

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

ESCUELA DE POSGRADO

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PRODUCCIÓN
DOCTORADO EN INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN**



***"MODELO HIBRIDO PARA PROYECCIÓN DE BALANCES ENERGÉTICOS
NACIONALES: CASO BNE DE PERÚ"***

TESIS

Presentado por :

Mg.Sc. Norman Jesús Beltrán Castañón

PARA OPTAR DE GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA DE
PRODUCCIÓN

AREQUIPA - PERU

2013

DEDICATORIA

A mis madres Ana Clara, Emilia y Esther :

*Porque hay madres que luchan por sus hijos un día y **ellas valen**, hay madres **II**que luchan por sus hijos un año y ellas **lo son todo**, y también hay madres que luchan por sus hijos toda la vida y ellas **son imprescindibles**.*

Y tú Madre vales mucho, eres todo para nosotros, y serás imprescindible para toda nuestra vida.

*A mis Padres Lucio y Pedro :
Que es ejemplo para que uno con sacrificio, empeño y perseverancia consiga su objetivo, y gracias a su paciencia y humildad nos ha llevado hacia el camino de nuestra Profesión*

*A mis Hermanos :Cesar, Aníbal, Ledy,
Nordasky, Wendalina, Aline y Melwing*

Quienes son nuestros verdaderos hoyo espiritual, moral y material para cumplir con nuestros objetivos profesionales desde la tierra y el cielo.

A mi esposa Agumateá y mis tres hijas:

Naara Luciana, Kira Emiliana y Alejandra Ximena Esther.

NORMAN

AGRADECIMIENTOS

A mis docentes del Doctorado, con eterna gratitud a todos, quienes fueron los motivadores para caminar en una carretera que ellos trazaron y dirigieron en mi vida profesional, a ellos agradezco por sus consejos, orientación y enseñanza que hizo posible la culminación del presente trabajo de investigación.

A la Dra. Elisa Castañeda Huaman, Directora y Asesora del presente trabajo de investigación, por su valioso apoyo, colaboración y orientación recibida.

A nuestros compañeros de estudios promoción 2010; amigos del Doctorado en Ingeniería de Producción quienes me apoyaron moralmente y que de una u otra forma contribuyeron a la culminación del presente trabajo.

SUMARIO

| | |
|--|------------|
| DEDICATORIA | 002 |
| AGRADECIMIENTOS | 003 |
| SUMARIO | 004 |
| LISTA DE FIGURAS | 011 |
| LISTA DE TABLAS | 014 |
| SIGLAS Y ABREVIATURAS | 015 |
| RESUMEN | 016 |
| ABSTRACT | 017 |
| PROLOGO | 018 |
| I INTRODUCCION | 020 |
| 1.1. Consideraciones Iniciales | 021 |
| 1.2. Planteamiento del Problema | 024 |
| 1.3. Formulación del Problema | 026 |
| 1.4. Justificación del Proyecto | 026 |
| 1.5. Objetivos de la Investigación | 027 |
| 1.5.1. Objetivo General | 027 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos | 027 |
| 1.6. Hipótesis de la Investigación | 028 |
| 1.6.1. Hipótesis General | 028 |
| 1.6.2. Variable Independiente | 028 |
| 1.6.3. Variable Dependiente | 028 |

| | |
|---|------------|
| 1.7. Método de la Investigación | 028 |
| II ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE BALANCES NACIONALES DE ENERGÍA | 031 |
| 2.1. Balances de Energía | 032 |
| 2.2. Implicaciones Teóricas del Modelo de Insumo Producto | 033 |
| 2.3. Definición de Energía Útil | 035 |
| 2.4. Fuentes Energéticas | 038 |
| 2.4.1. Fuentes Primarias | 038 |
| 2.4.2. Fuentes Secundarias | 038 |
| 2.5. Centros de Transformación | 039 |
| 2.5.1. Refinerías | 039 |
| 2.5.2. Centrales Eléctricas | 041 |
| 2.5.3. Planta de Tratamiento de Gas Natural | 042 |
| 2.5.4. Carboneras | 043 |
| 2.5.5. Coquerías | 044 |
| 2.5.6. Destilerías de Alcohol | 045 |
| 2.5.7. Otros Centros de Transformación | 047 |
| 2.6. Desagregación del Consumo | 048 |
| 2.7. Sectores Principales | 049 |
| 2.8. Estructura General y Principales Flujos Energéticos del BNE | 052 |
| III ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA Y LA ENERGÍA EN EL PERÚ PARA PREVISION DEL BNE | 055 |
| 3.1. Situación Económica, Política y Social del Perú | 056 |
| 3.1.1. Primer Gobierno de Alberto Fujimori (1990 - 1995) | 060 |

| | |
|--|------------|
| 3.1.2. Segundo Gobierno de Alberto Fujimori (1995 - 2000) | 062 |
| 3.1.3. Gobierno de Valentín Paniagua Corazao (2000 - 2001) | 064 |
| 3.1.4. Gobierno de Alejandro Toledo Manrique (2001 - 2006) | 066 |
| 3.1.5. Segundo Gobierno de Alan García Perez (2006 - 2011) | 068 |
| 3.1.6. Gobierno de Ollanta Humala Tasso (2011 - 2016) | 070 |
| 3.1.7. La Reforma del Estado | 071 |
| 3.1.8. Población | 073 |
| 3.1.9. Producto Bruto Interno | 074 |
| 3.1.10. Inversión Externa | 076 |
| 3.1.11. Saldo en la Balanza Comercial | 078 |
| 3.2. Reservas Energéticas | 079 |
| 3.3. Producción de Energía Primaria | 082 |
| 3.4. Principales Enfoques Inteligentes para previsión de Demanda y Consumo de Energía | 086 |
| 3.4.1. Redes Neuronales artificiales | 086 |
| 3.4.2. Sistemas Fuzzy | 087 |
| 3.4.3. Sistema Híbrido | 088 |
| IV PANORAMA GENERAL DE MODELOS ENERGÉTICOS | 090 |
| 4.1. Modelos Energéticos Utilizados en el Mundo | 091 |
| 4.2. Clasificación y Categorías de Modelos Energéticos | 092 |
| 4.3. Clasificación Según Propósito/Objetivo del Modelo | 092 |
| 4.4. Clasificación Según Cobertura Espacial | 093 |
| 4.5. Clasificación Según Enfoque de Modelación | 093 |
| 4.5.1. Optimización | 093 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.5.2. | Modelos de simulación y equilibrio parcial | 094 |
| 4.5.3. | Modelos de uso final o contabilidad | 095 |
| 4.5.4. | Modelos econométricos | 095 |
| 4.5.5. | Modelos de equilibrio general computable (CGE) | 096 |
| 4.5.6. | Modelos de desarrollo reciente | 097 |
| 4.5.7. | Modelos Híbridos | 098 |
| 4.6. | Clasificación "Bottom Up" versus "Top Down" | 098 |
| 4.7. | Redes Neuronales | 099 |
| 4.8. | Sistemas de Inferencia Difuso | 100 |
| 4.8.1. | Grado de pertinencia difuso | 100 |
| 4.8.2. | Operaciones y Operadores Difusos | 103 |
| 4.8.3. | Reglas de Inferencia Difusa | 104 |
| 4.8.4. | Agregación | 108 |
| 4.8.5. | Desfuzzificación | 108 |
| 4.8.6. | Método de impliación de Mandami | 109 |
| 4.9. | Composición de los Sistemas de Inferencia Difuso | 112 |
| V | MODELO HIBRIDO | 114 |
| 5.1. | Modelo Neurodifuso | 115 |
| 5.2. | Sistema ANFIS (Adaptative Neuro-Fuzzy Inference System) | 117 |
| 5.3. | Arquitectura ANFIS | 118 |
| 5.4. | Modelo Híbrido | 121 |
| 5.4.1. | Aspectos del ANFIS en el Matlab | 121 |
| 5.4.2. | Toolbox Fuzzy Logic en el Matlab | 123 |
| 5.5. | Código Programa, que genera previsión ANFIS | 124 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| VI | ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS MEDIANTE | |
| | MODELO HIBRIDO | 127 |
| 6.1. | Producción de Energía Primaria | 128 |
| 6.1.1. | Producción de Carbón | 129 |
| 6.1.2. | Producción de Leña | 130 |
| 6.1.3. | Producción de Bosta y Yareta | 133 |
| 6.1.4. | Producción de Bagazo | 134 |
| 6.1.5. | Producción de Petróleo | 136 |
| 6.1.6. | Producción de Gas Natural | 138 |
| 6.1.7. | Producción de Electricidad | 139 |
| 6.2. | Consumo Final de Energía Secundaria | 140 |
| 6.2.1. | Consumo Final de coque y carbón vegetal | 142 |
| 6.2.2. | Consumo Final de Carbón Vegetal | 143 |
| 6.2.3. | Consumo Final de Gas Licuado de Petróleo | 144 |
| 6.2.4. | Consumo Final de Gasolina | 145 |
| 6.2.5. | Consumo Final de Kerosene | 146 |
| 6.2.6. | Consumo Final de Diesel | 147 |
| 6.2.7. | Consumo Final de Petróleo Residual | 148 |
| 6.2.8. | Consumo Final de Gas de Distribución | 149 |
| 6.2.9. | Consumo Final de Gas Industrial | 150 |
| 6.2.10. | Consumo Final de Electricidad | 151 |
| 6.3. | Balance Comercial de Hidrocarburos | 151 |
| 6.4. | Plan de Producción y Demanda | 153 |
| 6.4.1. | Influencia del Gas Natural en la Matriz Energética Peruana | 155 |

| | |
|--|------------|
| 6.4.2. Análisis de la Oferta Energética, según resultados obtenidos del Modelo Híbrido | 160 |
| 6.4.3. Análisis de la Demanda Energética, según resultados del Modelo Híbrido . | 169 |
| 6.4.3.1. Demanda de Energía Secundaria : Coque | 169 |
| 6.4.3.2. Demanda de Energía Secundaria : Carbón Vegetal | 170 |
| 6.4.3.3. Demanda de Energía Secundaria : GLP | 171 |
| 6.4.3.4. Demanda de Energía Secundaria : Gasolina | 173 |
| 6.4.3.5. Demanda de Energía Secundaria : Kerosene jet | 174 |
| 6.4.3.6. Demanda de Energía Secundaria : Diesel Oil | 176 |
| 6.4.3.7. Demanda de Energía Secundaria :Gas de Distribución | 177 |
| 6.4.3.8. Demanda de Energía Secundaria : Electricidad | 183 |
| CONCLUSIONES | 185 |
| TEMAS PARA TRABAJOS FUTUROS | 189 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 190 |
| ANEXOS | 196 |
| A PROSPECTIVA MEDIANTE MODELO LEAP | 197 |
| A.1. Desarrollo del Consumo Final de Energía en el Perú | 197 |
| A.2. Estructura del Consumo Final de Energía en el Perú | 197 |
| A.3. Desarrollo del Consumo Final de Energía por Sectores | 198 |
| A.4. Estructura del Consumo Final de Energía por Sectores | 198 |
| A.5. Demanda de Energía Final | 199 |
| A.6. Distribución Sectorial del Consumo | 199 |
| A.7. Requerimientos de Energía Primaria | 200 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------|--|-----|
| 2.1. | Procedimiento para Determinar el Uso Final de Energía | 36 |
| 2.2. | Centros de Transformación de Refinerías | 40 |
| 2.3. | Centros de Transformación de Centrales Eléctricas | 42 |
| 2.4. | Centros de Transformación de Plantas de Tratamiento de Gas | 43 |
| 2.5. | Centros de Transformación de Carboneras | 44 |
| 2.6. | Centros de Transformación de Coquerías | 45 |
| 2.7. | Centros de Transformación de Destilerías de Alcohol | 46 |
| 2.8. | Estructura General y Principales Flujos Energéticos | 53 |
| 2.9. | Balance Nacional de Energía del Perú Consolidado | 54 |
| 3.1. | Influencia de la Energía | 56 |
| 3.2. | Inversiones Externas Directas en el Perú | 78 |
| 3.3. | Saldo en la Balanza Comercial | 78 |
| 3.4. | Reservas Probadas de Energía (TJ) de Perú en 2008 | 82 |
| 3.5. | Producción de Petróleo en el Perú | 84 |
| 3.6. | Producción de Energía Comercial de Perú | 85 |
| 4.1. | Funciones de Pertenencia | 101 |
| 4.2. | Funciones de Pertenencia Difusas | 102 |
| 4.3. | Representación de la Variable Lingüística temperatura | 105 |
| 4.4. | Implementación de una Regla Difusa | 110 |
| 4.5. | Método de ImpliaciónMandani | 111 |
| 4.6. | Sistema Difuso | 113 |
| 5.1. | Mecanismo de Raciocinio para el Modelo Sugeno | 116 |
| 5.2. | Arquitectura ANFIS equivalente | 118 |
| 6.1. | Previsión de la Producción de Carbón | 129 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.2. | Previsión de la Producción de Leña | 132 |
| 6.3. | Previsión de la Producción de Bosta y Yareta | 133 |
| 6.4. | Previsión de la Producción de Bagazo | 135 |
| 6.5. | Previsión de la Producción de Petróleo | 136 |
| 6.6. | Previsión de la Producción de Gas Natural | 139 |
| 6.7. | Previsión de la Producción de Hidroelectricidad | 140 |
| 6.8. | Previsión del Consumo de Coque | 143 |
| 6.9. | Previsión del Consumo de Carbón Vegetal | 143 |
| 6.10. | Previsión del Consumo de GLP | 144 |
| 6.11. | Previsión del Consumo de Gasolina | 145 |
| 6.12. | Previsión del Consumo de Kerosene | 146 |
| 6.13. | Previsión del Consumo de Diesel | 147 |
| 6.14. | Previsión del Consumo de Petróleo Residual | 148 |
| 6.15. | Previsión del Consumo de Gas Distribuido | 150 |
| 6.16. | Previsión del Consumo de Gas Industrial | 150 |
| 6.17. | Previsión del Consumo de Energía Eléctrica | 151 |
| 6.18. | Crecimiento del PBI, Consumo de Energía y Producción de Electricidad | 159 |
| 6.19. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Carbón Mineral | 161 |
| 6.20. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Leña | 162 |
| 6.21. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Bosta y Yareta | 163 |
| 6.22. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Bagazo | 164 |
| 6.23. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Petróleo Crudo | 165 |
| 6.24. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Gas Natural | 166 |
| 6.25. | Proyección de la Producción de Energía Primaria : Hidroenergía | 168 |
| 6.26. | Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Coque | 170 |

| | |
|---|-----|
| 6.27. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Carbón Vegetal | 171 |
| 6.28. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : GLP | 173 |
| 6.29. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Gasolina | 174 |
| 6.30. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Kerosene | 175 |
| 6.31. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Diesel Oil | 176 |
| 6.32. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Petróleo Residual | 177 |
| 6.33. Esquema de Utilización del Gas Natural en el Mercado peruano | 181 |
| 6.34. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Gas Natural | 182 |
| 6.35. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Gas Metalurgico | 183 |
| 6.36. Proyección de Demanda de Energía Secundaria : Electricidad | 184 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|------|---|-----|
| 2.1. | Relación entre la desagregación adoptada por cada sector y los usos básicos | 50 |
| 3.1. | Producción de Energía Comercial (TJ) | 82 |
| 6.1. | Consumo del GN por Sectores en países Sudamericanos | 157 |

SIGLAS Y ABREVIATURAS

CALIDDA: Empresa distribuidora del gas de Camisea en Lima y Callao

DGH: Dirección General de Hidrocarburos.

GLP: Gas licuado de petróleo.

GN: Gas natural.

GNC: Gas natural comprimido.

GNV: Gas natural vehicular.

GNL: Gas natural licuado

ISC: Impuesto selectivo al consumo.

LGN: Líquido de gas natural.

MEM: Ministerio de Energía y Minas.

MBPD: Miles de barriles por día.

RESUMEN

Con el descubrimiento de gas natural (GN) de las reservas de Camisea y Pagoreni, los convenios internacionales (especialmente con Brasil) para la implementación y ampliación del potencial hidráulico del Perú, la promoción del gobierno en incrementar la capacidad instalada de energías no convencionales (energía solar, energía eólica, biomasa, alcohol y otros) permitieron la identificación de potenciales energéticos; estos hechos vienen mudando los padrones de consumo de los diferentes sectores en la matriz energética peruana, tales como electricidad, industrial, transporte, residencial, comercial y público.

Para la introducción de los potenciales energéticos identificados en el mercado peruano será preciso establecer estrategias políticas, técnicas, económicas y sociales, entre otras, que posibiliten la incorporación de este energético en los sectores potenciales de consumo. Considerando sus ventajas de uso, además de las dificultades encontradas para la inserción de este combustible en aquel mercado y su efecto como alternativa energética. El presente trabajo identifica el posible potencial de demanda del gas natural de las diferentes reservas de energéticas para los diferentes sectores de consumo y hace una proyección de la Matriz Energética Peruana, teniendo como objetivo contribuir para el establecimiento de políticas, estrategias de desarrollo, desafíos culturales, tecnológicos y financieros que busquen su incorporación en las actividades económicas en el Perú durante los años venideros. Para la proyección se han utilizado diferentes técnicas y herramientas que fueron combinadas (modelo híbrido), tales como redes neuronales (para la proyección de la oferta y demanda), sistemas difusos (para el tratamiento de información incierta) y técnicas estadísticas (para el tratamiento y análisis de información).

Palabras claves: Modelo híbrido, proyección de BEN, BNE de Perú

ABSTRACT

With the discovery of natural gas (NG) of the Camisea reserves and Pagoreni, international conventions (especially in Brazil) for the implementation and expansion of the hydraulic potential of Peru , promoting the government to increase the installed capacity of non-conventional energy (solar, wind, biomass , alcohol and other) all owed the identification of potential energy , these events are moving the consumption patterns of different sectors in Peru's energy matrix , such as electricity , industrial, transportation, residential , commercial and public .

For the introduction of the energy potential identified in the Peruvian market strategies need to be political, technical, economic and social, among others, for the incorporation of this potential energy consumer sectors . Considering its advantages of use in addition to the difficulties encountered in the integration of this fuel in that market and its effect as an energy alternative .This paper identifies the possible potential natural gas demand of the various reserves of energy for different consumer sectors and makes a projection of the Peruvian Energy Matrix ,aiming to contribute to the establishment of policies , development strategies , cultural challenges financial, technological and seek inclusion in economic activities in Peru for years to come .For the projection we have use ddifferent techniques and tools were combined (hybrid model) , such as neural networks (for projection of supply and demand) , fuzzy systems (for the treatment of uncertain information) and statistical techniques (for treatment and analysis) .

Keywords: Model hybrid, BEN projection, BNE of Peru.

PROLOGO

Se espera que este estudio pueda colaborar en el planeamiento energético nacional, subsidiando al gobierno peruano en la toma de decisiones para el desarrollo de nuevas políticas energéticas en función de la implementación de potenciales energéticos en el Perú, para consumo propio o para exportación. El presente trabajo de investigación, tiene como armazón metodológico la identificación de los sectores consumidores potenciales, elaborando estrategias y políticas mediante escenarios que se dan inicio en el año 2011 hasta el año 2021, periodo que ocurrirán cambios en los gobiernos electos democráticamente. Además, se realizará un análisis de la producción futura de energéticos (gas natural, hidroenergía, energías no convencionales y otros) según el Balance Nacional de Energía con la metodología híbrida desarrollada. Los resultados obtenidos por el modelo desarrollado mostrarán cómo será el comportamiento de la Matriz Energética Peruana, y además, ello permitirá implementar Balances Regionales de Energía en el Perú.

Para el desarrollo del trabajo de investigación, este fue estructurado en diferentes capítulos de la siguiente manera:

Capítulo 1. Introducción, se expone la temática y el contexto en el cual está insertada la motivación para el desarrollo, la metodología y los objetivos a ser alcanzados.

Capítulo 2. Analizar y presentar el marco conceptual sobre la estructura de la matriz insumo- producto propuesto por Leontief, aplicado a Balances Nacionales y Regionales de Energía.

Capítulo 3. Panorama actual de la Economía y Energía en el Perú, se presenta una breve visión de la situación política, económica y energética del Perú, en el cual se identifica el potencial energético existente. Además de procurar dar un panorama general de la situación de los sectores consumidores de energía, especialmente en relación al consumo y a la oferta de energéticos según el Balance Nacional de Energía, estructura de consumo de la Matriz de Leontief.

Capítulo 4. Analizar y aplicar los Sistemas Inteligentes, para proyectar Balances de Energía, y tomar como caso el Balance Nacional de Energía del Perú.

Capítulo 5. Validar e interpretar los resultados de proyección mediante sistemas inteligentes del Balance Nacional de Energía del Perú. Así mismo, con el análisis cualitativo, considerando el análisis de los datos obtenidos y sus posibles repercusiones, dar alternativas para la aplicación en los Balances Regionales de Energía.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. CONSIDERACIONES INICIALES

La creciente necesidad de un conocimiento de la situación energética en el Perú en áreas como electricidad, energías renovables, hidrocarburos, entre otros, ha motivado este trabajo de investigación referente a la distribución espacial en el Perú del comportamiento de largo plazo de las variables de consumo, producción y reservas energéticas que vienen a constituir el Balance Nacional de Energía. La tasa de crecimiento anual del consumo de energía en el mundo se incrementa a razón de 2 a 3% (EIA, 2006), teniendo a los hidrocarburos y el carbón como sus principales componentes. En el Perú las reservas probadas de energía son: gas (Camisea) con el 43% de la energía comercial, la hidroenergía 23,1%, los líquidos de gas natural con el 14,7% y otros con el 19.2%, según el Balance Energético Nacional 2009 (MINEM, 2011). La balanza comercial energética en el Perú es negativa, la producción de petróleo en los últimos años está descendiendo mientras que la producción de gas y líquidos de gas se están incrementando. Camisea es el proyecto gasífero más importante del Perú, la construcción de la planta de licuefacción servirá para la exportación y la implementación de industrias petroquímicas básicas. El gas será importante en el cambio de la matriz energética del Perú.

El balance es una modalidad de presentación de la información relativa a la oferta y demanda de energía para una zona geográfica específica, tanto a nivel nacional como regional, y está asociada a un periodo determinado. Se basa en un conjunto de relaciones de equilibrio que contabilizan la energía que se produce (origen), la que se intercambia con el exterior, la que se transforma, la de consumo propio, la no aprovechada y la que se destina a los distintos sectores y agentes económicos

(destino final). En el caso de los balances regionales se consideran también los intercambios regionales netos.

La elaboración del balance requiere de una metodología particular que ofrezca datos consistentes con unidades homogéneas de energía, lo que permite la comparación e integración para su análisis de las distintas fuentes de energía. De esta manera se constituye en un instrumento de carácter general y sistemático para la elaboración de planes orientativos y la toma de decisiones del sector. Por otro lado, hace posible comparaciones de la Matriz Energética Nacional a lo largo de los años, como así también, comparaciones a un momento determinado, con otros países, de la región, o a nivel mundial.

Otro hecho importante, es que desde la década de 1970, se tomo importancia a la elaboración y formulación del Balance Nacional de Energía, por ello que la información disponible data de ese año, la cual es publicada anualmente en forma oficial por el Ministerio de Energía y Minas, siendo que actualmente se tiene como último BEN del año 2009 (MINEM 2011). Referente a los Balances Energéticos Regionales, no se tiene información oficial de parte del Ministerio de Energía y Minas, así mismo tampoco se tiene una información oficial de la proyección del Balance Energético Nacional, el cual nos permitiría tomar decisiones en el presente para minimizar los impactos negativos del futuro, y explotar mejor los impactos positivos. Sin embargo la proyección no es desarrollada de manera adecuada, siendo que las técnicas usadas son empíricas, dependiendo muchas veces del criterio y experiencia de quienes desarrollan la proyección del BEN.

Por otro lado, se puede utilizar algunas técnicas que permitan esta proyección, como las simples regresiones lineales (ABDEL-AAL, 2007), pero el problema de esta técnica radica en que no lleva en consideración variaciones que podrían presentarse en un periodo de tiempo. Por otro lado, también existen diversas herramientas de software que podrían ayudar a generar una proyección del BEN (CONNOLLY, 2010), las cuales usan diversas técnicas y algoritmos como minería de datos usando Excel, redes neuronales, Mínimos Cuadrados Ordinarios, aproximaciones, entre otros. Una de las herramientas más usadas en el planeamiento y proyección energética es el LEAP (Heaps, 2012), la cual toma un año base y requiere que se alimente el modelo con los datos del BEN. Esta herramienta fue desarrollada por el Stockholm Environment Institute de Boston y consiste esencialmente en un modelo energético ambiental del tipo *demand-driven*, basado en escenarios.

En el presente trabajo se presenta una metodología híbrida para la proyección del BEN, la cual combina modelos difusos con redes neuronales, también denominado como modelo híbrido, los resultados son comparados con los proyectados por la herramienta LEAP para saber si las proyecciones con el modelo híbrido son confiables. Actualmente, la proyección del BEN se realiza de forma empírica utilizando herramientas estadísticas simples, con el presente trabajo se contribuye en la mejora de la metodología actual de proyección del BEN a corto y mediano plazo. Ello puede ser extendido otros balances de energía, como los regionales, para lo cual deben guardar una estructura estándar, que para nuestro caso es la que fue formulada por Wassily Leontief o también llamada matriz de Insumo – Producto.

Los resultados y aportes del presente trabajo podemos destacar:

- Se ha consolidado la información del BEN desde los años 1970, haciendo que esta se encuentre en forma digital y pueda ser utilizada para otros estudios.
- Se ha demostrado que el modelo híbrido tiene un buen comportamiento para predicciones de periodos cortos, esto ayuda a tener una visión más inmediata de la predicción.
- Para efectos de predicciones de largo tiempo, se demuestra que el uso de herramientas estadísticas, como las que usa el LEAP, son más útiles, considerando que esta proyección puede mudar de acuerdo a los factores externos a la demanda y producción de energía.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Balance de Energía Nacional (BEN) y los Balances de Energía Regionales (BER) en el Perú, son herramientas fundamentales para definir la política energética de la Región o el país, dado que cumple en el sector energético, un papel análogo al de las matrices de Insumo – Producto en el sector económico, el cual permite conocer detalladamente la estructura del sector energético de una Región o país, calcular ciertas relaciones de eficiencia, realizar la proyección energética, sus perspectivas a corto, mediano y largo plazo y determinar el impacto al ambiente del desarrollo y uso de los energéticos de una forma eficiente.

Actualmente nos encontramos en el proceso de descentralización en nuestro país, lamentablemente no contamos con una proyección del Balance de Energía Nacional y menos con los Balances de Energía Regionales, lo que no permite que se puedan tomar decisiones acertadas referente a política energética, determinar los impactos negativos y positivos que puede traer la producción y consumo de energéticos referente a la situación económica y medioambiental.

El cálculo actual del BEN se realiza en base al año anterior, pero no se realiza una predicción del comportamiento del mismo para el siguiente año, ello podría realizarse considerando algunas variables económicas, sin embargo la información no se encuentra estructurada, muchas de las cuales se manejan en hojas de cálculo o informes.

Hoy en día, los países han ajustado sus políticas no solo a mantener un *status quo* sino que las predicciones de largo plazo se hacen en base a variables económicas. Sin embargo el uso de los modelos híbridos, los cuales fueron usados por primera vez por los economistas a inicios de los 90's, son una de las más potentes herramientas para el análisis de información en computación y diversos campos científicos. En ese sentido, el modelo híbrido planteado permite simular relaciones no lineales desconocidas.

El presente trabajo de investigación a nivel doctoral, desarrolla un MODELO HIBRIDO para proyectar los Balances Energéticos Nacionales y/o regionales aprovechando el potencial de análisis que poseen estas herramientas, la cual será

realizada a través de la información histórica que se posee desde el año 1978-2009, información que será extraída del Balance Energético Nacional.

El problema se presenta desafiador, en vista que el modelado de la demanda y consumo de energía eléctrica se basa en el historial del consumo y las relaciones de este consumo con otras variables, tales como: económicas, demográficas, climáticas, precio de energía, etc. Lo cual se presenta como un problema de análisis multivariado que integre técnicas de análisis de regresión y predicción.

1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

Tal preocupación se enmarca en la formulación de la siguiente interrogante de investigación, la que dio lugar al planteamiento del presente trabajo de investigación:

¿Como mejorar la proyección de Balances Energéticos Nacionales?

1.4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Partiendo de los distintos referentes que se concluye en la necesidad de impulsar el modelo de proyección de Balances Nacionales y Regionales de Energía, según estructura de Leontief, utilizando un modelo híbrido, tomando como caso la información que se cuenta del Balance Nacional de Energía de Perú desde el año 1979 al año 2011.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Proyectar a corto y mediano plazo los balances energéticos nacionales a través de la implementación de un modelo híbrido.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Presentar el marco conceptual sobre la estructura de los Balances Energéticos Nacionales.
- Identificar los parámetros demográficos, sociales, medioambientales y energéticos (reservas energéticas, producción y consumo) en el Perú.
- Proponer y analizar el marco conceptual del modelo híbrido para proyección de Balances Energéticos Nacionales.
- Analizar y describir el Modelo Híbrido propuesto, el cual permitirá la proyección de Balances Energéticos Nacionales.
- Validar y Evaluar el Modelo Híbrido propuesto en el BNE, según los resultados obtenidos.

1.6. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

1.6.1. HIPOTESIS GENERAL

- Aplicando el modelo híbrido propuesto, es posible mejorar la proyección de Balances Energéticos Nacionales.

1.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Modelo híbrido.

1.6.3. VARIABLE DEPENDIENTE

- Proyección de Balances Nacionales de Energía.

1.7. EL METODO DE LA INVESTIGACION

El presente trabajo de tesis es del tipo descriptivo e investigación acción, descriptivo porque se refiere a la presentación de todos los resultados del estudio; e investigación acción debido al tratamiento matemático planteado que permite validar cuantitativamente los resultados mediante la aplicación de modelos híbridos, este método se aplica con el propósito de establecer las conclusiones y generalizar los resultados de la investigación.

Para cumplir nuestro primer objetivo, se recurrió a la bibliografía establecida, catálogos, tablas, diagramas, etc., referidos a la teoría de Leontief referido a la matriz Insumo – Producto, aplicados a los Balances Energéticos de Energía a nivel nacional e internacional.

Para cumplir con el segundo objetivo, se hizo una búsqueda de información referente a proyección de BEN aplicados en el Perú y/o la región.

Para cumplir nuestro tercer objetivo, se tomó datos directamente del Balance Nacional de Energía 2009, datos demográficos del INEI, datos sociales del INEI y otros, para desarrollar un panorama de la situación social, económica, energética de la población peruana.

Referente al cuarto objetivo, estos se cumplirán en función a los resultados obtenidos y la respectiva validación y evaluación de los resultados, los cuales serán aplicados al caso BEN Perú.

MATERIALES

Para desarrollar el presente trabajo de investigación se utilizó y se revisó los siguientes materiales bibliográficos básicos para el cumplimiento de los objetivos:

- Bibliografía referente al tema central de proyección de información, redes neuronales, Balance Nacional de Energía, etc.
- Documentos oficiales, catálogos, manuales de instituciones, empresas relacionadas al ramo energético (electricidad, hidrocarburos y energías renovables).

- Otro de los materiales que se utilizará durante el trabajo de investigación es la obtención de información técnica – estadística.
- Información de bibliografía referente a experiencias de desarrollar Balances Energéticos en otros países.

CAPITULO II

ANALISIS Y DESCRIPCIÓN DE BALANCES NACIONALES DE ENERGÍA

2.1. BALANCES DE ENERGÍA

Un **Balance Nacional y/o Regional de Energía**, es una herramienta fundamental para definir la política energética, dado que cumple en el sector energético, un papel análogo al de las matrices de Insumo – Producto en el sector económico, y nos permite conocer detalladamente la estructura del sector energético de una Nación o Región, calcular ciertas relaciones de eficiencia, realizar la proyección energética, sus perspectivas a corto, mediano y largo plazo y determinar el impacto al ambiente del desarrollo y uso de los energéticos.

El objetivo fundamental del modelo de insumo producto es explicar las magnitudes de las corrientes intersectoriales con base en los niveles de producción u oferta energética de cada sector consumidor o demandador de energía, por lo que el modelo permite tener una aproximación al valor de las transacciones energéticas que se realizan entre los diferentes sectores de la economía.

La técnica de insumo producto se debe a Wassily Leontief (1941), y fue construida inicialmente para el análisis nacional de las modificaciones estructurales de la economía norteamericana. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada por varias razones: porque permite una representación holística del sistema económico; por ser un instrumento operativo de la teoría del equilibrio general y un enlace entre el análisis microeconómico, de corte neoclásico, y la teoría macroeconómica keynesiana, finalmente; debido a sus múltiples posibilidades de uso práctico en el análisis económico, análisis energético, para la elaboración de Balances Nacionales de Energía,

lo que nos llevará a la formulación de políticas energéticas y la realización de pronósticos.

El análisis se orienta al examen cuantitativo de las interacciones entre agentes productivos, dado su carácter de consumidores de energía y proveedores de energéticos (hidroenergía, petróleo, gas natural, GLP, carbón, energía solar, energía eólica, bagazo de caña de azúcar y otros) dentro de un sistema interactivo.

El análisis de la estructura económica constituye uno de los principales usos del modelo, lo cual permite determinar la consistencia interna de los planes de desarrollo energético y detectar las fallas en el sistema.

El modelo tiene aplicaciones para la investigación y el análisis de los cambios estructurales de la economía y la energía, permitiendo medir cambios en la productividad energética, estudiar las repercusiones de una sustitución de recursos energéticos, y determinar el impacto ambiental del consumo de energéticos

2.2. IMPLICACIONES TEÓRICAS DEL MODELO DE INSUMO PRODUCTO

El análisis de insumo producto tiene implícita una teoría de la producción, donde los componentes de la demanda final de energía se asumen como datos conocidos, por lo cual los supuestos que soportan esta teoría están basados en la naturaleza de la producción. Los supuestos básicos son:

- Es posible dividir las actividades productivas de energía de un sistema económico en sectores, cuya interdependencia se expresa de manera

objetiva a través de funciones lineales de insumos de forma tal que al variar los niveles de producción, los insumos requeridos varían en el mismo sentido y proporción, es decir, existen rendimientos constantes de escala.

- Los coeficientes de insumo producto se asumen fijos, es decir, no existe sustitución de insumos en el proceso productivo ni apertura de nuevas actividades, por lo que se considera que no existe cambio tecnológico significativo.
- Cada sector se especializa en la producción de un solo energético, para el cual existe un proceso de producción único.

En la elaboración actual de los balances energéticos, se convierten las fuentes y formas de energía a su equivalente energético del nivel primario hasta el consumo final de energía. O sea, no se cubren las pérdidas al nivel del consumidor final (la energía útil).

Actualmente, la matriz del Balance Nacional de Energía del Perú, ha sido superada por los requerimientos de análisis económico y energético a nivel nacional y regional. Los conceptos de uso racional de energía, el reemplazo de fuentes de energía, el análisis y proyección de la demanda de energía requieren un conocimiento, no solo del consumo por sectores económicos (industrial, residencial, etc.) y por fuentes energéticas (electricidad, derivados de petróleo, etc.) como figura en el balance actual, sino que también por sub-sectores económicos (cemento, hierro, etc.), por categorías de uso de demanda (calor, iluminación, etc.) juntamente con datos sobre los equipamientos de uso final y su eficiencia.

El balance energético pone de manifiesto las interrelaciones entre la oferta, transformación y uso final de la energía y representa un instrumento relevante para la organización y presentación de datos en la planificación energética global. Además,

contabiliza flujos físicos consistentes que van desde la energía primaria hasta el consumo final.

El balance de energía útil permite un conocimiento más claro de la eficiencia energética y constituye la base para el análisis con respecto a las posibilidades de suplantación y competitividad de precios y tarifas entre los diferentes energéticos.

2.3. DEFINICIÓN DE LA ENERGÍA ÚTIL

La energía final (EF) es aquella que se pone a disposición del consumidor. La fuente energética debe sufrir una transformación para conseguir la forma de energía apta para el uso que requiere el consumidor. Los usos finales de la energía suelen emplearse en la realización de un trabajo, en la obtención de calor o para obtener determinados procesos físicos o químicos.

Una de las definiciones de energía útil que mas suele utilizarse es: energía de que dispone el consumidor luego de su última conversión.

Existen otros procesos que tienen lugar entre la última conversión y la energía útil disponible, que aunque no implican cambios del estado físico, generan pérdidas.

Con posterioridad a la última conversión, se obtiene la energía útil producida (ENERGIA INTERMEDIA) que aún no es totalmente aprovechable para la producción de un bien o la necesaria para cubrir una necesidad (brindar un servicio), debido a que el empleo de esa energía intermedia está sujeta a la eficiencia de otros procesos y de la mayor o menor eficiencia del sistema de utilización disponible.

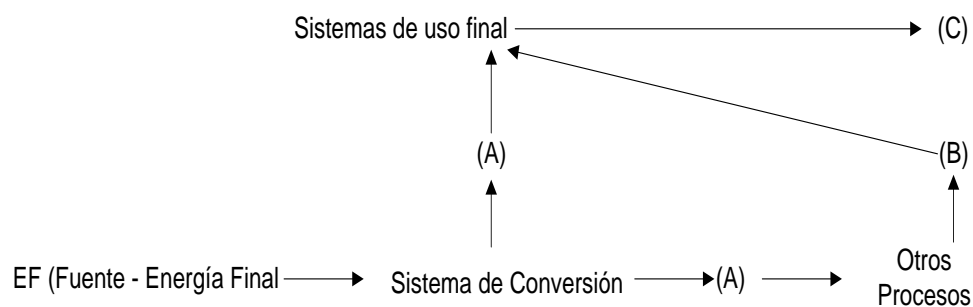
La energía útil disponible (EUD) es aquella que se encuentra disponible luego del sistema de uso para la producción de un bien o la necesaria para la satisfacción de una necesidad.

El balance de la energía útil es un balance establecido sobre la base de registrar los

diversos flujos energéticos considerando su poder calorífico inferior, desde el suministro primario hasta la energía útil recuperada por el consumidor último a la salida de sus aparatos, surgiendo de esta manera las pérdidas sufridas en las diferentes fases de la transformación y del consumo. Es un balance derivado del balance de la energía final.

El desarrollo de una metodología adecuada para calcular la energía útil se fundamenta en la consideración de cuatro elementos: fuente Energética, Sistema de Conversión, Otros Procesos y Sistema de Uso Final.

FIGURA 2.1. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL USO FINAL DE ENERGÍA



Fuente: Balance Nacional de Energía del Perú 2011

Para los Balances Energéticos de Consumo de Energía Final, la contabilidad energética puede determinar las cantidades de cada fuente que se utiliza en cada uso, desagregando los consumos por sectores de la actividad económica o social en consumos por usos.

Para expresar dichas cantidades en términos de energía útil deben considerarse vías alternativas.

La alternativa (A) y (A') que considera las fuentes energéticas y la Conversión posibilita el conocimiento de una etapa de la Energía Intermedia. De acuerdo con algunas metodologías ésta representa ya la Energía Útil.

Teniendo en cuenta el tramo (A) ---> (B) se incluirán, a las pérdidas en Sistemas de

Conversión aquellas que se originen en Otros Procesos, cuyas eficiencias ocasionan a la EFICIENCIA DE PRODUCCION.

Sólo la vía que abarca las cuatro fases (EF) – (A) – (B) – (C) es la adecuada para el cálculo de la energía que efectivamente se incorpora al producto final o que brinda el servicio necesario. Sólo atravesando estas cuatro fases se consigue el conocimiento de la Energía Útil.

Para efectuar el cálculo de la energía útil, es indispensable solucionar dos cuestiones básicas:

a. La definición de las eficiencias de los equipamientos, la cual abarca dos alternativas:

- La medición directa efectuada mediante auditorías energéticas. Esta medición releva los parámetros termodinámicos de los procesos bajo medición y es necesaria si se desea destacar las alternativas de CONSERVACION de energía, las cuales originan la necesidad de efectuar auditorías.
- El empleo de las eficiencias provistas por los productores o por la autoridad competente. Esta aproximación resulta clara en el caso de que la proyección de la demanda final de energía este dirigida a enfatizar los mecanismos de SUSTITUCION de las diversas fuentes. No es importante el valor absoluto de las eficiencias sino su valor relativo para demostrar que una fuente es más o menos eficiente que otra en la satisfacción de necesidades para una tecnología determinada.

b. La determinación de los equipamientos a considerar

Es necesario que cada uso y cada energético considerados en cada subsector o actividad, posea una exacta definición del equipamiento respectivo.

2.4. FUENTES ENERGÉTICAS

2.4.1. FUENTES PRIMARIAS

Este tipo de energía abarca las diferentes fuentes de energía tal como se obtiene de la naturaleza, ya sea de manera directa (energía hidráulica o solar), luego de un proceso de extracción (petróleo, carbón mineral, geotermia) o mediante la fotosíntesis (leña y demás combustibles vegetales).

Algunas fuentes primarias son:

- Petróleo crudo,
- Gas Natural (libre y asociado),
- Carbón Mineral,
- Hidroenergía,
- Geoenergía,
- Combustibles Fisionables,
- Leña,
- Productos de Caña (Melaza, Caldo y Bagazo con fines energéticos),
- Otras Fuentes Primarias (Residuos Animales y Otros Residuos Vegetales, Energéticos Recuperados).

2.4.2. FUENTES SECUNDARIAS

Por este concepto se entiende aquellos productos energéticos que derivan de los diferentes centros de transformación luego de sufrir un proceso físico, químico o bioquímico y cuyo destino son los distintos sectores de consumo y/u otro centro de transformación.

Algunas fuentes de energía secundaria son las siguientes:

- Gas Licuado,
- Gasolina y Naftas (gasolina aviación, motor, natural y nafta),
- Kerosene y turbo combustibles,
- Diesel Oil,
- Combustibles pesados,
- Coque electricidad,
- Carbón vegetal,
- Alcohol,
- Gases (biogas, de coquería, de alto horno, de refinería),
- Otros Combustibles Energéticos,
- Productos No Energéticos.

2.5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

Reciben el nombre de centros de transformación aquellas instalaciones en las que la energía primaria o secundaria es sometida a procesos que transforman sus propiedades o su naturaleza original, a través de cambios físicos, químicos y/o bioquímicos y cuyo fin es transformarla en otro energético más conveniente para el consumo final.

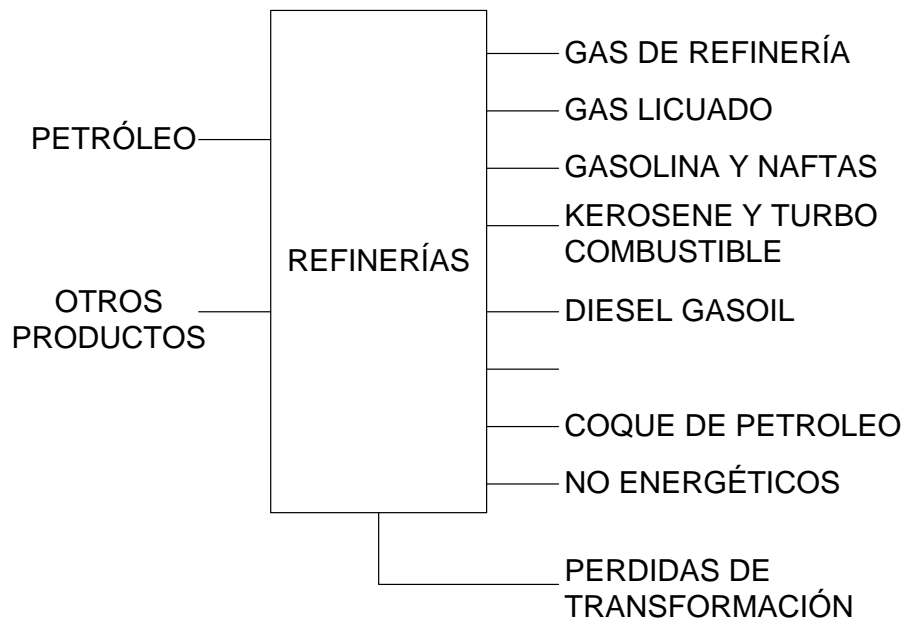
2.5.1. REFINERÍAS.

Son centros de transformación en los que tiene lugar la separación física del petróleo crudo en sus distintos componentes, además de la conversión química de esos componentes a otros diferentes.

Las unidades de conversión más utilizadas son:

- Destilación atmosférica (proceso primario de toda refinería),
- Destilación al vacío,
- Craqueo térmico,
- Craqueo catalítico,
- Coqueo,
- Reformación catalítica,
- Viscoreductora,
- Hidrocraqueo.

FIGURA 2.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE REFINERÍAS



Fuente: Carrera, G.A. (2000)

2.5.2. CENTRALES ELÉCTRICAS

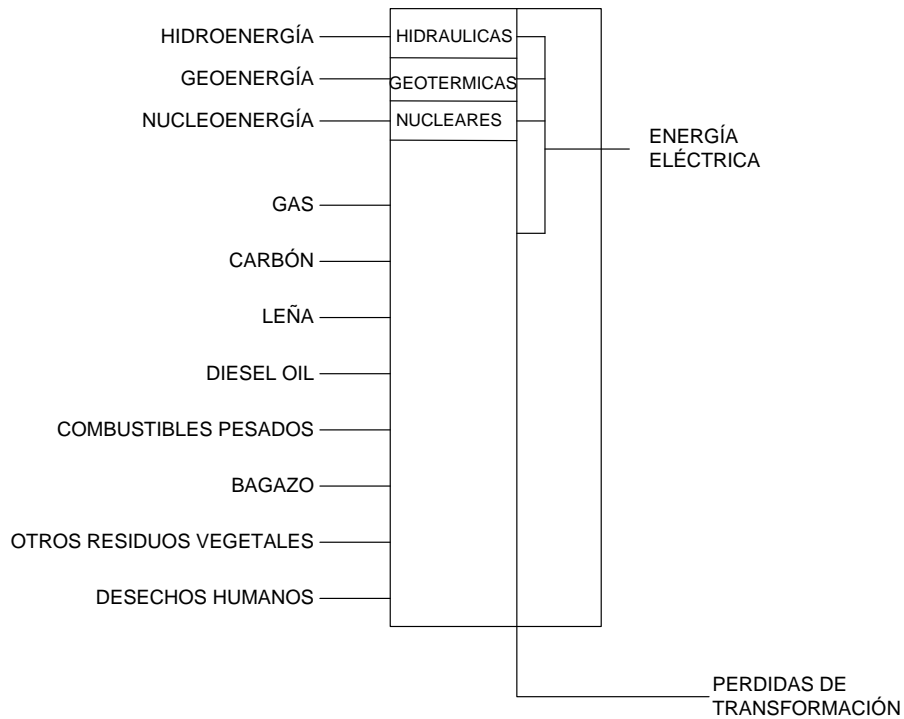
Estas centrales abarcan la totalidad de los centros de generación de electricidad, tanto del servicio público como del privado.

Se diferencian dos clases de centrales generadoras de electricidad:

- Centrales hidráulicas: estas aprovechan el agua que desciende de un nivel a otro para mover un generador eléctrico.
- Centrales térmicas, las cuales se subdividen en:
 - o Centrales térmicas a vapor: emplean el vapor obtenido en una caldera, en un reactor nuclear o campo geotérmico, para lograr girar el eje de una turbina acoplada a un generador eléctrico. El calor empleado para producir el vapor en las calderas puede derivar de diferentes fuentes: carbón, gas natural, derivados líquidos del petróleo (fuel oil), leña, bagazo de caña, etc.
 - o Turbinas de gas: su actividad es similar al de las turbinas de vapor, pero se diferencian en que emplean los gases de combustión para mover la turbina.
 - o Motores Diesel.

La generación eléctrica de un país, suele estar definida por una mezcla de estas diversas centrales.

FIGURA 2.3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE CENTRALES ELÉCTRICAS



Fuente: Carrera, G.A. (2000)

2.5.3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS NATURAL

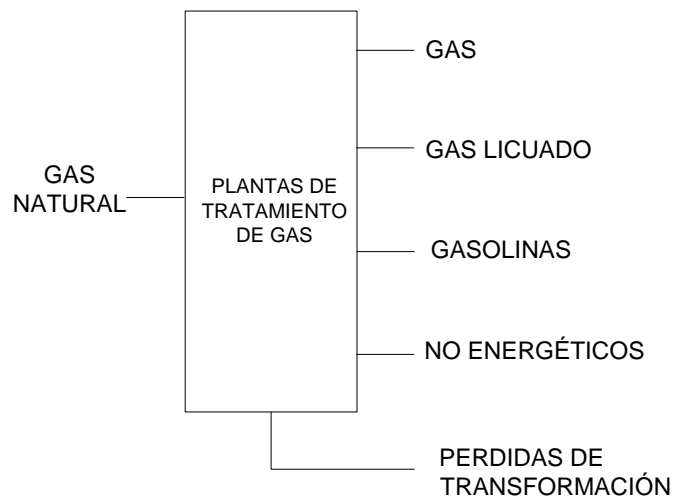
En estas plantas, el gas natural se procesa con el propósito de recuperar hidrocarburos líquidos compuestos como la gasolina y naftas, hidrocarburos puros (butano, propano, etano o mezcla de ellos) y productos no energéticos como el carbono.

Generalmente, se emplean gases (gas húmedo) con un contenido significativo de compuestos de alto peso molecular, con el fin de obtener gas (seco), gas licuado y gasolina.

La separación de la gasolina puede realizarse mediante procesos de absorción en aceite mineral o gasolina a alta temperatura; compresión y refrigeración; absorción por carbón vegetal en lechos fijos o continuos; y mayoritariamente por una combinación de estos procesos.

Para poder funcionar, estas plantas necesitan del consumo de combustibles y pequeñas cantidades de electricidad.

FIGURA 2.4. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE GAS



Fuente: Carrera, G.A. (2000)

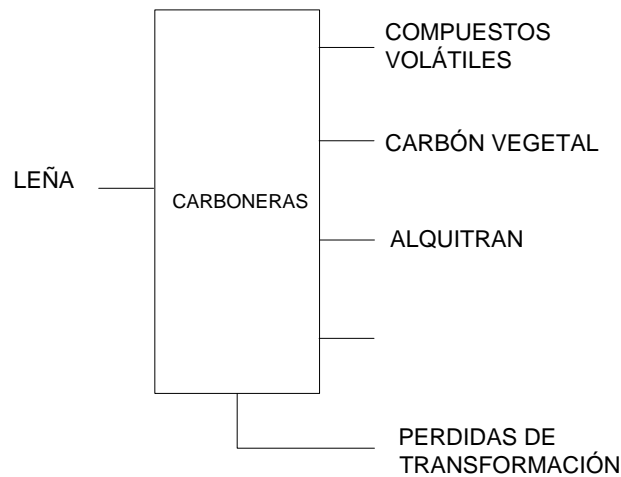
2.5.4. CARBONERAS

Estos centros de transformación de biomasa consisten en hornos donde tiene lugar la combustión incompleta de la leña para obtener carbón vegetal, productos volátiles y no energéticos

Las carboneras con poco eficientes debido a que se trata de una combustión incompleta, se pierde mucho calor, quedando carbón en las

cenizas. En estas unidades, la recuperación de calor oscila entre 25 y 40 % del calor alimentado a la unidad de proyección.

FIGURA 2.5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE CARBONERAS.



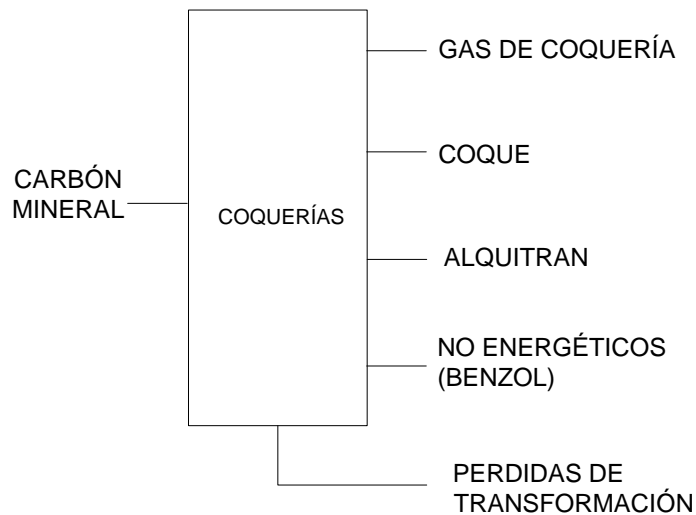
Fuente: Carrera, G.A. (2000)

2.5.5. COQUERÍAS

En estas unidades, del carbón que ingresa al centro de transformación se produce coque, gas de coquería, alquitranes y productos no energéticos (benzoles, etc.). Una gran parte del coque producido en este centro es llevado generalmente a los altos hornos. Una porción del alquitrán se consume en el propio proceso aunque normalmente su producción no se registra y su valor se incluye en las perdidas o como parte de los no energéticos.

En esta unidad pueden consumirse pequeñas cantidades de electricidad.

FIGURA 2.6. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE COQUERÍAS



Fuente: Carrera, G.A. (2000)

2.5.6. DESTILERÍAS DE ALCOHOL

Estas unidades son centros de transformación donde los productos de caña se transforman para obtener bagazo de caña y alcohol (etanol). Estas destilerías abarcan las destilerías de alcohol que procesan otras materias primas como remolacha, mandioca y otros productos de alto contenido de almidón o celulosa.

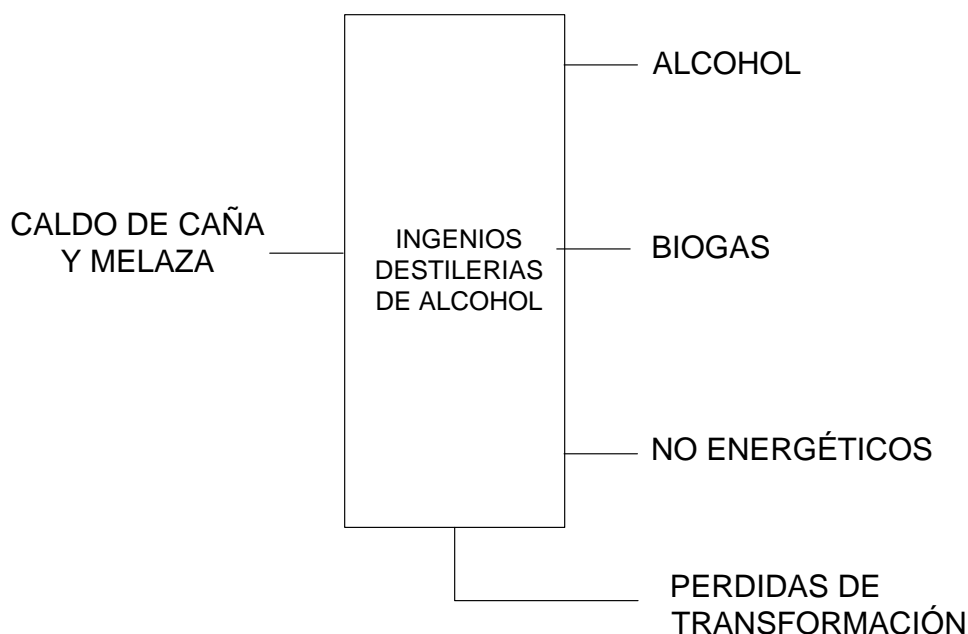
La generación del alcohol debe atravesar 3 pasos:

- Preparación de la solución fermentable: en caso de tratarse de soluciones de elevado contenido de azúcar, prepara una solución con una concentración dada, la cual se clarifica por sedimentación y/o centrifugación. Si se trata de materias ricas en almidón, la materia prima

debe ser pelada, lavada y molida para extraer el almidón, que luego será sometido a hidrólisis enzimática para obtener azúcares solubles y fermentables. En el caso de compuestos celulósicos, previamente es necesario una hidrólisis ácida.

- Fermentación: esta etapa implica la conversión microbiológica de las hexosas en alcohol y gas carbónico con desprendimiento de calor.
- Destilación y Deshidratación: implica la separación del alcohol de la masa fermentada, su purificación y deshidratación. Esta etapa es la que consume en mayor cantidad, la energía necesaria para la producción de alcohol.

FIGURA 2.7. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE DESTILERÍAS DE ALCOHOL



Fuente: Carrera, G.A. (2000)

2.5.7. OTROS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Estos centros abarcan los procesos que posibilitan la producción de gas de gasógeno a partir de leña y la producción de biogás a partir de materia de origen vegetal o animal.

Otras transformaciones. Estas transformaciones encierran el reciclaje de energía relativo a algunos energéticos (por ejemplo: gas de alto horno, gas licuado y naftas de petroquímicas).

Las transformaciones adicionales denominadas "Otras Transformaciones", se utilizan para la contabilización de energías secundarias que sean producto de transformaciones primarias y empleadas en otros procesos secundarios de transformación.

FLUJO ENERGÉTICO EN ALTO HORNO

Partiendo del coque quemado en el alto horno, existe una producción de gas de alto horno. La diferencia energética que se produce entre el coque que ingresa y el gas consumido, se considera como consumo en el alto horno y como consecuencia como consumo final de la siderurgia.

Con respecto al gas de alto horno producido, una parte es consumida en el propio alto horno, otra es consumida en otras operaciones de la siderurgia que pueden poseer uso directo o indirecto mediante la generación de energía eléctrica.

La contabilización de la producción de Gas de Alto Horno se efectúa en la fila correspondiente a Otras Transformaciones, en la que se descuenta del coque, el equivalente energético del Gas de Alto Horno producido, de manera que las pérdidas de transformación son nulas.

FLUJO ENERGÉTICO DE NAFTA PROCESADA EN PETROQUÍMICAS

De la totalidad de la nafta procesada en la industria petroquímica existe un retorno o reciclo de energéticos denominados como efluentes petroquímicos, los cuales se clasifican según las denominaciones finales de Gas Licuado, Gasolina y Otros. La contabilización de estos efluentes dentro de la matriz de Balances Energéticos se efectúa en la fila correspondiente a Otras Transformaciones, en la que se descuenta de la nafta el equivalente energético de los efluentes producidos, de manera que las pérdidas de transformación son nulas.

Para los restantes productos procesados en la industria petroquímica (gas natural, gas de refinería, etc.) puede emplearse similar razonamiento.

2.6. DESAGREGACIÓN DEL CONSUMO:

La primera desagregación del consumo es:

- No energético. Abarca los volúmenes de productos empleados con propósitos no energéticos en todos los sectores de consumo
- Energético. Por sectores. Esta clasificación incluye la totalidad de productos primarios y secundarios empleados por todos los sectores de consumo para la satisfacción de sus necesidades energéticas.

2.7. SECTORES PRINCIPALES

- Sector Transporte. Abarca los consumos de energía de la totalidad de los servicios de transporte, públicos o privados, nacionales e internacionales para los diferentes medios y modos de transporte de pasajero y carga (terrestre, aéreo o marítimo).
- Sector Industrial. Comprende los consumos energéticos de todas las actividades industriales y para la totalidad de los usos exceptuando el transporte de mercaderías, que se encuentra incluido en el sector transporte.
- Sector Residencial. Incluye todos los consumos de energía para satisfacer las necesidades domésticas (coccción, iluminación, refrigeración, etc.) de las familias urbanas y rurales.
- Sector Agro/Pesca/Minería. Incluye la energía consumida en las actividades vinculadas con la obtención de materias primas tales como las actividades agrícolas y pecuarias, la pesca y la extracción de minerales.
- Consumo Propio. Abarca el consumo propio de la energía que se consume en la producción y transporte por ductos de las fuentes primarias y secundarias de energía.
- Sector Otros. Comprende todos los consumos energéticos del sector de construcción, obras civiles y la totalidad de los otros consumos energéticos que no puedan ser categorizados como propios de las otras categorías.

La desagregación del consumo final en los diversos usos es relevante para la determinación de los consumos energéticos en términos de energía útil.

Estas categorías básicas son:

- CALOR

El empleo del mismo incluye toda la gama de usos energéticos cuyo propósito es elevar la temperatura, del ambiente o de determinados productos, por encima de la temperatura ambiental natural, ya sea con una finalidad productiva o de confort.

- FUERZA MECANICA

Abarca todos aquellos usos energéticos donde existe producción de algún tipo de movimiento o trabajo, cualquiera sea tipo de artefacto, equipo o fuente energética empleada para conseguirlo.

- ILUMINACIÓN

El empleo de la iluminación se considera independientemente de los restantes empleos calóricos, debido a que, si bien la totalidad de los artefactos de iluminación irradian calor, la finalidad específica de los mismos es aprovisionar radiaciones en el espectro de longitudes de ondas visibles.

- OTROS USOS (ELECTRONICO, ELECTROQUÍMICO, ETC.)

En esta categoría independiente se incluyen todos aquellos casos en que la energía tiene alguno de esas dos finalidades: el funcionamiento de artefactos electrónicos o el fomento de un proceso electroquímico.

TABLA 2.1. RELACIÓN ENTRE LA DESAGREGACIÓN ADOPTADA POR CADA SECTOR Y LOS USOS BÁSICOS.

| Sector | Categorías | Formas |
|------------|-----------------|--|
| Transporte | Fuerza Mecánica | |
| Industrial | Calor | ↕ Vapor ↕ Calor directo |
| | Fuerza Mecánica | ↕ Fuerza mecánica ↕ Refrigeración ↕ Transporte |
| | Iluminación | ↕ |
| | Otros | ↕ Materia prima ↕ Electrólisis ↕ Otros usos |

| | | | |
|--|--------------------------------------|------------------|---|
| Residencial, Comercial, Servicio Público | Calor | ↺ ↺ ↺ ↺ | Calefacción Cocción Calentamiento de agua |
| | Fuerza mecánica | ↺ ↺ ↺ ↺ | aire acondicionado ventilación refrigeración fuerza mecánica |
| | Iluminación | ↺ | |
| | Otros | ↺ ↺ ↺ | materia prima electrólisis otros usos |
| Agro-pesca- minería | Calor | ↺ ↺ | Calor directo vapor |
| | Fuerza mecánica | ↺ ↺ ↺ ↺ | bombeo de agua riego refrigeración fuerza mecánica |
| | Iluminación | ↺ | |
| | Otros | ↺ ↺ | electrólisis otros usos |
| Consumo propio | Calor | ↺ ↺ | Calor directo vapor |
| | fuerza mecánica | ↺ ↺ ↺ | transporte refrigeración fuerza mecánica |
| | Iluminación | ↺ | |
| | Otros | ↺ ↺ | electrólisis otros usos |
| Otros | Fuerza motriz, calor, iluminación | | |

Fuente: Carrera, G.A. (2000)

En el sector transportes, el vehículo es la unidad de información para construir una base de datos que posibilita confeccionar los BEEU en el sector de Transporte.

Desde un punto de vista físico, la energía útil del Sector Transporte es fuerza mecánica y como consecuencia, el uso único es el transporte de personas y bienes a través del desarrollo de trabajo mecánico y energía cinética. Dicho uso

único puede desagregarse en sub-usos considerando la máquina encargada de producir esa fuerza:

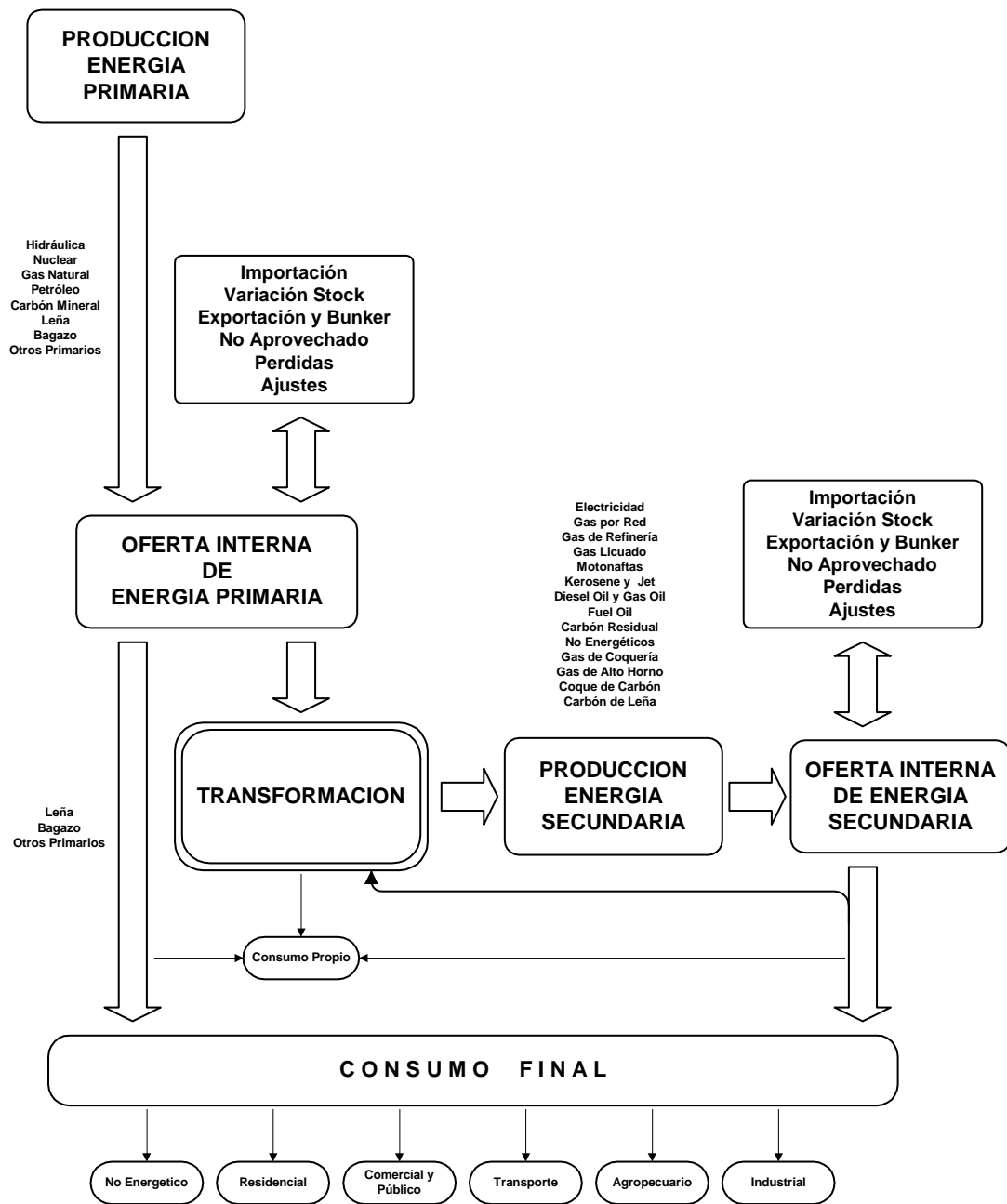
- Motores de combustión interna,
- Motores a inyección,
- Máquinas de vapor,
- Motores eléctricos,
- Motores diesel – eléctricos,
- Turbinas de gas.

El transporte terrestre es el de mayor magnitud en la mayoría de los países y se lleva a cabo hasta el momento solamente con motores de combustión interna o de inyección. El motor de combustión interna emplea gasolina en prácticamente todos los casos, aunque últimamente se han difundido otros combustibles tales como el alcohol (metanol o etanol), gas licuado y gas natural licuado. El uso del Sector Transporte es uno solo y lleva a una sola forma de energía útil conocida como fuerza mecánica.

2.8. ESTRUCTURA GENERAL Y PRINCIPALES FLUJOS ENERGÉTICOS DEL BNE.

En la figura 2.8, se muestra la estructura general de cómo se comportan los flujos energéticos en el Balance Nacional de Energía del Perú, cabe indicar que la producción de energía primaria es el inicio para determinar la oferta interna de energía primaria. Pero en países subdesarrollados el que determina con mayor grado de participación en la oferta interna es la importación de energéticos.

FIGURA 2.8. ESTRUCTURA GENERAL Y PRINCIPALES FLUJOS ENERGÉTICOS



Fuente: Balance de Energía del Perú 2011

FIGURA 2.9. BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA DEL PERÚ. CONSOLIDADO

| | | BALANCE ENERGÉTICO CONSOLIDADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------|-------|------------------|---|---|----------------|------------------|-------------|----------|---------|------|----------|----------|--------|--------------------|-----|-------------------|------|-------------|-----------------|-------|----|----|
| | | UNIDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REPUBLICA DEL PERÚ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS OFICINA TÉCNICA DE ENERGÍA | | 1 | 2 | 3 | ENERGÍA PRIMARIA | | | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| | | CARBÓN MINERAL | LEÑA YARETA | BOSTA | 4 | 5 | 6 | HIDRO ASOC. | SOLAR ENERGÍA | TOTAL COQUE | GAS NAT. | VEGETAL | PET. | GASOLINA | KEROSENE | DIESEL | PETROLIO RESID. | OIL | PET.GAS REFIN. | DIS. | GAS IND. | ELECTR. E.S. | TOTAL | | |
| E | 1. PRODUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 2. IMPORTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 3. VARIACIONE INVENTARIOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 4. OFERTA TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 5. EXPORTACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | 6. NO APROVECHADA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 7. OFERTA INTERNA BRUTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 8. TOTAL TRANSFORMACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 8.1 COQUE Y ALTOS HORINOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 8.2 CARBONERAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 8.3 REFINERIAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 8.4 PLANTAS DE GAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | 8.5 CENTRALES ELÉCTRICAS (Mód. Eólicos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T | 8.6 CENTRALES ELÉCTRICAS (Hidroeléctricas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 8.7 CENTRALES ELÉCTRICAS (Uso propio) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 8.8 CENTRALES ELÉCTRICAS (Uso propio) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 9. CONSUMO PROPIO SECTOR ENERGÍA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 10. PERDIDAS (TRANS., DIST. Y A.L.M.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 11. AJUSTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 12. CONSUMO FINAL TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 12.1 CONSUMO FINAL NO ENERGÉTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 12.2 CONSUMO FINAL ENERGÉTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S. | 12.2.1 RESIDENCIAL Y COMERCIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12.2.2 PÚBLICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 12.2.3 TRANSPORTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 12.2.4 AGRICULTURA Y AGROIND. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 12.2.5 PESQUERA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 12.2.6 MINERO METALÚRGICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 12.2.7 INDUSTRIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12.2.8 CONSUMO NO IDENTIFICADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ENERGÍA SECUNDARIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | SECTOR ENERGÉTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | CONSUMO FINAL TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PROD. DE ENERG. SECUNDARIA BRUTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PRODUC. DE COQUE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ENTRADA AL HORNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Balance de Energía del Perú 2011

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA Y LA

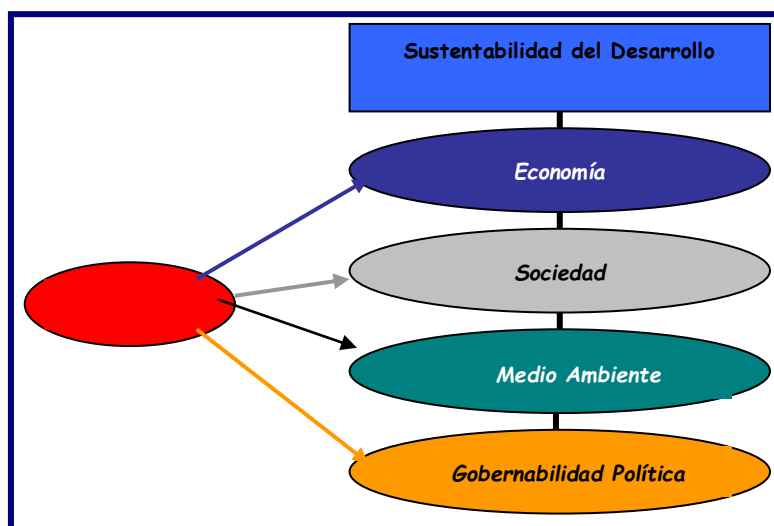
ENERGÍA EN EL PERÚ PARA

PREVISIÓN DEL BEN

3.1. SITUACIÓN ECONÓMICA, POLÍTICA Y SOCIAL DEL PERU.

En la figura 3.1., se observa la influencia que tiene la energía, lo que hace que su estudio sea multidisciplinar, tal es así que cualquier cambio energético (demanda, oferta, importación, producción, etc), va a ocasionar cambios en la sustentabilidad del desarrollo, economía, sociedad, medio ambiente y gobernabilidad política. Ello también puede suceder en forma reversible, es decir que las variables enunciadas puede alterar parámetros energéticos presentes en el Balance Nacional de Energía.

FIGURA 3.1. INFLUENCIA DE LA ENERGÍA



Fuente: Camacho, F.T. (2000)

El Perú es uno de los países de América Latina que tiene como característica la fragilidad de sus instituciones civiles y estatales. En la segunda mitad del siglo XX, el Perú fue gobernado solamente con el respaldo de militares y/o por representantes de la elite civil nacional. Cabe resaltar que, históricamente, con la toma del poder por los militares en 1968, se inició el ciclo de estatización de la economía peruana. Este periodo fue marcado por la creación de empresas estatales, nacionalización de empresas y

expulsión de inversionistas extranjeros. De 1990 hasta el año 2000, fue gobernado por Alberto Fujimori Fujimori, en el cual no se observó ninguna mejoría en la calidad de vida de la población peruana. Como resultado, el país ocupa el 82° lugar en el ranking del informe de Desarrollo Humano, divulgado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el año 2008.

Alberto Fujimori Fujimori consiguió mantenerse en el poder, durante 10 años, gracias a la lucha antiterrorista¹ contra Sendero Luminoso y el Movimiento Revolucionario “Tupac Amaru”, y la implementación de un amplio conjunto de reformas de carácter neoliberal en la economía peruana. Su última reelección fue marcada por el descontento de la comunidad internacional, por las diversas denuncias de violación de los derechos humanos, la corrupción y la deterioración de la calidad de vida de la ya tan empobrecida población peruana. Este contexto fomentó un movimiento contrario a la permanencia de Fujimori en el poder. No obstante, en el año 2000, después de un cuestionable proceso electoral, el candidato de la oposición Alejandro Toledo Manrique, en el último momento, se recusó a participar por considerar que el proceso electoral era fraudulento. Alberto Fujimori fue electo presidente del Perú por tercera vez. Después de asumir el mando, el movimiento de oposición fue aún más intenso. En agosto del año 2000, ocurrieron serias denuncias de corrupción implicando a una figura clave de su gobierno (el jefe del SIN – Servicio de Inteligencia Nacional – Vladimiro Montesinos Torres), lo que desencadenó presiones populares tan intensas que hicieron con que Alberto Fujimori anunciase nuevas elecciones presidenciales para el 2001, en las cuales él no participaría. Esa crisis política paralizó administrativamente el país, con consecuencias graves sobre la actividad económica. Posteriormente, con la publicación comprometedoras de una cinta de video, Fujimori, con el pretexto de participar de un evento internacional, renunció a través de un fax y se asiló en el Japón, apelando a su

doble nacionalidad. Después de la renuncia y asilo en el Japón, el Congreso de la República peruana optó por la elección de Valentín Paniagua como presidente transitorio, siendo que uno de sus objetivos fue realizar elecciones democráticas para el nuevo gobierno (2002 – 2006). En esas elecciones el vencedor fue Alejandro Toledo Manrique, el principal opositor del gobierno de Alberto Fujimori.

Entre 1985 e 1990, durante el gobierno de Alan García Pérez, ocurrió un proceso de hiperinflación, la cual provocó una grande recesión económica. Estas fueran las justificaciones encontradas por Alberto Fujimori en el en el inicio de su primer gobierno para la implantación de las reformas que tenían como objetivo la estabilidad macroeconómica y la alternación de forma de intervención del Estado en la economía. De esa forma, mediante la privatización de las empresas públicas, el Estado peruano mudo de las funciones de empresario y paso a ejercer las funciones de regulador y de fiscalizador de varias de las actividades económicas.

En la década de 1990 la economía del país sufrió repercusiones de las crisis ocurridas en Asia, Argentina y Brasil. Esto llevo, a que a finales de 1999 el gobierno adoptase un paquete de medidas con el objetivo de reducir los gastos públicos, incluyendo la reducción de los salarios de los funcionarios públicos, racionamiento de combustibles de los vehículos y restricciones en la compra y uso de materiales de informática para las reparticiones públicas. Además de esas medidas, el gobierno lanzó un plan de conversión de las divisas en dólares para la moneda local (nuevo sol), a fin de tentar agilizar la actividad económica, paralizada en función de la descapitalización de las empresas del país.

A comienzos del año 1990 llegaba a su fin la etapa de nuestra historia que se caracterizó por las violaciones a los derechos humanos, corrupción y una hiperinflación en lo

económico, es en este contexto que llega a la presidencia Alberto Fujimori, quien gobernaría el Perú en dos periodos, comprendidos desde el año 1990 hasta el 2000. Durante su primer mandato se disolvió el Congreso de la República, para posteriormente conformar el denominado Congreso Constituyente Democrático (CCD), el cual elaboró la Constitución del año 1993, que permitía la reelección presidencial inmediata para un período, a diferencia de la anterior, que la prohibía. La captura del líder de Sendero Luminoso (SL), Abimael Guzmán Reynoso, en septiembre del año 1992, producto de la paciente labor del Grupo Especial de Inteligencia (GEIN) de la Policía, que venía trabajando al mando del Coronel Benedicto Jiménez desde el año 1988, significó el inicio del derrumbe de este grupo subversivo, lo cual incrementó la popularidad del gobierno de Fujimori. El periodo de la historia del Perú entre 2001 – 2010, también conocido como la vuelta a la democracia (Palacios, 2005), abarcó los gobiernos de Alejandro Toledo Manrique (2001-2006), Alan García Pérez (2006–2011) que se caracterizaron por una notable expansión económica, desarrollo de la infraestructura y de los servicios del Estado. Estos gobiernos se han visto favorecidos por el excelente entorno internacional que ha favorecido el crecimiento del Perú. Para efectos de tener un panorama sobre la situación económica y energética en el presente trabajo de investigación a nivel doctoral se realizará un breve estudio sobre los hechos económicos sucedidos durante el periodo que comprende desde 1990 hasta el año 2012, cabe resaltar que durante este periodo transcurrió el gobierno de Alberto Fujimori, Valentin Paniagua Curazao, Alejandro Toledo Manrique y el 2º gobierno de Alan García Pérez, finalmente el gobierno de Ollanta Humala.

3.1.1. PRIMER GOBIERNO DE ALBERTO FUJIMORI (1990 – 1995)

ASPECTO ECONÓMICO

Durante el primer periodo de su gobierno, siguiendo las recomendaciones del Fondo Monetario Internacional (FMI) y contrario a lo que había prometido como candidato, aplicó una reestructuración de precios llama “shock”, el cual permitió controlar la inflación, pero que provocó la devaluación de los salarios de la mayoría de la población. Así mismo, cambió la moneda del actual Nuevo Sol.

El caos macroeconómico muestra que Fujimori no tenía muchas alternativas. Más aún luego de las elecciones en su primera vuelta, el gobierno saliente perdió total control sobre la inflación, que llegó a 42.6% en junio y 63.2% en julio, mes en el cual se realiza la transferencia de mando. Sólo quedaba un ajuste drástico, que consistió en un programa de estabilización que fue anunciado por el ministro de economía Hurtado Miller el 8 de agosto de 1990, el cual se basó en cuatro elementos básicos: la eliminación del déficit fiscal, el control monetario, la unificación y liberalización del tipo de cambio y la estabilización y corrección de los precios públicos.

Su política económica se centró en la aplicación de conceptos neoliberales y de libre mercado. Si bien llegó a estabilizar la vida económica y permitió la re inserción del Perú en el sistema financiero internacional, así como la privatización de las compañías del Estado a manos extranjeras, también ocasionó despidos masivos de obreros y empleados públicos, así como la supresión de las protecciones a la ineficiente industria nacional, lo cual llevó a su quiebra y a altos índices de desempleo.

En consecuencia, se redujo al mínimo la actividad sindical y aumentó la actividad económica informal. Por otro lado, la reducción del Estado y la liberalización de la economía nacional fomentaron la inversión extranjera. Como resultado, en 1994 la economía peruana creció un 13% a pesar de los despidos masivos acaecidos.

ASPECTO INTERNACIONAL

La aprobación del cierre del Congreso, hizo que EEUU suspendiera su ayuda no humanitaria al gobierno peruano y el FMI postergó el desembolso de un préstamo de 222 millones de dólares, como Fujimori gobernaba con el respaldo de la comunidad financiera internacional, tenía que hacer algo para mantener su coalición, pues se corría el riesgo de un aislamiento internacional.

Puede postularse que si la comunidad financiera internacional hubiera respaldado el autogolpe; se habrían generado incentivos para que brotes autoritarios ocurran en otras latitudes.

El 11 de septiembre de 1991, el gobierno peruano firmó un Programa de Referencia con el FMI para el periodo 1991-1992 cuyo requisito era la transformación del Grupo de Apoyo, que otorgaría recursos frescos al Perú para que pudiera limpiar sus atrasos con organismos multilaterales. Luego de limpiar los atrasos en 1993 Perú fue declarado nuevamente ELEGIBLE como sujeto al crédito en el ámbito internacional. Todo ello ocurrió, debido a mucha incertidumbre del mercado internacional, ya que el factor riesgo país estaba en niveles muy altos.

ASPECTO POLITICO

Fujimori, decidió el 5 de abril de 1992 disolver el Congreso de la República y suspende las actividades del Poder Judicial. Este acto, denominado popularmente como “autogolpe”, fue apoyado por las fuerzas armadas y causó la llamada crisis constitucional de 1992.

Fujimori inició entonces un gobierno de facto al que se bautizó como Gobierno de Emergencia y Reconstrucción Nacional, que fue tildado como autoritario. Ese mismo año debido a presiones tanto internas como externas (principalmente de la OEA), convocó rápidamente a elecciones para un Congreso Constituyente Democrático, que sancionaría tras ser aprobada en referéndum la Constitución de 1993, que trajo consigo cambios en el funcionamiento del Estado, dándole más poder al presidente y recortando los poderes del Congreso, además de reducir el poder fiscalizador del Estado en diferentes áreas.

3.1.2. SEGUNDO GOBIERNO DE ALBERTO FUJIMORI (1995 – 2000)

ASPECTO ECONÓMICO

El modelo que utilizó Fujimori en su gobierno fue el neoliberal, desde el año 1995 a 2000 se tuvo como objetivo profundizar y ajustar las reformas realizadas durante los primeros años de la década (1990 – 1995), que fueron la promoción en términos generales de la participación del sector privado en la economía; la privatización de empresas públicas, la promoción de la competencia, el fortalecimiento de los entes reguladores, la reducción y centralización del gasto público en manos de Ministerios

dependientes directamente del Poder Ejecutivo, la reforma tributaria y reforma aduanera.

Así mismo, se llevaron a cabo otra clase de reformas vinculadas específicamente con la retirada del Estado de diversos ámbitos económicos, incluyendo la reforma comercial, la liberalización financiera, la reforma laboral y la reforma del Poder Judicial.

Entre 1994 y 1998, el comercio total de mercancías registrado creció a un ritmo anual medio del 8.5%. Las principales exportaciones del Perú, principalmente en productos primarios y semi-elaborados provenientes sobre todo de las actividades mineras y pesqueras, representaron en conjunto alrededor del 60% de sus exportaciones totales de mercancías.

ASPECTO POLÍTICO Y SOCIAL

Desde su primer periodo (1990-1995) se Vivian conflictos entre el poder ejecutivo y legislativo.

Hacia fines de la década del año 1990, Perú continuaba siendo uno de los países más pobres de la Región, Los programas sociales desarrollados durante el gobierno de Fujimori ganaron en espacio fiscal y estabilidad presupuestaria. Sin embargo, fueron concebidos bajo la visión centralista y clientelar que distinguió el estilo presidencial de ese periodo. Existía también grandes niveles de desempleo.

En primer lugar, el tamaño de la inversión social en el país, a pesar de haber mostrado mejoras sustanciales durante el gobierno de Fujimori, al final de la década todavía era

bajo. Esta situación se vincula con un Estado débil en su capacidad para financiar políticas debido a la baja presión fiscal del país y a la alta inflexibilidad del presupuesto. En segundo término puede mencionarse una estructura de ingresos centralizada en cuanto a sus fuentes principales, concentrada geográficamente y comparativamente progresiva que la media latinoamericana.

A modo de resumen, la gestión pública peruana presentó a lo largo de la década del año 1990, una baja eficacia general, sobre todo en lo relativo a la prestación de bienes y servicios alcanzando su peor desempeño en la provisión de servicios de carácter social.

3.1.3. GOBIERNO DE VALENTÍN PANIAGUA CORAZAO (2000-2001)

ASPECTO ECONOMICO

Existía desequilibrio fiscal, el cual se necesitaba corregir para asegurar la estabilidad económica del país.

La inversión pública disminuyó, ya que el temor de ser acusado injustamente fue tan grande, que la burocracia del gobierno central paralizó todo tipo de gasto no absolutamente indispensable, hasta el punto que el ministro de economía tuvo que invocar a la buena voluntad de los funcionarios para que se atrevan a hacer el uso debido de los fondos públicos aprobados en los presupuestos de las distintas dependencias con el fin de no provocar una recesión económica. La situación económica, estuvo muy ligada a lo político. Cabe indicar que durante el gobierno muy corto de Valentín Paniagua, no se pudo realizar grandes reformas económicas por el motivo del tiempo y las presiones que existían en el Perú.

ASPECTO INTERNACIONAL

Se plasmó la propuesta de Paniagua de dotar a la OEA de una carta democrática Interamericana para reforzar el compromiso de los estados miembros.

Se tuvo un áspero desencuentro diplomático con el Gobierno de Hugo Chávez Rivas, acusado por Lima de haber tenido controlado al fugitivo Vladimiro Montesinos durante meses.

ASPECTO POLITICO

Restituyo a los tres magistrados del Tribunal Constitucional que fueron destituidos por el Congreso por negarse a avalar una interpretación de la carta Magna promulgada el 31 de diciembre del año 1993, según la cual era permisible la reelección de Fujimori.

Salen a luz 03 “Vladivideos” que perjudican a tres candidatos a la presidencia de la República.

Formo el Consejo de Ministros con Javier Pérez de Cuellar al mando. Se destituyó la cúpula militar ligada a Vladimiro Montesinos.

Se promovió una investigación sobre el paradero de 9200 millones de dólares obtenidos de la privatización de empresas públicas y que no constaban en las arcas del estado.

3.1.4. GOBIERNO DE ALEJANDRO TOLEDO MANRIQUE (2001- 2006)

ASPECTO ECONOMICO

El PBI esta creciendo entre un 4% y un 5% anual, llegando al 6,7% en 2005, la tasa más elevada en ocho años.

Destaca la explotación minera (muy en especial la del cobre y el zinc, extraídos por la compañía Antamina) y los hidrocarburos, donde se hizo notar espectacularmente el arranque del Proyecto Camisea.

Las deudas públicas internas y externas estaban recortándose sensiblemente la inflación andaba en torno al 2% anual en el año 2004 el cual trepó al 3.5%, pero en el año 2005 iba a caer al 1.5%, el nuevo sol cotizaba con respecto al dólar de manera estable.

Las reservas internacionales estaban en sus mejores niveles históricos y las calificaciones de riesgo-país se situaban por debajo de la media de América Latina.

El país acrecentaba su riqueza, pero ésta no era notada en absoluto por la mitad de sus 27 millones de habitantes que se debatía en la pobreza. La tasa que apenas se redujo 3% (hasta 51.6% de los más de 27 millones de habitantes). El desempleo, que de 7.8% en 2001 subió a 10.5% en 2005.

Asistencia Social: El gasto social aumentó entre 2000 y 2005 del 7.9% al 9.2% del PBI, impulsado principalmente por el gasto en previsión social, que aumentó un 30%.

La balanza comercial se mantuvo superavitaria durante todo el periodo de gobierno, debido al incremento de las exportaciones.

El balance fiscal fue reduciendo su déficit durante los 5 años de gobierno, pasando este a niveles positivos (superavitarios) hacia el último año.

Tuvo como ministro de economía a Pedro Pablo Kuczynski, quien tuvo el respaldo de la comunidad empresarial y pudo ser un ministro serio que logró aumentar las reservas internacionales.

Promovió las inversiones en el sector minero y respaldó a las compañías instaladas en la década pasada.

ASPECTO INTERNACIONAL

Su gobierno ha tenido como características los tratados de Libre y Comercio con el Mercosur, la Comunidad Andina y Tailandia.

El TLC, empezó a negociarse en mayor del año 2004 en Cartagena de Indias en una mesa multilateral que también incluía a Ecuador y Colombia. Su propósito fundamental era eliminar las barreras al comercio de bienes y servicios, y estimular las inversiones privadas en los respectivos países. El acuerdo quedó finiquitado en diciembre del año 2005 y fue firmado en Washington por el Ministro Alfredo Ferrero. El 28 de junio siguiente, a un mes justo del cambio de administración, el Congreso Peruano ratificó el acuerdo por 79 votos contra 14, quedando pendiente su ratificación por Congreso Estadounidense y por ende su entrada en vigor.

ASPECTO POLITICO

Impulsó medidas neoliberales, en donde las estadísticas macroeconómicas indicaron un sostenido crecimiento en la economía peruana, aunque no disminuyó mucho la pobreza. Mantuvo un aparato estatal reducido, no produjo el ingreso al aparato estatal de los miembros de su partido.

Larga secuencia de contestaciones sociales, vaivenes presidenciales y crisis gubernamentales que prolongó hasta el final del quinquenio, poniendo de manifiesto en todo momento la minoría del oficialismo en el Congreso y la debilidad política de Toledo. Uno de los problemas que tuvo, es que normalmente nunca obtuvo mayoría en el Congreso de la República.

3.1.5. SEGUNDO GOBIERNO DE ALAN GARCÍA PEREZ (2006 - 2011)

ASPECTO ECONOMICO

El gobierno mantiene la política económica del anterior régimen colocando ministros dictados por el FMI (tales como Carranza, Valdivieso, Araoz).

Desde el año 2008, empiezan a aumentar los precios de primera necesidad, la inflación del primer semestre fue de 3.51% y el sueldo mínimo es de 500 nuevos soles (unos US \$ 77.00 dólares americanos).

La continuidad del modelo y las promesas incumplidas originan una serie de protestas de los trabajadores como del sector agrícola por la aprobación del TLC.

La política social no tiene un rol central en la política del gobierno, esta se mantiene directamente en el ejecutivo (Agua para Todos, Juntos, Sierra Exportadora, Techo Propio, COFOPRI, etc).

Unas de sus decisión económicas-políticas, fue la reducción del IGV de 19% a 18%

ASPECTO INTERNACIONAL

En fecha 15 de agosto del año 2007, se produce un devastador terremoto de 8.0 grado en escala de Richter (según US Geological Survey), el cual destruye varias localidades de la Región Ica en Perú, entre las principales Pisco y Chincha.

Un hecho histórico, se registra en el año 2007, el cual consistió en la extradición del Ex Presidente Alberto Fujimori Fujimori, de Chile a Perú.

Se produce la crisis financiera internacional en el año 2008, posteriormente en el año 2010 se agudiza la crisis en Grecia y amenaza con extenderse al resto de países europeos.

ASPECTO POLITICO

Por primera vez se utilizó en estas elecciones la valla electoral, por lo que solo las agrupaciones políticas que superaron el 4% de los votos válidos pudieron entrar al

Congreso. De los 120 escaños, el APRA obtuvo 36, siendo la segunda fuerza política detrás de UPP, lo que le ha permitido al gobierno tener poder político.

El partido de gobierno, se ha visto envuelto en muchos actos de corrupción, lo que trajo una crisis política en la cúpula interna de los Apristas, lo cual degeneró en la no participación en las elecciones presidenciales del partido de la estrella, sólo participaron en las elecciones congresales.

3.1.6. GOBIERNO DE OLLANTA HUMALA TASSO (2011-2016).

ASPECTO ECONOMICO

El presidente del Consejo de Ministros, Salomon Lerner Ghitis, anunció el 25 de agosto, que el gobierno acordó con las empresas mineras que operan en el país el pago de un gravamen de 3 000 millones de nuevos soles por año, fue durante su exposición de la política gubernamental ante el pleno del Consejo de la Republica. Explicó que en los 05 años de gobierno, este nuevo ingreso público a los nuevos niveles actuales de precio alcanzará la cifra de 15 000 millones de soles.

Durante los primeros 06 meses de gobierno del Presidente Ollanta Humala, el Riesgo País de Perú, subió oficialmente a 52 puntos básicos. Por otro lado el Nuevo Sol se fortaleció frente al dólar en la Bolsa de Valores de Lima.

Se tiene mucha esperanza en este gobierno, especialmente por las reformas que se realicen, se espera que dichas reformas se reflejen en el crecimiento macroeconómico y la tan mentada inclusión social en el Perú.

ASPECTO INTERNACIONAL

Tres días después de la su elección, Ollanta Humala emprendió una gira latinoamericana para reunirse con los jefes de Estado de Brasil, Uruguay, Paraguay, Argentina, Chile, Bolivia, Ecuador, Colombia y culminando en Estados Unidos, donde fue recibido por Hilary Clinton y Barack Obama. Por otro lado el ex – presidente Alejandro Toledo Manrique manifestó que su partido Perú Posible apoyaría al gobierno tanto en el Poder Ejecutivo como en el Legislativo.

ASPECTO POLITICO

El 23 de octubre del año 2011 se iniciaron una serie de protestas en Celendín (Cajamarca), contra el proyecto minero Conga, de la minería Yanacocha que supone eliminar dos lagunas para extraer oro debajo de ellas.

El 10 de diciembre del año 2011, el Presidente del Consejo de Ministros Salomón Lerner Ghitis, renunció a su cargo. Tras ello, Humala aceptó su renuncia y dio a conocer a los medios que Oscar Valdéz asumirá el premierato.

3.1.7. LA REFORMA DEL ESTADO

En el primer gobierno de Alberto Fujimori (1990- 1995), ocurrió el mayor número de privatizaciones del Perú. Cercad de 70 empresas estatales fueron privatizadas en ese periodo (sobre todo por capitales suizos, ingleses y norteamericanos), incluyendo las

prestadoras de servicios públicos, como energía eléctrica y telecomunicaciones, entre otras. Los sectores de petróleo y gas natural también comenzaron a ser transferidos para el control privado en el mismo periodo, pero, las empresas más importantes solo fueron a ser privatizadas a partir de 1996, ya en el segundo mandato presidencial.

En 1991, fue promulgado el instrumento legal que viabilizó el control de las empresas estatales para la iniciativa privada (Decreto Legislativo 757) conocida como Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, que eliminó todas las barreras a los inversionistas privados, equiparó en derechos y obligaciones las empresas privadas y públicas que ejercen actividades económicas y definió como principios económicos del país la libre competencia y la libre iniciativa.

Mediante la promulgación del Decreto Ley 674, de 1991, fue creada la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI)². Ese organismo poseía status de ministerio y estaba estrechamente ligado al ejecutivo peruano, siendo el responsable por el diseño y ejecución del programa de privatización, incluyendo desde la selección de las empresas hasta la coordinación total de las privatizaciones.

En 1992, con el apoyo de los militares, Alberto Fujimori dio un “autogolpe” en el país, donde disolvió el Congreso Nacional y el Supremo Tribunal, exoneró diversos jueces, e implantó un régimen de excepción en el cual fueron suprimidos diversos derechos y garantías constitucionales. Con la aprobación de una nueva Constitución, facilitó adoptar marcos legales e institucionales que viabilizaron la implantación de las reformas estructurales.

Después de los múltiples problemas de corrupción, se originó un caos social en el Perú, para que finalmente Alejandro Toledo asuma la presidencia (2001- 2006), donde las

políticas efectuadas no son las esperada y es una de las razones porque el proceso de privatización fue suspendido especialmente por las presiones sociales y no se esperan cambios importantes para el beneficio de los sectores económicos del Perú.

Finalmente el gobierno de Alan García Perez (2007 – 2012), el cual prácticamente es una continuación de lo que vino realizando el gobierno de Toledo, con algunas decisiones y prioridades económicas, pero que no cambiaron o mejoraron de forma importante la calidad de vida de la población.

A continuación se pretende abordar algunos de los más importantes indicadores de la actividad económica del Perú, en las cuales se observará el comportamiento social, económico y financiero del Perú.

3.1.8. POBLACIÓN.

La población total de Perú asciende a 28.220.764 habitantes, según los resultados del undécimo censo realizado en octubre de 2007, cuyos resultados presentados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática. Realizando una comparación con el censo de 1993, la población creció 24,7%. y que la distribución de la población por sexo es 50,3 % de mujeres y 49,7 % de hombres.

La información de las encuestas del Censo de Población y Vivienda de 2007, ha contribuido para obtener una visión actualizada y completa del volumen, distribución y estructura de la población peruana y de las principales características de la condiciones de vida. En resumen, la dinámica demográfica y de desarrollo de la población según las encuestas muestran dos resultados centrales: la pobreza y la desigualdad. En consecuencia, las políticas de la población no puedan tener otra orientación si no la de

contribuir para la superación de la pobreza en el Perú y generar condiciones para la disminución de las desigualdades sociales.

3.1.9. PRODUCTO BRUTO INTERNO

El Perú tiene una economía más abierta ahora. El 2007 las exportaciones representaron el 26% del PBI, era solo el 11% en 1990. La inversión extranjera directa (IED) acumulada al 2007 significó el 14.3% del PBI ese año, era solo el 4.6% del PBI en 1993. El número de turistas que llegó al país en el 2007 fue de 1.66 millones, y lo fue de solo 330 mil en el año 1993.

La composición del PBI ha cambiado bastante en las tres últimas décadas. A agosto del 2008 la participación de la agricultura en el PBI era de solo 7.60%, de la minería 4.67%, de la manufactura 15.98%, el sector comercio aportó el 14.57% y otros servicios (que incluye servicios gubernamentales, transportes y comunicaciones y otros) el 39.25%. En 1981 la agricultura contribuía con el 10.2% del PBI, la minería con el 11.6%, y la manufactura con el 23.3%. Hacia 1970 la agricultura y silvicultura había contribuido con el 14.7% del PNB, la minería y explotación de canteras con el 5.5% y la manufactura con el 20.6% del Producto Nacional Bruto de entonces (datos del MEF, y de la Memoria Anual del BCRP, años 1990 y 1970). La participación de la agricultura se ha reducido casi a la mitad de 1970 al 2008 y la manufactura se redujo en un 30% en ese mismo lapso.

La población total del Perú pasó de 13.2 millones en 1970 a 17.3 millones en 1980 y a 28.2 millones de habitantes en el 2007 (se duplicó en los últimos 37 años). El tamaño del mercado interno ha crecido aunque aun alrededor de un 40% de los peruanos viven

debajo de la línea de la pobreza. Ha habido una migración del campo a las ciudades, y solo en Lima la población paso a ser 8.4 millones en el 2007 (el 30.8% del país). La provincia de Lima tuvo 7.6 millones de habitantes el 2007 o el 27.7 % del total, y en 1993 tenía 5.7 millones o el 21.8% del total nacional. La Costa en 1940 albergaba al 28.3% de la población, el 2007 albergo al 54.6% de la población total (datos del XI Censo Nacional de Población del Instituto Nacional de Estadística e Informática).

El PBI per cápita del Perú el 2007 fue de 3,900 dólares. Los 28 millones de habitantes conforman un mercado de ingresos medios que pueda sustentar y esta sustentado el crecimiento de sectores como el de servicios (comercio, servicios gubernamentales, finanzas, etc.) y de cierta industria manufacturera, sobre todo el de bienes no transables como de alimentos y bebidas. Esto esta sustentando el reciente crecimiento notable de la demanda interna que ha contribuido al crecimiento del PBI en los últimos años.

Aun así, el Perú sigue dependiendo en sus exportaciones en su mayor parte de las ventas de recursos naturales, aunque han crecido significativamente las exportaciones de textiles y confecciones y de la agroindustria. Los productos tradicionales representaron el 76.8% en el 2007, un porcentaje mayor al registrado en 1998, el cual fue de 64.4%, fundamentalmente por los altos precios de los minerales, y estos así pasaron de un valor de 2,747 millones de dólares en 1998 a 17,328 millones de dólares el 2007 (cuando las exportaciones totales pasaron de 5,757 millones a 27,959 millones de dólares. Solo las exportaciones de cobre fueron de 7,241 millones de dólares y las de oro 4,157 millones de dólares en el 2007). Las exportaciones de textiles pasaron de 534 millones a 1,790 millones de dólares de 1998 al 2007, los productos agrícolas no tradicionales de 302

millones a 1,502 millones de dólares en ese mismo lapso (convirtiéndose Perú en el mayor exportador mundial de espárragos y pprika).

A pesar del crecimiento que habido en los últimos años aun este no es sentido por una parte de la población. No se logra crear suficientes puestos de trabajo. Muchos peruanos aun emigran al exterior. Se calcula que actualmente unos 2.8 millones de peruanos están fuera del país (un 10% del total de la población).

3.1.10. INVERSIÓN EXTERNA

El Banco Central de Reserva del Perú, reportó para el año 2009, un flujo de US\$ 4,760 millones de dólares de inversión extranjera directa en el Perú, monto 31% inferior con relación al año anterior, explicado fundamentalmente por la menor reinversión de utilidades, en un entorno económico internacional poco favorable.

Los aportes a capital (cifra registrada por ProInversión), alcanzaron US\$ 772.65 millones de dólares, siendo los sectores minero y financiero, los que mayor inversión captaron. De estas operaciones, Miski Mayo, Sider Perú, Michiquillay, Holding Continental, DP World Callao, MakroSupermayorista, Calidda, Nextel, Falabella, Abengoa, Mnera Quechua, HSBC y PureBiofuels, recibieron aportes superiores a los US\$ 15 millones y que en total, corresponde al 94% de todos los aportes recibidos durante el 2009.

El sector minero concentra el mayor porcentaje del stock de IED (21%). Buena parte de estas inversiones fueron efectuadas en los últimos 5 años, por la puesta en marcha de diversos proyectos. Entre las principales empresas del sector destacan Southern Perú,

Xstrata, Gold Fields, Yanacocha, Cerro Verde, Antamina y Cajamarquilla. Durante el 2009 se anunciaron inversiones por más de US\$ 30 mil millones para los próximos años. Dentro de los cuales se destaca inversiones de Chinalco, Grupo México, Xstrata, Shougang, entre otras.

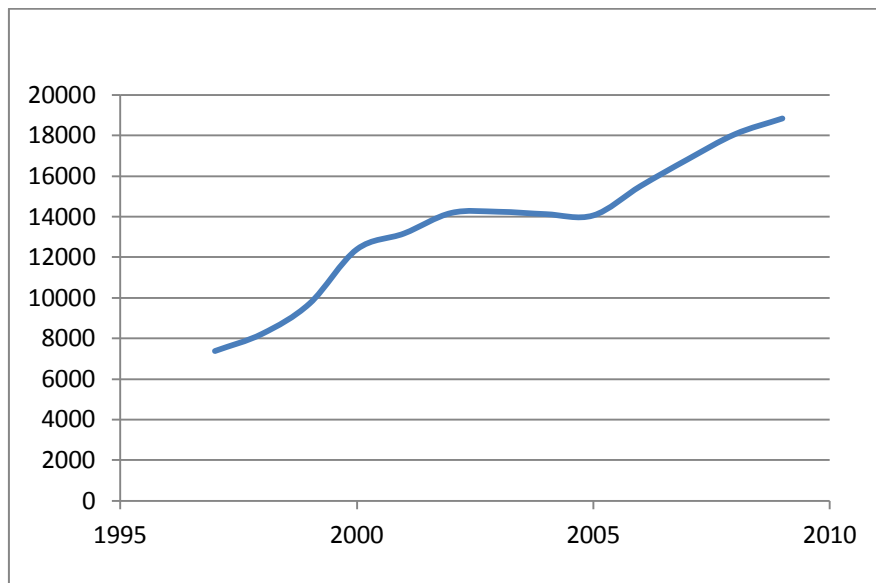
El sector comunicaciones con el 20.92%, refleja tanto las inversiones de Telefónica de España derivadas de su participación en el proceso de privatización de la compañía estatal en los años 90 y posteriores inversiones de expansión, así como las inversiones de los operadores de telefonía celular efectuadas principalmente entre el 2000 y el 2005.

El desarrollo de este sector se ha visto dinamizado por el desarrollo de un agresivo programa de concesiones orientado a ampliar la cobertura de telefonía en zonas rurales.

El sector industrial (15.1%), finanzas (15.3%) y energía (13.8%), complementan los cinco principales sectores de destino de la IED, que en conjunto representan el 84.7% del stock de IED en el Perú.

Es importante señalar que el sector energético muestra un desarrollo muy prometedor por el gran potencial hidroenergético y las posibilidades de desarrollar las reservas gasíferas, empresas como Electrobras, OAS, Endesa, Inkia y SK, ya han manifestado su intención de invertir en diversos proyectos más de 20 mil millones de dólares.

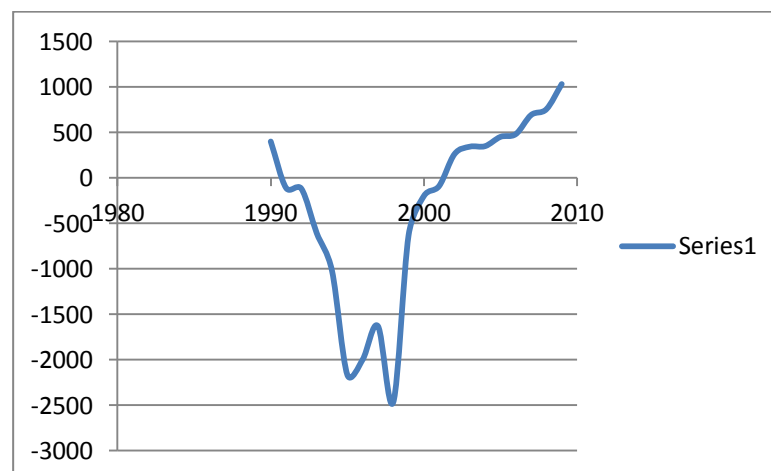
FIGURA 3.2. INVERSIONES EXTERNAS DIRECTAS EN EL PERÚ
(MILLONES DE DÓLARES)



Fuente: Elaboración propia, datos de PROINVERSION

3.1.11. SALDO EN LA BALANZA COMERCIAL.

FIGURA 3.3. SALDO EN LA BALANZA COMERCIAL (MILLONES DE
DÓLARES)



Fuente: Elaboración propia, datos de BCRP

Desde el año 1990 hasta el 2001 el nivel de las exportaciones era muy menor que las importaciones, pero eso viene cambiando a partir del año 2002, cuando el Perú logró un saldo positivo en su Balanza Comercial, con un valor de US\$ 261 millones. Se espera que para los próximos años continúe con tendencia positiva debido a los múltiples acuerdos comerciales que el Estado peruano está realizando con otros países.

Se observa en la figura 3.2. que, en el periodo de 1990 al 2000, la balanza comercial peruana fue negativa, con una tendencia creciente año a año, y el pico de esta fue en 1998 cuando alcanzó el valor de US\$ -246° millones. Para entender el porqué de esta evolución es necesario examinar los valores de las exportaciones y de las importaciones para cada año. En los últimos años, la balanza comercial quedó deficitaria como resultado de un crecimiento mayor de las importaciones en relación a las exportaciones.

Es así, que los nuevos desafíos de los tiempos actuales y el proceso de cambios que ocurrirán en el mundo y en el Perú, con la liberalización de la economía, la privatización, la abertura a la inversión extranjera, las políticas de libre mercado y el nuevo papel del estado, tiene influencia en la política de gasto público. Esta, no solo trata de mantener un equilibrio fiscal, pero también de generar confianza en el sector privado y exigir actitudes de eficiencia y productividad, que fortalezcan los cambios estructurales mencionados.

3.2. RESERVAS ENERGÉTICAS

Las reservas probadas de energía comercial al 31 de diciembre de 2007, fueron aproximadamente 25 855 413 TJ.

Con respecto al gas natural (GN), las reservas probadas de gas natural a diciembre de 2007 representan el mayor porcentaje en términos energéticos (44,5%), alcanzando los 334,7 x 10⁹ m³ (11,82 x 10¹² ft³), de las cuales 321,08 x 10⁹ m³ (11,33 x 10¹² ft³) corresponden a los yacimientos de Camisea y Pagoreni. Cabe resaltar que respecto al año 2006, las reservas probadas de gas natural se han reducido en 0,18 %.

Con respecto a líquidos de gas natural, a fines de 2007, las reservas probadas de líquidos de gas natural fueron del orden de 107,16 x 10⁶ m³ (674,103 x 10⁶ bbl). En relación al año 2006 se tuvo una disminución de 1,1%.

La hidroenergía, las reservas de esta fuente renovable de energía se miden considerando la energía media anual a producirse durante 50 años en las centrales eléctricas instaladas, en construcción y en proyecto. Las reservas probadas hidroenergéticas se definen como la energía promedio producible en un año en las centrales hidroeléctricas que actualmente se encuentran en operación, en construcción, en proyecto y las que tengan estudios de factibilidad y definitivos. Las reservas probadas de hidroenergía totalizan 1,3 x 10⁶ GW.h.

Referente al petróleo crudo, las reservas probadas de petróleo crudo a fines de 2007, fueron del orden de los 71,12 x 10⁶ m³ (447,38 x 10⁶ bbl). Con los niveles actuales de cargas de petróleo crudo a las refinerías del país, estas reservas pueden satisfacer la demanda interna hasta el año 2020.

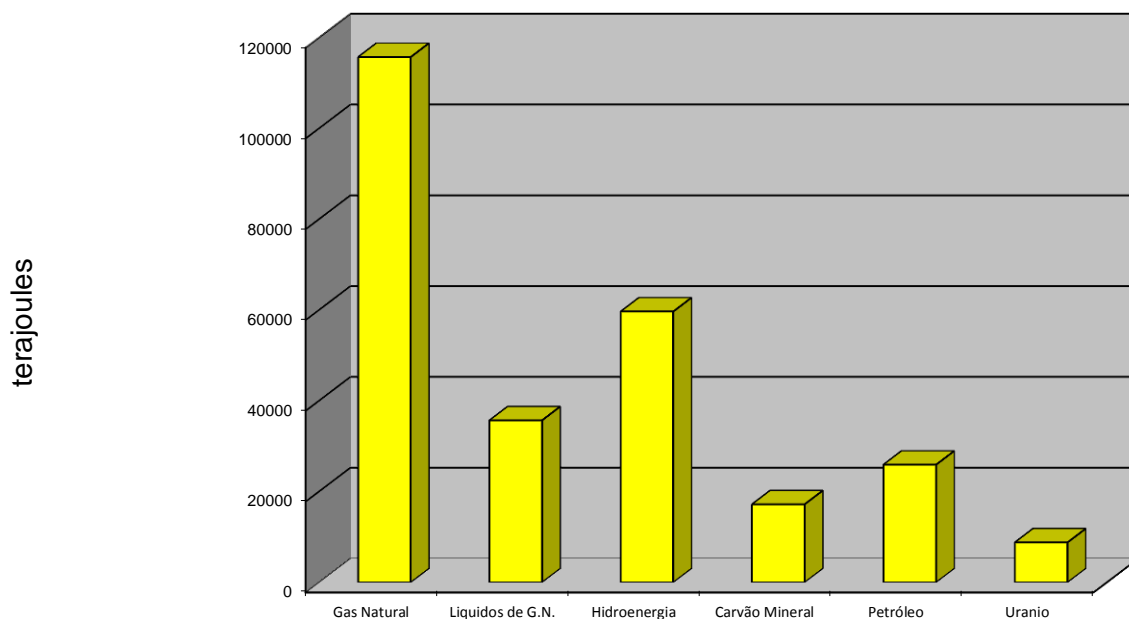
El carbón mineral, las reservas probadas de carbón mineral a fines de 2007, fueron cercanas a las 49,9 x 10⁶ ton, correspondiendo en cerca de un 97% a carbón del tipo

antracita y el resto a carbón bituminoso. Las Regiones La Libertad, Ancash y Lima son las que poseen las mayores reservas de carbón mineral, del total nacional.

Finalmente las reservas probadas de uranio son del orden de 1 800 toneladas y están localizadas en la parte nor-occidental del área de distribución de los volcánicos de la formación Quenamari, distrito de Corani, provincia de Carabaya, Región Puno. Tales reservas fueron obtenidas mediante el “prospecto uranífero Chapi” entre 1984 – 1986 y confirmadas mediante el inventario de reservas probadas de 1989, después del cual no se realizaron más actividades exploratorias. No obstante ello, en los últimos años ha habido un marcado interés de parte de empresas privadas en invertir en exploración de nuevos yacimientos de uranio especialmente en la zona sur del país.

En la figura 3.3., se puede observar esquemáticamente que las mayores reservas energéticas son de gas natural y líquidos de gas natural, son consecuencia del descubrimiento de las reservas de Camisea y Pagoreni (lote 88 y 56), lo que está llevando a crear políticas y condiciones para la exploración eficiente y consecuentemente, la monetización de las reservas. Seguidamente la hidroenergía. Por otro lado, las reservas de petróleo crudo están disminuyendo respecto a años anteriores, lo que implica que se tiene que buscar un energético sustituto o invertir en exploraciones petrolíferas.

FIGURA 3.4. RESERVAS PROBADAS DE ENERGÍA (TJ) DE PERÚ EN 2008.



Fuente: Elaboración propia con datos del BNE 2008.

3.3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA

Según el Balance Nacional de Energía de Perú, la producción energética primaria total está determinada por la energía comercial y no comercial, lo que permite hacer unos análisis más específicos de estos energéticos.

TABLA 3.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA COMERCIAL (TJ)

| Año | Petróleo | GN + LGN | Carbón | Hidroelectricidad |
|------|----------|----------|--------|-------------------|
| 1994 | 268320 | 34662 | 1841 | 57363 |
| 1995 | 256604 | 34602 | 1506 | 57739 |
| 1996 | 253508 | 34016 | 628 | 59915 |
| 1997 | 249199 | 36903 | 628 | 59455 |
| 1998 | 239139 | 49009 | 616 | 62111 |
| 1999 | 216690 | 61649 | 644 | 65401 |

| | | | | |
|------|--------|--------|------|-------|
| 2000 | 202044 | 64736 | 487 | 72756 |
| 2001 | 196843 | 67514 | 552 | 79228 |
| 2002 | 196085 | 69470 | 647 | 81141 |
| 2003 | 195654 | 77285 | 898 | 82566 |
| 2004 | 182887 | 89647 | 1356 | 83699 |
| 2005 | 174599 | 135888 | 2564 | 85214 |
| 2006 | 164555 | 166599 | 2965 | 87021 |
| 2007 | 162986 | 175161 | 3270 | 87926 |
| 2008 | 162295 | 213235 | 4146 | 85818 |

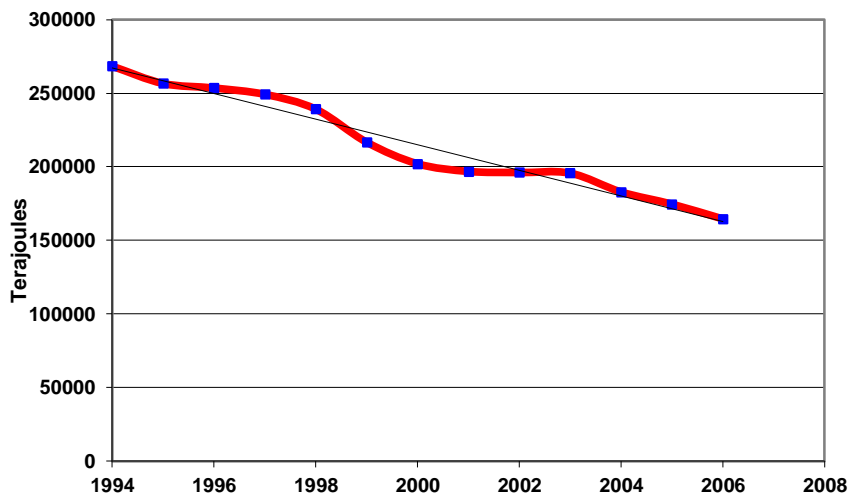
Fuente: Ministerio de Energía y Minas 2008

La tabla 3.1. Indica la producción de energía comercial en el periodo 1994 a 2008, donde se verifica una importante reducción de la producción de petróleo crudo y carbón mineral, siendo que en los otros energéticos comerciales la producción fue creciente.

Lo que ocurre es que al decrecer la producción de petróleo crudo, crecen las importaciones de este producto, lo que hace necesario la inclusión de una nueva alternativa energética para minimizar ese hecho.

En las últimas dos décadas, la producción de petróleo ha decrecido de forma constante, por el hecho de no haberse descubierto importantes yacimientos. La curva de la figura 3.4., muestra la forma como la producción de petróleo decrece, lo que motiva a llevar en consideración nuevas políticas de incentivo a la producción de energéticos alternativos, ya que al disminuir la producción de petróleo crudo, el país está en la obligación de consumir hidrocarburos importados. En ese sentido, el gas natural y líquidos de gas natural de Camisea, se presenta como los energéticos sustitutos que el Perú requiere para una posible solución de su primer energético suplementario.

FIGURA 3.5. PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN EL PERÚ



Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Energía y Minas.

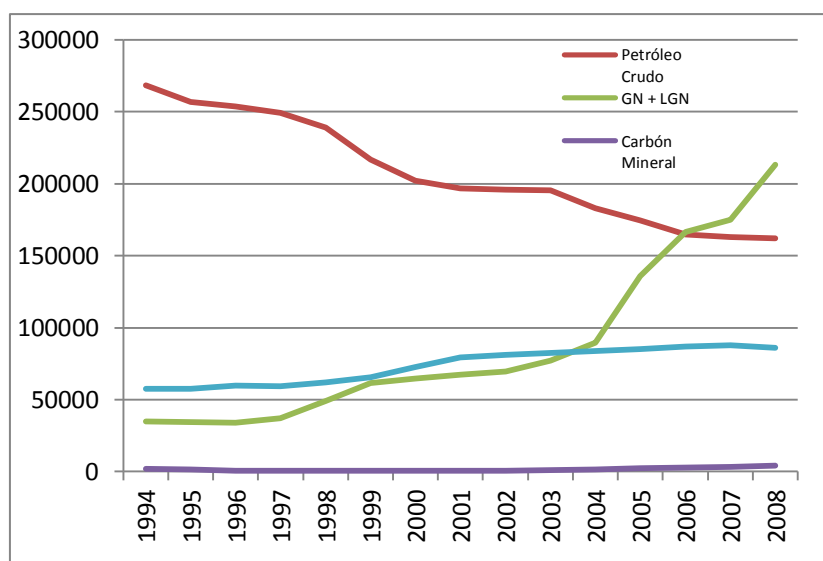
Actualmente el Perú tiene una producción media de petróleo crudo de menos de 95 000 barriles por día, la cual esta decreciendo de manera sustentable y natural en los últimos años, siendo hoy aproximadamente menos de la mitad de la producción que se tenía en el año 1980. Una situación similar ocurre con las reservas probadas de petróleo, cuyo nivel actual es de 323.40 millones de barriles (en 1980 fue de 800 millones de barriles aproximadamente).

Con relación a la producción de energía comercial, sólo el petróleo tiene tendencias decrecientes, especialmente en los últimos años. Ese aspecto hace con que el Perú sea totalmente dependiente de las importaciones de este energético y sus derivados, ya que la demanda es constantemente creciente, especialmente cuando el país ha incrementado sus niveles de PBI. Esa excesiva dependencia del petróleo se debe al hecho que desde 1981 no se consigue encontrar reservas significativas de petróleo. El único descubrimiento importante de hidrocarburos fue el gas de Camisea y Pagoreni en el año de 1985 y 2003 respectivamente. Por otro lado, se muestra en la figura 3.5. la tendencia

de la producción de cada uno de los energéticos comerciales. El mercado del petróleo sufrió varios choques y crisis en el mundo, donde los países consumidores y los países productores vienen buscando una comodidad en la interacción de la oferta y demanda en bases duraderas y confiables o alternativas para diversificar la matriz energética. Ese es el caso del Perú, que con el descubrimiento de gas natural, va a desarrollar un nuevo mercado y provocar el crecimiento de la producción de dicho energético.

Referente al carbón mineral, se observa que la producción de este energético tiene niveles de producción muy bajos en relación a otros energéticos comerciales, especialmente en el inicio del año 1996. Se verifica que la disminución de esa producción, porque la demanda por el carbón mineral colombiano se incrementó a partir de ese año. La baja calidad del carbón mineral peruano hace con que la demanda por este energético fuese reemplazada por el carbón importado o también por la sustitución de un combustible menos contaminante, que permita obtener beneficios económicos para las industrias en el rubro.

FIGURA 3.6. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA COMERCIAL DE PERÚ



Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Energía y Minas.

3.4. PRINCIPALES ENFOQUES INTELIGENTES PARA PREVISIÓN DE DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA

No son muchas las técnicas empleadas en la previsión de la demanda y consumo de energía. Por tratarse de un problema de proyección en función de datos anteriores, además de manejar información semi-estructurada, el problema puede enmarcarse dentro de uno difuso. En función de ello se pueden emplear sistemas *fuzzy*, o redes neuronales artificiales, siendo que la gran mayoría de problemas similares utilizan un enfoque híbrido compuesto por redes neuronales artificiales y otra técnica inteligente, como algoritmos genéticos, PSO (Particle Swarm Optimization), entre otros.

3.4.1. REDES NEURONALES ARTIFICIALES

En los últimos años, las redes neuronales artificiales han sido utilizadas en muchas áreas relacionadas al análisis de sistemas que trabajan con problemas de consumo y demanda (BCRP, 2010). El sistema eléctrico es una de las áreas en la que más aplicaciones han tenido la RNA, especialmente en lo que se refiere al análisis de sistemas eléctricos de potencia, operación de control, incluyendo aspectos de previsión de demanda, evaluación de seguridad estática y dinámica, modelamiento de carga dinámica, procesamiento de alarmas y diagnóstico de fallas. Todos los problemas anteriores fueron factibles de desarrollar por la alta disponibilidad de información histórica en las concesionarias de energía, lo cual favorece la aplicación de RNA (TRIPATHI, 2008).

Las RNA son capaces de aprender la relación entre variables del pasado, del presente y del futuro y son capaces de adaptarse y ejecutar modelos no lineales. Las RNA son particularmente adecuadas para problemas como el nuestro por tener la capacidad de tratar la relación no lineal entre datos y factores que los afectan directamente.

Otras características favorables son que las RNA no necesitan de la supervisión de especialistas para tomar decisiones y ellas se pueden adaptar a los cambios en las series por medio del auto-aprendizaje (ROMERA, 2008).

Debido a esos factores, son muchos los trabajos que se ha desarrollado aplicando redes neuronales, como por ejemplo en la previsión de la demanda de energía eléctrica (CHARYTONIUK, 2000).

3.4.2. SISTEMAS FUZZY

En las dos últimas décadas han tenido bastante aceptación el uso de controladores basados en lógica *fuzzy*, especialmente en la aplicación a sistemas eléctricos de potencia, como ejemplo de ello es la reciente publicación de una serie de tutoriales de la IEEE PowerEngineeringSociety orientados a la aplicación de la lógica *fuzzy* en sistemas eléctricos de potencia (MAMLOOK, 2009). Dentro de una de las tareas más desafiantes en sistemas eléctricos de potencia es una previsión precisa de la demanda. El objetivo principal de Mamlook (2009) fue desarrollar un modelo práctico que pueda alcanzar resultados de previsión precisos empleando lógica *fuzzy*.

La ventaja del uso de lógica fuzzy en la previsión de la demanda radica en su capacidad de condensar gran cantidad de información en un conjunto pequeño de reglas, pues contienen el reconocimiento e infiere las acciones correctas a partir de los datos históricos. Mamlook (2009) refiere que el uso de lógica fuzzy permite de una disminución del error en un 5% menos que los tradicionales métodos estadísticos de previsión.

3.4.3. SISTEMA HÍBRIDO

Un enfoque que últimamente ha venido siendo empleado en diferentes aplicaciones de previsión de demanda es la combinación de varias técnicas inteligentes, a ello se denomina de sistema híbrido. En la mayoría de casos, los sistemas híbridos están compuestos de una red neuronal artificial y alguno otra técnica inteligente, siendo que pueden existir otras combinaciones.

Algunos ejemplos de trabajos con este enfoque se tiene como el de Pai y Hong (2005) que emplearon máquinas de vectores de soporte (SVM) y algoritmos genéticos para resolver el problema con series temporales de demanda de energía eléctrica. Los algoritmos genéticos fueron empleados para la determinación de los parámetros libres del SVM.

En el trabajo de Azadeh et. al. (2007) fueron empleados algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales para prever la demanda eléctrica. Los algoritmos genéticos sirvieron para la estimación del modelo lineal logarítmico que es la función de las

variables independientes, o sea, el precio, número de usuarios y consumo de los periodos previos.

En el trabajo de Amjady y Keynia (2009) se empleó un sistema híbrido compuesto de redes neuronales artificiales, algoritmos evolutivos y transformada de wavelet. Según los autores, tal método es robusto y puede ser adaptado para cualquier sistema eléctrico de potencia.

En el trabajo de Bashir y El-Hawary (2009), emplearon el algoritmo de optimización por enjambre de partículas (PSO) en la fase de entrenamiento de la red neuronal artificial para obtener un conjunto de pesos que buscaban minimizar la función de error en un tiempo menor.

CAPITULO IV

PANORAMA GENERAL DE

MODELOS ENERGETICOS

4.1. MODELOS ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN EL MUNDO

En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de desarrollar una política energética en cada país. El cambio climático, la desregulación, la oferta económica de servicios energético, la seguridad energética y otros desafíos se traducen en iniciativas de política energética. Según expertos, los instrumentos actuales de política energética se alejan de las alternativas tradicionales de regulación monetaria (impuestos y subsidios) hacia instrumentos no monetarios (Laitener, 2003). En esta línea, la eficiencia energética surge como un área de política relevante. La incorporación de energías renovables no convencionales también. Estas nuevas tendencias hacen necesario contar con herramientas adecuadas para evaluar los impactos de política energética y realizar buenos pronósticos.

Generalmente, los reguladores utilizan estudios de escenarios para evaluar ex ante los efectos potenciales de elecciones de política particulares. Con este propósito, se utilizan distintos modelos que intentan estimar el efecto de estas elecciones, por ejemplo, en usos energéticos y en bienestar económico. Sin embargo, todos los modelos presentan virtudes y limitaciones las que serán explicadas en los siguientes puntos. Tal es así, que se presentan las categorías generales de distintos modelos energéticos que hoy se utilizan para analizar el impacto de políticas energéticas y planificación energética de mediano y largo plazo. Posteriormente, se presentan algunos de los modelos específicos que se han desarrollado y empleado para realizar pronósticos, planificación y evaluación de políticas.

4.2. CLASIFICACIÓN Y CATEGORÍAS DE MODELOS ENERGÉTICOS

El uso de modelos se explica por el deseo de lograr reflejar sistemas complejos de manera simple y comprensible. Por otra parte, los modelos contribuyen en la organización de mucha información y brindan un marco consistente para testear distintas hipótesis. Un gran número de modelos se han desarrollado para llevar a cabo análisis de sistemas energéticos. Estos modelos se basan en enfoques distintos y utilizan una amplia gama de herramientas matemáticas.

Existen diversas formas de clasificar modelos energéticos. Entre las clasificaciones principales se encuentran las siguientes:

- Clasificación según propósito/objetivo del modelo.
- Clasificación según cobertura espacial.
- Clasificación según enfoque de modelación.
- Clasificación “bottom up” versus “top down”.

4.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN PROPÓSITO/OBJETIVO DEL MODELO

Usando el criterio de propósito/objetivo, los modelos energéticos pueden clasificarse en las siguientes categorías generales:

- Modelos de Demanda.
- Modelos de Oferta
- Modelos de Sistemas

Los modelos de demanda son aquellos modelos cuya función principal es el pronóstico de la demanda (Por ejemplo, MEDEE-S, MAED). Por otra parte, los modelos de oferta son aquellos cuyo objetivo principal consiste en la predicción, o

bien, planificación de oferta (Por ejemplo, MARKAL, EFOM-ENV, WASP, DECPAC). Finalmente, los modelos de sistemas se utilizan para analizar el sistema energético en su totalidad incluyendo tanto oferta como demanda (Por ejemplo, LEAP, ENPEP, NEMS).

4.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN COBERTURA ESPACIAL

En general, los modelos energéticos son desarrollados para propósitos de planificación nacional o bien de análisis de política global. Luego, una primera clasificación considera modelos nacionales (como MARKAL, LEAP, MEDEE) y globales (como POLES). En este contexto, además de los modelos globales y nacionales existen los modelos regionales (como PRIMES modelo desarrollado para la Unión Europea). Para estimaciones de demanda eléctrica existen resoluciones espaciales mucho más finas que pueden definirse a nivel de nodo o a través de grillas que suelen ser hexagonales (Infante, 2006).

4.5. CLASIFICACIÓN SEGÚN ENFOQUE DE MODELACIÓN

Los principales enfoques de modelos utilizados para la evaluación de políticas, planificación de sistemas energéticos y realización de pronósticos se describen a continuación:

4.5.1. OPTIMIZACIÓN

En general, los modelos de optimización utilizan la programación lineal para identificar la configuración de mínimo costo de los sistemas energéticos y que satisfaga una demanda determinada exógenamente. La minimización se realiza con restricciones adicionales al equilibrio de mercado (se limitan explícitamente las

emisiones de CO₂, las opciones tecnológicas, etc). En la resolución, se asumen típicamente condiciones de competencia perfecta.

Puede optimizar sobre el horizonte completo de la evaluación (“perfect foresight”), o bien, año a año (expectativas miopes). Este tipo de modelos suele seleccionar tecnologías en base a sus costos relativos. La solución del problema dual entrega estimaciones precios sombra de los precios de la energía.

Este tipo de modelos es especialmente útil cuando deben analizarse diversas opciones tecnológicas y se conocen los costos asociados a cada una. Sin embargo, los supuestos que se realizan para la minimización de costos pueden ser inapropiados para representar la evolución de los sistemas en el mundo real.

4.5.2. MODELOS DE SIMULACIÓN Y EQUILIBRIO PARCIAL

Este tipo de modelos simula el comportamiento de consumidores y productores bajo distintos tipos de señales (precios, niveles de ingreso) y restricciones (por ejemplo, límites en la tasa de reemplazo de stock). En esta categoría de modelos, los precios y cantidades se ajustan endógenamente utilizando cálculos iterativos para encontrar los precios de equilibrio. Luego, se iguala oferta y demanda a través de precios de equilibrio de mercado.

En este tipo de modelos es más fácil incluir factores no monetarios que en los modelos de optimización. Sin embargo, las relaciones de comportamiento pueden ser controversiales y difíciles de parametrizar.

4.5.3. MODELOS DE USO FINAL O CONTABILIDAD

El enfoque de uso final intenta capturar el impacto de patrones de consumo de distintos sistemas y artefactos. Los modelos de uso final para demanda de electricidad se enfocan en los variados usos de sectores como residencial, comercial, agricultura, e industrial. Por ejemplo, en el sector residencial la electricidad se utiliza para cocinar, aire acondicionado, refrigeración, iluminación mientras que en el sector agrícola se usa para riego. Este tipo de modelos se basa en la premisa que la energía se requiere por el servicio que habilita y no como un bien de consumo final.

Este tipo de enfoque es especialmente efectivo cuando se introducen nuevas tecnologías y combustibles o cuando no existen series de tiempo adecuadas de tendencias en consumo y otras variables. Sin embargo, este tipo de enfoque suele requerir un alto nivel de detalle en usos finales.

4.5.4. MODELOS ECONOMETRÍCOS

Estos métodos proyectan la relación entre elementos del sistema y puede incorporar elementos de proyecciones de tendencia. El enfoque econométrico se basa en el análisis de regresión de datos históricos y asume rigidez estructural de la economía. Los métodos más simples en esta categoría son las de series de tiempo. En éstos se proyectan los elementos claves de un sistema (macro-variables) de manera independiente.

Este tipo de construcción asume que el futuro será una extensión suave y continúa del pasado. Estas proyecciones se basan en correlaciones empíricas y funcionan bien en ausencia de cambios estructurales del sistema. La principal deficiencia de este tipo de construcciones es que no se ocupa de identificar o explicar los catalizadores y fuerzas que alteran el sistema.

4.5.5. MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE (CGE)

Los modelos de equilibrio general son modelos multisectoriales que incorporan mecanismos de mercado en la asignación de recursos. Su modelación se desarrolla a través de una estructura Neo-Clásica, la que permite describir el comportamiento de los agentes. Difieren de los modelos de equilibrio parcial ya que consideran las interacciones de todos los sectores de la economía lo que permite analizar los efectos directos e indirectos.

Los modelos de CGE incorporan los precios en forma endógena, además permiten la sustitución entre los factores productivos por lo que son adecuados para realizar simulaciones de mediano y largo plazo. En O’Ryan et al. (2000) se señala que al integrar la perspectiva de mediano y largo plazo se pueden aplicar en la generación de estrategias de desarrollo asociadas a diversas sendas de crecimiento. También se pueden aplicar desde una perspectiva de corto plazo al análisis de problemas coyunturales y política de estabilización.

Estos modelos se preocupan de las consecuencias de políticas en términos de finanzas públicas, competitividad económica y empleo. Los modelos de CGE

intentan representar la respuesta macroeconómica real a políticas, como la sustituibilidad de la energía por otros insumos de bienes de consumo.

4.5.6. MODELOS DE DESARROLLO RECIENTE

Este grupo considera aquellas metodologías que han sido desarrolladas a partir de la década de los 80, siendo hasta hoy en día un área de fuerte investigación. Lo anterior se explica principalmente producto del gran avance que ha sostenido la industria informática permitiendo incorporar algoritmos cada vez más complejos, manejando tiempos de cálculo razonables. Dentro de este grupo, las metodologías más importantes son:

-**Sistemas expertos:** Estos modelos intentan simular el razonamiento humano, a través de la incorporación del conocimiento experto, de tal manera de inferir en forma automatizada respuestas frente a casos específicos. Este tipo de metodologías han sido utilizadas satisfactoriamente tanto en estimaciones de corto como de largo plazo.

-**Lógica difusa:** Este tipo de metodologías está orientado a modelar las incertidumbres, expandiendo las capacidades de los algoritmos clásicos, que sólo permiten manejar atributos determinísticos. Para esto, se reconoce la existencia de grados de pertenencia, los que con un conjunto de reglas, permiten llevar a cabo procesos sobre variables inciertas.

-**Redes Neuronales:** Los modelos de redes neuronales intentan simular el proceso de razonamiento y aprendizaje humano, realizando un entrenamiento de forma

iterativa y a través del uso de ejemplos o “patrones”. La gran ventaja que presenta este tipo de modelos es la capacidad de modelar relaciones no lineales, a través de un proceso autónomo, sin especificar a priori alguna forma funcional del modelo. Por el contrario, la desventaja que presentan es que es necesario disponer de una cantidad de datos suficiente, de tal manera que la red logre asimilar el modelo subyacente. Este tipo de metodologías ha sido ampliamente utilizada para estimaciones a corto plazo y se han realizado algunos análisis para estimaciones a largo plazo, aunque este último caso ha estado fuertemente restringido dada la poca disponibilidad de datos.

4.5.7. MODELOS HÍBRIDOS

Este tipo de modelos considera combinaciones entre los enfoques antes presentados. Existen distintas opciones, por ejemplo, enfoques que mezclan metodologías econométricas con otras de uso final. Existen modelos que funden métodos de simulación y optimización. El uso de enfoques híbridos suele recomendarse en la medida que las debilidades de un enfoque sean superadas por las fortalezas del otro creando sinergia.

4.6. CLASIFICACIÓN “BOTTOM UP” VERSUS “TOP DOWN”.

La teoría económica dispone de distintas formas de analizar las relaciones entre consumos de energía y variables económicas como la producción y los precios. En este sentido existen metodológicos alternativos para analizar estas relaciones. En

efecto, por un lado existe el enfoque más asociado a los modelos microeconómicos conocido como “bottom up”, que disponen de una fuerte base de ingeniería y en donde en muchos casos se especifican los requerimientos energéticos de equipos y maquinarias para determinar el consumo energético.

Por otro lado, existen los modelos económicos de corte más macroeconómico, que se conocen como “top-down”. En este último caso destacan los modelos de equilibrio general computables que disponen de una importante consistencia con la teoría económica. También se cuenta con modelos de tipo econométricos que permiten incorporar de manera sistemática la información histórica disponible.

4.7. REDES NEURONALES.

Una red neuronal es una herramienta numérica compuesta de un ajuste de neuronas interconectadas en capas que trabajan en paralelo. Una neurona es una organización matemática que recibe una entrada la cual es modificada de acuerdo con una función de transferencia y algunos factores considerados, o pesos. Por otro lado, una red ANFIS es una rutina de entrenamiento para sistemas de inferencia neurodifusos del tipo sugeno (JHYSHING ET AL 2008). Esta red aplica una combinación del método de mínimos cuadrados para el entrenamiento de una red neuronal *back propagation* (CORTES ET. AL., 2002).

4.8. SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSO

El concepto de grado de pertenencia, creado por Lofti A. Zadeh en 1964, se volvió la base de la teoría de conjuntos difusos. Así, tales conjuntos se caracterizan por funciones de pertenencia que asocian a cada objeto un grado de pertenencia entre cero y uno (ZADEH, 1965).

La lógica difusa, que está basada en la teoría de conjuntos difusos, fue inicialmente desarrollada a partir de los conceptos ya establecidos por la lógica clásica. Las nociones de inclusión, unión, intersección, complemento, convexidad, etc., fueron extendidas para tales conjuntos y varias propiedades en el contexto de conjuntos difusos fueron establecidas (ZADEH, 1965).

La teoría de conjuntos difusos y los conceptos de lógica difusa son herramientas que pueden ser utilizadas para transformar en términos matemáticos la información imprecisa captada del medio externo. En un primer momento, la teoría difusa fue empleada en el área de control, por ello, desde entonces se ha tenido un incremento significativo en el uso de los sistemas difusos en diversas áreas de aplicación, por ejemplo, minería de datos, planeamiento, optimización y previsión de series temporales, entre otros.

4.8.1. GRADO DE PERTENENCIA DIFUSO

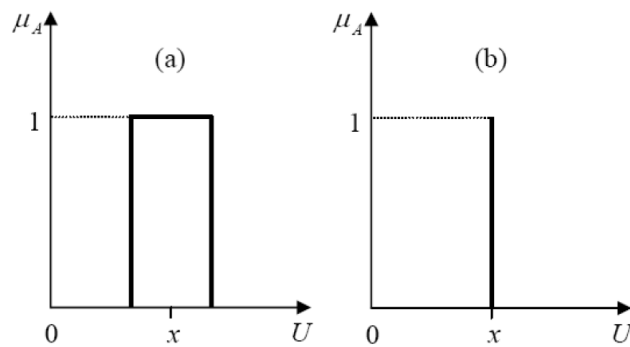
En la teoría clásica de conjuntos, un elemento pertenece o no a un conjunto. Dado un universo de discurso U y un elemento $x \in U$, el grado de pertenencia $\mu_A(x)$ del elemento x , en relación al conjunto $A \subseteq U$, está dado por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases} \dots\dots\dots(4.1)$$

La función $\mu_A(x): U \rightarrow \{0,1\}$, en la teoría clásica de conjuntos, es denominada de función característica. Esa función en la teoría clásica asume solamente valores discretos, siendo que la expresión (4.1) ilustra este hecho.

En la figura 4.1(a) se puede observar que el intervalo de datos tiene pertenencia 1 en relación al conjunto A considerado. Para los elementos que pertenecen al conjunto universo U, y no pertenecen al intervalo, el grado de pertenencia tiene valor 0. Esa es la representación de pertenencia en la lógica clásica. En la figura 4.1(b) el caso preciso es presentado y de este se tiene que el grado de pertenencia vale 1 solamente en determinado valor, siendo 0 para los demás valores.

FIGURA 4.1 FUNCIONES DE PERTENENCIA.



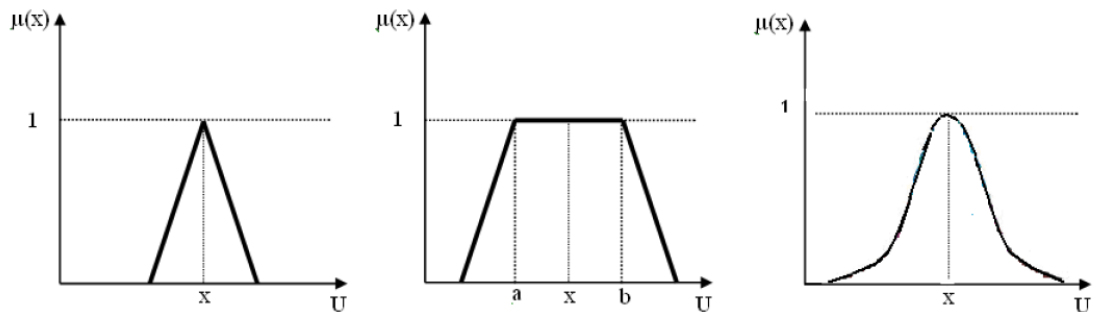
Fuente: Bashir, Z.A. El-Hawary, M.E. (2009)

En cambio, al considerar un conjunto difuso, un elemento x que pertenece al conjunto universo U , tiene un determinado grado de pertenencia en relación al conjunto A , este grado es definido en el intervalo $[0,1]$ y está descrito por $\mu_A(x)$, donde 0 significa la exclusión total del elemento en relación al conjunto, mientras

que el valor 1 significa la inclusión total del elemento, y cualquier valor entre esos dos representa una pertenencia parcial.

ZADEH (1973) propuso una caracterización más amplia, en que sugiere que algunos elementos son más miembros de un conjunto que otros. La función característica se vuelve continua en su dominio, pues el grado de pertenencia puede asumir valores en el intervalo $[0,1]$. La generalización de la función característica aumenta su poder de expresión. La figura 4.2 ilustra el enfoque descrito en las formas de función triangular, trapezoidal y gaussiana. Las funciones triangular y gaussiana sugieren que cuando más próximo de x , más el elemento se identifica con el concepto representado por x en relación al conjunto A , mientras que la función trapezoidal sugiere que, entre los puntos a y b , el elemento identifica totalmente con el concepto representados por x en relación al conjunto A .

FIGURA 4.2. FUNCIONES DE PERTENENCIA DIFUSAS.



Fuente: Campbell, P.R.J. (2007)

Así, el grado de pertenencia no es más una información binaria, por lo tanto, no hace sentido definir un conjunto apenas por sus elementos. La expresión (4.2) ilustra cómo son representados los conjuntos difusos, es decir, por pares ordenados que indican cada elemento con su grado de pertenencia.

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in U \} \dots\dots\dots (4.2)$$

La función de pertenencia otorga los conjuntos continuos y estos pueden ser representados de acuerdo a la expresión (4.3), donde la sumatoria representa la operación unión (disjunción) y el término $\mu_{A_i}(x_i) / x_i$, indica que el elemento x_i pertenece al conjunto A con grado de pertenencia $\mu_{A_i}(x_i)$.

$$A = \sum_i \mu_{A_i}(x_i) / x_i \dots\dots\dots (4.3)$$

La lista de los elementos de conjuntos discretos presenta apenas los elementos que poseen grado de pertenencia diferente de cero.

4.8.2 OPERACIONES Y OPERADORES DIFUSOS

Sean las funciones de pertenencia μ_A y μ_B que se refieren, respectivamente, a los conjuntos A y B que pertenecen al conjunto universal U. Se pueden definir las operaciones formales que comprenden los conjuntos del mismo universo de datos en unión ($A \cup B$), intersección ($A \cap B$) y el complemento ($\neg A$) que son definidas de manera formal por las siguientes expresiones;

$$\mu_{A \cup B}(u) = \mu_A(u) \Theta \mu_B(u) \dots\dots\dots (4.4)$$

$$\mu_{A \cap B}(u) = \mu_A \Gamma \mu_B(u) \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\mu_{\neg A}(u) = 1 - \mu_A(u) \dots\dots\dots (4.6)$$

Donde Γ es una norma triangular (t-norma) y Θ es una co-norma triangular (s-norma).

La s-norma es ejemplificada por la Expresión (4.7) y la Expresión (4.8) ejemplifica la t-norma.

$$\mu_{A \cup B} = \max\{\mu_A(u), \mu_B(u)\} \dots\dots\dots (4.7)$$

$$\mu_{A \cap B} = \min\{\mu_A, \mu_B(u)\} \dots\dots\dots (4.8)$$

Se empleó, por lo tanto, el operador “max” en la representación de la s-norma y el operador “min” en la representación de la t-norma (ZADEH, 1965).

4.8.3 REGLAS DE INFERENCIA DIFUSA

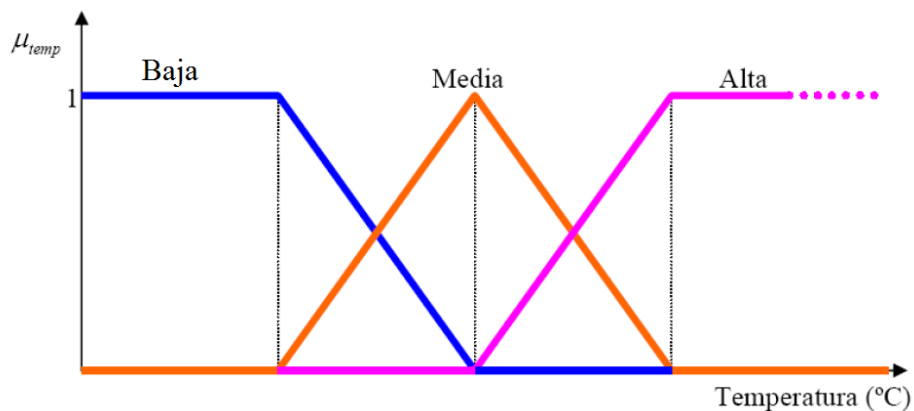
Es común el uso de elementos cualitativos en vez de valores cualitativos para expresar conceptos o relaciones por intermedio de elementos del lenguaje natural. Elementos lingüísticos típicos incluyen expresiones del tipo “más o menos”, “más alto”, “no muchos”, etc. Estas ideas son capturadas por la definición de variables lingüísticas. Una variable lingüística tiene por característica asumir valores dentro de un conjunto de términos lingüísticos, es decir, palabras o frases. Así, en vez de asumir instancias numéricas, estas variables asumen instancias lingüísticas.

En la teoría difusa los parámetros de entrada del sistema son mapeados en variables lingüísticas que son utilizadas en la definición de reglas para el procesamiento de variables de salida, también representadas por variables lingüísticas.

Por ejemplo, una variable lingüística “Temperatura” podrá asumir como valor uno de los términos del conjunto {“baja”, “media”, “alta”}. Para atribuir un significado a los términos lingüísticos, se asocia a cada uno de estos términos un conjunto difuso definido sobre un universo de datos común, que en este ejemplo será la “Temperatura”.

La figura 4.3 ilustra tres posibles términos lingüísticos para la variable lingüística representando la temperatura.

FIGURA 4.3 – REPRESENTACIÓN DE LA VARIABLE LINGÜÍSTICA TEMPERATURA.



Fuente: Campbell, P.R.J. (2007)

La forma más común de expresar el conocimiento es por medio de reglas del tipo condición-acción (ZADEH, 1973). Las reglas son formadas por antecedentes consecuentes:

SI <antecedentes> ENTONCES <consecuentes>

Las condiciones necesarias para que haya un determinado resultado son descritas por los antecedentes. Los consecuentes representan los resultados o acciones ejecutadas si verificados tales antecedentes. A diferencia de la Teoría Clásica, una regla difusa puede ser evaluada aún si los antecedentes no fuesen totalmente satisfechos (ZADEH, 1973).

Un sistema de inferencia difuso basado en reglas permite la combinación de múltiples reglas difusas. Esta combinación es obtenida por medio del uso de ponderadores, es decir, valores que se asocian a las reglas y que determinan un grado de importancia a cada una de ellas.

Un sistema de inferencia difuso basado en reglas es una generalización del esquema lógico de raciocinio denominado *modus ponens*. En la lógica clásica, si el antecedente de una regla se dice ser verdadero, entonces se puede afirmar que el consecuente de esa regla también lo es.

Un sistema de inferencia difuso basado en reglas generaliza el *modus ponens* para permitir que la conclusión de la regla sea inferida por el grado en que el

antecedente es satisfecho. Esa es la esencia de los sistemas de inferencia difuso basado en reglas.

Una regla difusa típica puede ser dada por:

$$\mu_{R_i} = \mu_{(A_i \text{ and } B_i \rightarrow C_i)}(u, v, w)$$

$$\mu_{R_i} = [\mu_{A_i}(u) \text{ and } \mu_{B_i}(v)] \rightarrow \mu_{C_i}(w)$$

Siendo A_i, B_i, C_i los conjuntos difusos que pertenecen a los universos de datos U, V y W , respectivamente, y el operador “ \rightarrow ” indica una función de implicación difusa.

Utilizando la regla de inferencia composicional de Zadeh (1973) para una relación del tipo $RA \rightarrow B$, donde $A \in U$ y $B \in V$, y considerando un conjunto difuso de U denotado por A' y un conjunto difuso B' de V , la inferencia de A' está dada por la siguiente función de pertenencia:

$$\mu_{B'}(v) = \max_u (\min(\mu_{A'}(u), \mu_R(u, v))); u \in U, v \in V$$

La acción de control consistirá entonces de la unión de todas las funciones difusas activadas. El valor final, o sea, aquel que será presentado por las salidas del sistema difuso, será determinado por el proceso de desfuzificación.

4.8.4 AGREGACIÓN

En una base de reglas, cuando más de una regla es accionada, las contribuciones de las diversas reglas después de la inferencia son combinadas por el operador de agregación. Por ejemplo, suponiendo que B_1, \dots, B_n son todos los resultados derivados de las diversas reglas accionadas, todos relacionados a una misma variable lingüística, el resultado de la implicación de todas las reglas B' será:

$$B' = \bigcup_i^n B'_i$$

Donde el símbolo “U” representa el operador agregación. Un ejemplo de función para el operador agregación es el operador unión.

4.8.5 DESFUZZIFICACIÓN

Realizando el proceso de agregación de las reglas, se tiene como resultado un conjunto nebuloso representativo de la salida del sistema de inferencia difuso. Existe, en muchas aplicaciones, la necesidad de expresar los resultados en valores numéricos, denominados “crisp”. Surge entonces, a partir de esa necesidad, el proceso de defuzzificación que se trata de la interpretación cuantitativa de una variable de salida del sistema difuso.

Son muchas las metodologías para realizar ese proceso, dentro de las cuales destacan la media de los máximos y el centro de área. Sea A un conjunto nebuloso definido en el universo W , se tiene:

- Media de los máximos (MoM): Después de identificados los valores del dominio correspondiente al máximo de la función de pertenencia, su medida define el valor crisp.
- Centro de Área (CoA): El valor crisp es obtenido por medio del cálculo del centro de área;

$$W = \frac{\int_w \mu_a(w) w dw}{\int_w \mu_a(w) dw}$$

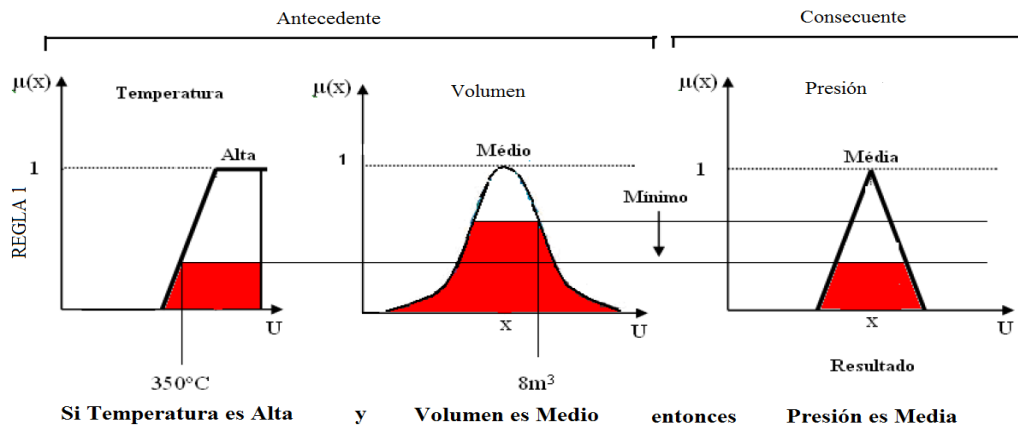
4.8.6 MÉTODO DE IMPLICACIÓN DE MANDANI

El sistema de inferencia difuso del tipo Mandani (JANG Y SUN, 1995) posee una estructura basada en el esquema ilustrado en la figura 4.4. Definidas las funciones de pertenencia a ser utilizadas, es necesaria la implementación de la base de conocimiento del sistema de inferencia a partir de las definiciones de las reglas difusas, las cuales están compuestas por estructuras de decisión del tipo “Si-Entonces”, como descrito en la sección 4.2.3. La construcción de tales reglas que describen los aspectos cualitativos en forma de sentencias lingüísticas convierte el sistema comprensible, lo que permite su desarrollo y mantenimiento de forma simple.

Las reglas difusas son divididas en partes definidas como antecedente y consecuente (JANG Y SUN, 1995). En el antecedente son realizadas, con las variables lingüísticas de entrada, las operaciones que pueden ser del tipo AND u OR. Esa operación implica en una determinada acción para la parte consecuente,

donde será determinada la función de pertenencia de salida. La figura 4.4 describe como se da la implementación de una regla difusa con dos entradas.

FIGURA 4.4 – IMPLEMENTACIÓN DE UNA REGLA DIFUSA

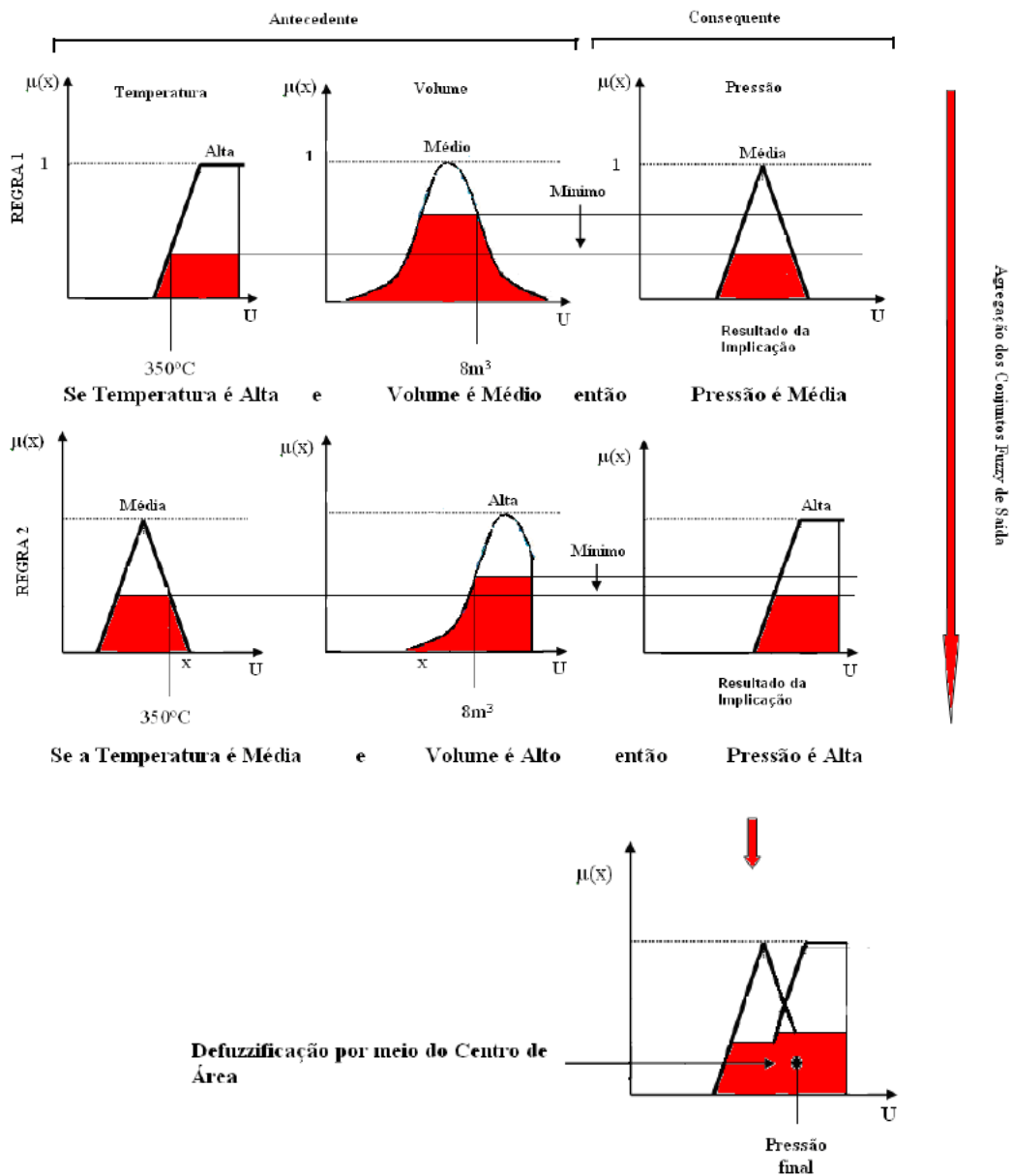


Fuente: Campbell, P.R.J. (2007)

Como ejemplo, la temperatura de 350°C y el Volumen de 8m³ activan los términos lingüísticos “Alta” y “Medio” de las variables lingüísticas “Temperatura” y “Volumen”, respectivamente, como se ilustra en la figura 4.4. Por lo tanto, la regla lingüística “Si Temperatura del caldero es alta y el volumen es medio entonces la presión es media” fue activada. Como se muestra en la figura 3.5, la operación AND hace lo mínimo entre los grados de pertenencia asociado a la variable lingüística “Temperatura” y “Volumen”. En la secuencia, la implicación Mandani hace un corte en el término lingüístico “Media” de la variable de salida “Presión”.

La región resultante representa la contribución de una de las reglas para la acción de variación de la presión interna del caldero.

FIGURA 4.5. MÉTODO DE IMPLICACIÓN MANDANI



Fuente: Campbell, P.R.J. (2007)

Como consecuencia, una única función de pertenencia de salida es obtenida a partir de la agregación de todas las implicaciones provenientes de sus respectivas reglas difusas. De esa función de pertenencia será extraído el valor preciso (crisp) de la presión en el caldero. Finalmente, se aplica uno de los métodos de

desfuzificación para determinar el valor de salida. En el ejemplo de la figura 4.5 se aplica el centro de área.

4.9. COMPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSO

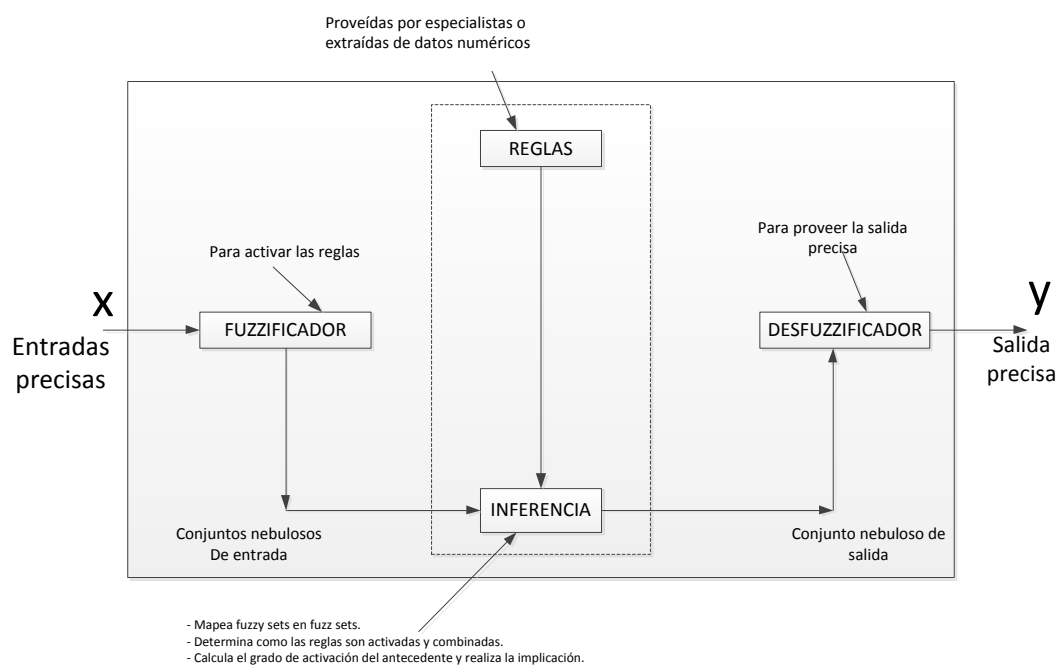
Una vez que se ha descrito algunos de los aspectos más importante de sistemas difusos, se puede resumir el sistema de inferencia difuso o controlador difuso en tres fases: fuzificación, inferencia y desfuzificación. La figura 4.6 presenta el sistema de inferencia difuso y la forma de interconexión entre las distintas fases, siendo que la función de cada fase puede ser descrita de la siguiente forma:

- En la fuzificación, los valores no difusos son otorgados al sistema en el formato numérico por sensores o medidores, los cuales son considerados como el conjunto de datos de entrada en el sistema. De esa forma, se hace necesario mapear esos datos de entrada para el conjunto difuso, de tal modo que el sistema pueda determinar las variables lingüísticas, a las cuales esos datos pertenecen, y la pertenencia de los mismos a esas variables. En la desfuzificación ocurre también la -activación de las reglas difusas relevantes para el sistema.
- En la fase de inferencia, los valores lingüísticos, resultantes de la fuzificación, son combinados de forma que se generen valores lingüísticos de salida de acuerdo con reglas de inferencia difusa determinadas. En un controlador difuso, las reglas tienen un papel relevante, pues el buen desempeño del sistema está vinculado a la producción de reglas consistentes. La base de conocimiento puede ser otorgada por especialistas a través de términos lingüísticos. Ese proceso puede ser complicado, pero, independiente del conocimiento del especialista, como alternativas para la formación de las bases de reglas, se tiene la minería de

datos numéricos o la integración entre sistemas de inferencia difusa y redes neuronales artificiales.

- Finalmente, se tiene la desfuzificación, que al tener el conjunto de salida adquirido por medio del proceso de inferencia, es responsable por la interpretación de esa información para salidas numéricas precisas. Eso se hace necesario, dado que en aplicaciones prácticas son normalmente requeridos valores crisp.

FIGURA 4.6 – SISTEMA DIFUSO



Fuente: Campbell, P.R.J. (2007)

CAPITULO V

MODELO HIBRIDO

5.1 MODELO NEURO-DIFUSO

El sistema ANFIS adoptado en este trabajo utiliza el modelo de inferencia de Takagi-Sugeno (JANG., 1993; JANG Y SUN, 1995) para la creación de las reglas y ajuste de las funciones de pertenencia.

El modelo de Takagi-Sugeno, como también otros modelos de inferencia, consiste en obtener todas las contribuciones individuales provenientes de cada una de las reglas activadas, siendo que la función de pertenencia de salida del método de Takagi-Sugeno puede ser una función lineal o función constante.

Considerando el modelo de Takagi-Sugeno, se debe primeramente fuzificar todas las entradas, encontrar las reglas activadas y determinar los valores individuales provenientes de las funciones de salida Takagi-Sugeno. Al obtener esos valores de salida, se debe entonces realizar la ponderación entre los mismo a fin de producir una respuesta final.

Con el fin de sintetizar esos conceptos, se asume que el sistema de inferencia difuso considerado tiene dos entradas x e y y una salida z . Para un modelo Sugeno de primer orden, un conjunto típico de dos reglas con “si-entonces” puede ser expresado como:

Regla 1: si x es A_1 e y es B_1 entonces $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Regla 2: si x es A_2 e y es B_2 entonces $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

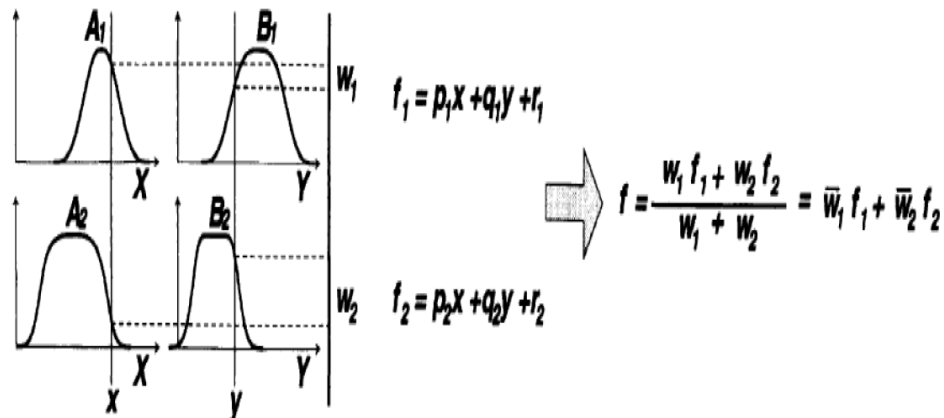
Siendo que el resultado final es obtenido por medio de la media ponderada de todos los resultados de salida, considerando los grados de pertenencia de cada regla activada, conforme a la expresión (3.13):

$$y = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^N \mu_i}$$

Donde y es la salida final, N representa el total de reglas activadas, y μ_i es el grado de pertenencia en relación a la contribución de cada regla activada.

La figura 5.1 ilustra los procedimientos internos asociados al modelo Takagi-Sugeno cuando se aplica a un sistema que posee dos variables como datos de entrada.

FIGURA 5.1 – MECANISMO DE RACIOCINIO PARA EL MODELO SUGENO



Fuente: Campbell, P.R.J. (2007)

5.2. SISTEMA ANFIS (*Adaptative Neuro-Fuzzy Inference System*)

El ANFIS (*Adaptative Neuro-Fuzzy Inference System*) es un sistema de inferencia difuso implementado con el framework de redes adaptativas. Por medio del uso de un procedimiento de aprendizaje híbrido, el ANFIS puede construir un esquema de entrada-salida basado en el conocimiento humano (en la forma de reglas “si-entonces”) o en pares de entrada-salida determinados. El ANFIS puede ser empleado en el modelamiento de funciones no lineales, en la identificación de componentes online de un sistema de control o en la previsión de series temporales, siendo que esto último es el objetivo de este trabajo.

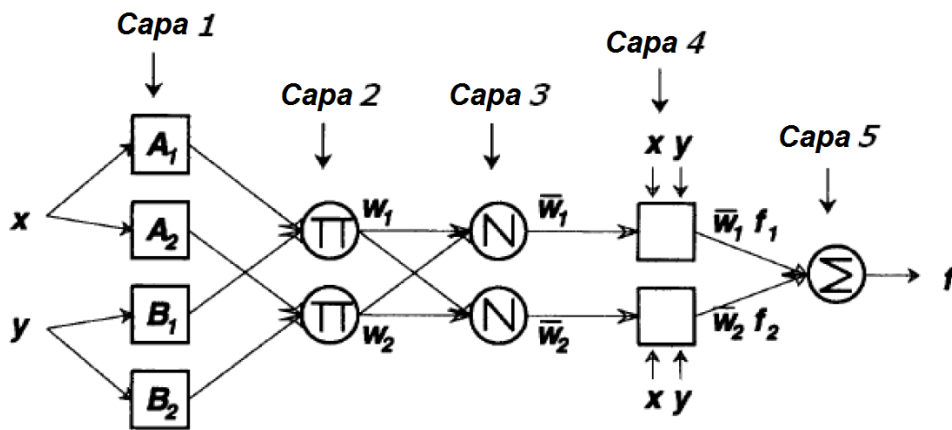
Por lo tanto, el sistema ANFIS es una arquitectura que construirá un conjunto de reglas difusas “si-entonces” con funciones de pertenencia apropiadas para generar pares de entrada-salida determinados. Funcionalmente, casi no hay restricciones respecto a las funciones de una red adaptativa, excepto que ellas sean diferenciables.

Estructuralmente, la única limitación en la configuración de la red es que esta debe ser del tipo *feedforward*. Debido a esas mínimas restricciones, las redes adaptativas están comprendidas en varias áreas, y para el presente trabajo dichas áreas están enmarcadas en el sector energético, y ello en función al análisis de los Balances Nacionales de Energía.

5.3. ARQUITECTURA ANFIS

La arquitectura del modelo ANFIS correspondiente al modelo Sugeno descrito en la sección 4.4 es ilustrada en la figura 5.2, donde los nodos de las mismas capas tienen las mismas funciones. El nodo de salida i de la capa 1 es denotado como $O_{1,i}$.

FIGURA 5.2 – ARQUITECTURA ANFIS EQUIVALENTE.



Fuente: Azadeh, A., Ghaderi, S.F. Tarverdian, S., Saberi, M (2007)

Capa 1: cada nodo i de esta capa es un nodo adaptativo con la salida definida por (JANG, 1993; JANG Y SUN, 1995):

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), \quad \text{para } i=1,2,$$

O

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y), \quad \text{para } i=3,4,$$

Donde x (o y) es la entrada del nodo y A_i (o B_{i-2}) es el conjunto difuso asociado a este nodo. En otras palabras, las salidas de esta capa son los valores de las

funciones de pertenencia de la parte anterior. Por ejemplo, A_i puede ser caracterizado por la función Seno;

$$\mu_{A_i} = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}}$$

Donde a_i es la mitad del largo de la función de pertenencia, b_i controla la inclinación en el punto donde la función de pertenencia es igual a 0,5 y c_i determina el centro de la función de pertenencia.

Capa 2: Cada nodo de esa capa es fijo y etiquetado por Π , el cual multiplica las señales de entrada y presenta el producto como salida (JANG, 1993; JANG Y SUN, 1995). Por ejemplo;

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \quad i=1,2.$$

Cada nodo de salida presenta la activación de una regla. (De hecho, cualquier otro operador t-norma que haga un E difuso puede ser usado como función de los nodos de esa capa).

Capa 3: Cada nodo de esa capa está etiquetado con N. El i-ésimo nodo calcula la razón entre la activación de la i-ésima regla por la activación de todas las reglas (JANG, 1993; JANG Y SUN, 1995).

$$O_{3,i} = \overline{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2.$$

Por conveniencia, las salidas de esta capa serán llamadas activaciones normalizadas.

Capa 4: Cada nodo i en esta capa es un nodo adaptativo con la función;

$$O_{4,i} = \overline{w}_i f_i = \overline{w}_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

Donde \overline{w}_i es la salida de la capa 3 y $\{p_i, q_i, r_i\}$ es el conjunto de parámetros. Los parámetros en esta capa serán referenciados por parámetros del consecuente.

Capa 5: El único nodo de esta capa, etiquetado por Σ , calcula la salida global como sumatoria de todas las señales de entrada ((JANG, 1993; JANG Y SUN, 1995).

$$O_{5,1} = \sum_i \overline{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

De esa manera se construye una red adaptativa que tiene exactamente la misma función del modelo difuso Sugeno de la figura 4.7 (JANG, 1993; JANG Y SUN, 1995).

5.4 MODELO HIBRIDO

Una vez que el presente trabajo fue desarrollado con el apoyo de la herramienta Matlab, se sigue algunos aspectos de esta herramienta en lo que se refiere a su “toolbox” de ANFIS.

5.4.1. Aspectos del ANFIS en el MATLAB.

Existe un componente ANFIS en el Matlab que permite el ajuste de las funciones de pertinencia y la generación de las reglas fuzzy.

Una interface gráfica del ANFIS en el Matlab, permite la determinación de los parámetros que deberán ser insertados para que el sistema haga la inferencia. Esa interface es generada por medio del comando `anfisedit`.

Los datos normalizados deben estar contenidos en una matriz formada por las columnas de entrada y una columna de salida. Por medio del botón `load data`, los datos de entrenamiento, chequeo o validación y teste pueden ser cargados.

Una vez que los datos de entrada fueran cargados, se debe determinar parámetros como número de funciones de pertinencia de cada nodo y el tipo de funciones de pertinencia de los nodos de entrada y salida. Tales parámetros son determinados a partir de la ventana que es presentada clicando en el botón `Generate FIS` de la ventana principal.

En este trabajo fue empleado la opción `gridpartition`, que consiste en agrupar los datos representativos del sistema a ser mapeado en clases que contenga alguna similitud.

Una vez determinados los parámetros de inicialización del sistema fuzzy (número de funciones de pertinencia para cada entrada, tipo de funciones de pertinencia, e tipo de función de pertinencia de salida), se determina el número de épocas para ejecutar el entrenamiento y/o el error mínimo que se desea obtener con el entrenamiento. Ambos son considerados criterios de parada del entrenamiento.

Como opciones de algoritmo de entrenamiento del ANFIS se tiene `back propagation` y un método híbrido, que consiste en la combinación de la estimación de los mínimos cuadrados con `back propagation`.

Determinadas las configuraciones necesarias, el entrenamiento efectuará el ajuste de las funciones de pertinencia como también de base de reglas.

El ANFIS posee algunas limitaciones de aplicación debido al hecho de emplear el modelo de inferencia Takagi-Sugeno (MATHWORKS, 2007). Una de ellas es a exigencia de tenerse apenas una variable de salida, la cual es obtenida utilizándose la defuzzificación por la media ponderada de los pesos. Otra limitación es que todas las funciones de pertinencia de salida deben ser del mismo tipo, lineal o constante.

5.4.2.. Toolbox Fuzzy Logic en el Matlab

El ambiente Matlab también permite visualizar y ajustar el sistema fuzzy. Habiendo esa necesidad, se puede utilizar el toolbox Fuzzy Logic. Las ventanas que componen el sistema fuzzy pueden ser visualizadas a partir de las opciones Edit y View del menú de la ventana principal do anfis edit, o por medio del comando fuzzy del Matlab (MATHWORKS, 2007).

El primer componente a ser abordado es el Editor FIS, su finalidad es de forma resumida, ilustrar las informaciones referentes a un sistema de inferencia fuzzy. Tal sistema de inferencia fuzzy puede ser obtenido a partir de la técnica ANFIS, o sea, el ajuste de las funciones de pertinencia y la creación de las reglas son determinados por el ANFIS.

Esa interfaz también permite determinar cómo deben ser efectuadas las operaciones AND y OR en los antecedentes y cuál será el método de implicación, agregación y defuzzificación (MATHWORKS, 2007).

Por medio del editor de funciones de pertinencia es posible gerenciar los atributos de las funciones de pertinencia del sistema fuzzy, o sea, es posible editar y visualizar todas sus características. Es posible visualizar las funciones de pertinencia de los cuatro nodos de entrada y del nodo de salida (MATHWORKS, 2007).

El Editor de Reglas proporciona un ambiente para trabajar con las reglas del sistema fuzzy, permitiendo adicionar, modificar, apagar o ignorar reglas. Las reglas son compuestas de cuatro entradas, por eso cuatro antecedentes componen cada una de las reglas (MATHWORKS, 2007).

Se puede visualizar las reglas del sistema fuzzy por medio del componente del toolbox conocido como visualizador de regla.

El toolbox Fuzzy Logic del Matlab también posee un ambiente para visualizar las superficies de salida del sistema. Este ambiente tiene por objetivo crear una curva tridimensional de salida que representa el mapeamiento de las entradas del sistema fuzzy. Una vez que no se puede visualizar una superficie con más de tres dimensiones, el ambiente permite seleccionar entradas dos a dos para diseñar la curva, siendo que las demás son consideradas constantes. De esa forma, se presenta el ambiente Surface Viewer (MATHWORKS, 2007).

5.5. CÓDIGO DE PROGRAMA QUE GENERA PREVISIÓN MEDIANTE ANFIS

```
%----- El script en Matlab recibe un vector serie que sirve para
%----- entrenar la red ANFIS, luego recibe un vector de
validación
%----- con el cual verifica la validez del modelo entrenado
%----- archivo: PrevisionSerieAnfis.m
clearall;
closeall;
clc
datos=load('datosdemanda2.txt');
datos = datos(:,9);

%----- Datos de entrada -----
Entrada = datos;

tamano=size(datos,1);
TamanoEntrena = round(0.8 * tamano);
TamanoValida = round(0.2 * tamano);
```

```

NumeroDatoPass = 2;
%----- Define periodos de entrenamiento, prueba y predicción
p=1980:1980+TamanoEntrena-1;          %periodo para entrenamiento
p0=1980+TamanoEntrena:1980+tamano-1;%periodo para prueba
p1=1980+tamano:1980+tamano+10;        %periodo para predicción

%-----Construyendo los patrones-----
%----- Datos Originales -----
DatosTreinamientoOrig = Entrada(1:TamanoEntrena,:);

OutDatosTreinamientoOrig = Entrada(TamanoEntrena+1:TamanoEntrena
+ TamanoValida);

DatosTreinamientoNorm = normalize(DatosTreinamientoOrig);

OutDatosTreinamientoNorm = normalize(OutDatosTreinamientoOrig);

%-----parametros de entrenamiento-----
epoch_n = 20;

%----- generación de modelo de
predicción%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
in_fis = genfis1([p' DatosTreinamientoNorm],5,'gbellmf'); %Crea
modelo
out_fis = anfis([p' DatosTreinamientoNorm],in_fis,epoch_n);
%aprender

yTreinam = evalfis(p',out_fis); %evaluar el modelo con datos de
entrenamiento

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Desnormaliza información
muo = mean(DatosTreinamientoOrig);
stdo = std(DatosTreinamientoOrig);
for i=1:size(yTreinam)
yTreinam(i) = yTreinam(i)*stdo + muo;
end;
figure; plot(p,DatosTreinamientoOrig,'r-*');
holdon, plot(p, yTreinam,'b-+');
legend('Datos reales','ANFIS entrenado');
xlabel('Tiempo en años');
ylabel('Terajoules');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Validación de modelo con datos de prueba
yTest = evalfis(p0',out_fis);

%%% desnormaliza datos
muo = mean(OutDatosTreinamientoOrig);
stdo = std(OutDatosTreinamientoOrig);
for i=1:size(yTest)
yTest(i) = yTest(i)*stdo + muo;
end;

%Calcula error
SumError=0;
maximo = max(Entrada);
for i=1:size(p0,2)
diferencia = abs(OutDatosTreinamientoOrig(i)-yTest(i));

```

```

werror = diferencia*100/maximo;
SumError = SumError+werror;
end
SumError = SumError/size(p0,2);

%%%%%%%%%% Muestra resultados
figure; plot(p0,OutDatosTreinamentoOrig,'r-*');
holdon, plot(p0, yTest,'b-+');
legend('Datos reales','Datos previstos');
xlabel('Tiempo en años');
ylabel('Terajoules');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Reentrena con todos los datos
pp = [p,p0];
DatosTreinoNorm = normalize(Entrada);
%[DatosTreinamentoNorm; OutDatosTreinamentoNorm];
in_fis = genfis1([pp' DatosTreinoNorm],5,'gbellmf'); %Crea
modelo
out_fis = anfis([pp' DatosTreinoNorm],in_fis,epoch_n); %aprender

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%% realiza predicción a 10 años
yPredict = evalfis(p1',out_fis);

muo = mean(Entrada);
stdo = std(Entrada);
for i=1:size(yPredict)
yPredict(i) = yPredict(i)*stdo + muo;
end;

figure; plot(pp,Entrada,'r-*');
holdon, plot(p1, yPredict,'b-+');
legend('Datos originales','Datos previstos');
xlabel('Tiempo en años');
ylabel('Terajoules');
SumError

```

CAPITULO VI

ANALISIS E INTERPRETACION DE

RESULTADOS MEDIANTE MODELO

HÍBRIDO

6.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA

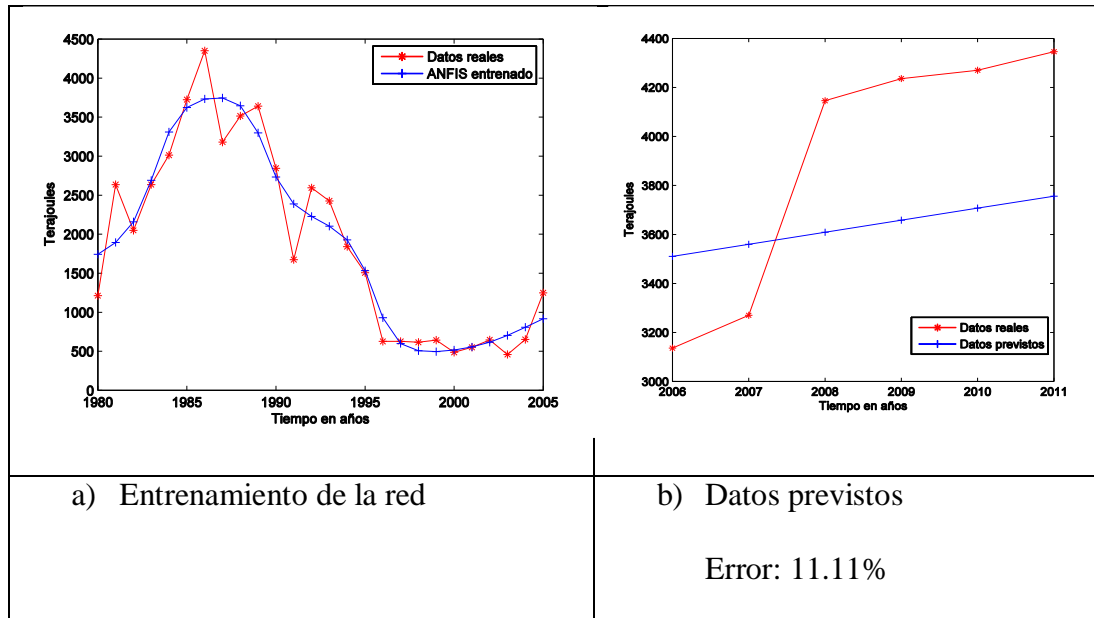
Una fuente de energía primaria es toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Consiste pues en la energía contenida en los combustibles crudos y otras formas de energía que constituyen una entrada al sistema. Si no es utilizable directamente, debe ser transformada en una fuente de energía secundaria. En la industria energética se distinguen diferentes etapas: la producción de energía primaria, su almacenamiento y transporte en forma de energía secundaria, y su consumo como energía final.

Así, por ejemplo la energía mecánica de un salto de agua es transformada en electricidad y al llegar al utilizador ésta puede ser empleada para diferentes usos (iluminación, producción de frío y calor). Al nivel del utilizador, todas las formas de energía son sustituibles. Esta serie de transformaciones implican una cadena energética, como por ejemplo tenemos en la cadena petrolífera: extracción, transporte, refinado y distribución.

En los resultados que se presentan a continuación se muestran dos gráficos, cada uno con dos curvas distintas. El primer gráfico muestra los datos reales utilizados para el entrenamiento de la red, así como el resultado de la curva de entrenamiento del modelo híbrido ANFIS. En el segundo gráfico, se muestra los datos reales utilizados para la validación del modelo, así como también los resultados de la previsión de nuestro modelo propuesto; del mismo modo se indica el grado de error de nuestra previsión por cada energético frente a los datos reales.

6.1.1. PRODUCCIÓN DE CARBÓN.

FIGURA 6.1 PREVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.1, presenta las curvas medidas en color azul, las cuales representa el entrenamiento del modelo híbrido con datos originales del Balance Nacional de Energía del Perú. Por otro lado las curvas medidas en rojo continuo representan los datos originales. Dichos resultados nos permiten verificar que las series tienen un comportamiento bastante parecido. Cabe indicar que la producción del carbón tiene un comportamiento decreciente, según los datos reales y los datos de entrenamiento. Aplicando el modelo híbrido ANFIS, se tiene una perspectiva de que la producción de carbón tendrá un comportamiento ascendente, ello debido a que se tiene gran disminución de producción de petróleo en el Perú, y por ende la producción de carbón sería una alternativa para cubrir la demanda de energéticos en el mercado local, especialmente en el sector industrial cementero y termoeléctrico.

Referente al energético carbón mineral, se observa que la producción de este energético tiene niveles de producción muy bajos en relación a otros energéticos comerciales, especialmente al inicio del año 1996. Se verifica que la disminución de esa producción porque la demanda por el carbón mineral colombiano se incrementó a partir de ese año. La baja calidad del carbón mineral peruano hace con que la demanda por ese energético fuese reemplazada por el carbón importado o también por el cambio por un combustible menos contaminante, que permita obtener beneficios económicos para las industrias en el Perú.

6.1.2. PRODUCCIÓN DE LEÑA.

Otro tipo de producción de energía son las no comerciales, donde la leña es el energético no comercial más importante producido en el Perú. El empleo de la leña y carbón vegetal continua siendo de gran importancia para la satisfacción de las necesidades energéticas (cocción de alimentos, calentamiento de agua para lavar ropa, calentamiento de habitaciones, fabricación de ladrillos y otros) de la población peruana. Las limitaciones financieras, con la existencia de hábitos de consumo energético muy arraigados, son obstáculos para el cambio de tecnología tradicional, tal como el consumo de madera de la selva peruana.

El aporte de recursos no comerciales para el consumo de energía final del Perú continua siendo significativo. En las área del litoral peruano, la leña proviene de los bosques secos del norte peruano, para lo cual el destino de esta fuente de energía son las fábricas de ladrillos y el consumo doméstico. En la Sierra (Andes

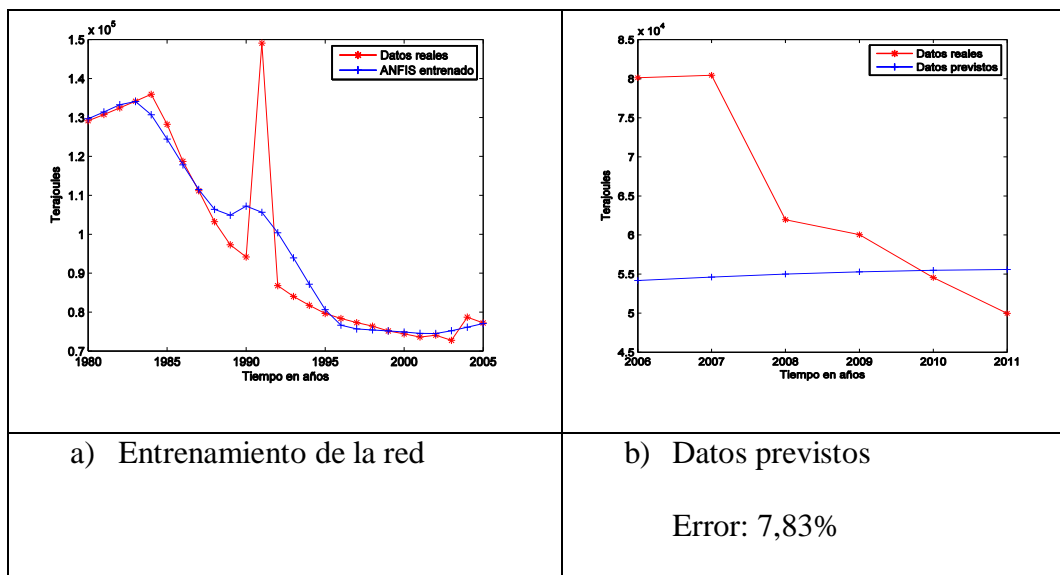
peruanos) están los bosques de queñua y otras formaciones de totora, thola y yareta. En la Sierra, la población andina demanda ese tipo de combustible para satisfacer sus necesidades energéticas, dadas las restricciones económicas de los campesinos para tener acceso a derivados de petróleo. Las plantaciones de eucalipto, ha contribuido de forma parcial en la solución del problema energético de la región, lo que ha motivado la realización de programas intensivos de reforestamiento con fines energéticos. Finalmente, en las áreas de la Amazonía peruana, existe abundancia de este tipo de fuente de energía, por el cual su consumo no tiene restricción, siendo que en los últimos años la causa de la depredación acelerada de las áreas verdes de nuestro país. Será muy importante promover el uso de energéticos alternativos, así como el gas natural, en esas áreas donde sean económicamente factibles, para que la población tenga acceso y pueda adaptarse rápidamente. En ciudades importantes de nuestra Amazonía, tales como Pucallpa, Aguaytía, Iquitos, Tarapoto y Tingo María, se espera conseguir esos objetivos, ya que esas ciudades urbanas tienen número de pobladores de una gran importancia ya que son los principales consumidores de leña y potenciales consumidores de otro tipo alternativo de energía.

En el Perú, se tiene una gran variedad de energías no convencionales en lo referente a producción, pero el Balance Nacional de Energía considera la bosta, leña, bagazo y la energía solar como las importantes a ser consideradas.

Respecto a la bosta, leña y bagazo, estos tipos de energéticos en el pasado no eran considerados energéticos comerciales, pero ahora ya son considerados energéticos comerciales ya que tienen un valor en el mercado. Puede observarse en la figura

6.2 que los datos de entrenamientos son muy aproximados a los datos reales. Cabe indicar que se tiene un pico de producción de leña en el año 1990, ello debido a que en el primer gobierno de Alberto Fujimori se dio el “*shock económico*”, que hizo que la inflación alcance puntos porcentuales de 7649.3, ello significo que los precios de los combustibles convencionales (gasolina, petróleo, electricidad y GLP) alcancen niveles muy elevados para el poder adquisitivo de la población en general.

FIGURA 6.2 PREVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LEÑA

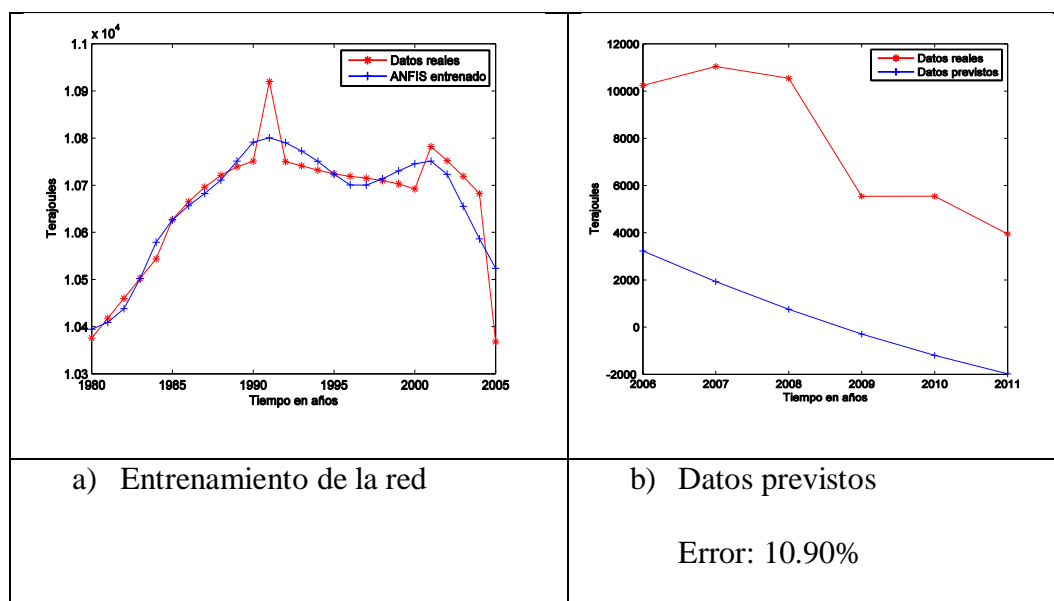


Fuente: Elaboración propia

Según la prospectiva utilizada, puede observarse que se a pesar de la tendencia decreciente de la producción de leña, el modelo híbrido ANFIS proyecta datos crecientes referente a la producción de este energético. Cabe indicar que dicho crecimiento sería a raíz del uso eficiente que se está promoviendo por parte del estado, como ejemplo las cocinas mejoradas en zonas rurales. Por otro lado, se tiene un incremento en la educación y concientización ambiental en los pobladores que utilizan estos energéticos.

6.1.3. PRODUCCIÓN DE BOSTA Y YARETA

FIGURA 6.3. PREVISIÓN DE PRODUCCIÓN LA DE BOSTA Y YARETA.



Fuente: Elaboración propia.

La bosta proviene del excremento del ganado vacuno, ovino, porcino y otros, el cual es secado al ambiente en forma de bloques, que se utiliza como piezas de combustible para cocinas y hornos domésticos. En sentido estricto es el resultado del proceso digestivo, y se refiere a los elementos desechados por un organismo vivo. Este elemento constituye el combustible de las poblaciones ubicadas en el área rural. La bosta es utilizada en localidades muy aisladas.

Observando la figura 6.3, se tiene una tendencia creciente desde el año 1980 hasta el año 1990. Cabe indicar que en el año 1990 tiene un crecimiento mayor, en vista que la población peruana tuvo que sustituir la bosta por energéticos

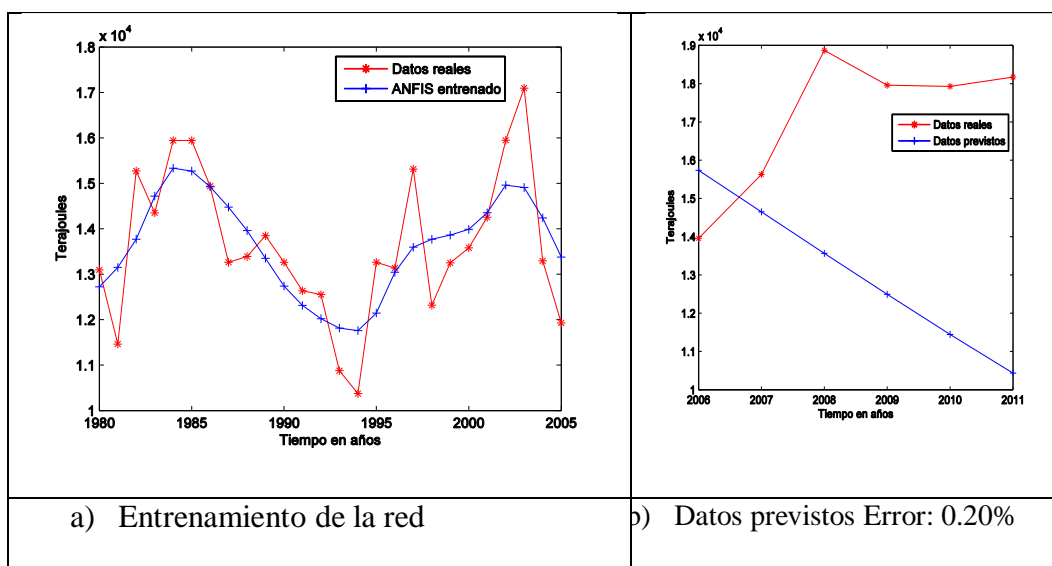
convencionales, ya que el shock económico aplicado por Alberto Fujimori fue en ese año, donde los precios de los hidrocarburos se elevaron fuera de lo normal.

Por otro lado, la figura 6.4, muestra la producción de bagazo, según el modelo híbrido ANFIS utilizado, el comportamiento de los datos reales y entrenados muestran un energético que tiene muchas fluctuaciones referente a su producción. Por otro lado, la predicción efectuada por el modelo híbrido muestra una producción creciente durante los próximos años. Cabe indicar que el Perú, actualmente tiene un crecimiento encima del 6% del PBI, eso significa que la tendencia al crecimiento de la producción y consumo de energéticos alternativos es promisoría, ya que la producción de energéticos convencionales disminuirá por los pocos descubrimientos de reservas de petróleo en el Perú.

6.1.4. PRODUCCIÓN DE BAGAZO

El Bagazo de caña (que surge como el residuo del prensado de la caña para la producción azucarera) se lo transforma en energía eléctrica (en centrales de autoproducción), pero la mayor parte, se consume como combustible en la propia industria del azúcar.

FIGURA 6.4 PREVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BAGAZO



Fuente: Elaboración propia.

No se considera, el bagazo que se utiliza como materia prima para la fabricación de papel, dado que esto no es un insumo energético.

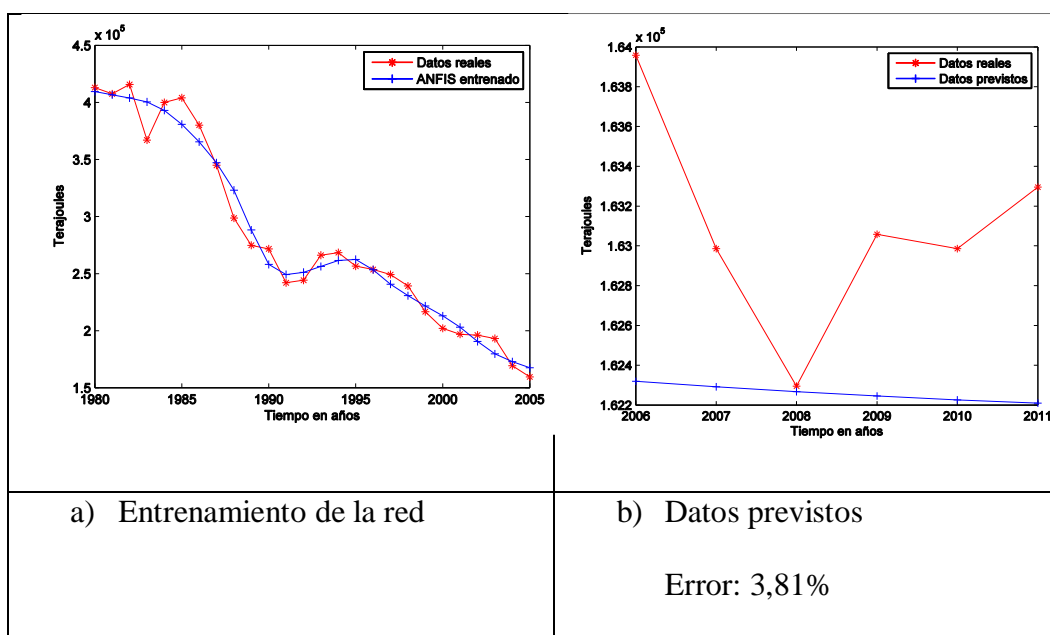
En la figura 6.4, puede observarse que el modelo híbrido ANFIS tiene un comportamiento muy semejante a la curva real de producción de bagazo, el cual es creciente. Por otro lado, la predicción del modelo híbrido también es ilustrada, el cual tiene un comportamiento cíclico en los años de entrenamiento.

Cabe indicar que la producción de bagazo está directamente relacionado con el comportamiento climático en las zonas productoras azucareras, tal es así que épocas de buena cosecha se tendrá grandes cantidades de producción de bagazo y en épocas de bajos niveles de productividad de caña de azúcar la producción decrecerá.

6.1.5. PRODUCCIÓN DE PETROLEO

Los hidrocarburos son compuestos constituidos en su mayoría por largas cadenas químicas de hidrógeno y carbono. En términos genéricos los hidrocarburos son dos: el gas natural y el petróleo crudo. A partir de ambos se obtiene una diversidad de productos, principalmente combustibles líquidos y gaseosos (gasolina, petróleo diesel, kerosene y gas licuado) y materias primas que se ocupan en la industria petroquímica, tales como etileno, polipropileno, solventes y metanol, entre los más conocidos.

FIGURA 6.5. PREVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO



Fuente: Elaboración propia.

Actualmente el Perú, tiene una producción media de petróleo crudo de menos de 95000 barriles por día, la cual está decreciendo de manera considerable y

natural en los últimos años, siendo hoy aproximadamente la mitad de la producción que se tenía en el año 1980. Una situación similar ocurre con las reservas probadas, cuyo nivel actual es de 323.40 millones de barriles (en el año 1980 fue de 800 millones de barriles aproximadamente).

Con relación a la producción de energía comercial, sólo el petróleo tiene tendencias decrecientes, especialmente en los últimos años. Ese aspecto hace con que el Perú sea totalmente dependiente de las importaciones de este energético y sus derivados, ya que la demanda es constantemente creciente, especialmente cuando el país esta incrementando sus niveles de PBI. Esa excesiva dependencia del petróleo se debe al hecho de que desde 1981 no se consiguió encontrar reservas significativas de petróleo. El único descubrimiento importante de hidrocarburos fue el gas de Camisea y Pagoreni en el año 1985 y 2005 respectivamente.

Según el Balance Nacional de Energía del Perú, se tiene producción de petróleo y gas natural como energético primarios. Puede observarse en la figura 6.5, que se tiene una tendencia decreciente de la producción de petróleo, obtenida del entrenamiento efectuada por el modelo híbrido ANFIS, y por otro lado la prospectiva efectuada por dicho modelo muestra también la tendencia decreciente. Cabe indicar que el Perú, es un país que según su Balanza de Hidrocarburos es netamente un país importador de petróleo, debido a que la reservas petrolíferas en el nor-oriente, norte y zócalo continental no son económicamente explotables. El mercado del petróleo sufrió varios choques y crisis en el mundo, donde los países consumidores y los países productores vienen buscando una cómoda interacción de la oferta y demanda en bases

duraderas y confiables, o alternativas para diversificar la matriz energética de muchos países (MARINHO, 1989). Ese hecho es el caso del Perú, que con el descubrimiento de las reservas de gas natural, va a desarrollar un nuevo mercado y provocar el crecimiento de la producción de este energético y disminuir la producción petrolífera.

6.1.6. PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL.

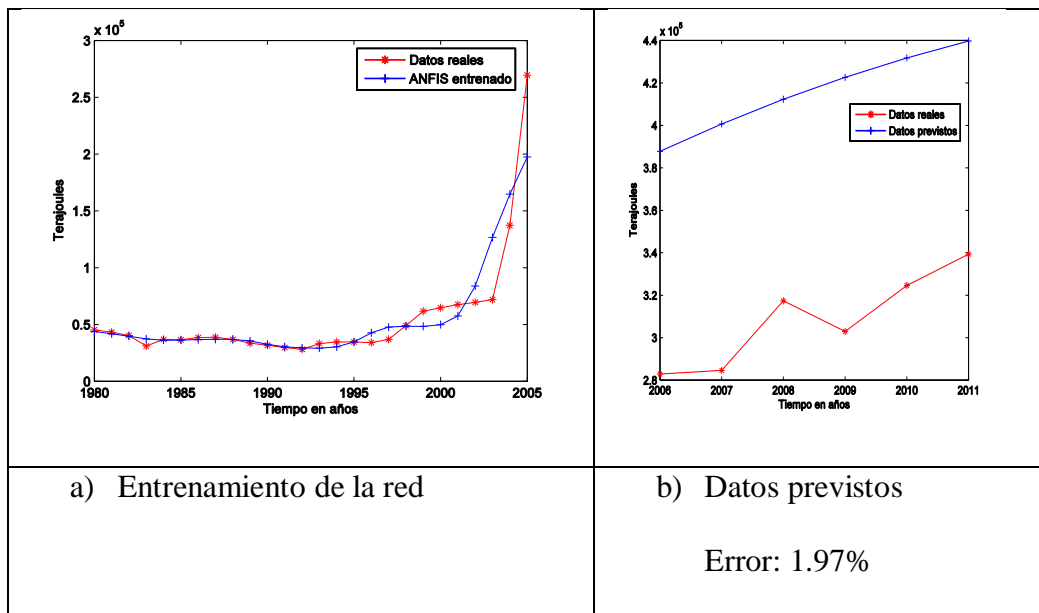
En la figura 6.6, se puede observar la producción primaria de gas natural, donde los primeros años no se tenía un incremento o disminución importante referente a la producción de este energético. Pero, en el año 2003 la producción de gas natural tuvo un incremento importante, debido al inicio de operaciones de Camisea para abastecer de este energético a las ciudades de Lima y Callao. Tomando en consideración la prospectiva efectuada el modelo híbrido ANFIS, la tendencia de la producción de este energético es creciente durante los próximos años, lo que implica que las políticas energéticas del Perú, deben estar priorizadas en función al gas natural.

En el año 1998, la transnacional Shell anunció el descubrimiento de un yacimiento de 2.5 trillones de pies cúbicos (TCF) de gas natural en el Lote 56 (Pagoreni) o Camisea II. En ese entonces, se discutía sobre la necesidad de fomentar el consumo interno de un nuevo combustible y de atraer la inversión privada para poder aprovechar dichos recursos energéticos.

En el año 2008, la confirmación del hallazgo de un yacimiento similar en volumen al de Pagoreni, por parte de la española Repsol YPF, le dio la

oportunidad al Perú la oportunidad de garantizar reservas de gas natural para el consumo interno.

FIGURA 6.6 PREVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL

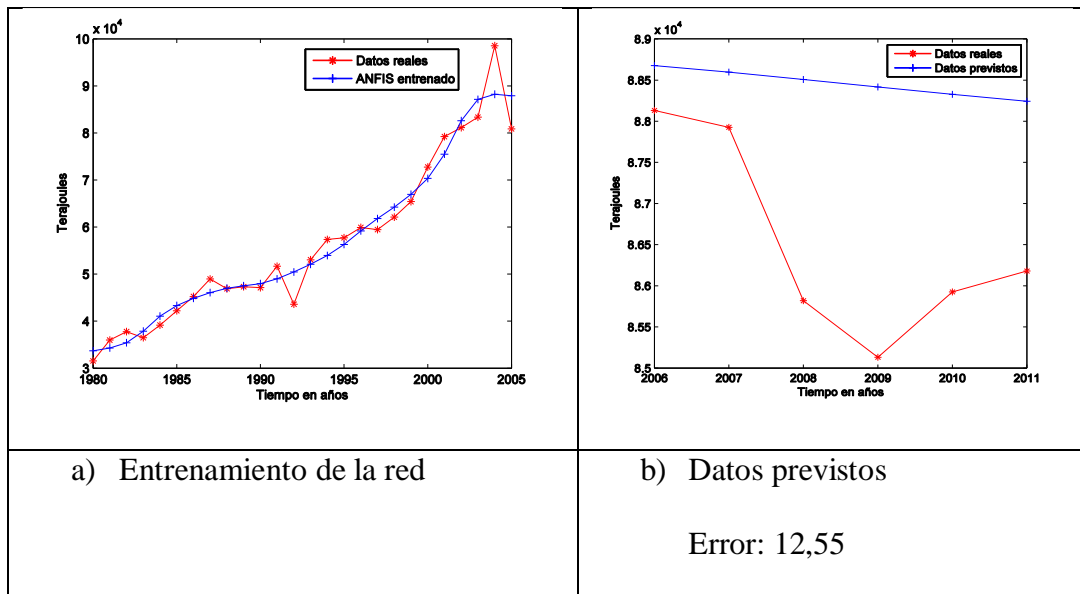


Fuente: Elaboración propia.

6.1.7. PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.

La producción hidroeléctrica se consigue haciendo pasar por una turbina grandes cantidades de agua a elevada presión. Para esto es necesario el embalsamiento de agua en grandes cantidades y con grandes desniveles. Esto supone una ubicación limitada a regiones con excedentes de agua y con grandes desniveles, por encajamiento de ríos. Puesto que no es posible encontrar estas condiciones en todas partes, ni siquiera de manera abundante, la potencia posible de esta forma de producir energía parece limitada.

FIGURA 6.7 PREVISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE
HIDROELECTRICIDAD



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.7, puede observarse que el modelo híbrido ANFIS tiene un comportamiento muy semejante a la curva real de producción de hidroelectricidad, el cual es creciente. Por otro lado, la predicción del modelo híbrido también es mostrada en este gráfico, el cual tiene un comportamiento creciente en los años de entrenamiento.

6.2. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA SECUNDARIA.

Es muy importante destacar el consumo final de energía de cada sector, con el objetivo de presentar de forma más amplia el panorama de la situación energética en el Perú.

Generalmente el principal energético consumido, en los diferentes sectores económicos es de hidrocarburos, especialmente en el sector transporte, industria y minería. Por otro lado, sectores como el residencial, comercial y público tienen consumo importante de electricidad, especialmente en las áreas urbanas.

En las áreas rurales, la leña, desechos de animales y yareta tienen una gran participación en relación a los demás energéticos, como se puede observar en el Balance Nacional de Energía. Cabe indicar que los sectores residencial, comercial y público tienen una mayor participación en el consumo final en los últimos años.

El total de consumo final de energía presentó un crecimiento de 2.88% en el año 2009, en relación con el año 2008. Es muy importante tener otras alternativas energéticas para algunos sectores, especialmente para los dependientes de energía primaria (transporte, industrial, electricidad, etc), los cuales tienen baja eficiencia y alto grado de emisiones de contaminantes que incrementan el efecto estufa.

Se puede verificar en el Balance Nacional de Energía del Perú, que el sector con mayor consumo de energía es el residencial, comercial y público, lo que implica que las políticas energéticas en relación a energéticos alternativos y gas natural deberían estar orientadas a estos sectores, con mayor énfasis para el cambio en el consumo final. Por otro lado los sectores industrial, minero, metalúrgico y vehicular son los mayores consumidores de petróleo y sus derivados. Eso significa que energéticos alternativos y gas natural tendrán una gran posibilidad

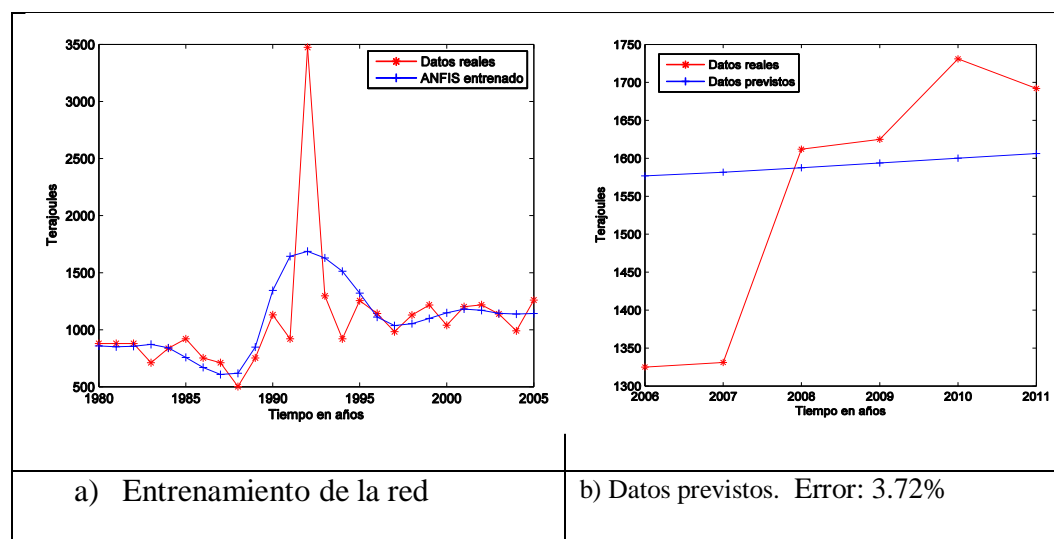
de sustituir esos energéticos en los sectores económicos consumidores de energía ya mencionados.

6.2.1. CONSUMO FINAL DE COQUE Y CARBÓN VEGETAL

En la figura 6.8, se muestra en entrenamiento que realiza el modelo híbrido ANFIS, comparada con los datos reales obtenidos del Balance Nacional de Energía referente al energético coque.

Así mismo, se presenta la prospectiva que realiza dicho modelo híbrido, el cual muestra un decrecimiento en el consumo de coque, supuestamente debido a que la industria peruana actualmente está priorizando la transferencia de su tecnología energética para el gas natural, por los nuevos descubrimientos del lote 56 y 57 en Pagoreni, los cuales se ubican muy próximos a las reservas del lote 88 de Camisea.

FIGURA 6.8 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE COQUE

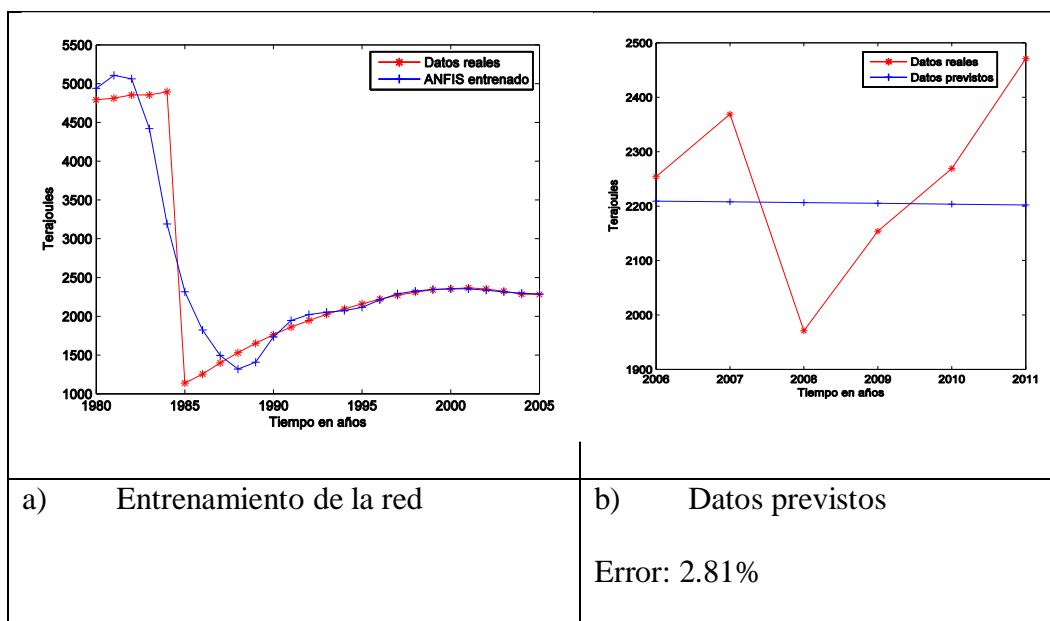


Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. CONSUMO FINAL DE CARBÓN VEGETAL

En la figura 6.9, se observa el comportamiento anual referente al energético carbón vegetal, este energético alternativo es utilizada por la pequeña industria en el Perú, según el Balance Nacional de Energía del Perú, su comportamiento es muy variable, a pesar de ello el modelo híbrido ANFIS logro aprender y entrenar de una manera muy aproximada a los datos reales, tal es así que la respuesta de prospección es creciente para este energético.

FIGURA 6.9. PREVISIÓN DEL CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL



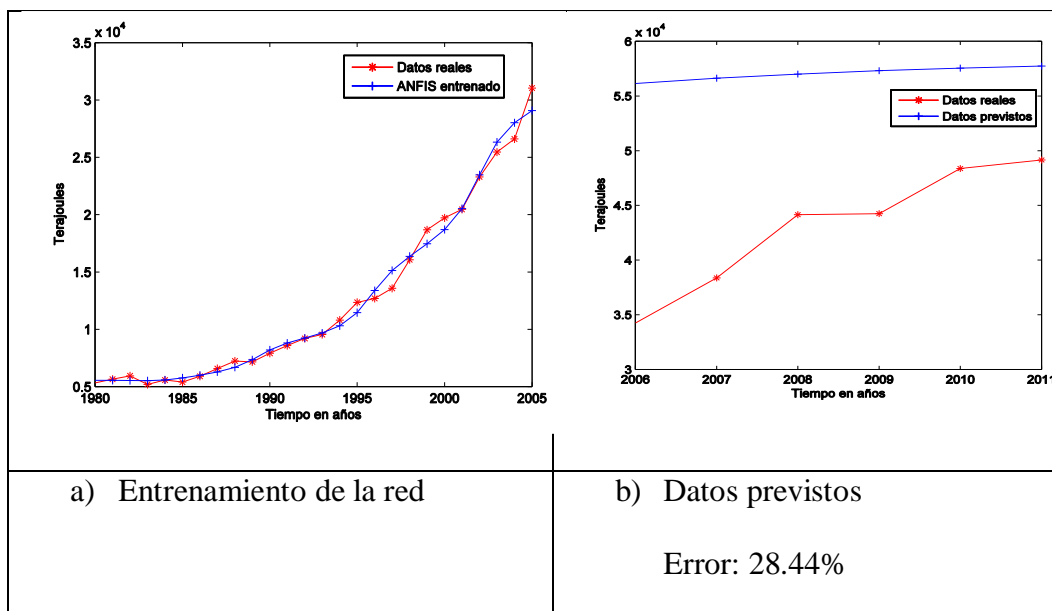
Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. CONSUMO FINAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.

Según el Balance Nacional de Energía del Perú, el consumo final de hidrocarburos esta dado por gas licuado de petróleo (GLP), gasolina (84, 90 y 95 octanos), kerosene, diesel, petróleo residual, gas distribuido y gas industrial.

En la figura 6.10, se presenta el consumo de GLP, este energético proviene del petróleo y gas natural. Los sectores consumidores de GLP son el residencial y vehicular preponderantemente, en los últimos años el GLP tuvo una gran aceptación, ya que es un energético mas eficiente, seguro y barato respecto a la electricidad, kerosene y otros.

FIGURA 6.10 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE GLP

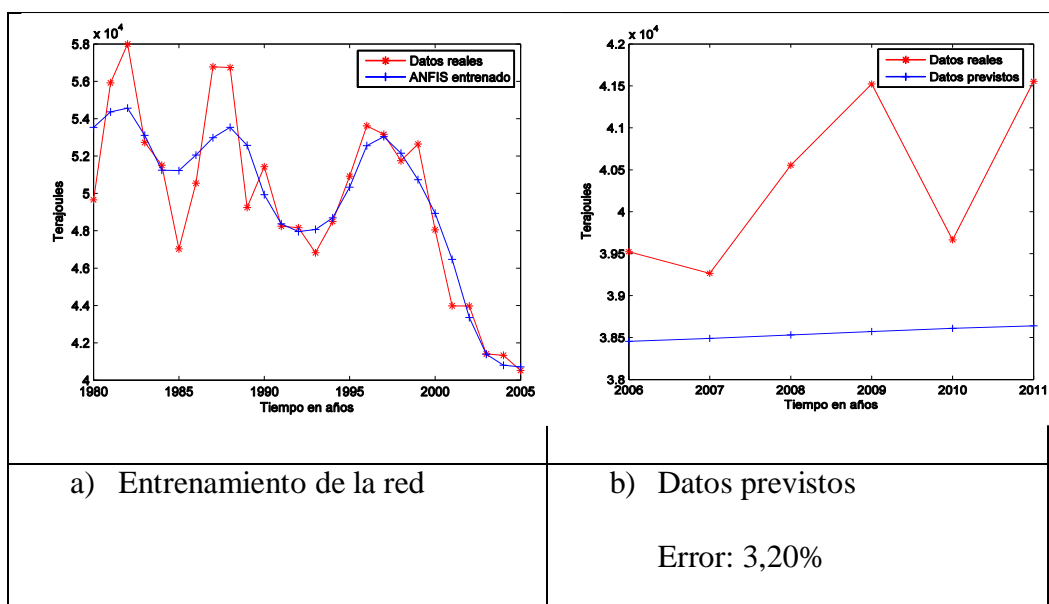


Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. CONSUMO FINAL DE GASOLINA

En la figura 6.11, se observa el comportamiento decreciente del consumo de gasolina, sea según los datos reales o el entrenamiento del modelo híbrido ANFIS. Por otro lado, la predicción efectuada por el modelo ANFIS también tiene un comportamiento y tendencia al decrecimiento, ello debido a que el mercado automovilístico de motores a gasolina está disminuyendo, lo que está sucediendo inversamente es el creciente mercado de vehículos a motores diesel y especialmente a GLP y gas natural. Tal es así, que el ingreso del gas natural de Camisea y GLP al mercado energético ha colaborado que el consumo de gasolina sea decreciente.

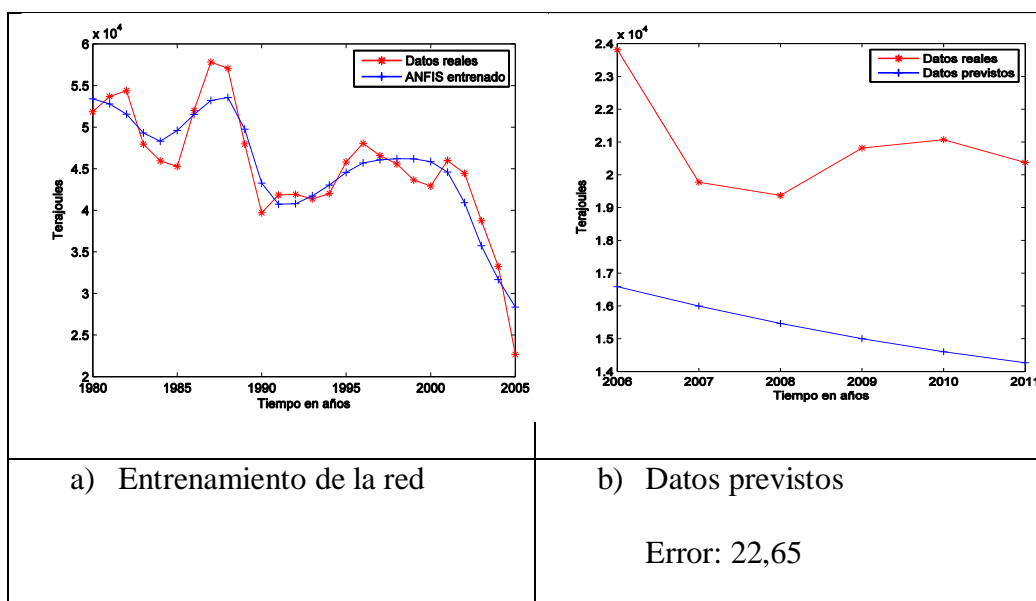
FIGURA 6.11 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE GASOLINA



Fuente: Elaboración propia

6.2.5. CONSUMO FINAL DE KEROSENE

FIGURA 6.12 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE KEROSENE



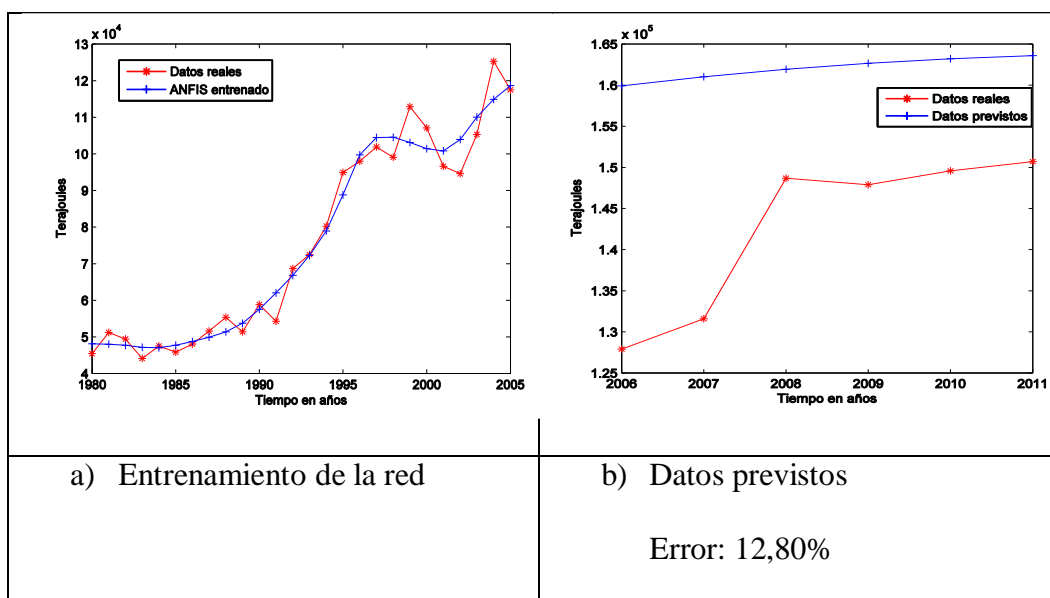
Fuente: Elaboración propia.

La figura 6.12, muestra el comportamiento y tendencia decreciente del consumo de kerosene de los diferentes sectores económicos considerados en el Balance Nacional de Energía. Cabe indicar que la tendencia decreciente se debe que el sector residencial ha sustituido el kerosene por el GLP en un gran porcentaje.

Por otro lado, el gobierno peruano a partir del año 2008 ha prohibido la comercialización de kerosene, ya que este energético también es utilizado como insumo de producción de pasta básica de cocaína.

6.2.6. CONSUMO FINAL DE DIESEL

FIGURA 6.13 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE DIESEL



Fuente: Elaboración propia.

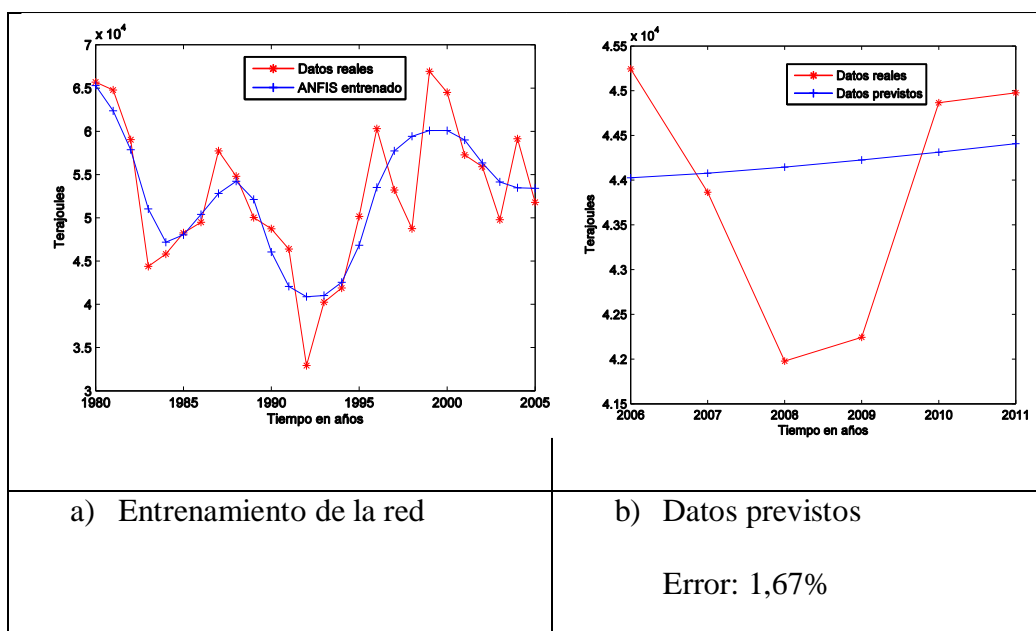
La figura 6.13, muestra la tendencia creciente de consumo de diesel, en vista que el sector vehicular e industrial demandan de este energético para sus procesos de funcionamiento y producción. Así mismo, puede observarse el entrenamiento del modelo híbrido ANFIS y los resultados predictivos muestran una tendencia creciente del consumo de dicho energético.

6.2.7. CONSUMO FINAL DE PETRÓLEO RESIDUAL

Es el residuo de la refinación del petróleo y comprende todos los productos pesados, generalmente es utilizado en calderas, plantas eléctricas y navegación.

El uso de energía, que impulsa el crecimiento económico, también muestra señales de vida. Los precios del combustible búnker marcaron nuevos máximos en los últimos años, lo que indica un aumento de la demanda de los usuarios industriales. El combustible búnker, también conocido como petróleo residual, es el combustible líquido más barato y no se transa como un activo financiero como el crudo o el gas natural.

FIGURA 6.14 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE PETRÓLEO RESIDUAL



Fuente: Elaboración propia.

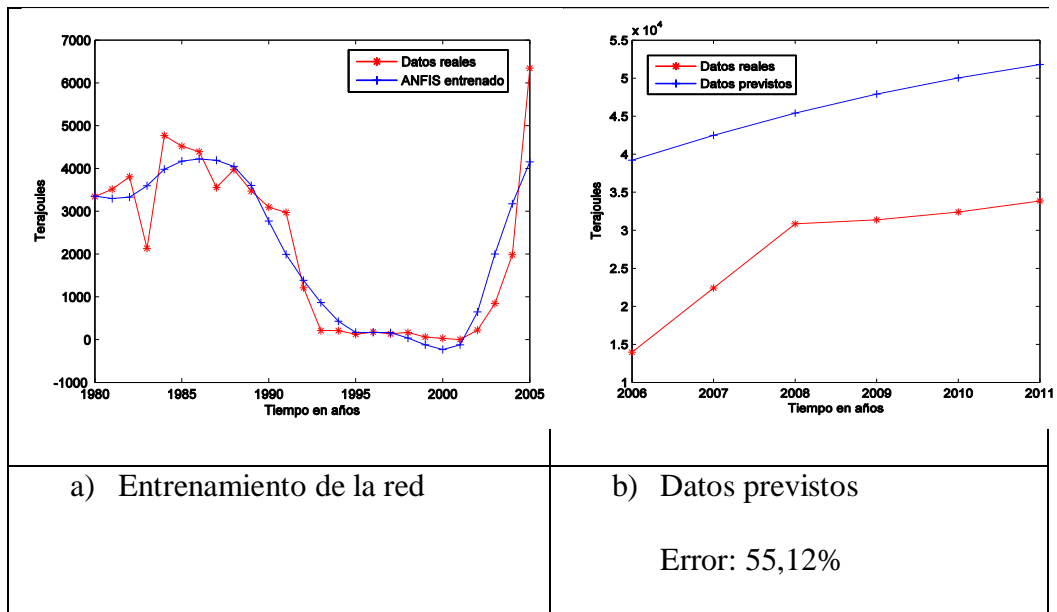
La figura 6.14, muestra la tendencia creciente de consumo de petróleo residual (petróleo industrial), en vista que el sector industrial demanda de este energético para sus procesos productivos. Así mismo, puede observarse el entrenamiento del modelo híbrido ANFIS y los resultados predictivos muestran una tendencia creciente del consumo de dicho energético.

6.2.8. CONSUMO FINAL DE GAS DE DISTRIBUCIÓN

Un sistema de gas está conformado por un conjunto de instalaciones y equipos necesarios para el manejo de gas desde su extracción hasta los sitios de utilización. El gas es transportado a través de tuberías denominados gasoductos, también conocidos como líneas de distribución y recolección de gas, cuyos diámetros dependen del volumen de gas a transferir y la presión requerida de transmisión, su longitud puede variar de cientos de metros a miles de kilómetros, dependiendo de la fuente de origen, y el objetivo a donde debe de ser transportado.

La figura 6.15, muestra el comportamiento del consumo de gas de distribución. Cabe indicar que la producción de gas natural a partir de las reservas de Camisea, fueron a partir del año 2005. En tal sentido, el consumo de este energético fue a partir de inicios de la producción de este energético, es por tal motivo que la curva de comportamiento analizado mediante el modelo ANFIS, no marca un comportamiento razonable para su interpretación y poder determinar la prospectiva respectiva.

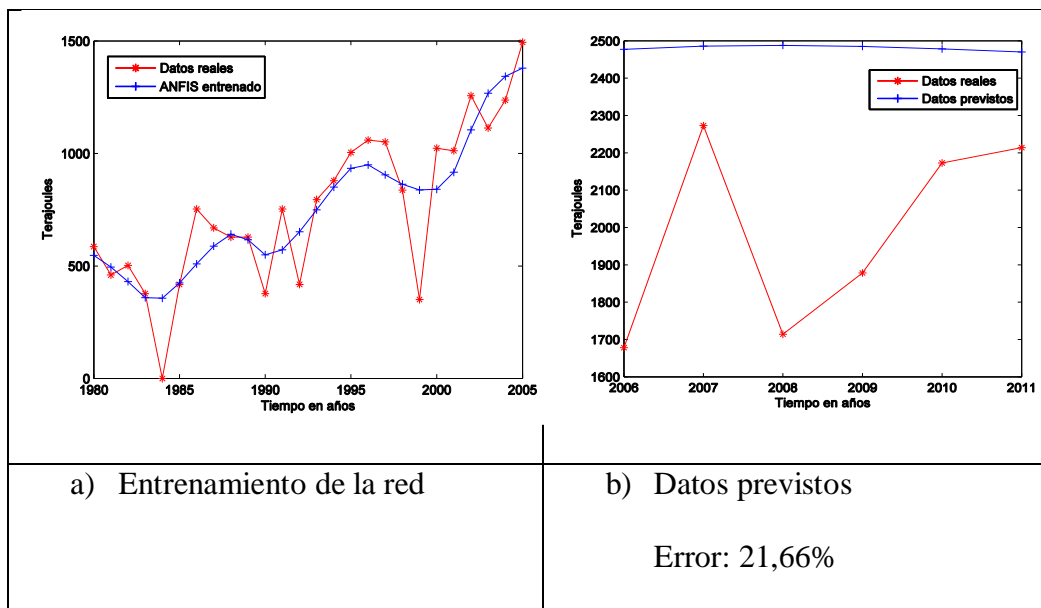
FIGURA 6.15 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE GAS DISTRIBUIDO



Fuente: Elaboración propia.

6.2.9. CONSUMO FINAL DE GAS INDUSTRIAL.

FIGURA 6.16 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE GAS INDUSTRIAL

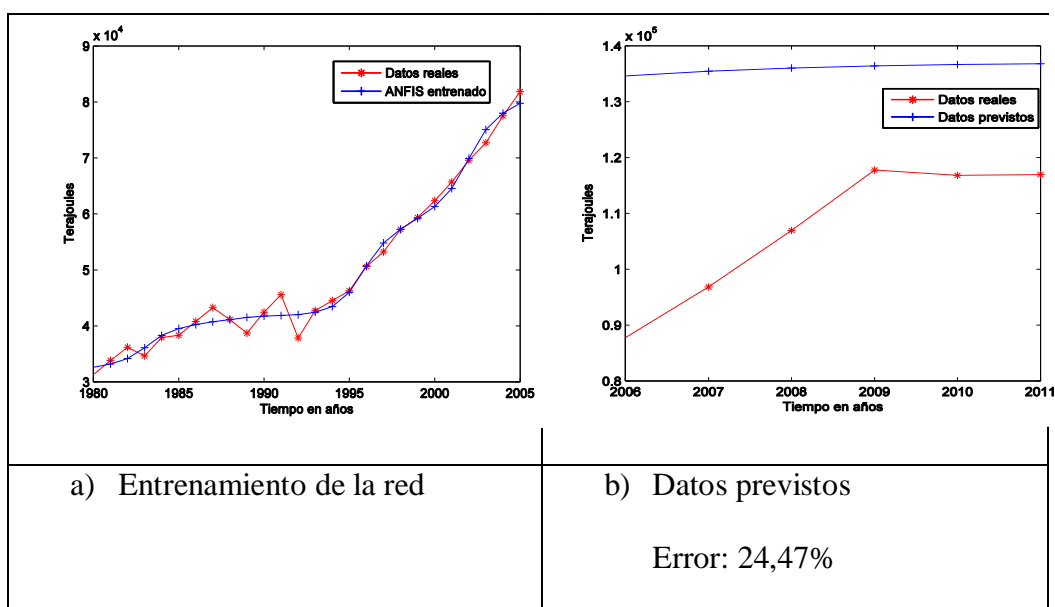


Fuente: Elaboración propia.

6.2.10. CONSUMO FINAL DE ELECTRICIDAD

La información del consumo de electricidad se obtiene a partir de las ventas de las empresas eléctricas y se registran en la Dirección General de Electricidad.

FIGURA 6.17 PREVISIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Fuente: Elaboración propia.

6.3. BALANCE COMERCIAL DE HIDROCARBUROS.

La Balanza Comercial de Hidrocarburos, mide la diferencia entre las exportaciones y las importaciones de petróleo crudo y de sus derivados. En relación a las exportaciones, en el caso del Perú, estas se deben al petróleo crudo, gasolina, querosene jet, diesel, petróleo residual y por los no energéticos, mas ese nivel de exportaciones según el Balance Nacional de Energía de Perú, es muy bajo. Por otro lado, en relación a las importaciones, se puede resaltar las del petróleo crudo, gasolina, querosene jet, diesel y los no energéticos. El Perú

importa petróleo crudo de diferentes países, tales como Argentina, México, Colombia, Ecuador, Nigeria, Venezuela y Trinidad. Siendo Ecuador el mas importante proveedor en los últimos años, alcanzando aproximadamente 75% del total de importaciones (MEM, 2008).

Históricamente, la evolución de la balanza comercial de hidrocarburos, se identifica en una primera etapa entre los años 1981 y 1987 en un valor de las exportaciones mayor que la de las importaciones. En una segunda etapa, a partir de 1988 hasta la 2004, donde los resultados presentan que las exportaciones es menor que las importaciones.

Prácticamente fue una las grandes causas de los problemas económicos en el Perú, además de la excesiva dependencia del petróleo y el consumo era mayor que la producción. Todo ello ha conducido a los niveles negativos en la balanza comercial. Otra consideración muy importante, que tiene relación con el balance comercial, es que las refinerías en el Perú (Talara, La Pampilla y otras), fueron construidas para producción de petróleo crudo leve, lo que significa que el petróleo crudo pesado que el Perú produce no puede ser procesado en sus propias refinerías. Entonces, la exportación de petróleo crudo pesado obliga a la compra de petróleo crudo leve a mayores precios.

Es evidente que la demanda interna por combustibles no fue satisfecha por la producción nacional, haciendo con que la balanza comercial de hidrocarburos sea negativa. Los saldos negativos, fueron ocasionados por varios aspectos, entre los cuales se puede mencionar (MEM, 2007):

- La continua disminución de la producción nacional de petróleo crudo, debido a las reservas actuales de petróleo están en decrecientes niveles de producción,
- Las refinerías nacionales, en general, tienen una capacidad de destilación primaria que produce excedentes de residuos pesados. Esa situación da lugar para que se tenga una alta producción de residuos exportados a bajo precio, haciendo crecer el déficit de la balanza comercial,
- El crecimiento de la demanda interna de los derivados de hidrocarburos, principalmente el Diesel.

6.4. PLAN DE PRODUCCIÓN Y DEMANDA.

A continuación, se pretende analizar el plan de producción, plan de demanda del Balance Nacional de Energía aplicando la metodología del Modelo Híbrido (Neuro Difuso) en el presente trabajo de tesis doctoral.

Por otro lado, se realizará un análisis que tendrá el objetivo de auxiliar en la toma de decisiones, desarrollar planes estratégicos para el mercado consumidor, además de servir como un modelo para el mercado energético, sujeto a los posibles cambios que podrán ocurrir en el futuro. Tal es así, que la herramienta utilizada para el desarrollo de un plan de producción y demanda energética, se basa en la metodología propuesta de Redes Neuronales Difusas.

En el contexto del planeamiento energético, la perspectiva del aumento de la participación de los energéticos en la matriz energética posee como mérito la capacidad de reducción de la dependencia del petróleo y sus derivados, así como el régimen hidrológico. Cuando se habla de sustitución de energéticos tradicionales, también es abordada referente al planeamiento ambiental, donde se debe destacar que generar energía produce costos ambientales y que las tecnologías utilizadas deben ser las eficientes posibles para lograr una estrategia energética, incorporando no solamente aspectos técnicos-económicos, sino también aspectos socio-ambientales. De esta forma, observamos que la estrategia de la construcción de plantas térmicas se encaja en el contexto de la óptica de los inversionistas privados, ya que ellos tienen la visión de la menor necesidad de aporte de capital inicial y de menor tiempo de recuperación del capital invertido, cuando es abordada la cuestión por el aspecto técnico-económico.

Con respecto al aspecto socio-ambiental, se puede atender a la demanda de forma más suave, sin grandes saltos de oferta, redundando en menores impactos, teniendo en vista los cambios necesarios en ciudades, pequeños pueblos, inundación de regiones, cambios en el ecosistema, desvío del cauce de un río, entre otros.

En el contexto del planeamiento económico, la principal ventaja de aumentar la participación de energéticos alternativos en la matriz energética peruana, es el aprovechamiento de estos recursos, lo que posibilitaría principalmente en la

mejora del nivel de vida de la población, reducción del precio de la electricidad y modernización de la industria interna.

En el contexto de la política de integración, el energético gas natural puede ser visto como una fuente inductora de generación de riqueza, cuando se tiene la posibilidad de exploración de reservas, sea en los lotes cercanos al lote 88 (San Martín y Cashiriari), propiciando una descentralización del desarrollo económico de las regiones, además de la futura integración nacional cuando se considera la localización de los gaseoductos.

6.4.1. INFLUENCIA DEL GAS NATURAL EN LA MATRIZ ENERGÉTICA PERUANA

El petróleo probablemente continuará siendo la fuente energética predominante por las próximas décadas, no solamente en el Perú, sino también en varios países del mundo. Se espera para el caso peruano, el gas natural y energéticos renovables logren posicionarse en la composición de la matriz energética peruana en los próximos 30 años, tomando el lugar del petróleo, porque el gas natural y energéticos renovables son las fuentes de energía que presentarán un mayor crecimiento respecto a la producción en el mundo. Se espera que ello ocurra también en el Perú.

Los primeros años, según experiencias de países vecinos, será fundamental para poder lograr los cambios significativos en la matriz energética peruana y la

diversificación del consumo del gas natural, energía solar, eólica y otros en el mercado interno. Se espera que el Perú, con el soporte de poseer reservas importantes de gas natural, solar, eólica, biomasa y otros, consiga que la demanda y la llamada impulso del consumo de energéticos alternativos al petróleo se consoliden, ya que, sin ninguna duda, ello producirá efectos duraderos en la economía peruana.

En la tabla 6.1, se muestra el desarrollo interno del consumo de gas natural. Argentina se caracteriza por ser el país que posee el mercado del gas natural más desarrollado. Ello hace que la diversificación del consumo de este energético sea mucho mejor con respecto a los otros países. Venezuela, Colombia y Brasil, ya puede hablar que sus mercados están dando los pasos firmes para seguir consolidando y conseguir la masificación de este energético, eso mediante planes estratégicos elaborado por sus entidades gubernamentales. En los otros países (Chile, Bolivia y Perú), la diversificación aún no está bien desarrollada, pero se espera que ello ocurra en los próximos años.

Actualmente la participación del gas natural y energéticos alternativos (solar, eólica, biomasa y otros) en la matriz energética peruana, referente al consumo final, es muy baja. Por ejemplo, en el año 2010 se estima en 0.45% (MEM, 2010) y en el año 2011 alcanzó el valor de 0.66% (MEM, 2011). Por ello, se espera que la producción y oferta de las reservas de Camisea pueda motivar la masificación del consumo del gas natural en el mercado peruano, para conseguir el incremento de su participación en la diversificación de la matriz energética.

**TABLA 6.1: CONSUMO DEL GN POR SECTORES EN PAÍSES
SUDAMERICANOS (2010)^(d)**

| Sectores (1) | Argentina | Bolivia | Brasil | Chile | Colombia | Perú | Venezuel a |
|-----------------------------|-----------|---------|--------|-------|----------|------|---------------|
| Generación Eléctrica (%) | 38 | 47 | 26 | 08 | 62 | 90 | 36 |
| Industrial (%) | 28 | 53 | 63 | 79 | 26 | 10 | 56 |
| Transporte (%) | 06 | --- | 07 | --- | 01 | --- | --- |
| Residencial (%) | 28 | --- | 04 | 13 | 11 | --- | 08 |
| Total (2) | 83.01 | 3.29 | 37.53 | 17.81 | 16.70 | 1.10 | 74.79 |
| Total (3) | 30.30 | 1.20 | 13.70 | 6.50 | 6.10 | 0.40 | 27.30 |

(a) : Balances Energéticos Nacionales

(b) : millones de m³/d

(c) : mil millones de m³/año

(d) : fuente: www.bp.com

La actual formación de la matriz energética peruana se caracteriza fundamentalmente por una gran presencia del consumo del petróleo y energía hidráulica, además del consumo rural de la leña, bosta y yareta. Respecto a las energías renovables (solar, eólico, biomasa y otros) ese consumo es muy bajo.

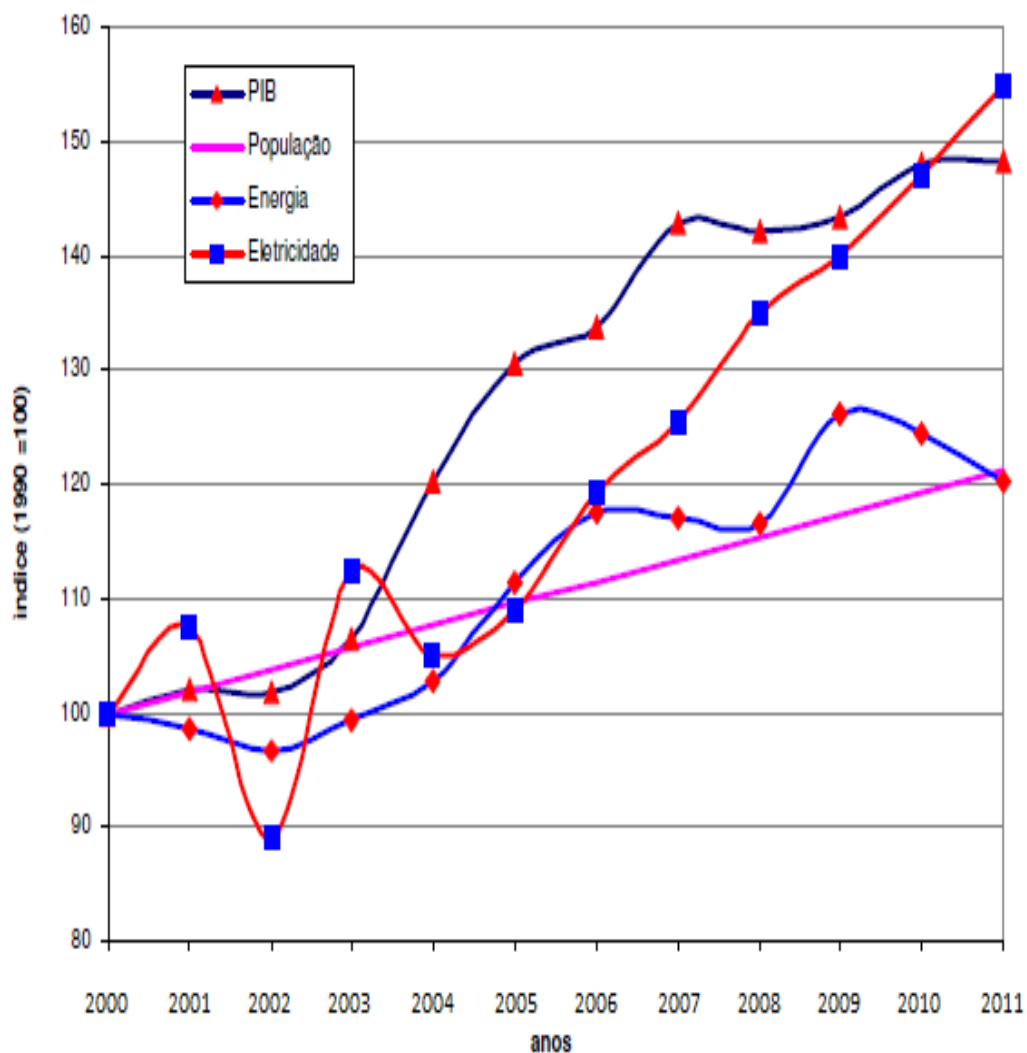
La producción de gas natural y sus derivados especialmente de las reservas de Camisea y Pagoreni van a ser de una gran importancia que va a ser vital para la economía peruana. Existe la necesidad de presentarse propuestas y alternativas en la utilización de este energético que posiblemente mudará el padrón del

consumo de energía basado en el petróleo y sus derivados, recurso no renovable que cada día tienen que ser importados en cantidades crecientes. Con el gas natural de Camisea y Pagoreni y la posibilidad de inyectar a la matriz energética las energías renovables se tendrá la posibilidad de disminuir y revertir los saldos negativos de la balanza comercial de hidrocarburos.

La importancia de una política energética para el establecimiento de una cultura del consumo del gas natural en los diferentes sectores demandantes potenciales tendrá que ser efectuada, ya que la oferta de este energético prácticamente está garantizada para los próximos años, eso gracias a las reservas descubiertas de Camisea y Pagoreni.

Se espera en las próximas décadas, que el uso del gas natural pase por una serie de transformaciones significativas, debido a los importantes avances tecnológicos que se desarrollan para la exploración, transporte, transformación y el consumo de este energético. El elevado costo inicial de inversión en la tecnología pueden ser una barrera para el desarrollo del gas natural en los sectores consumidores del Perú, pero se espera que la reducción de estos costos disminuyan en el corto plazo. En el desarrollo del mercado del gas natural se envuelve muchos aspectos y factores y por ello el crecimiento del consumo de este energético acompañara las tendencias de otros indicadores, tales como: PBI, población, energía y electricidad (ANP, 2010).

FIGURA 6.18. CRECIMIENTO DEL PBI, CONSUMO DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.



Fuente: elaboración propia con datos de la Revista Energía y Economía (2011) de la Editorial ESPE.

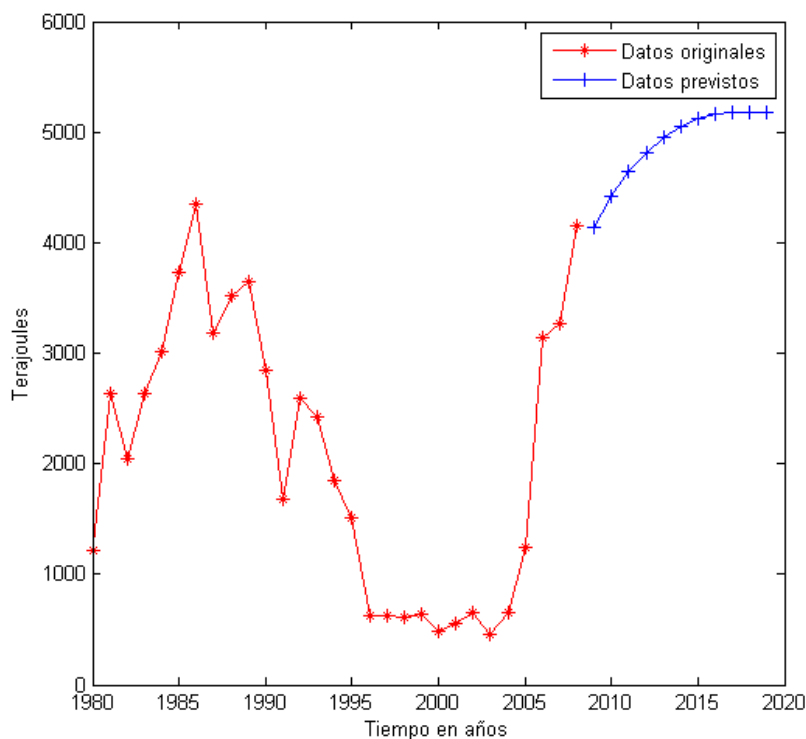
En la figura 6.18, se muestra el histórico reciente del consumo de energía y sus vínculos como el desempeño de la economía peruana. Se considera índice en base 100, el PBI creció aproximadamente 50% desde 2000 hasta el año 2011, por otro lado el consumo de energía se incrementó en 20% y finalmente el

crecimiento demográfico fue de 20%. En el Perú, existe una gran diferencia entre el crecimiento del PBI y el consumo de energía, debido principalmente al mayor sector productivo, responsable por el crecimiento de la producción es el sector minero. La exportación de materia prima, hace con que el consumo de energía no siga creciendo al mismo ritmo que el PBI, eso debido a que la industria no produce gran valor agregado de los productos mineros. Por otro lado, el crecimiento demográfico acompaña razonablemente al consumo de energía, eso porque la producción de energía es consumida en gran porcentaje por la población, y no es utilizada para procesos productivos. Vale resaltar, que la demanda de energía eléctrica peruana superó las tasas de crecimiento del PBI, a partir del año 2000, y del consumo total de energía a partir del año 2002.

6.4.2. ANALISIS DE LA OFERTA ENERGÉTICA, SEGÚN RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL MODELO HIBRIDO

Para la proyección mediante el modelo híbrido, para el caso de producción de energía primaria de carbón mineral, se realizó para 10 años. Se observa en la figura 6.19 en color rojo los datos originales del Balance Nacional de Energía y en color azul la proyección que realiza el Modelo Híbrido planteado en el presente trabajo de tesis. Se demuestra objetivamente que la producción de energía primaria referente al carbón tiene una tendencia creciente, lo cual es ratificado por el modelo híbrido, donde puede observarse que a partir del año 2011, las proyecciones de producción del energético carbón mineral tienen una tendencia positiva creciente.

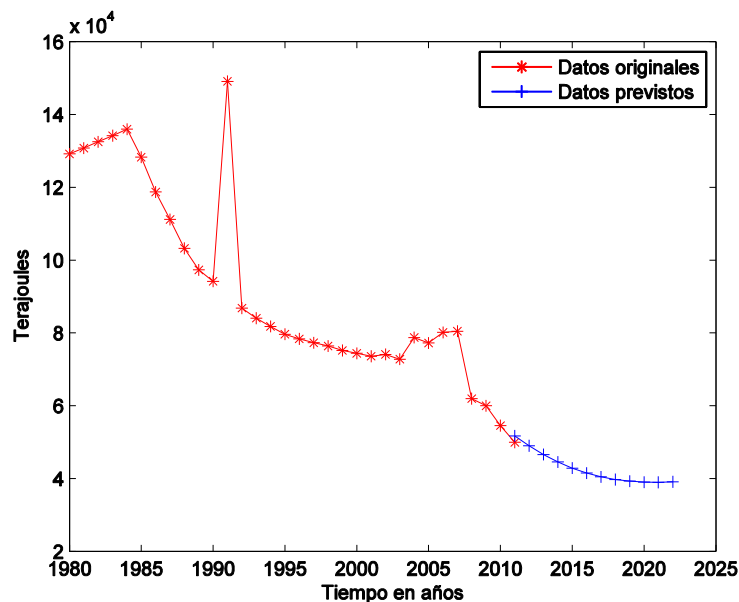
FIGURA 6.19. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA DE CARBÓN MINERAL



Fuente: Resultados obtenidos de modelo híbrido.

En la figura 6.20, podemos observar que el modelo híbrido propuesto, genera información proyectada para 11 años de una manera razonable, es decir desde los años 2011 al año 2022. Cabe indicar que la constante disminución de la producción primaria de este energético, debe ser promovido mediante políticas estatales, tributarias, ambientales y otros, los cuales impulsen a que este tipo de energético no sea depredado. Por otro lado, la tendencia mostrada se puede explicar debido a que en sectores rurales el consumo de leña ha disminuido debido a que dicha población la ha sustituido por el GLP, el cual es un energético mas limpio, barato y seguro..

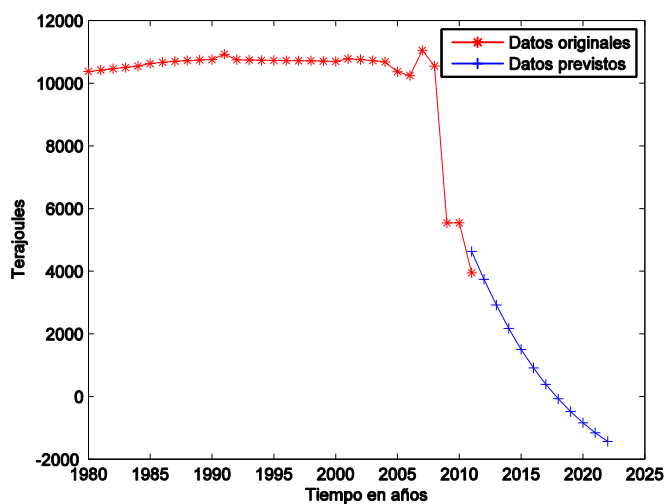
FIGURA 6.20. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA DE LEÑA



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

Para el caso de la Bosta y Yareta, que son energéticos calificados y producidos exclusivamente en zonas rurales, por tal origen es que esta es relativamente independiente de factores externos, tal es así que la tendencia es constante en forma decreciente. Para el caso de la figura 6.21, se puede observar que la proyección utilizando el modelo híbrido propuesto mantiene una tendencia decreciente, ello debido a que la población está asumiendo un rol importante del cuidado del medio ambiente, mediante el uso de otro tipo de energéticos, tales como el GLP, gas natural y energéticos renovables prioritariamente.

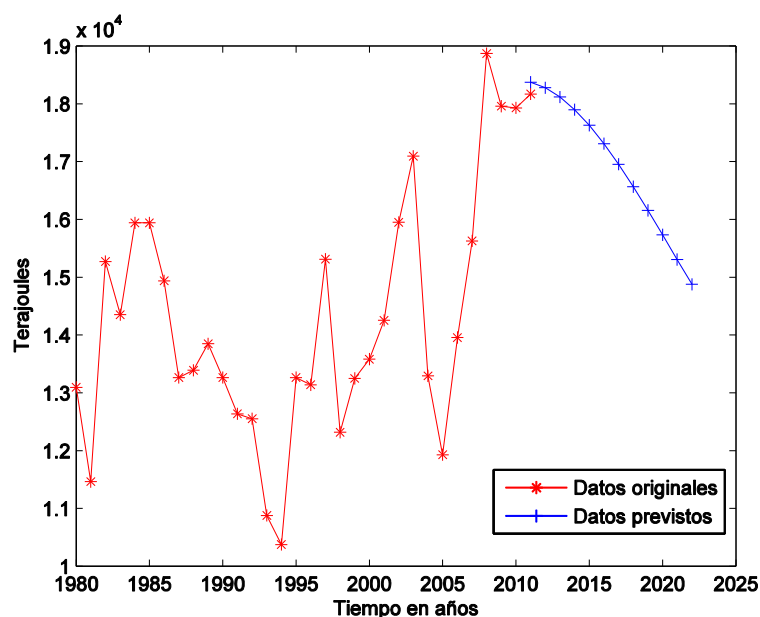
FIGURA 6.21. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
PRIMARIA DE BOSTA&YARETA



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

El energético bagazo, como es conocido proviene de los rezagos de la producción de caña de azúcar. Tal como se muestra en la figura 6.22, la proyección desarrollada por el modelo híbrido es cíclica, tal como están los datos originales. Cabe indicar, que este tipo de energético tiene un comportamiento cíclico debido a que esta influenciada directamente por los cambios climáticos que se tiene en nuestro país. Dichos cambios climáticos, ocasiona que la producción de bagazo a partir de la caña de azúcar no sea constante.

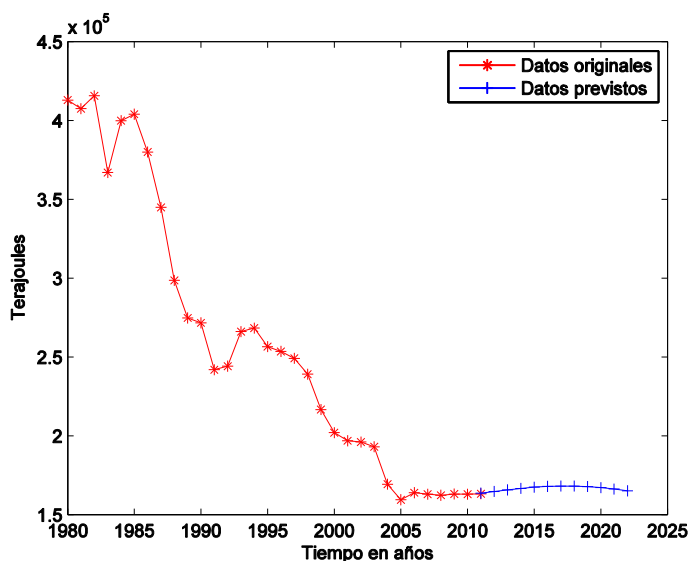
FIGURA 6.22. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
PRIMARIA DE BAGAZO



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

El Perú, como país subdesarrollado y dependiente de energéticos importado, tiene una tendencia decreciente referente a la producción de petróleo crudo, el cual según el Balance Nacional de Energía es fuente primaria. El modelo híbrido proyecta de forma razonable desde el año 2011 hasta el 2022 la tendencia estable del ritmo de producción de este energético.. A partir del año 2013, se prevé que el Perú producirá 150 000 TJ de petróleo crudo, similar a los actuales 160 000 TJ. Posterior al año 2014, como se observa en la figura 6.23., la proyección del comportamiento de producción de petróleo crudo según el modelo híbrido no sufre una amplificación creciente o decreciente del ritmo de producción de este energético primario.

FIGURA 6.23. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
PRIMARIA DE PETRÓLEO CRUDO



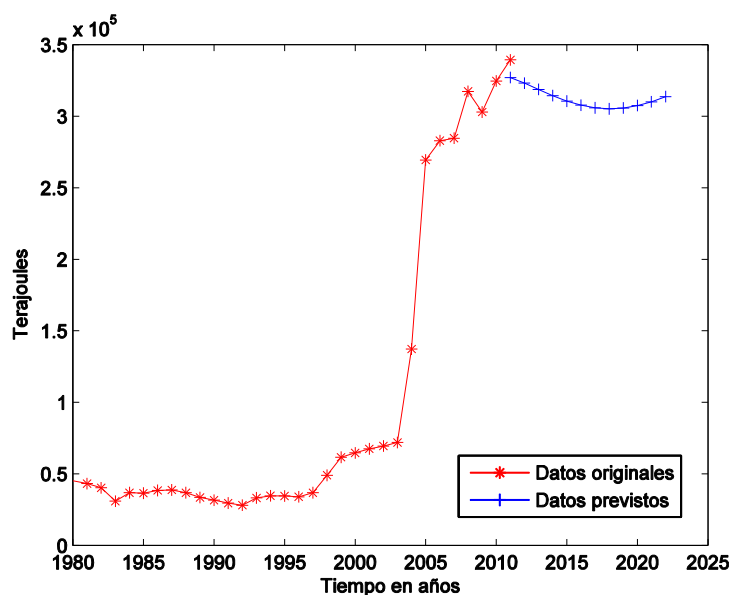
Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

En el Perú, la industria de gas natural en el Perú fue poco desarrollada hasta antes del inicio del Proyecto Camisea. Anteriormente a la explotación de las reservas de Camisea la industria de gas natural se desarrolló básicamente en Talara y Aguaytía. La puesta en marcha del proyecto Camisea, en agosto de 2004, significó el más grande paso dado por el país para su independencia energética, básica para su desarrollo económico.

Actualmente, en el país, el gas natural se utiliza mayormente en la generación de energía eléctrica, desplazando a otros combustibles como el petróleo, el GLP y el carbón para generarla, con resultados positivos para todos los usuarios finales. Igualmente ha beneficiado al sector industrial, residencial y transporte, ya que como combustible es más barato que los otros que existen en el mercado, generando mayor ahorro y/o utilidades. Por estas razones el mercado de gas

natural ha evolucionado rápidamente. El número de consumidores y su demanda crecen en la medida que se expande la red de distribución, consolidándose el desarrollo de esta industria.

FIGURA 6.24. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA DE GAS NATURAL



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

Desde el año 2000 hasta el 2004, año de inicio de la operación de Camisea, el gobierno promulgo nuevos reglamentos, modifico los existentes y adapto los contratos de licencia y concesión con el objeto de apoyar en el desarrollo del proyecto. El apoyo decidido del gobierno permitió la operación de Camisea en el tiempo esperado pero dejo latentes problemas de impacto ambiental y manejo de comunidades que hasta hoy en día no están resueltos.

En el año 2005, el gobierno promovió cambios en los contratos de licencia, leyes y reglamentos para facilitar el proyecto de exportación de gas natural

denominado Perú LNG. Para la ejecución de dicho proyecto se requería tener garantizado una reserva mínima de gas natural de 4,4 TPC, lo cual no era posible alcanzar con los 2,4 TPC que tiene el yacimiento de Pagoreni por lo que se necesitaba que el lote 88 le ceda (mediante un contrato de venta) casi 2 TPC a Perú LNG para que este lo exporte libremente.

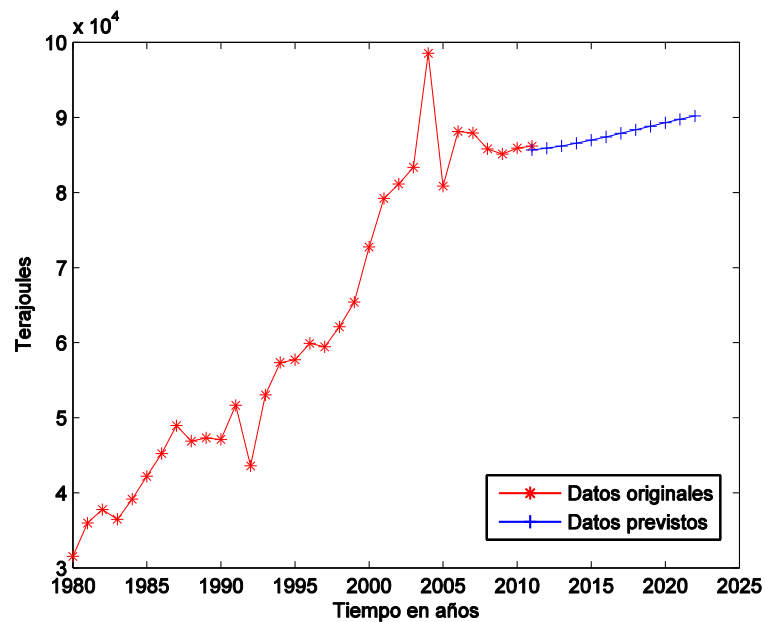
El contrato de licencia original del lote 88 permite la exportación del gas natural pero pone como una condición permanente que se garantice el abastecimiento del mercado interno para los siguientes 20 años, lo cual colocaba al proyecto de exportación en una posición de menor nivel respecto al mercado interno.

Por todos los antecedentes que tiene el gas natural en el mercado peruano, se espera que este energético tenga un gran crecimiento, el modelo híbrido aún no realiza la proyecciones esperadas en vista que el Balance Nacional de Energía de Perú, registra índices de producción de gas natural a partir del año 2004. La poca información hace que el modelo híbrido proyecte y tenga como resultados una producción constante durante los próximos 10 años. Se espera que el MEM actualice los datos hasta el año 2013, donde podremos mejorar los resultados proyectados referente a la producción de gas natural a partir de las reservas de Camisea y Pagoreni.

Para el caso de la proyección de la producción de hidroenergía, según el modelo híbrido planteado, se observa en la figura 6.25, la tendencia de producción es creciente.

Dicho comportamiento, hace que las proyecciones tengan aceptable tendencia durante los 10 años proyectados. Cabe indicar que la tendencia creciente obedece a que el Perú cuenta con proyectos hidroenergéticos, tales como las centrales de Chaglla (360 MW), Santa Rita (255 MW), Cheves (168,2 MW), San Gabán 1 (150 MW), Pucará (130 MW) y Quitaracsa 1 (112 MW). Dicha información del MEM, además indica que dichos proyectos tienen la concesión definitiva, la cual es necesaria para realizar la actividad de generación de energía eléctrica que utilice recursos hidráulicos con una potencia instalada mayor de 500 kilovatios, y se requiere de concesiones temporales para el desarrollo de estudios de factibilidad.

FIGURA 6.25. PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA DE HIDROENERGÍA



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3. ANALISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA, SEGÚN RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL MODELO HIBRIDO

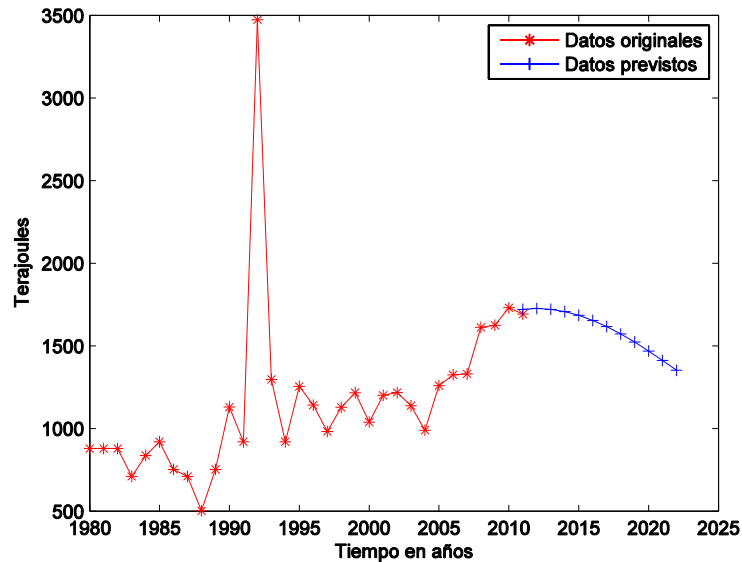
6.4.3.1. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: COQUE.

El coque es un producto que presenta una gran variedad de posibles aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Fundición férrica.
- Sector del aislamiento.
- Fundición no férrica.
- Industria química básica.

Es por tal motivo, que según el Balance Nacional de Energía, este energético es demandando exclusivamente por el sector minero metalúrgico del Perú, para procesamiento de material minero. Tal es así, que la figura 6.26, muestra la proyección de este energético aplicando el modelo híbrido. Cabe indicar que la proyección del consumo de este energético va a depender mucho de las políticas de implementación de plantas minero metalúrgicas en el Perú, ya que actualmente se tiene gran producción de materia prima minera, mas no se da el valor agregado a este tipo de producción.

FIGURA 6.26. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE COQUE

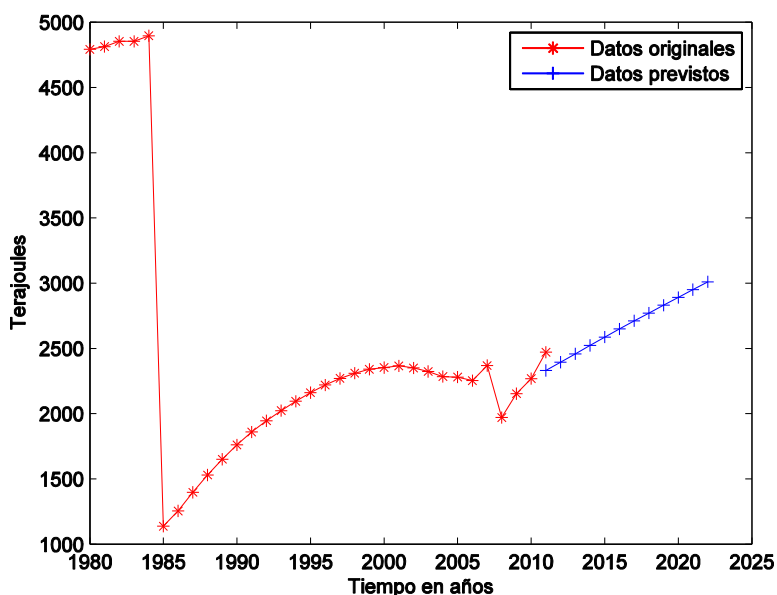


Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3.2. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: CARBÓN VEGETAL.

Para el caso de la demanda de carbón vegetal, según el Balance Nacional de Energía, este energético es consumido exclusivamente por el sector residencial y comercial, cabe indicar que según el modelo híbrido aplicado, el comportamiento prospectivo es creciente durante los 10 años de proyección. Es decir, que según el modelo híbrido podemos afirmar que dicho sector sufrirá grandes cambios crecientes de la demanda de este energético.

FIGURA 6.27. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA
SECUNDARIA DE CARBÓN VEGETAL



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3.3. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: GLP.

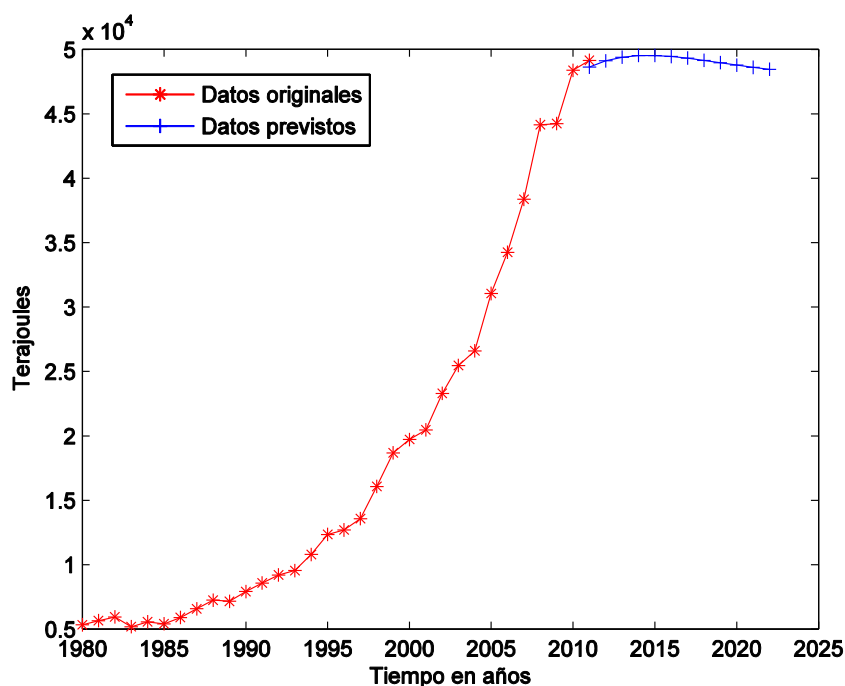
El GLP es un producto derivado, ya sea de la refinación de petróleo crudo, del gas natural o de la producción de petróleo. En los tres procesos de obtención el GLP debe ser separado del producto petrolífero o la fuente de gas natural.

El GLP para el almacenamiento en depósitos de gran escala y transporte marítimo es generalmente refrigerado como un líquido, pero es transportado y almacenado localmente en tanques o envases (garrafas, cilindros) presurizados. Por otro lado, este energético posee un alto poder calorífico comparado con la mayoría de otros productos petrolíferos y realiza la combustión fácilmente en contacto con el aire. Estas características han hecho del GLP un combustible

popular para el uso en la calefacción y cocinas domésticas, para procesos industriales, incluyéndolo como fuente de alimentación en la industria petroquímica y en forma creciente como un combustible automotor alternativo.

Tal es así, que a partir del año 1998, el GLP prácticamente es consumido en los diferentes sectores económicos clasificados según el Balance Nacional de Energía (Residencial y Comercial, Público, Transporte, Agropecuario y Agroindustrial, Pesquería, Minero Metalúrgico e Industrial). Cabe indicar que el sector Residencial y Comercial es el más importante consumidor de este energético, ya que en el año 2009 (BNE) se tuvo un consumo de 29666 TJ de los 42 887 TJ en total. Cabe indicar que según el modelo híbrido para el año 2022 se estará llegando a niveles de los 50 000 TJ de consumo de GLP por los diferentes sectores consumidores de energía en el mercado peruano.

FIGURA 6.28. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA
SECUNDARIA DE GLP



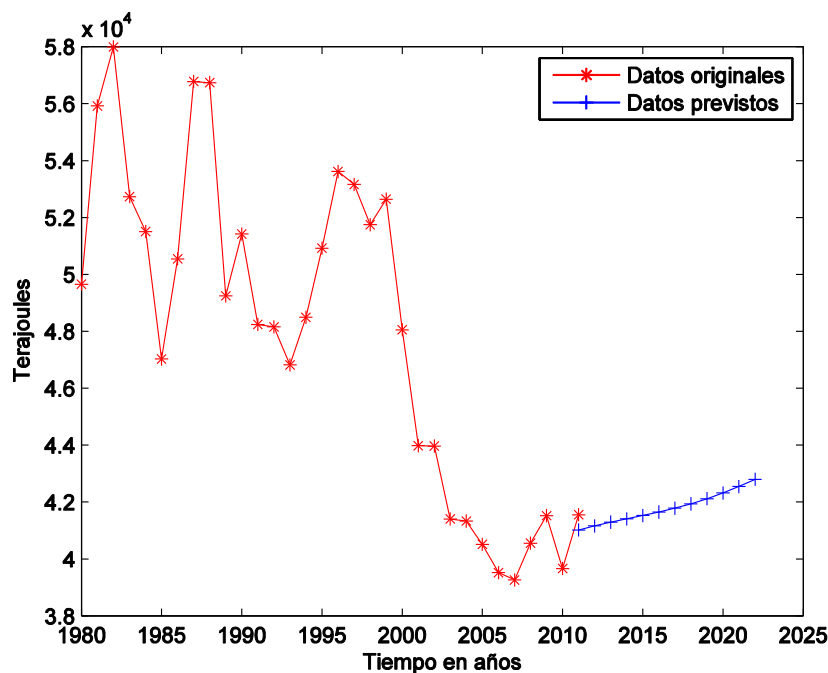
Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3.4. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: GASOLINA.

El Perú, un país eminentemente consumidor de derivados de petróleo crudo, hace que la gasolina sea un energético muy importante para la economía de este país. Tal es así, que según el Balance Nacional de Energía, el principal consumidor de este energético es el Sector Transporte, seguido por el Sector Público. Como se puede apreciar en la figura 6.29, el comportamiento a partir del año 1980 tuvo una tendencia cíclica, en vista que este energético depende de muchos factores (económicos, políticos, políticas gubernamentales, tributarios, etc). Según el modelo híbrido, se tiene que a partir del año 2013 hasta el año 2022 se tendrá un comportamiento creciente, en vista que este es un energético

muy importante en los diferentes sectores consumidores de energía, especialmente el sector transporte..

FIGURA 6.29. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE GASOLINA



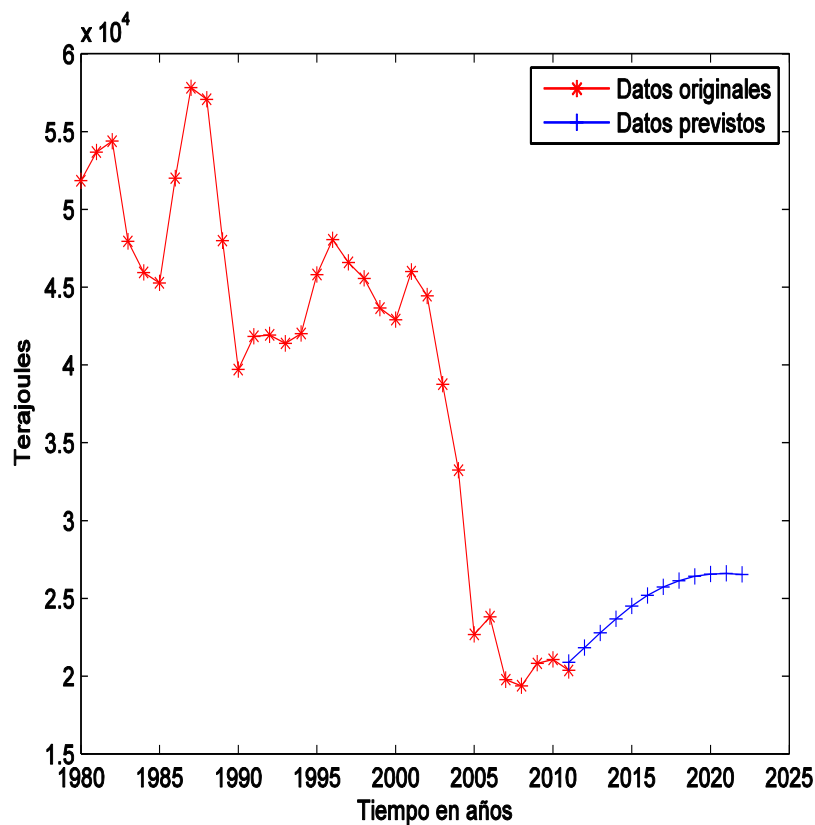
Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3.5. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: KEROSENE JET.

A partir del año 2013, el modelo híbrido proyecta el consumo del energético kerosene jet, cabe indicar que dichas proyecciones son aceptables hasta el año 2022, ya que a partir del año 2018 la tendencia es decreciente, ello a consecuencia que el modelo híbrido toma errores de datos proyectados y no de datos reales. Es así, que a partir del año 2009, el gobierno de Alan García Perez prohibió el consumo y venta de este energético en vista que el narcotráfico

utilizaba como insumo para procesamiento de pasta básica de cocaína, especialmente en la zona de VRAEM (valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro). Pero, cabe indicar que el crecimiento paulatino de la demanda de este energético también se debe a que el sector aeronáutico utiliza el kerosene jet, que es diferente al kerosene doméstico, en vista que tiene un mayor poder calorífico y mayor inflamabilidad.

FIGURA 6.30. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE KEROSENE

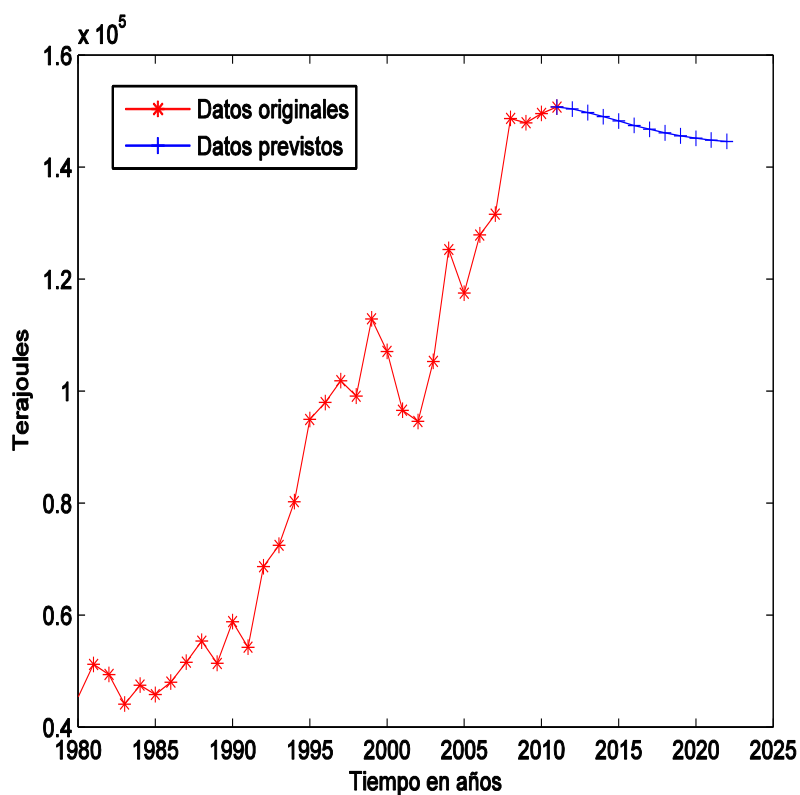


Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3.6. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: DIESEL OIL.

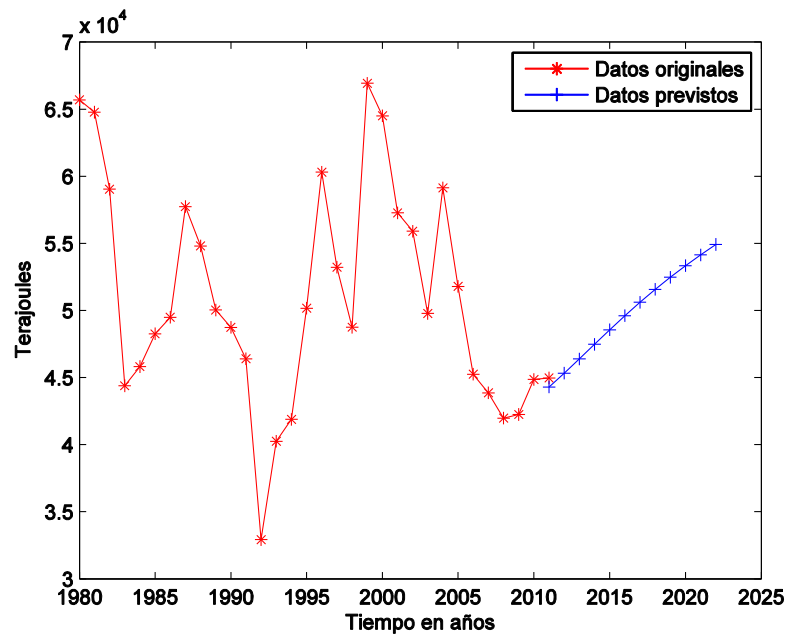
Este tipo de energético tal como establece el Balance Nacional de Energía, es consumido por todos los sectores económicos demandantes de energía. Además, se puede apreciar que el diesel oil y petróleo residual es el energético que más demanda tiene en el mercado peruano, ya que el año 2009 se tiene un consumo total de 151 433 TJ, aproximadamente un tercio del consumo total de energía. El modelo híbrido en la figura 6.31 nos muestra la tendencia creciente de la demanda de energía secundaria correspondiente al diesel oil.

FIGURA 6.31. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE DIESEL OIL



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

FIGURA 6.32. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE PETRÓLEO R.



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

6.4.3.7. DEMANDA DE ENERGIA SECUNDARIA: GAS DISTRIBUCIÓN.

El Perú, deberá tener como atención prioritaria, especialmente referidos a las políticas energéticas a este energético, en vista que se tiene muchas esperanzas de realizar la transferencia tecnológica en función al gas natural.

Es así, que el gas natural, como materia prima o insumo, deberá ser utilizado en el Perú en cuatro conjuntos principales de procesos: alimentación directa (combustión y potencia), siderúrgica, producción de combustibles sintéticos y de

gasoquímicos. El enfoque de valorización del insumo gas natural es diferenciado en cada una de estas vías principales.

- La primera vía, caracteriza al GN como un combustible para aplicación térmica residencial, comercial o industrial, para generación de potencia en termoeléctricas o procesos industriales y como carburante para el transporte, proporcionando una menor valorización posible.
- La segunda vía, que exige menor inversión inicial, comparada con las siguientes vías, resulta en menor valorización del insumo, por ejemplo, la aplicación siderúrgica, donde el gas natural es usado como reductor siderúrgico en altos hornos para procesamiento de minerales.
- La tercera vía, necesita de inversiones mayores y agrega mas valor al insumo, utilizando el gas natural como materia prima básica de procesos de producción de combustibles sintéticos como la gasolina, nafta, kerosene, aceites lubricantes, petróleo, parafina y otros.
- La cuarta vía, que requiere capital de inversión de magnitud bastante elevada y valoriza el insumo gas natural de forma apreciable, y la producción de gasoquímicos, que son la base de la industria moderna. La gasoquímica es la producción de petroquímicos a partir del gas natural que se diferencia de la producción tradicional a partir de derivados del petróleo por el insumo básico y por innúmeras ventajas, en particular la reducción expresiva de impactos ambientales. Los productos son los mismos, etano, propano, butano, polímeros (polietileno y polipropileno), materia prima en la

fabricación de fibras sintéticas, llantas sintéticas, plásticos, revestimientos, química automotora, productos nitrogenados, detergentes y otros.

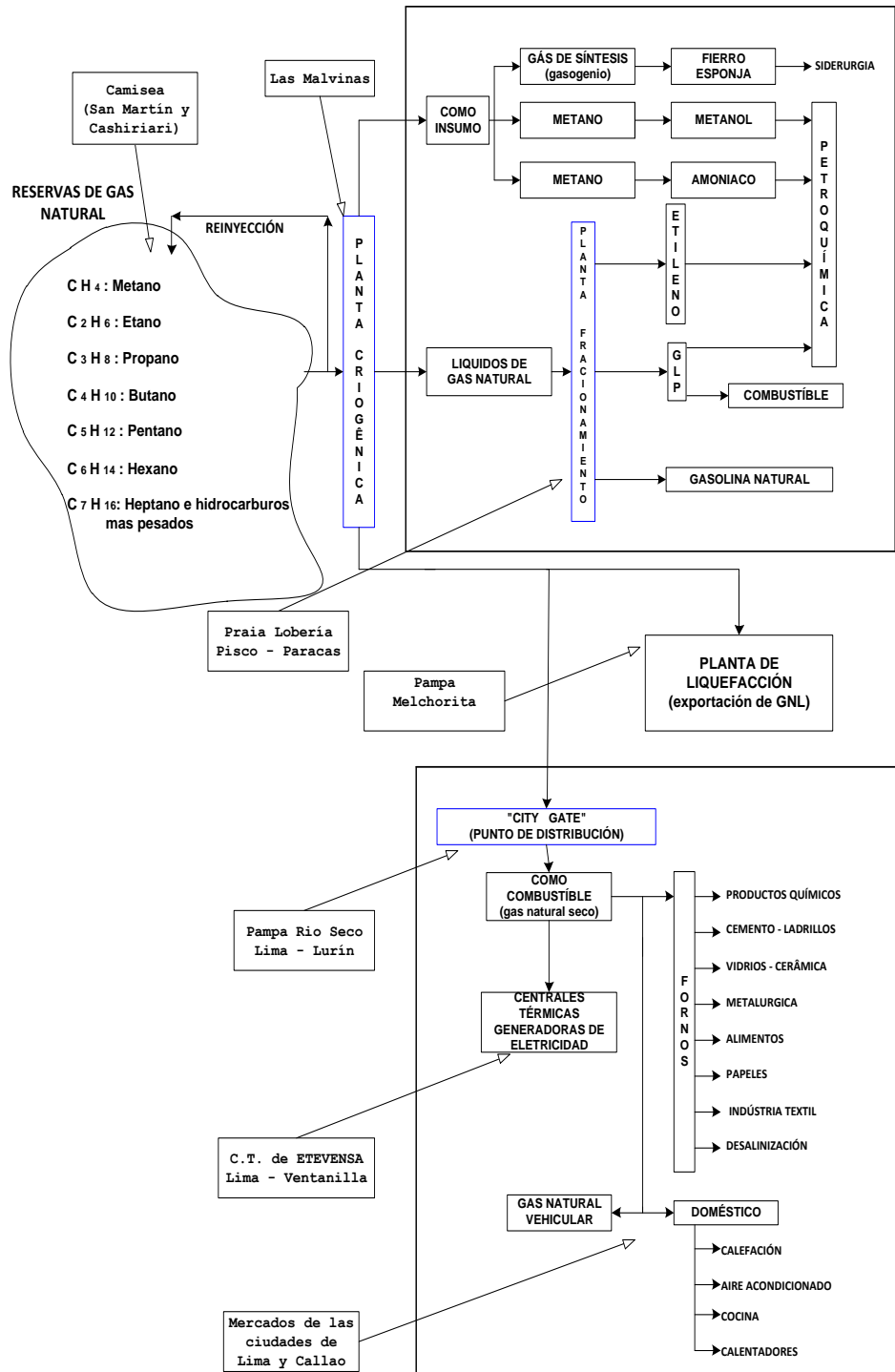
En la actualidad, el GN de Camisea, está siendo utilizado en estos primeros años de producción y operación por la primera vía. Se ha abastecido a centrales termoeléctricas que están consumiendo GN conjuntamente con algunas plantas industriales. Posteriormente, la industria intermediaria, hospitales, clínicas y hasta los pequeños negocios serán los posibles consumidores de este energético. Al ser utilizado por diversos segmentos de la sociedad, el gas natural mejora la calidad de vida de las personas, ya que comparado con los combustibles convencionales y no convencionales, es económicamente más ventajoso, tecnológicamente recomendado y ambientalmente menos impactante. La distribución en el sector vehicular, residencial, comercial y público es más complicado, ya que requiere infraestructura urbana y altas inversiones, tanto en obras y transmisión de conocimiento para que las personas adopte un nuevo energético.

Se observa en la figura 6.33, el esquema de utilización del GN en el mercado peruano. Las reservas de Camisea (San Martín y Cashiriari) y Pagoreni están conformados por los diversos compuestos químicos, donde el principal es el metano. A la salida de las reservas, se tiene dos destinos para el GN húmedo. 1. Para la Unidad de Procesamiento de GN (UPGN) ubicada en Malvinas. 2. Para procesamiento de reinyección en las propias reservas.

El procesamiento de GN húmedo en la UPGN, permite que los líquidos de gas natural sean transportados hasta la planta de fraccionamiento en Pisco, el cual permite la producción de diversos hidrocarburos para el mercado interno y externo. Pero, el GN seco es transportado hasta el citygate, localizado en Lurín. Este punto de distribución permite el uso de este energético para múltiples aplicaciones en la ciudad de Lima y Callao (generación de electricidad, calentamiento de hornos, gas natural vehicular, gas doméstico, etc.). Por otro lado, la instalación de una Planta de Licuefacción al sur de Lima permitirá la exportación del GNL a mercados de México y/o EEUU.

Según las consideraciones efectuadas, se tiene identificado cuatro posibles consumidores potenciales del gas natural, según el Balance Nacional de Energía del Perú, además que existe experiencias de países en desarrollo donde estos sectores potenciales se desarrollaron paralelamente con el consumo de este energético. Todo va depender del comportamiento de la demanda en el mercado interno, eso según las políticas y estrategias dirigidas por el Estado peruano y las instituciones públicas referidas al tema energético.

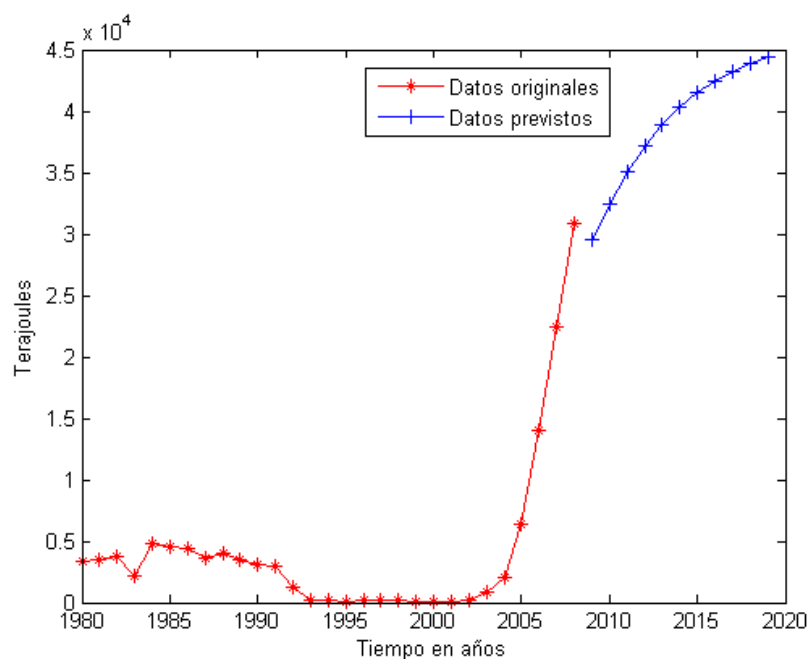
FIGURA 6.33. ESQUEMA DE UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL EN EL MERCADO PERUANO.



Fuente: Elaboración propia.

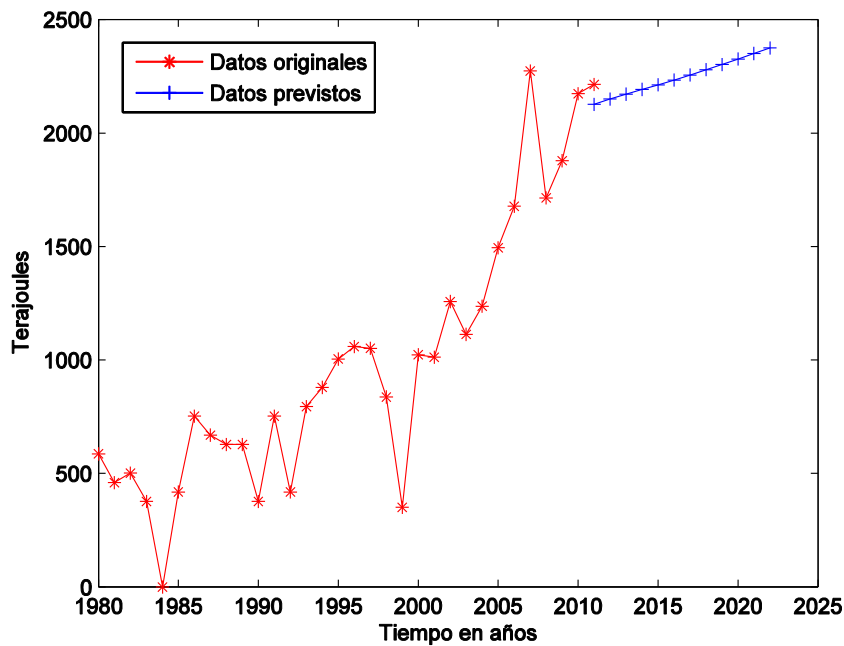
Se tiene especial consideración a este energético, en vista que aún se están realizando las políticas energéticas para que dicho combustible sea el de mayor importancia en el mercado peruano. A partir de las reservas de Camisea y Pagoreni, se espera que dicho combustible tenga un gran crecimiento en los próximos años sea a nivel de producción y consumo. Cabe indicar que el modelo híbrido aún no se puede validar los resultados obtenidos, en vista que la información obtenida va a sufrir muchas variaciones por los cambios que se espera realizará el gobierno a nivel político, tomas de decisiones, tributarios, sociales, ambientales y otros.

FIGURA 6.34. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE GAS NATURAL



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido.

FIGURA 635. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE GAS METALURGICO



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido .

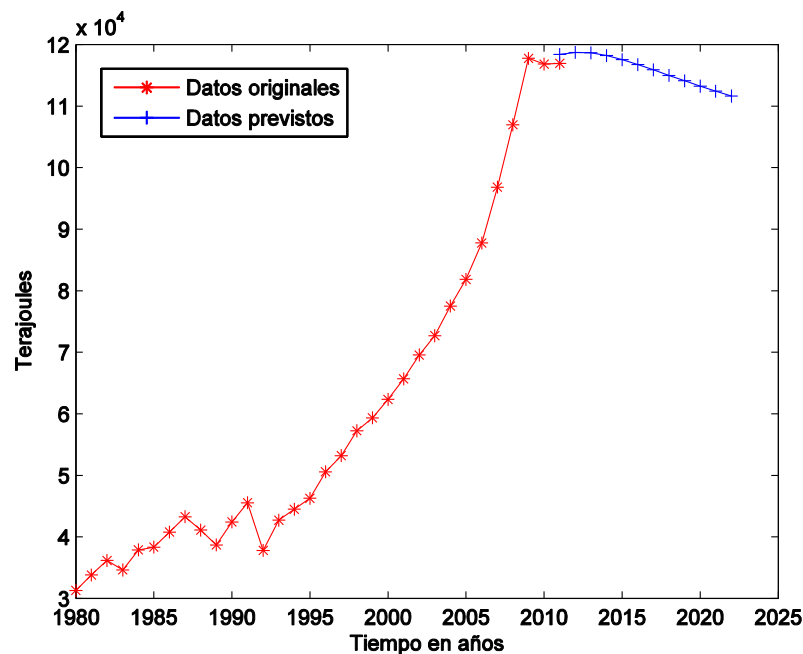
6.4.3.8. DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA: ELECTRICIDAD

La electricidad es el energético, según el Balance Nacional de Energía que es demandado por todos los sectores económicos consumidores de energía, con excepción del Sector Transporte, es por tal razón que dicho energético tiene una tendencia creciente desde del año 1980. A partir del año 2010, donde el modelo híbrido proyecta el consumo de electricidad y corrobora la tendencia creciente,

tal es así que en dicho año se tiene un consumo de electricidad de 110 000 TJ y en el año 2022 se tendrá 118 000 TJ.

Así mismo en la figura 6.36, puede observarse que durante 31 años analizados (1980 al 2011), la tendencia de crecimiento del energético electricidad fue positivo. Es decir, que dicho crecimiento pudo haber sido afectado por el crecimiento poblacional, PBI, nivel de exportaciones, situaciones políticas, etc. Pero, como se puede observar, la tendencia siempre estuvo marcada por un consumo en pleno crecimiento, ello a raíz de que la electricidad prácticamente es un servicio público básico en los diferentes sectores identificados en el Balance Nacional de Energía.

FIGURA 6.36. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA SECUNDARIA DE ELECTRICIDAD



Fuente: Resultados obtenidos de Modelo Híbrido .

CONCLUSIONES

Un análisis de los resultados y hechos encontrados en los asuntos estudiados, conduce a algunas conclusiones que merecen destaque en el final del presente trabajo:

Con la aplicación del modelo híbrido, se pudo determinar que las proyecciones de demanda y producción de energéticos a partir del Balance Nacional de Energía son en el corto plazo. El principio de las redes neuronales intentan simular el proceso de razonamiento y aprendizaje humano, realizando un entrenamiento de forma iterativa y a través del uso de ejemplos o “patrones”. La gran ventaja que presenta este tipo de modelos es la capacidad de modelar relaciones no lineales, a través de un proceso autónomo, sin especificar a priori alguna forma funcional del modelo. Por el contrario, la desventaja que presentan es que es necesario disponer de una cantidad de datos suficiente, de tal manera que la red logre asimilar el modelo subyacente. Este tipo de metodologías ha sido ampliamente utilizada para estimaciones a corto plazo y se han realizado algunos análisis para estimaciones a largo plazo, aunque este último caso ha estado fuertemente restringido dada la poca disponibilidad de datos.

El consumo final de energía del Perú se ha caracterizado por el mayor uso de hidrocarburos líquidos; sin embargo, después de la entrada en operación de Camisea se está sustituyendo dichos hidrocarburos por gas natural. Con respecto a otro energético, durante los últimos años se ha experimentado un fuerte incremento de la demanda de electricidad con tasas de crecimiento elevadas por encima del 5 por ciento. Debido a la prohibición de la comercialización del querosene en las zonas rurales ha sido reemplazado por GLP, y en otros casos se ha vuelto a utilizar leña en el uso cocción.

Para que el gas natural y los energéticos alternativos (solar, eólico, biomasa y otros) apoye el desarrollo peruano, es preciso que la producción y demanda de estos energéticos sean eficientes, ese hecho hará con que los procesos productivos sean también eficientes, llevando a una reducción de los costos de producción, mantenimiento de equipos entre otros, que se reflejará en menores precios de los productos y servicios finales.

Para que se tenga disponibilidad y demanda del gas natural y los energéticos alternativos, es preciso promover una nueva cultura del consumo de energía de las ciudades próximas al gaseoducto. Un cambio cultural de tal magnitud para ser efectuada en el menor tiempo posible, el cual tiene que ser duradera. Ello requiere de una participación efectiva de los diversos entes encargados (gobierno, empresas, población y consumidores).

El gran despegue del consumo de gas natural y energéticos alternativos en el mercado peruano no se creará por la libre oferta y demanda del mercado, pero si se basará en la promoción del energético, en acuerdo con el sector privado, en la difusión y educación de los consumidores y a través de la fuerte participación estatal, mediante la elaboración de políticas y estrategias (política de precios, tarifa de transporte, infraestructura de distribución, asistencia técnica, tecnología de usos finales, información, subsidios, leyes promocionales, ventajoso marco tributario y otros). Sólo así, se conseguirán múltiples oportunidades para el desarrollo de energéticos sustitutos del petróleo y sus derivados y por ende una mejor distribución del balance nacional de energía.

La adopción de energéticos sustitutos por los sectores urbanos y rurales de baja renta, se enfrentará a muchas barreras, relacionadas principalmente a las varias funciones que la leña actualmente realiza, especialmente en el sector rural. Por otro lado, el uso de este energético tradicional está acompañado de manifestaciones culturales, costumbres, tradiciones, etc, los cuales minimizarán las posibilidades de inserción del gas natural, eólica, solar, biomasa y otros como nuevo energético.

En base a la experiencia de otros países, se espera también que en el Perú el consumo del gas natural en el sector industrial y para la generación de electricidad sea mayor. Así mismo, en los sectores transporte, residencial, comercial y público, la demanda por este energético será probablemente mucho menor. Entre tanto, existe la posibilidad de disminuir esa diferencia mediante una fuerte participación del gobierno, que podrá promover las inversiones a través de facilidades tributarias, reglas bien definidas y otros instrumentos utilizados para estos sectores.

El petróleo y el carbón son los recursos energéticos no renovables utilizados que originan grandes cantidades de contaminantes, que ocasionan problemas ambientales (mayor calentamiento global - efecto invernadero), los que obligan a coordinar esfuerzos, buscar soluciones racionales y enmendar rumbos en función a la proyección del Balance Nacional de Energía.

Urge desarrollar un planeamiento estratégico energético considerando los recursos que tiene el país, el desarrollo descentralizado, incentivando la investigación en el desarrollo de tecnologías limpias, creando cultura en el ahorro y la eficiencia energética, política de precios racionales y tomando en cuenta las diferencias económicas y sociales de nuestro país (responsabilidad social).

La política energética debe contemplar el comportamiento del estado y de las empresas vinculadas a las actividades energéticas, en lo relacionado a los recursos naturales, la protección ambiental y las relaciones con las comunidades.

TEMAS PARA TRABAJOS FUTUROS

El comportamiento del futuro mercado energético en el Perú, será muy complejo, pues envuelve muchos factores de carácter técnico, económico, sociológico, territorial y cultural. De ese modo, la presente tesis a nivel doctoral deja abierto algunos temas y futuras investigaciones, entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

- Estudio del consumo del gas propano de petróleo (GLP) en el mercado informal peruano.
- Propuesta de una metodología para el análisis del impacto ambiental y sociocultural del Proyecto Camisea y Pagoreni.
- Desarrollo de modelos energéticos prospectivos para la cuantificación de impactos ambientales a partir de uso de energéticos en sectores económicos del Perú.
- Modelo Híbrido para pronóstico de emisión de contaminantes, según el Balance Nacional de Energía.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Aal, R.E. (2007). Univariate Modeling and Forecasting of Monthly Energy Demand Time Series Using Abductive and Neural Networks, *Computers & Industrial Engineering*. Vol 54, pp. 903-917.

Alsayegh, O., Almatar, O., Fairouz, F., Al-Mulla _Ali A. (2007). Prediction of the Long-Term Electric Power Demand Under the Influence of A/C Systems, *Journal of Power and Energy*, vol. 221. Pp. 67-75.

Amjady, N., Keynia. F. (2009). Short-Term Load Forecasting of Power Systems by Combination of Wavelet Transform and Neuro-Evolutionary Algorithm, *Energy*. Vol 34, pp. 46-57.

Azadeh, A., Ghaderi, S.F. Tarverdian, S., Saberi, M. (2007). Integration of Artificial Neural Networks and Genetic Algorithm to Predict Electrical Energy consumption, *Applied Mathematics and Computation*. Pp. 1731-1741.

Bashir, Z.A., El- Hawary, M.E. (2009). Applying Wavelets to Short-term Load Forecasting Using PSO-Based neural Networks, *IEEE transactions On Power Systems*, vol 24, pp. 20-27.

Beccali, M., Cellura, M., Lo Brano, V., Marvuglia, A. (2004). Forecasting Daily Urban Electric Load Profiles using Artificial Neural Networks, Energy Conversion and Management, vol 45, pp. 2879-2900.

BCRP (2010), Reporte de inflación: Evolución y perspectivas. Informe mensual del PBI, empleo, balanza comercial y operaciones del gobierno central . www.bcrp.gob.pe. 10 enero del año 2011.

Beltrán Castañón, Norman Jesús (2003). Análise da Demanda Energética com a Insercao das Jazidas de Gas Natural de Camisea. Teses de PosGraduacao na Universidade de Sao Paulo. Instituto de Electrotecnicia e Energia.

Bonifaz, J.L. (2009). Distribución eléctrica en el Perú: Regulación y Eficiencia, Volumen II. Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) – Universidad del Pacífico.

Camacho, F.T. (2000). Desenhos de Mercado do Setor de Gás Natural e o Caso Brasileiro. PhD. Thesis, EPGE FundacaoGetulio Vargas.

Campbell, P.R.J. (2007). A Hybrid Modelling Technique for Load Forecasting. IEEE CanadaElectricalPowerConference, pp. 435-439.

Carrera, G.A. (2000), Utilizacao do gás natural de Camisea (Perú), para la viabilizacao de sistemas eléctricos e de gás no norte de centro do Brasil. Dissertacao de mestrado. Instituto de Electrotecnicia e Energía. Universidade de Sao Paulo (Brasil).

Connolly, D. and Lund, H. and Mathiesen, B.V. and Leahy, M.(2010), A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. AppliedEnergy.Elsevier. Vol. 87, Nro. 4, pp. 1059-1082.

DGH (2006). Hidrocarburos, informes mensuales de estadísticos, Agosto. En: <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgh/estadisticas/informens/2006/agosto/agosto.htm> (visitado octubre 2006).

Energía & Negocios (electricidad, automatización e industria). Anuario energético industrial 2006. Lima, Perú.

Energías Renovables para el Desarrollo. (2002). Ed. Paraninfo- Thomson Learning, España.

EIA (2006), World Consumption of Primary Energy by Energy Type and Selected Country Groups, 1980-2004» (XLS). Energy Information Administration, U.S. Department of Energy (July 31 2006).

<http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table18.xls>

Consultado el 01-08-2012

Findlay, R., LiuFang /2006). Prediction of Ontario Hourly Load Demands and Neural Network Modeling Techniques, Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. Pp. 372-375.

Gonzales, P.A., Zamarreño, J.M. (2004). Prediction of Hourly Energy Consumption in buildings Based on a Feedback Artificial Neural network, *Energy and Building*, vol. 37, pp. 595-601.

Gas & Negocios (revista de petróleo, gas y energía). Años 2005 y 2006. Perú.

Heaps, C.G. (2012). Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2012.0014] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA.
www.energycommunity.org

Hunt, D. (1984). Diccionario de energía, tomo 7. Editorial Publicaciones Marcombo, México.

INEI, Perú en cifras. <http://www.inei.gob.pe/perucifrasHTM/infeco/pro029.htm>
(visitado en agosto del 2006).

Jang, J., Sun C., (1995). Neuro-Fuzzy Modeling and Control, *Proceedings of the IEEE*, vol. 83, pp. 378-406.

La hora del gas (revista especializada en gas e hidrocarburos). Anuario de gas y petróleo año 2004, 2005 y 2006. Perú.

La Recherche. (1987). Las nuevas energías, recopilación de artículos, ediciones Orbis, S.A. Tercera edición, Barcelona, pp 255.

Minas & Pozos (revista internacional de Minería, Petróleo y Energía) marzo 2006.

Perú.

Nahi S. (2006). Load Forecasting on Special Days & Holidays in Power Distribution Substation Using Neural&Fuzzy Networks, IEEE International Conference on computational Intelligence for Modeling Control. Pp.118- 123.

MINEM (2011). Balance Nacional de Energía 2009, Ministerio de Energía y Minas de Perú, Gobierno Peruano. Febrero 2011.

<http://www.minem.gob.pe/estadisticasSector.php?idSector=12>

Consultado el 01-08-2012

Morante, F. (2000). Demanda energética em solar homsystems. Dissertacao de mestrado, Instituto de Electrotecnica e Energia – Universidade de Sao Paulo (Brasil).

MME (BASE 2010). BalancoEnergetico Nacional 2010- Brasil, Volumen 1. Ministerio de Minas e Energia – Secretaría de energía – DNDE/SEN /MME.

Yang, H.Y., Ye, H. Wang, G., Khan, J. Hu, T (2006). Fuzzy Neural Very-Short- Term Load Forecasting Based on Chaotic Dynamics Reconstruction. Chaos Solutions&Fractals, vol 29, pp. 462-469.

Yap, K.S., Abidin, I.Z. (2006). Short term Load Forecasting Using a Hybrid Neural Network, First International Power and Energy Conference PECon, pp. 123-128.

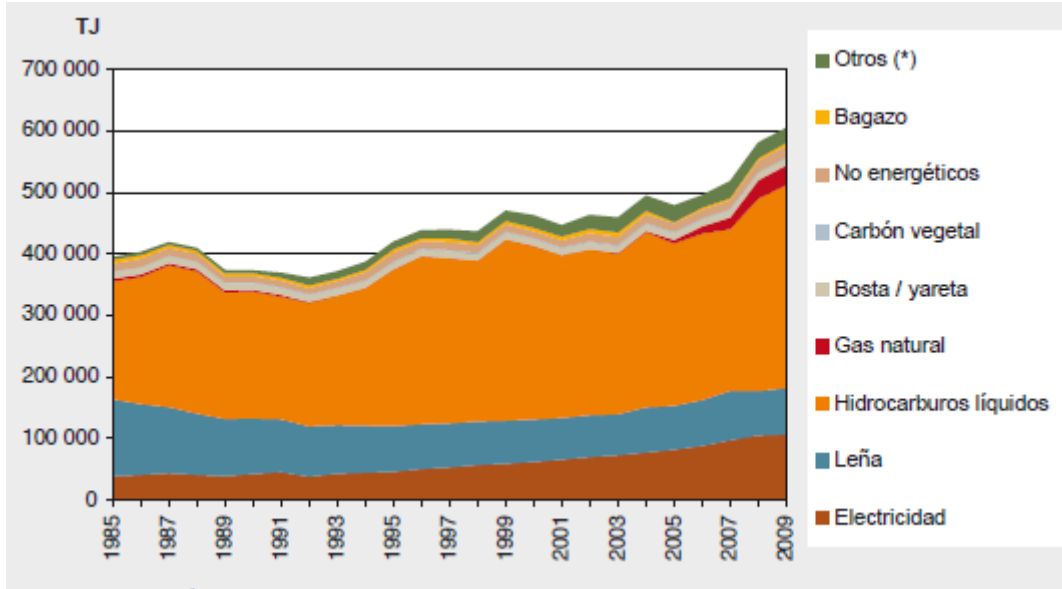
Zadeh.L.A. (1965). Fuzzy Sets, Information and Control, vol 8, pp. 338-353, Junio de 1965.

Zadeh, L.A. (1973). Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decisión Processes, IEEE Transactions on Systemas, Man and Cybernetics, vol SMC-3, pp 28-44, Enero 1973.

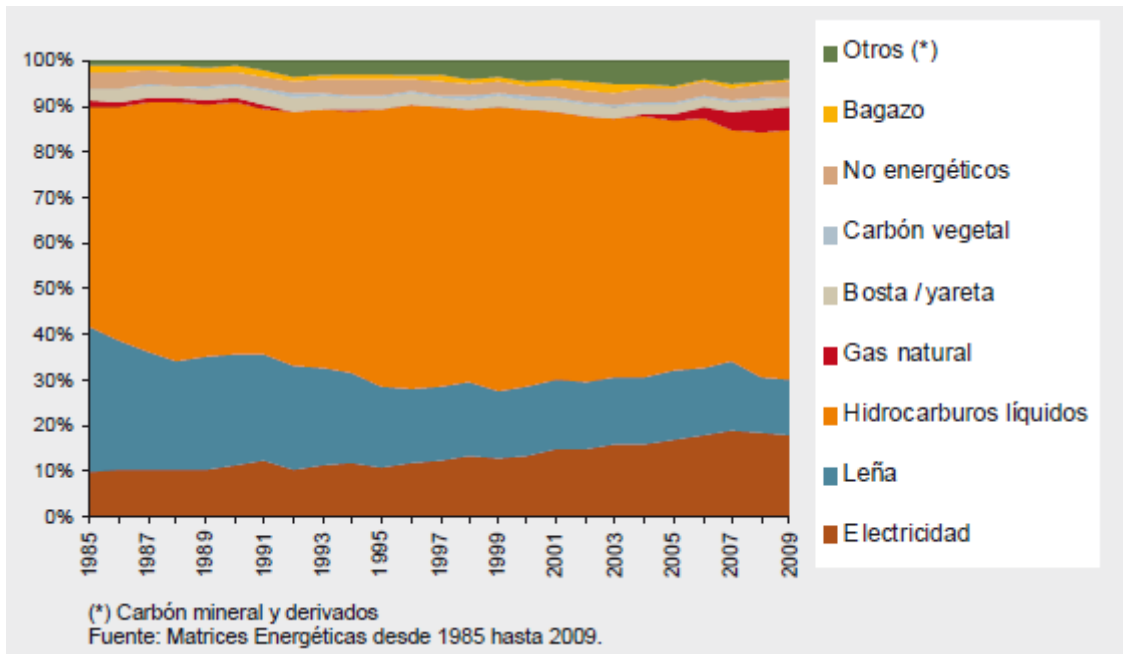
ANEXOS

A. PROSPECTIVA MEDIANTE EL MODELO LEAP

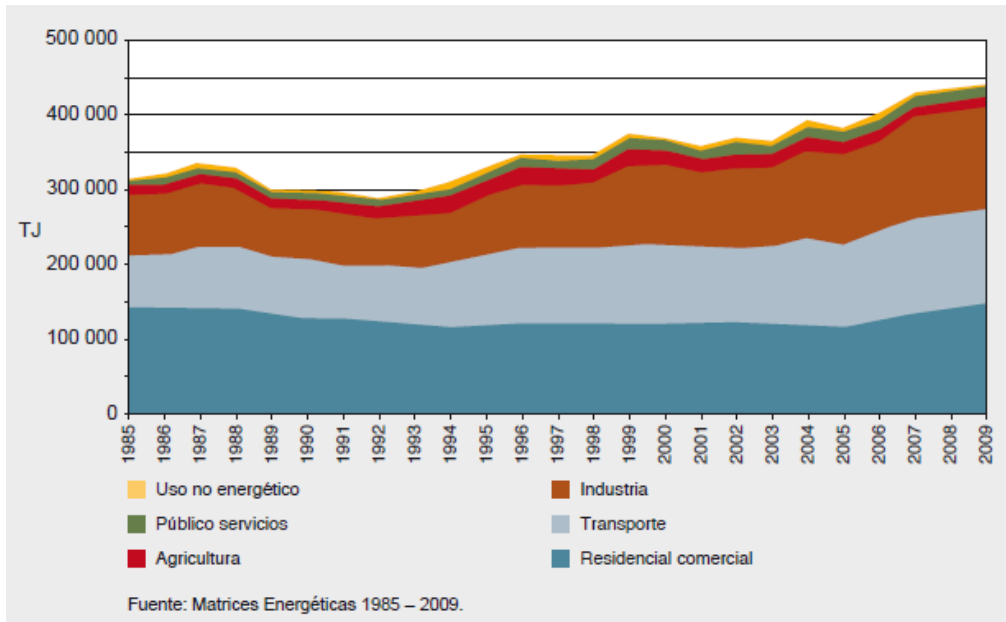
A.1. DESARROLLO DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN EL PERÚ



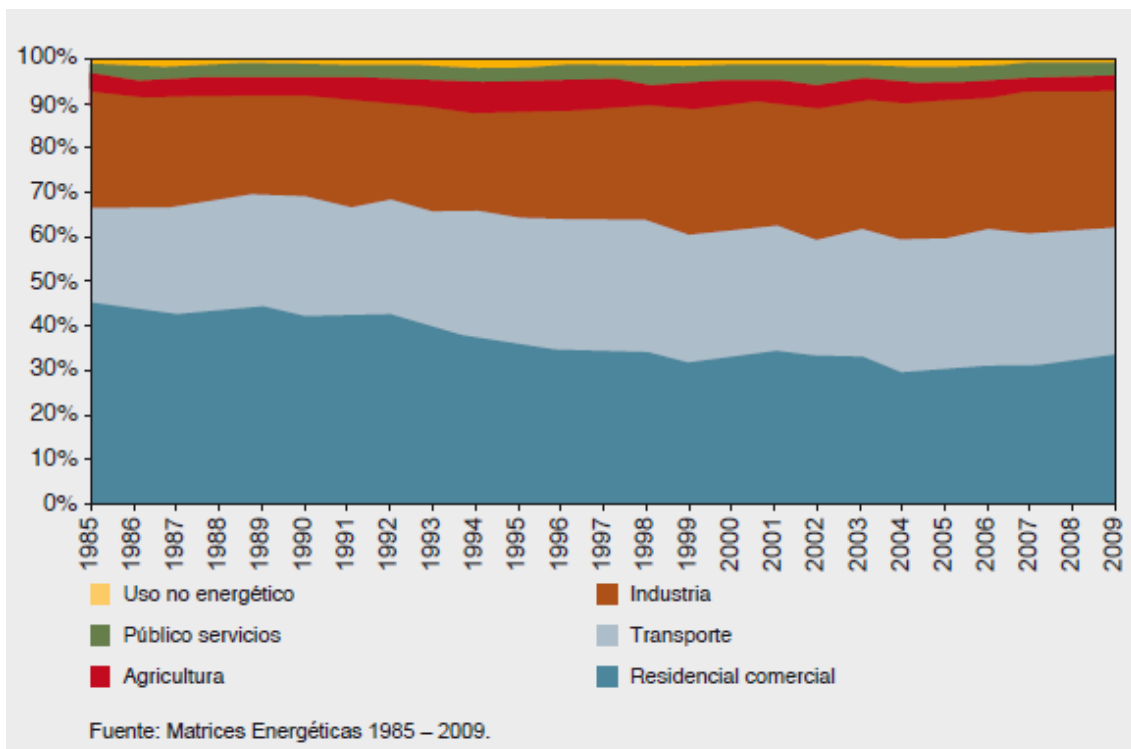
A.2. ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN EL PERÚ



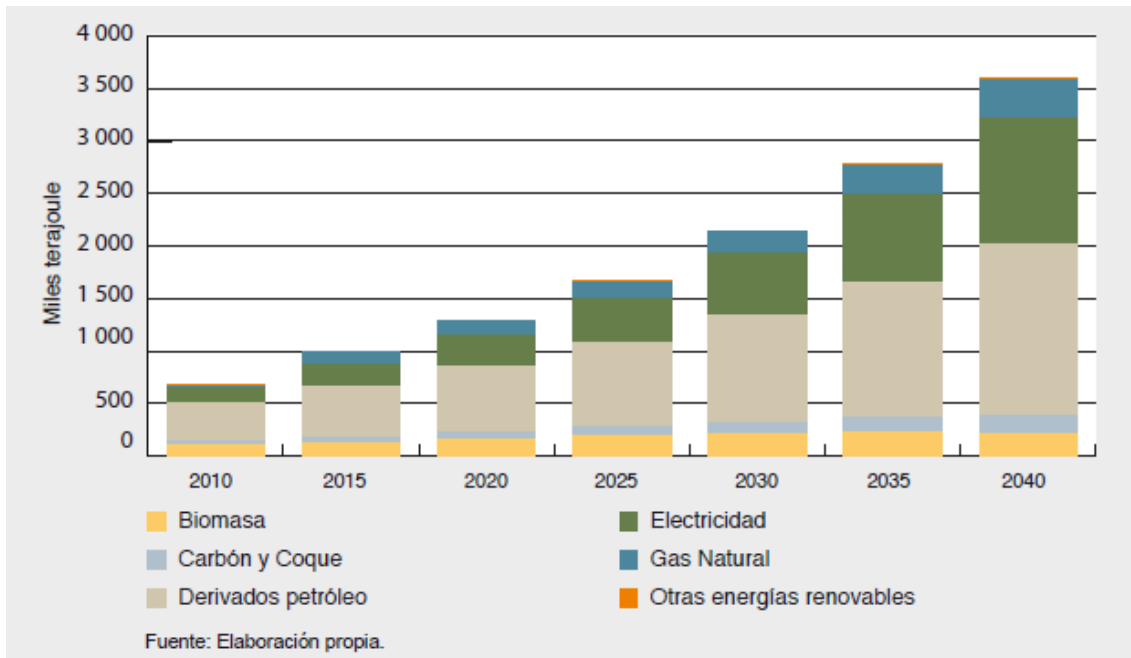
A.3. DESARROLLO DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR SECTORES.



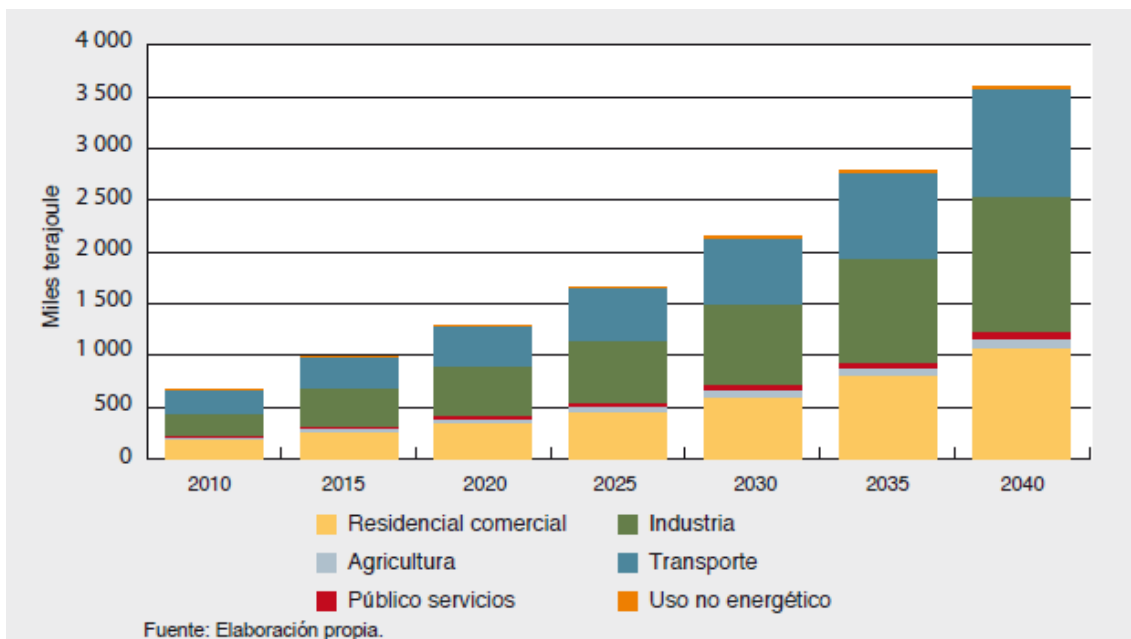
A.4. ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR SECTORES



A.5. DEMANDA DE ENERGÍA FINAL



A.6. DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL CONSUMO



A.7. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA PRIMARIA

