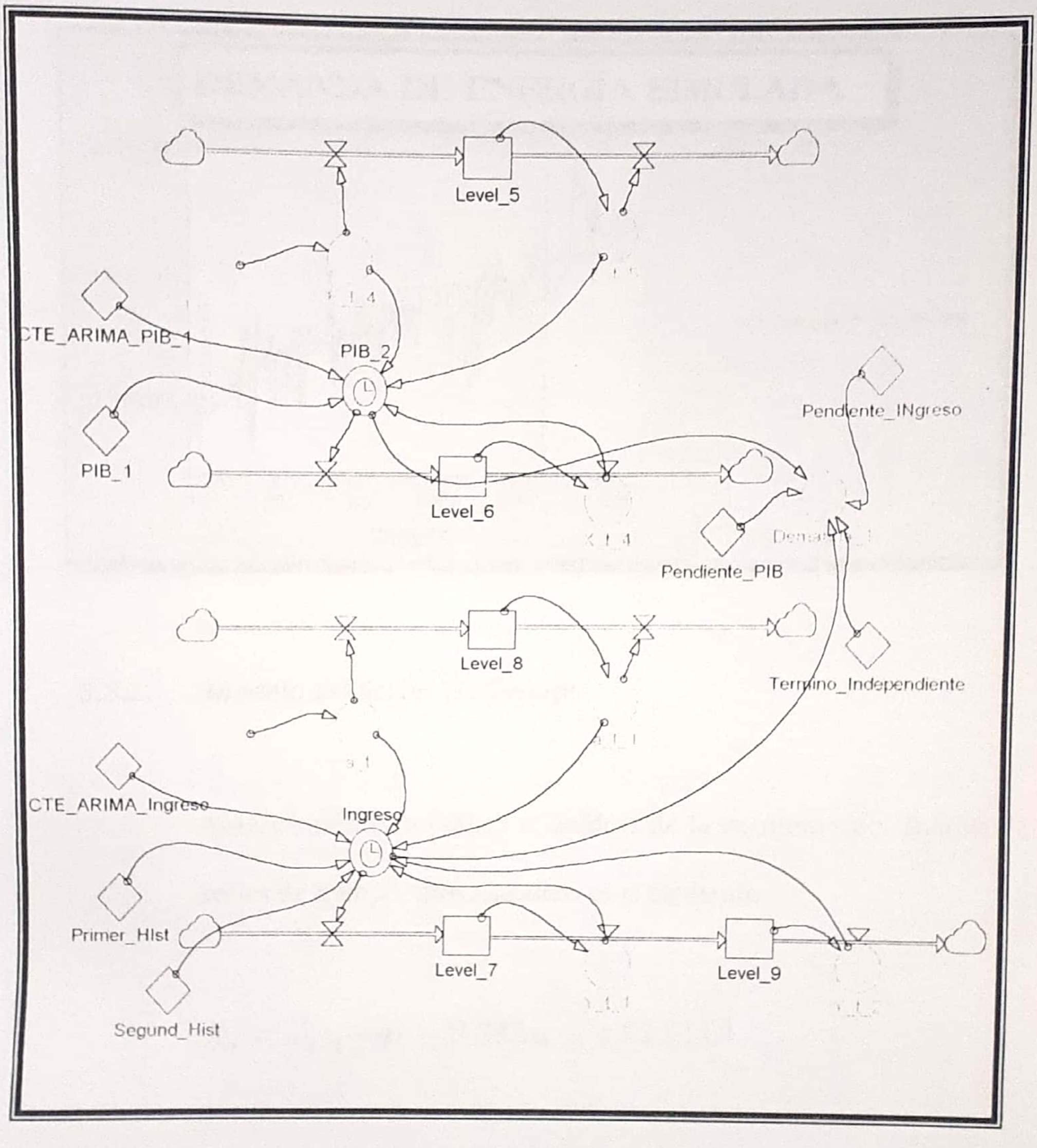
FIGURA 5.12



Para la construcción del diagrama de flujo de regresión múltiple se introdujo la serie proyectada del PIB y del Ingreso Real por esa razón se complica un poco más.

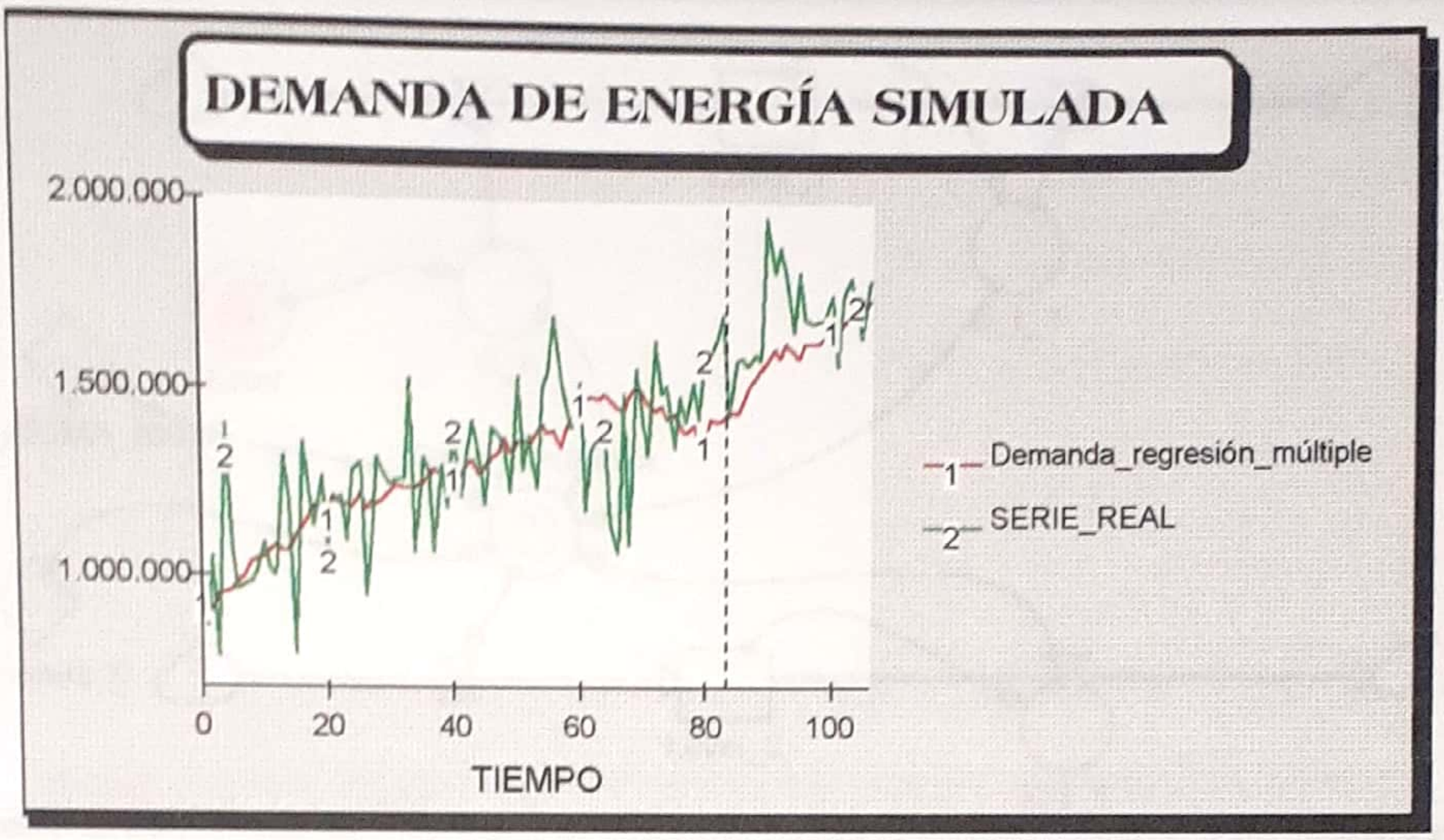
FIGURA 5.13

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE



La demanda simulada es la siguiente:

FIGURA 5.14



5.3.3. *Modelo De Series De Tiempo*

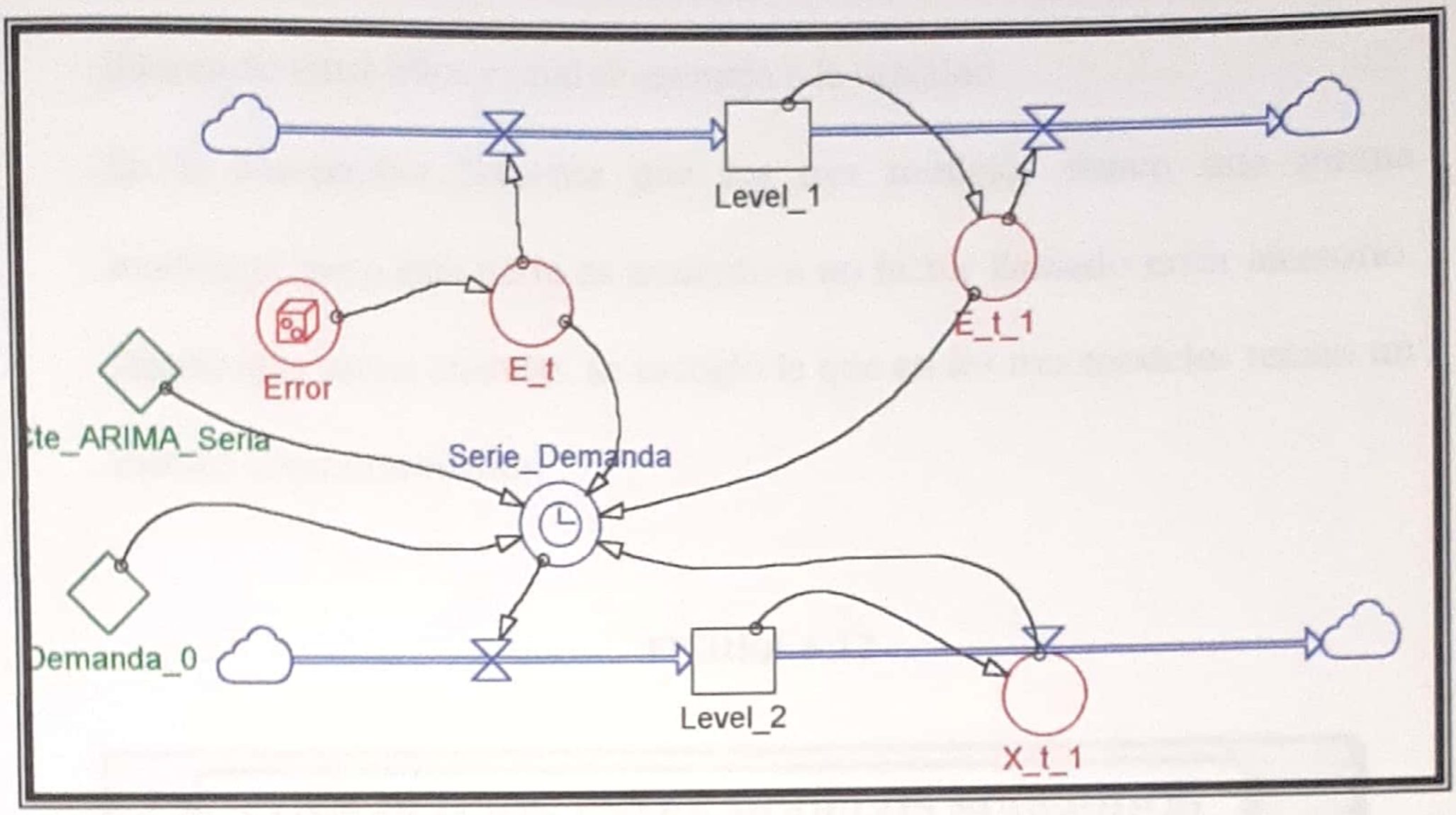
Anteriormente se realizó el análisis de la demanda por medio de series de tiempo, cuyo modelo es el siguiente:

$$X_t = X_{t-1} + \mu_t - 0.885\mu_{t-1} + 9222.01$$

El diagrama de flujo es el siguiente:

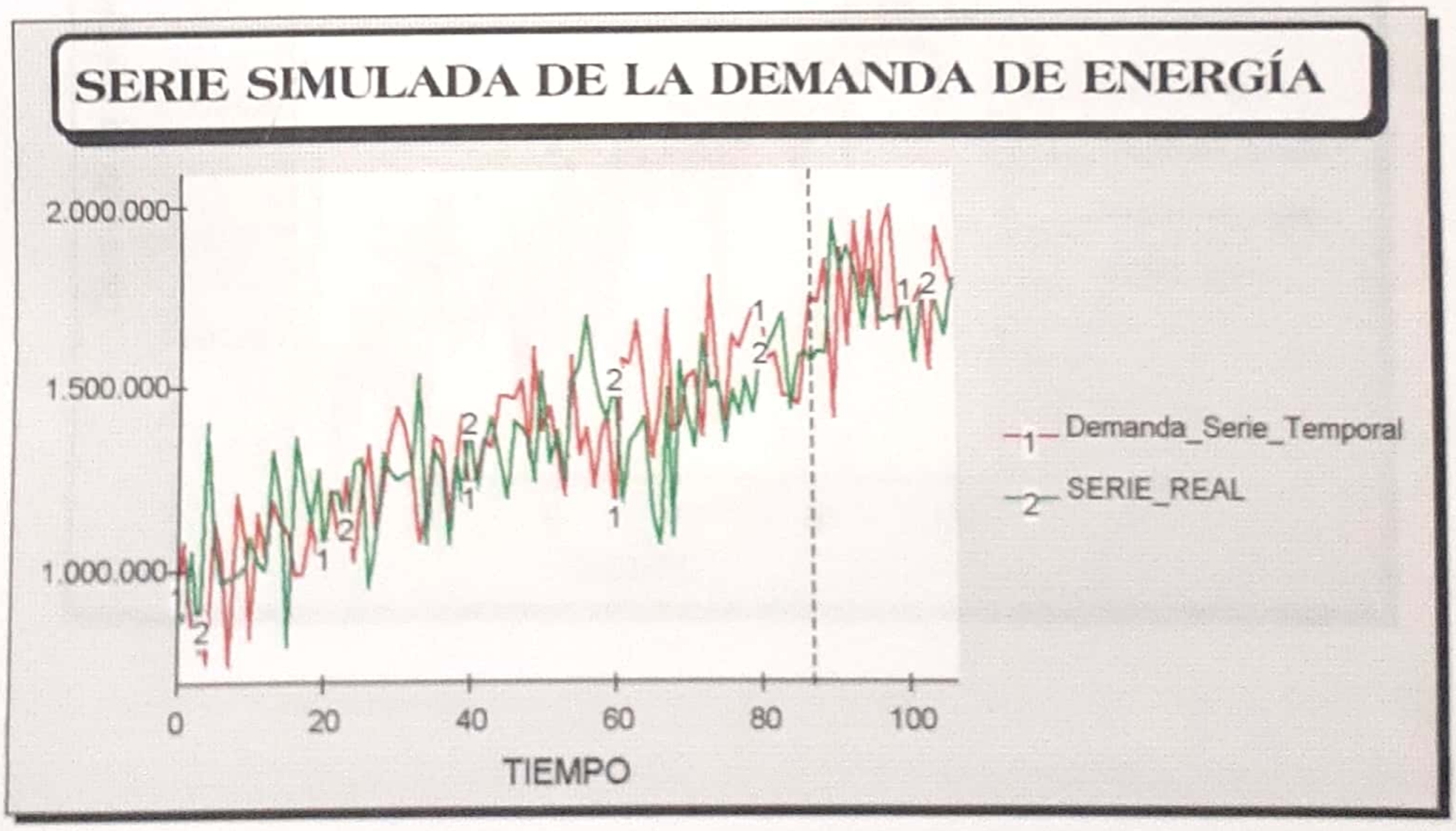
FIGURA 5.15

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO DE SERIES DE TIEMPO



La serie simulada es:

FIGURA 5.16

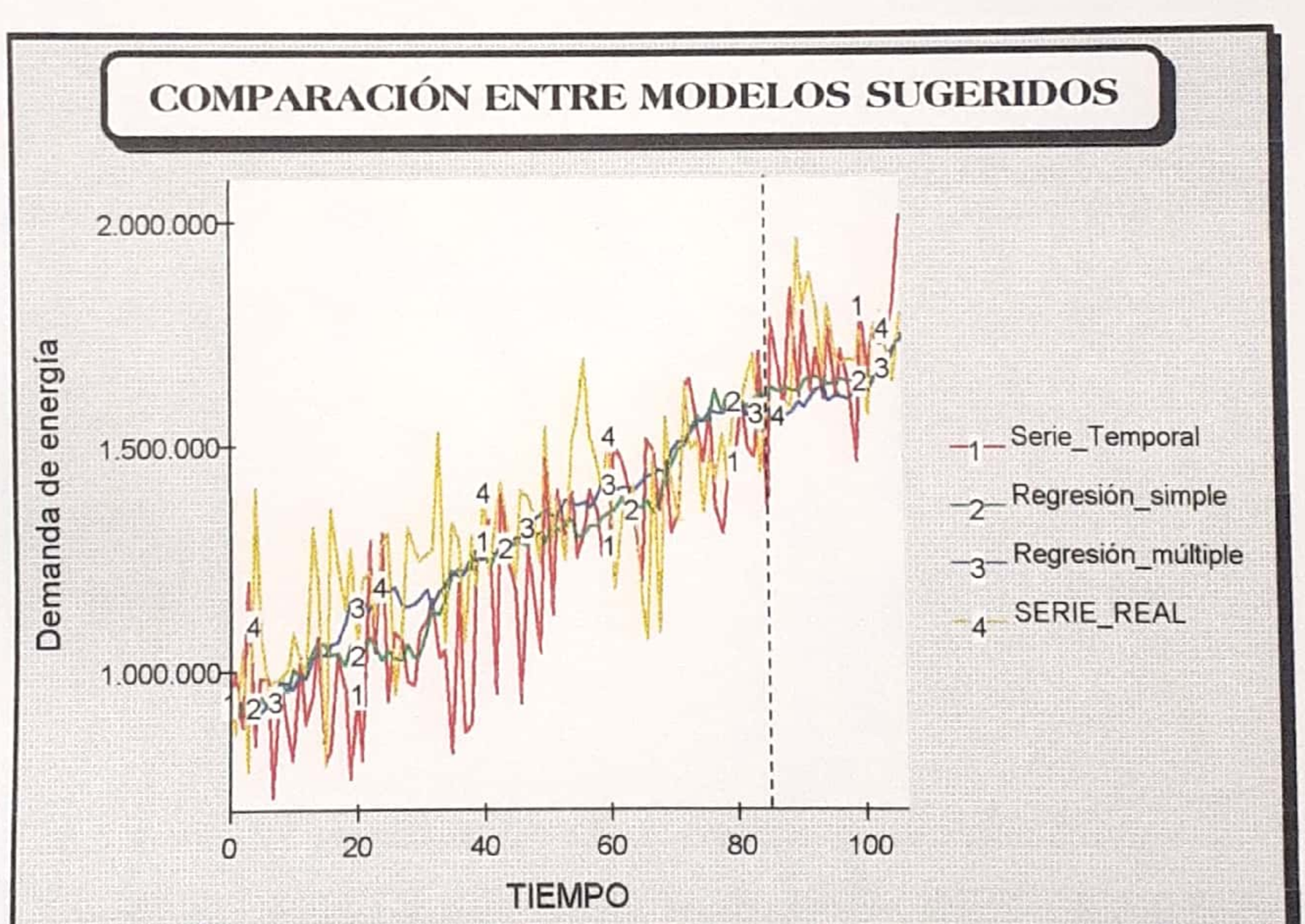


5.4. COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS SUGERIDOS

Se realiza una comparación entre los modelos sugeridos para ver la diferencia entre ellos y cual se asemeja a la realidad.

En la simulación presenta que los tres modelos tienen una misma tendencia, pero esta varía de acuerdo a un factor llamado error aleatorio. Realizando varias corridas, se escogió la que en los tres modelos tenían un mismo comportamiento.

FIGURA 5.17



La simulación realizada tiene un horizonte de 10 años. Como se puede observar en la figura 5.17 se puede concluir que los modelos sugeridos son valederos para realizar una previsión de la demanda energética en el Ecuador. Tomando en consideración que si se desea proponer un modelo donde intervengan varias variables se requirá un análisis previo estadístico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por medio de la información recopilada. el adecuado procesamiento de ellos. y los resultados presentados y analizados en los capítulos anteriores. es procedente concluir que los modelos matemáticos propuestos constituyen un acercamiento a la realidad energética del país y que la proyección de la demanda de energía es fundamental para la planificación económica y para establecer planes y programas de consumo y ahorro energético.

Del desarrollo de estos últimos capítulos se pueden obtener algunas conclusiones. entre estas están:

Primero. el modelo energético PROCER. es un modelo econométrico desarrollado y perfeccionado en muchos años en España. el cual toma en cuenta variables que son altamente dependientes de la demanda de energía.

como es el precio, el PIB y el ahorro energético por cada actividad económica. Es importante pronosticar la demanda por sectores, ya que así se podrá suministrar la energía proporcionadamente, de acuerdo al sector de mayor o menor consumo y por lo tanto no habrá desperdicio de energía.

Segundo, no siempre se deberá confiar plenamente en un modelo establecido, ya que este se ha construido para la situación del país a la que pertenece, o se ha basado en los indicadores macro -económicos de mayor movimiento del país, por lo cual la bondad de los modelos no es la misma para todos los países.

Tercero, es importante diferenciar los escenarios establecidos para la predicción de la demanda energética, ya que estos sufren modificaciones y distintos comportamientos, por lo que se podría considerar que en nuestro país existen cambios severos; ya sean en los precios de la energía o alguna variable que influya en la demanda y considerando que somos un país subdesarrollado estaremos en condiciones de consumir menos energía.

Cuarto, el modelo sugerido por medio de series de tiempo, es confiable pero si la demanda de energía dependiera sólo de la información pasada, esto en general no es cierto, si se considera que hay otros factores que afecten la demanda energética, como catástrofes naturales, guerras, políticas gubernamentales, etc.

Quinto. el modelo sugerido por medio de regresión simple y múltiple. tiene una tendencia creciente. pero no establece con exactitud que función tendría la demanda de energía en los próximos años. su principal defecto es que no se conoce como afectan a la demanda otros términos no lineales de las variables macro -económicas.

Sexto. la mejor proyección que se podría emplear es utilizando un simulador el cual permite que en las diferentes corridas exista un factor aleatorio que modifique la tendencia de la función. y por medio de este variará la demanda de energía. cosa que no se toma en cuenta en los otros modelos.

De igual manera los modelos sugeridos constituyen una herramienta valedera para posteriores estudios sobre la predicción de la demanda. por las siguientes razones:

- Los resultados expresados tienen similitud con los estudios realizados por entidades dedicadas a predecir la demanda energética como es OLADE.
- Porque los datos utilizados provienen de una información real. es decir de lo que ha sucedido en nuestro país. por lo tanto los resultados reflejan nuestros requerimientos energéticos.

Si examinamos detenidamente las dificultades encontradas a lo largo del proceso del proyecto. considero oportuno señalar:

- La falta de una política de recolección de datos coherentes por parte de las instituciones a cargo del manejo y planificación energética. lo cual impide que se disponga de información para hacer estudios de este tipo.
- La obtención de la información de los consumos de energía por sectores y de forma anual.
- Los diferentes ensayos para ajustar un modelo de regresión simple y múltiple. que satisfagan las pruebas estadísticas. Aunque los modelos sugeridos no contienen todas las variables explicativas no significa que la proyección sea errónea. lo que quiere decir es que el error es más grande y tiene una tendencia lineal.
- Por medio del simulador y de acuerdo al factor aleatorio. se proyecta resultados sorprendentes. en el sentido de que la demanda de energía crece de una manera exponencial. mientras que la producción de las distintas clases de energía depende de los recursos que tenga nuestro país y de las nuevas tecnologías que ingresan. y por tanto su crecimiento difícilmente alcanza al proyectado de la demanda. por lo que es necesario que el gobierno y las instituciones públicas y privadas intensifiquen sus políticas de ahorro energético. y se desarrollen otras formas alternativas de energía que son beneficiosas por su bajo impacto ambiental y que en nuestro país no han tenido el auspicio necesario. como son la eólica. solar. geotérmica. etc.

Por lo tanto, con estás conclusiones expresadas, se requiere que en nuestro país exista un cambio en el sentido de mejorar sus costumbres, de estar al día con las nuevas tecnologías, de conservar sus recursos no renovables, de tener un uso eficiente de energía y aprovechar las riquezas de nuestras tierras, sin destruirlas. Ya que la población ecuatoriana requiere de mucha energía en especial los sectores productivos para elevar el nivel de vida de los ecuatorianos y lo que se debe hacer es tratar de equilibrar en lo posible DEMANDA ENERGÉTICA con DESARROLLO ECONÓMICO e IMPACTO AMBIENTAL.

APÉNDICES

APENDICE A

FACTORES DE CONVERSIÓN

Petróleo: 0.139 TEP/BL : 1.020 TEP/TON : 7.34 BL/TON

1 TEP = 7 BEP

1 TEP = 8.19 BLS de gasolinas

1 TEP = 11.64 MWH de electricidad

1 BL = 42 galones

APÉNDICE B

Matriz de Correlación de las variables del Producto Interno Bruto

	Agricultura	*Petróleo*	*Industria*	*Electricidad*	*Construcciones*	*Comercio*	*Transporte*	*Servicios financieros*	*Servicios gubernamen*	*Otros*
Agricultura	1									
Petróleo	0,90689821	1								
Industria	0,999519	0,91424995	1							
Electricidad	0,98649777	0,93498819	0,99025602	1						
Contrucciones	0,99903268	0,9057319	0,99949573	0,99057708	1					
Comercio	0,99946403	0,91482375	0,99979303	0,99068829	0,99933942	1				
Transporte	0,99933185	0,90894104	0,99928045	0,98976533	0,99924845	0,99936111	1			
Servicios financieros	0,99782856	0,91670677	0,99840432	0,99076335	0,99857838	0,99864557	0,99858639	1		
Servicios gubernamental	0,99867803	0,92225661	0,99888424	0,98941687	0,99787191	0,99876609	0,99898453	0,99870244	1	
Otros	0,99306158	0,85780795	0,9917596	0,97696667	0,99450836	0,99176816	0,99319899	0,99084742	0,98836933	1

APÉNDICE C

Matriz de correlación entre la demanda. el PIB. las exportaciones. los Ingresos Reales y el Crecimiento Poblacional.

	POBLACION	*PIB*	*DEMANDA*	*EXPORTACIONES*	*INGRESOS*
POBLACIÓN	1				
PIB	0.995976	1			
DEMANDA	0.956396	0.960088	1		
EXPORTACIONES	0.806193	0.783911	0.752248	1	
INGRESOS	0.973909	0.957620	0.940130	0.8815293	1

APÉNDICE D

Tabla de los valores simulados del modelo de series de tiempo de la demanda de energía.

VALORES DE LA SIMULACIÓN DE LA DEMANDA

Time	e ARIMA Ser	X t-1	E t-1	E t	Demanda Serie Temporal	Error
79	9.222,01	1.610,941	-36.497,84	47.118,77	1.699.582,16	47.118,77
80	9.222,01	1.699,582	47.118,77	156.446,53	1.823.550,59	156.446,53
81	9.222,01	1.823,551	156.446,53	133.394,62	1.827.712,04	133.394,62
82	9.222,01	1.827,712	133.394,62	-168.502,97	1.550.376,84	-168.502,97
83	9.222,01	1.550,377	-168.502,97	136.768,81	1.845.492,79	136.768,81
84	9.222,01	1.845,493	136.768,81	-122.320,87	1.611.353,53	-122.320,87
85	9.222,01	1.611,354	-122.320,87	12.908,55	1.741.738,06	12.908,55
86	9.222,01	1.741,738	12.908,55	-130.921,32	1.608.614,68	-130.921,32
87	9.222,01	1.608,615	-130.921,32	61.149,42	1.794.851,49	61.149,42
88	9.222,01	1.794,851	61.149,42	137.149,27	1.887.105,53	137.149,27
89	9.222,01	1.887,106	137.149,27	-38.539,66	1.736.410,77	-38.539,66
90	9.222,01	1.736,411	-38.539,66	77.229,23	1.856.969,61	77.229,23
91	9.222,01	1.856,970	77.229,23	125.829,20	1.923.672,95	125.829,20
92	9.222,01	1.923,673	125.829,20	54.616,75	1.876.152,87	54.616,75
93	9.222,01	1.876,153	54.616,75	17.712,41	1.854.751,47	17.712,41
94	9.222,01	1.854,751	17.712,41	121.966,10	1.970.264,10	121.966,10
95	9.222,01	1.970,264	121.966,10	-121.740,63	1.749.805,47	-121.740,63
96	9.222,01	1.749,805	-121.740,63	231.299,53	2.098.067,47	231.299,53
97	9.222,01	2.098,067	231.299,53	-268.736,08	1.633.853,32	-268.736,08
98	9.222,01	1.633,853	-268.736,08	193.817,58	2.074.724,34	193.817,58
99	9.222,01	2.074,724	193.817,58	-79.958,11	1.832.459,68	-79.958,11
100	9.222,01	1.832,460	-79.958,11	150.357,62	2.062.802,24	150.357,62

APÉNDICE E

Tabla de los valores simulados del modelo de regresión simple de la demanda de energía.

Time	PIB	Demanda_regresión_simple
76	19.153,65	1.674.977,56
77	19.236,96	1.688.532,07
78	19.339,52	1.705.217,40
79	19.475,69	1.727.371,09
80	19.447,23	1.722.740,97
81	19.573,75	1.743.323,31
82	19.454,30	1.723.891,00
83	19.411,05	1.716.854,48
84	19.457,09	1.724.344,28
85	19.481,93	1.728.385,05
86	19.726,90	1.768.239,81
87	19.526,43	1.735.624,85
88	19.577,37	1.743.912,84
89	19.303,67	1.699.385,06
90	19.569,19	1.742.582,52
91	19.885,37	1.794.021,95
92	20.104,10	1.829.605,92
93	20.301,93	1.861.791,92
94	20.165,48	1.839.591,76
95	20.220,05	1.848.469,94
96	20.119,90	1.832.177,63
97	20.161,96	1.839.019,39
98	20.232,56	1.850.505,32
99	20.328,45	1.866.106,58
100	20.294,85	1.860.639,40

APÉNDICE F

Tabla de los valores simulados del modelo de regresión múltiple de la demanda de energía.

Time	PIB_2	Ingreso	Demanda_regresión_múltiple
76	17.632,51	865.290,26	1.450.011,42
77	17.704,06	716.585,61	1.444.448,62
78	17.753,95	676.440,07	1.447.080,10
79	17.574,62	784.857,49	1.433.946,79
80	17.984,74	826.293,55	1.493.628,93
81	18.024,55	638.090,53	1.479.728,73
82	18.203,10	692.822,82	1.509.472,54
83	18.248,13	669.131,12	1.513.132,47
84	18.508,06	700.178,41	1.551.448,21
85	18.505,89	689.833,19	1.550.095,64
86	18.492,66	843.944,09	1.564.095,90
87	18.506,36	924.355,43	1.574.185,63
88	18.529,26	649.919,42	1.549.165,64
89	18.504,94	837.685,19	1.565.115,10
90	18.582,76	827.971,44	1.574.638,14
91	18.758,99	882.619,89	1.604.058,75
92	18.681,43	818.820,07	1.587.039,52
93	18.668,51	698.958,92	1.573.012,05
94	18.886,31	710.791,33	1.603.665,98
95	18.935,81	640.326,31	1.603.138,69
96	18.839,42	609.542,87	1.586.954,51
97	18.744,71	816.100,92	1.595.314,52
98	18.798,11	908.834,44	1.612.032,66
99	18.812,19	670.796,34	1.589.549,50
100	18.883,38	816.765,70	1.614.127,65

BIBLIOGRAFÍA

1. ABASCAL E ILDEFONSO GRANDE ELENA. Métodos Multivariantes para la Investigación Comercial. Año 1989.
2. ACOSTA: AGUILAR: QUEVEDO: SPURRIER: MARCHÁN. Ecuador: petróleo y crisis económica. Año 1995.
3. AFANASIEV. VIKTOR. Folleto sobre El Enfoque Sistémico Aplicado al Conocimiento Social.
4. Anuarios de PETROECUADOR. 1990 - 1991 - 1992 - 1993 - 1994 - 1995 - 1996-1997.
5. Anuarios del INECEL. 1991 - 1995 -1996
6. Anuarios del SIN. 1990 - 1991 - 1992 - 1993 - 1994 - 1995- 1996- 1997.
7. AZARANG MOHAMMAD R.: GARCÍA DUNNA EDUARDO. Simulación y análisis de Modelos estocásticos. Mc Graw-Hill. 1996.

8. BARCELO MATUTANO GABRIEL: BARCELO RICO-AVELLO GABRIEL. Planificación y Estrategia ante el desafío Energético. Año 1994.

9. Boletín bimensual ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS Año 1 Nº 02 Marzo- Abril 1998. pág. 1.

10. Boletines del Banco Central. Cuentas Nacionales Trimestrales. Boletín #26. 1993-1998.

11. BOX G. JENKINS. Time Serie Analysis. Ed Holden Day.

12. Curso de Planificación energética. Modelización del Sector Energético. Volumen V. Madrid 1986.

13. DE ROSNAY JOEL. El Macroscopio. Hacia una visión global. Editorial AC. Madrid España. Año 1993.

14. Estadísticas e Indicadores Económicos Energéticos de América Latina y el Caribe OLADE (Organización Latinoamericana de Energía). Año 1996.

15. FREUND JOHN E.: WALPOLE RONALD E.. Estadística Matemática con Aplicaciones. Prentice-Hall Hispanoamericana. Cuarta Edición. 1990.

16. JOHNSON RICHARD A.: WICHERN DEAN W.. Applied Multivariate Statistical Analysis. Editorial Prentice- Hall. Año 1992.

17. MAKRIDAKIS-WHEELWRIGTH. Métodos de Pronósticos. Editorial LIMUSA S.A.. 1998.

18. McCLAVE SHEAFFER. Probabilidad y Estadística para Ingeniería. Grupo Editorial Iberoamérica. 1993.

19. MILLER G. TYLER. Jr.. Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamérica. Año 1994.

20. NOVALES ALFONSO. Econometría. Edición McGraw-Hill. Segunda Edición. 1993.

21. Powersim run-time. User´s Guide and Reference Manual.

22. Precio del crudo ecuatoriano superó US$11. El telégrafo. domingo 11 de octubre de 1998. pág. 6A.

23. Quick Tours in Powersim 2.5

24. ROBERTS NANCY. ANDERSEN DAVID F. DEAL RALPH M.. GARET MICHAEL S.. SHAFFER WILLIAM. Introduction to computer simulation - Asystem Dynamics Modeling Approach.. Portland. Oregon. Año 1983.

25. Se ajustaron los ingresos presupuestarios del año. El telégrafo. martes 26 de mayo de 1998. pág. 2A.