

# ESCENARIOS A LARGO PLAZO DEL DESARROLLO ENERGETICO Y SU IMPACTO AMBIENTAL

*José Somoza*

## **Resumen:**

El tema principal abordado en este trabajo está directamente relacionado a la determinación de los escenarios, de referencia y alternativos, de desarrollo energético a largo plazo y su impacto ambiental, utilizando las técnicas del análisis prospectivo. El horizonte temporal de la proyección abarca los próximos 30 años, tomando como año base el 2000. En las proyecciones se utilizan una serie de métodos que van desde los modelos econométricos de demanda hasta los soft wares especializados que utilizan modelos de simulación, como es el caso del DEMAD.

Se hace especial énfasis en la conformación del Escenario Base, de referencia o línea de base, tarea en la que participaron un conjunto de expertos pertenecientes a las diferentes instituciones involucrados en la actividad energética: productores, grandes consumidores, instituciones de investigación, planificadores, reguladores, entre otras.

En el trabajo se hace una necesaria evaluación del pasado reciente tanto del desempeño macroeconómico como del energético, se construyen el paquete de supuestos que van a caracterizar el Escenario Base y sobre esta base se hace la proyección de la demanda final de energía por sectores y tipo de portadores energéticos, y la forma en que esta se deberá cubrir.

**Palabras Claves:** Cuba / demanda energética / gases de efecto de invernadero / proyección energética / escenarios energéticos.

[Pepe@inie.get.tur.cu](mailto:Pepe@inie.get.tur.cu)

[Adriano@inie.get.tur.cu](mailto:Adriano@inie.get.tur.cu)

## INTRODUCCION

El presente trabajo está enmarcado dentro del Proyecto Científico-Técnico Ramal (PCTR) “Reconstrucción Estadística y Análisis Prospectivo sobre el Desarrollo Energético Cubano y su Impacto Ambiental”, con el cual se pretende hacer una amplia recopilación y sistematización de la información estadística existente sobre el tema de la energía, con el fin de conformar un cuadro informativo integral y coherente, para un período lo suficientemente amplio, estructurado metodológicamente, de manera que permita su utilización flexible para abordar cualquier tipo de análisis de la actividad, e incluso permita hacer comparaciones internacionales.

En particular, en este trabajo, se propone la definición de los elementos claves para la construcción, en una primera aproximación, de un escenario base para el consumo de energía del país, abordando tanto los temas de corte metodológico para la definición de las variables claves de impacto, como de la propia proyección energética y su impacto ambiental relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la quema de combustibles.

En esta primera parte se logró levantar una copiosa cantidad de información, tanto de indicadores macroeconómicos, como datos relativos a la propia actividad energética, a partir de la revisión y adecuación de los datos presentados en importantes publicaciones económicas y bases de datos internacionales.

Por otra parte, resulta importante destacar los esfuerzos realizados desde el punto de vista del análisis prospectivo, con un grupo de especialistas pertenecientes a las principales actividades (economía, demografía, productores de energía y grandes consumidores finales de la misma, entre otros) involucradas en el tema, con el fin de elaborar una primera aproximación de escenarios energéticos posibles y, principalmente, alcanzar un consenso en relación a los elementos claves, técnicos y metodológicos, a tener en cuenta para la definición del Escenario Base.

Para la proyección del escenario base energético se utilizaron diferentes metodologías que van desde la utilización de paquetes de programas especializados en el tema energético de tipo “ingenieril” como el ENPEP (módulos MAED y WASP), modelos econométricos para la estimación de la demanda energética, hasta la metodología empleada por OLADE en el SIEE Prospectivo.

En esta línea, se estrecha la colaboración con CUBAENERGIA para la asimilación y puesta a punto de diferentes módulos del ENPEP con el fin de expandir la cantidad de herramientas disponibles para el análisis y proyección energética.

Vale la pena dejar claramente establecido algunos por qué: por qué la utilización del enfoque de escenarios, por qué se hace énfasis en el largo plazo, por qué el interés particular en el “diseño” de un Escenario Base.

La evolución futura de los sistemas energéticos y de las emisiones provenientes de los mismos es el resultado de la interacción de muy complejos procesos que involucran fuerzas de gran dinamismo, como son los casos del desarrollo socioeconómico, las tendencias demográficas y el cambio tecnológico, y que, a la vez, contienen un importante nivel de incertidumbre.

Por lo tanto lo que persigue con el enfoque de escenarios es la creación de imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro con el fin de analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en la evolución del sistema energético y poder tomar las acciones necesarias. En este sentido, este enfoque resulta un instrumento de evaluación muy apropiado.

Ahora, este enfoque se aplica, preferentemente, al largo plazo ya que de esta manera se obtiene un mayor grado de libertad para la evaluación y la adopción e implementación de políticas y estrategias de desarrollo o acciones. No debe perderse de vista que tanto el diseño con la puesta en marcha de los sistemas energéticos, en especial de nuevos sistemas, involucran inversiones de equipamiento y tecnologías con relativamente altos períodos de ejecución, relativamente altos niveles de riesgo y de largos períodos de vida útil, lo que implica importantes costos hundidos o irreversibles. Por otra parte, los impactos sobre el medio ambiente de los desechos, que en su mayoría tienen un carácter acumulativo, proveniente de los mismos, tienen consecuencias en momentos bastantes distantes, temporalmente, con relación al período en que han sido emitidos.

Por qué se hace tanto énfasis en el “diseño” del Escenario Base. Un primer punto está dado por la necesidad de contar con un punto de referencia, o línea base para la evaluación de las políticas energéticas, macroeconómicas, tecnológica y de mitigación de los impactos negativos sobre el medioambiente. Esto está, de manera relevante, vinculado a la importancia de la creación de un marco de certidumbre y credibilidad en cuanto a la definición de estrategias nacionales sobre el tema energético y, en especial, ambiental que permita elevar el atractivo del país como receptor de fondos internacionales de inversión relacionados con la implementación de los mecanismos de transferencias de recursos y tecnologías por parte de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, como por ejemplo, el mecanismo de desarrollo limpio u otros mecanismo de flexibilidad enunciados en el Protocolo de Kyoto.

Por último, destacar la importancia de ver el “ejercicio” de elaboración de los escenarios como un proceso abierto que recaba la participación de muchas personas y la formulación de muchas observaciones.

## ENFOQUES DE MODELACION.

### • MODELACION MACROECONOMICA

Se aplicó un enfoque heterodoxo de modelación económico-matemática del crecimiento económico y su componente estructural, que responde al criterio de lograr un reflejo lo más concreto posible de las particularidades y condicionantes específicas del desarrollo económico nacional. De tal modo, se particiona en dos etapas el período a proyectar (mediano y largo plazo) y, de manera diferenciada y articulada para ambas, se utilizan de forma conjugada modelos econométricos y de simulación y enfoques macroeconómicos e ingenieriles de modelación<sup>1</sup>.

En el mediano plazo, las evaluaciones para la estimación de los determinantes del crecimiento del PIB que vinculan la dinámica del producto básicamente con el desempeño de variables del comercio internacional, la construcción matemática considerada en nuestro caso están basadas en el trabajo realizado por especialistas de la sección de Macroeconomía del INIE con relación a la estimación de un modelo de crecimiento económico con restricción en el sector externo<sup>2</sup>.

Desde el punto de vista econométrico, para verificar la validez del Modelo de Crecimiento con Restricciones de Balanza de Pagos, es necesario probar la existencia de una relación significativa entre la demanda de importaciones y el PIB.

En la modelación de las importaciones se toman como variables explicativas el PIB (y) a precios constantes y los índices de precios de la exportaciones (px) y de las importaciones tomadas como las primeras diferencias del logaritmo de dichas variables, lo cual implica que los coeficientes estimados puedan interpretarse como elasticidades. El modelo utilizado se presenta a continuación y los resultados de la corrida se muestran en la tabla 1 del Anexo 1.

Se observa como aspecto de interés, la elevada elasticidad del crecimiento de las importaciones respecto al crecimiento del PIB (1,7), lo que pone de manifiesto la relevancia de las políticas de sustitución de importaciones para disminuir los impactos negativos del sector externo en el crecimiento económico del país.

A partir de lo anterior se formula el modelo de crecimiento del PIB con restricciones de la balanza de pagos. Los resultados de la regresión se presentan en la tabla 2 del Anexo 1.

---

<sup>1</sup> En este sentido, se parte de un análisis de las tendencias recientes de las principales variables macroeconómicas, del sector externo y de la balanza de pagos y su proyección en el corto – mediano plazo, contenidas en “Proyecciones de la Economía para el Período 2000 – 2005”, Ministerio de Economía y Planificación (MEP), 17 de enero del 2000, (secreto).

<sup>2</sup> Ibidem.

En este modelo se evidencia la notable influencia de las variables de la balanza de pagos (y por tanto el impacto de las restricciones externas) en la dinámica del PIB para el país.

Según los parámetros obtenidos se tendría, por ejemplo, que en una variante de crecimiento del PIB del 5.5% anual, las importaciones crecerían alrededor de un 9%, mientras que las exportaciones lo harían a una tasa aproximada del 8.3%. Estas relaciones no serían factibles en el mediano plazo pues los requerimientos para honrar los compromisos de la deuda obligarían a una mayor dinámica exportadora o a una dinámica menor de las importaciones.

En el **modelo econométrico para el largo plazo** utilizado se empleó, fundamentalmente, para validar proyecciones con un horizonte temporal superior a los 10 años.

La mayoría de los estudios econométricos que han relacionado comercio y crecimiento han sido especificados como modelos lineales donde se relaciona el crecimiento del PIB con el de la tasa de crecimiento de la acumulación del capital, la mano de obra y alguna medida del comercio internacional<sup>3</sup>.

En la modelación para el caso cubano se utilizaron como variables explicativas, la inversión, el promedio de trabajadores (como proxy de la acumulación de capital y la mano de obra respectivamente), las exportaciones y las importaciones, tomadas como logaritmo, lo que permite interpretar los coeficientes estimados directamente como elasticidades.

Los mayores valores absolutos de las elasticidades se obtienen para las exportaciones y para el promedio de trabajadores, lo que corresponde con la lógica de lo hasta aquí expresado. El bajo valor de elasticidad obtenido para las importaciones puede estar indicando que los procesos de sustitución de importaciones tienen límites en el caso de una economía pequeña.

## • **EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DINÁMICA DEL PIB EN EL PASADO RECIENTE.**

Como resultado de la crisis de inicio de los 90, se producen sensibles cambios en la participación en el PIB en los sectores Agropecuario, Construcción y Servicios, en los dos primeros ocurre una contracción notable como resultado de una caída más pronunciada del valor agregado sectorial con relación al del producto total (ver tabla 3, Anexo 1), mientras que en el último ocurre un incremento de su participación en igual magnitud a la caída acusada por la agricultura y las

---

<sup>3</sup> Ver: Hendrik van den Berg (1996): "Libre Comercio y Crecimiento: la Evidencia Econométrica para América Latina", Comercio Exterior, mayo de 1996.

construcciones, no obstante incluir el transporte que fue uno de los sectores más afectados por la crisis.

En este período la participación del sector manufacturero permanece casi constante. Sin embargo, al interior del sector ocurren cambios en el ámbito de los subsectores considerados (ver tabla 4, Anexo 1).

En este sentido, se observa entre 1989 y 1993 una sensible caída en la participación sectorial en Materiales Básicos y Maquinarias y Equipos a favor Materiales no Duraderos. Sin embargo al final del decenio ambos subsectores recuperan e incluso superan los niveles de participación correspondientes al año 1989, mientras que Materiales no Duraderos, donde se incluye la Industria azucarera, pierde peso en el valor agregado manufacturero.

Resulta decisivo en este comportamiento, en el caso de Materiales Básicos, el desempeño de las ramas del Combustible, caracterizada por una incipiente reanimación de la refinación e importante incremento en la actividad de exploración y extracción de petróleo y gas natural; la Minería y Metalurgia no Ferrosa, en especial la producción de Ni+Co; y la Industria Química. Por otra parte, llama la atención la continua pérdida de participación acusada por la Industria de Materiales de la Construcción, la cual concentraba en 1989 el 22.5% del valor agregado manufacturero, mientras que en el 2000 solo alcanzó el 14%.

En el caso de Maquinaria y Equipos resulta determinante el comportamiento de la Industria de Construcción de Maquinarias no Eléctrica, en especial la actividad metalmeccánica enmarcada en el SIME, la cual ya en el 1993 acusaba un importante incremento en su participación subsectorial, y de Productos Metálicos que contrae su participación de 23% a 18% en el período comprendido entre 1989 y el 2000.

En la evolución estructural del subsector de Materiales no Duraderos se destaca el efecto conjugado de la reducción de los niveles de producción en la industria textil, cuero y confecciones y la no recuperación de los niveles históricos de producción de azúcar, situación que fue contrarrestada por el incremento de la participación de bebidas y tabaco y, en menor medida, de la Industria Alimentaria.

Por otra parte, en los últimos tres años el PIB ha registrado un ritmo de recuperación de 4.4% como promedio, modesto aún si se considera la dramática caída entre 1989 y 1993 y por tanto del bajo nivel de referencia. Sin embargo, el crecimiento registrado en el 2000 fue significativo al alcanzar un 6.2% más que en 1999<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> El crecimiento del PIB en 2001 fue notablemente inferior al registrado en el 2000, 3.0%. Lo previsto para el 2002 es un crecimiento de la misma magnitud que la registrada en el 2001.

La dinámica del PIB entre el 1998 y el 2000 ha sido guiada, en lo fundamental, por el desempeño del Sector Servicios, con protagonismo para la Industria Turística. Este sector crece en el período a una tasa promedio del 6.6%, 2.2 puntos porcentuales más que el promedio de la economía.

Si se compara los resultados alcanzado por la economía en el año 2000, base de las proyecciones, respecto a 1999, se observan crecimientos notables en los sectores más afectados por la crisis. La Industria Manufacturera crece modestamente como resultado del comportamiento contractivo de Materiales no Duraderos, no obstante la fuerte expansión de Materiales Básicos liderado por la rama de los Combustibles.

- **ESCENARIO ECONÓMICO BASE. PREMISAS Y RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN REALIZADA.**

El Escenario Base o de Referencia respecto a la evolución de la Economía Nacional se construyó bajo una lógica que supone un movimiento inercial de continuidad con respecto a las condiciones económicas y a las políticas aplicadas o iniciadas en el período anterior al proyectado, lo que conlleva considerar un determinado seguimiento respecto a las medidas de racionalización, mejoras organizativas, gerenciales, regulatorias e institucionales con impactos de importancia en la elevación de la eficiencia y la competitividad de la economía.

Para una descripción sucinta de las premisas específicas de este Escenario convendría dividir los factores a considerar en internos y externos para agrupar los mismos en esos dos conjuntos: factores externos y factores internos.

Los resultados generales de la proyección se observan en la tabla 6 del Anexo 1.

El nivel del PIB en 1989 se recupera en el año 2004. El volumen inversionista quinquenal acumulado en 1985-89 se recupera en el 2007-2011 y la tasa de acumulación de la Economía en 1989 se recupera después de mediados del quinquenio 2011-2015.

En promedio para los 30 años proyectados, la tasa de incremento promedio anual del PIB resulta de un 4%.

El coeficiente de exportaciones del PIB crece de forma similar a lo observado como promedio en los últimos 6 años; y el coeficiente de importaciones en los primeros años de la proyección se mantiene prácticamente estancado y después comporta un crecimiento débil (coincidente con la tendencia observada en los últimos 3 años).

La tasa de desempleo se mantiene durante todo el período proyectado por debajo de los niveles actuales, lo que supone un ritmo de incremento de la productividad del trabajo de solo un 3,5 promedio anual.

## • **MODELACION ENERGETICA**

Para la modelación de la evolución del sistema electroenergético se integraron los resultados del trabajo conjunto con los especialistas de CUBAENERGIA basados en los paquetes de programas conocidos como MAED y DECADES los cuales forman parte del modelo Energy and Power Evaluation Program (EMPEP), elaborado por el Argone National Laboratory de los Estados Unidos de Norteamérica<sup>5</sup>.

En el caso de la proyección del consumo energético en los sectores de uso final se utilizó la metodología propuesta por OLADE en el SIEE Prospectivo.

Esta metodología se basa en el conocimiento que existe en el presente sobre las restricciones en el desarrollo futuro de las diversas fuentes y tecnologías energéticas para la sustitución y uso racional de la energía; y el análisis de una base de datos lo suficientemente larga, tanto de información macroeconómica, demográfica y energética (por sectores y portador energético), que permita la estimación consistente de los diferentes parámetros iniciales de los modelos de proyección.

La filosofía de esta metodología se basa en la búsqueda de la rapidez y transparencia para producir resultados, más que en la sofisticación de los procedimientos para la proyección, lo cual no significa que se relegue a un plano secundario el tratamiento estadístico en este caso de singular importancia para la determinación de los valores de partida de los parámetros utilizados en la modelación.

De hecho, se hizo uso de modelos econométricos para la estimación y posterior proyección de la demanda de energía y en particular de electricidad en el sector residencial.

### **DEFINICION DEL ESCENARIO BASE.**

Aunque los principales esfuerzos se enfocaron a la definición de un escenario base para el desarrollo energético de largo plazo, se trabajó también en lo relacionado al diseño de posibles escenarios alternativos de acuerdo a las posibles trayectorias de las variables claves consideradas. Estos escenarios alternativos son cuatro, i) escenario intensivo en el uso de hidrocarburos y alto crecimiento económico; ii) escenario intensivo en el uso de hidrocarburos y bajo crecimiento económico; iii) escenario con oferta energética diversificada; iv) escenario con uso intensivo de energéticos no fósiles. En el anexo 2 se detallan cada uno de estos escenarios alternativos de desarrollo energético de largo plazo.

---

<sup>5</sup> Ver: Pérez, Martín, David e Ileana López López (2001): "Evaluación de Escenarios de Desarrollo Eléctrico del País en el Largo Plazo". Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGIA), La Habana.



Desde el punto de vista de las variables energéticas consideradas en la elaboración del Escenario Base, se plantea una evolución “inercial” de los principales indicadores que miden las mismas. En este sentido, son incluidas las medidas de carácter organizativo y tecnológico en estado de implementación y ejecución y que de acuerdo a las expectativas de desarrollo económico del país son posibles.

Las principales consideraciones, desde el punto de vista de la actividad energética, tenidas en cuenta para la elaboración del Escenario Base son enumeradas a continuación.

- La Economía Nacional evoluciona bajo una lógica que supone un movimiento inercial de continuidad con respecto a las condiciones económicas y a las políticas aplicadas o iniciadas en el período anterior al proyectado, lo cual no significa que no se deban producir determinados cambios estructurales, en particular aquellos que resultarían imprescindibles para la propia sustentabilidad, en términos económicos de un proceso de crecimiento.
- Medidas de recuperación de eficiencia económica y del nivel de gestión energética eficiente (racionalización). Desarrollo y perfeccionamiento de aspectos legales, regulatorios, tarifario, de normalización, institucionales relacionados con la energía y el uso racional de la misma.
- Consolidación y Continuidad PAEC y culminación de la modernización de Centrales Termoeléctricas. Culminar programa de ENERGAS.
- Culminar el proceso de gasificación en las ciudades de La Habana y Santiago de Cuba.
- Continuidad de programas sectoriales de Uso Racional de la Energía (Níquel, turismo, azúcar, transporte, acero, cemento, agricultura, Sideromecánica y ligera).
- Electrificación rural. Programa Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, mini y micro Centrales Hidroeléctricas.
- Predominio absoluto del crudo pesado. Importante incremento. de la quema directa del crudo en la generación de electricidad y otras actividades, fundamentalmente en la producción de Ni+Co.
- Tratamiento del crudo: solo desaladora y reductora de H<sub>2</sub>S; segregación. y mezcla; y rehabilitación de la hidrofinación y recuperación de azufre. Refinación de bajo volumen de crudo nacional en mezcla, solo en Ñ. López y H. Díaz. (No se incorpora la Refinería de Cienfuegos, al menos en el mediano plazo).

- La generación eléctrica del MINAZ se incrementa solo lo requerido para autoabastecerse. En este escenario se tienen en cuenta la incorporación, en el mediano plazo, de dos centrales eléctricas bagaceras.

## **ESCENARIO ENERGETICO BASE. PROYECCION HASTA EL 2030.**

- **SECTOR ENERGIA. EXTRACCION DE PETROLEO Y GAS; Y REFINACION DE PETROLEO.**

De acuerdo a los supuestos que sustentan el Escenario Base, la producción total de gas acompañante crecerá de los 507 millones de metros cúbicos extraídos en el 2000 a algo más de 1040 millones en el 2030. Por otra parte, el nivel de extracción de crudo pasará de los 2.7 millones de toneladas ejecutados en el año 2000 hasta casi 8.5 millones en el 2030.

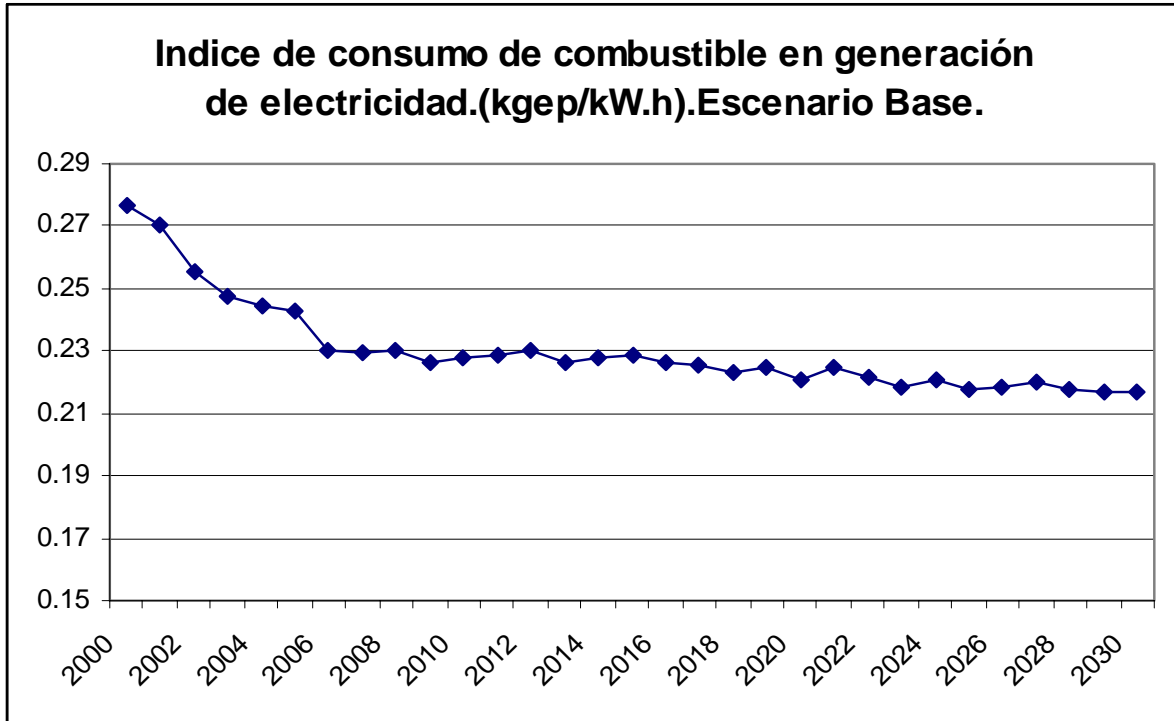
La refinación de petróleo pasará de los 2.1 millones de toneladas, en el año 2000, a casi 5.0 millones para el 2030. En este caso se supuso la incorporación de nuevas capacidades de refinación al final del período objeto de la proyección.

- **SECTOR ENERGIA. GENERACION DE ELECTRICIDAD.**

Entre los años 2001-2030 la generación bruta crecerá a un ritmo promedio anual de casi el 3%, llegando a algo más que duplicarse con respecto a la generación registrada en el año 2000. Tal proyección se sustenta en un factor de utilización de la potencia instalada que crece moderadamente de un 70% en el año base (2000) hasta casi un 73% al final del período.

En cuanto al índice de pérdidas y el factor de insumo en generación, estos mejoran. En el caso de las pérdidas el índice se reducirá hasta 15%, a partir de las expectativas de mejoras en las redes eléctricas, en particular en las de distribución (este indicador en la actualidad es superior al 19%). En cuanto al insumo, este se reducirá en casi un punto porcentual, al pasar de algo más de 7% a casi 6%, a partir de la culminación del proceso de modernización de CTE y el completamiento de los ciclos combinados con turbina de gas natural.

Esta proyección tiene implícito el supuesto de mejoramiento de la eficiencia energética en la generación de electricidad. El consumo específico de combustible se reduce drásticamente en los primeros 6 años del período proyectado, como resultado de la culminación de los programas de modernización y de instalación de los ciclos combinados de gas natural pendientes.



Este Sistema Electroenergético tendrá que satisfacer una demanda máxima que en este período ha de crecer a un ritmo del 2.6% anual, llegando a alcanzar en el 2030 los 5303 MW.

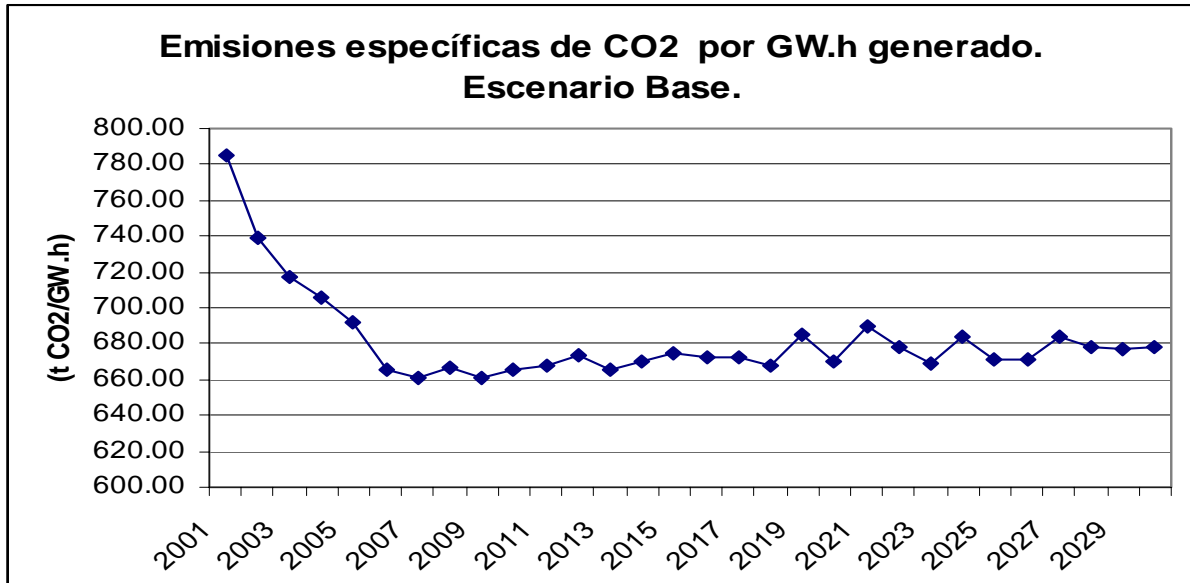
El consumo de hidrocarburos en la generación crecerá a una tasa de casi 2% anual hasta el 2030, lo que implicará un incremento de 2 Millones de tep en la actualidad, a unas 7.3 al final del período de proyección.

En cuanto al consumo de portadores energéticos el Sistema Electroenergético proyectado se soporta en un continuado proceso de sustitución de consumos de fuel oil, por crudo nacional mejorado, una moderada penetración del gas natural y una mayor participación del diesel sobre todo hacia la segunda mitad del período analizado.

Las emisiones resultantes de un sistema eléctrico así proyectado alcanzan niveles de CO<sub>2</sub> próximos a los 23 millones de toneladas para el año 2030, casi 12 millones más que lo producido en el año base.

No obstante la creciente penetración del crudo mejorado en sustitución del fuel oil, el incremento de la generación a partir del gas natural (con un factor de emisión inferior al fuel y crudo nacional), así como las mejoras en la eficiencia energética provenientes de la culminación de los procesos de modernización de CTE en general y la culminación de los ciclos combinados, son los factores responsables de tal comportamiento.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por GW.h de electricidad generado (emisiones específicas de CO<sub>2</sub>) se reducen de forma significativa como resultado de la reducción del consumo específico de combustible y del completamiento de los ciclos combinados de gas, en los primeros años de la proyección, donde las emisiones caen de algo más de 780 t CO<sub>2</sub>/GW.h, en el 2001, a 660 en el 2007-08. Al final del período de la proyección el índice de emisiones por electricidad producida se estabiliza en un valor alrededor de los 680 t CO<sub>2</sub>/GW.h, 12.8% inferior al nivel de partida.

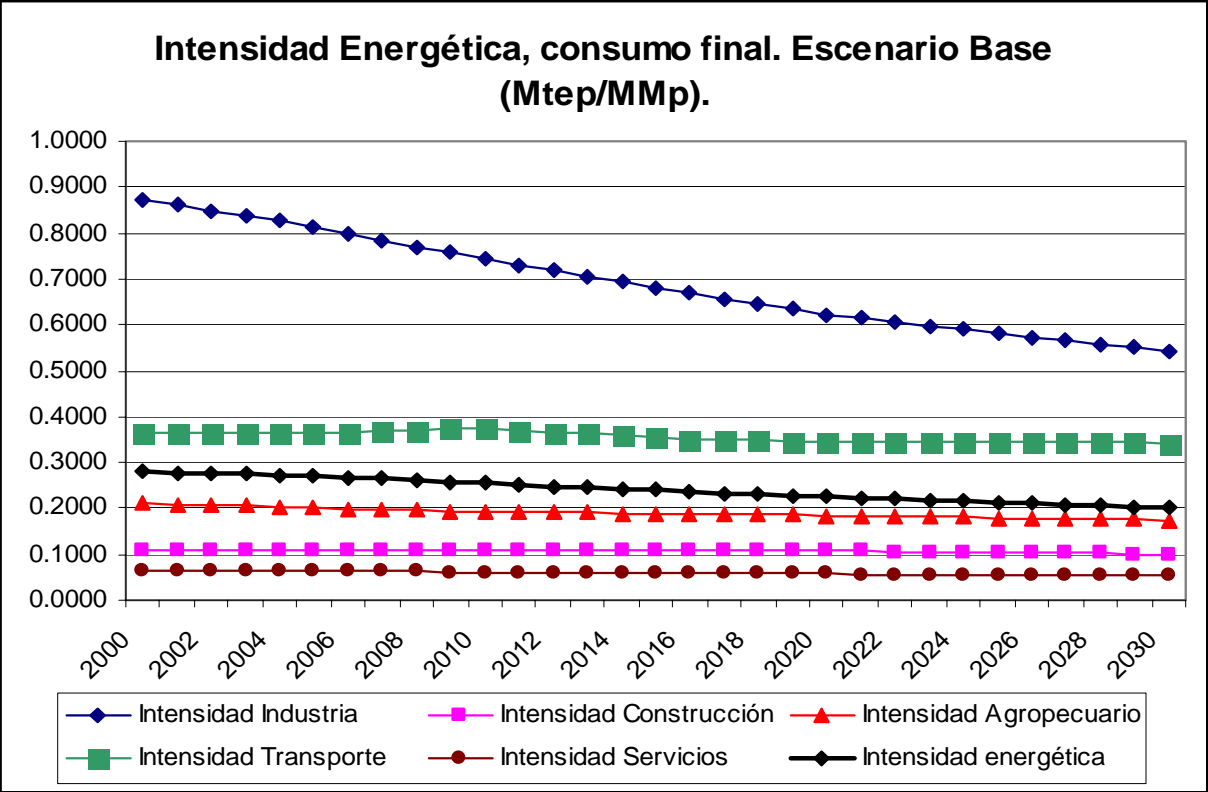


Un efecto similar al observado con las emisiones de CO<sub>2</sub> ocurre para el caso de las de SO<sub>2</sub>. No obstante el crecimiento en el nivel absoluto de emisiones de SO<sub>2</sub>, las emitida por GW.h generado presentan una evolución favorable si se considera el efecto de la sustitución casi total de fuel oil por crudo nacional el que no obstante los procesos previstos para mejorar sus características, presenta niveles importantes de azufre en su composición.

- **SECTORES DE USO FINAL.**
- **RESULTADOS DE LA PROYECCION DEL ESCENARIO BASE.**

En el siguiente gráfico se presenta la proyección de la intensidad energética en el uso final para cada uno de los sectores considerados. Es importante en este punto señalar que la tasa media de reducción proyectada para este indicador en los próximos 30 años es de 1.1%, bastante inferior a la de los 25 años previos (1975-2000, donde se logró una reducción de casi 3%), en donde tuvieron un fuerte impacto los cambios estructurales en el nivel del producto, así como al interior de los sectores, el paulatino incremento de las capacidades de producción instaladas y sin duda la maduración de importantes medidas organizativas y técnicas para el uso eficiente de los recursos energéticos. Esto significa que los esfuerzo futuros

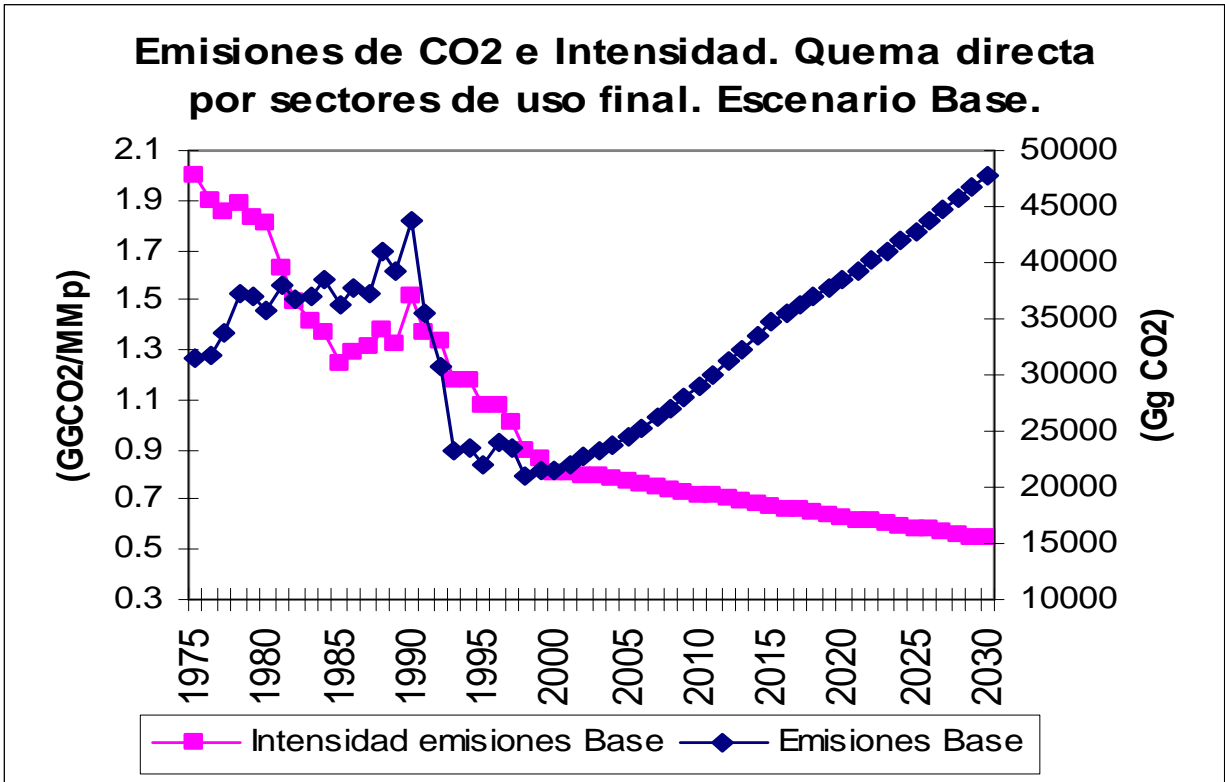
para la reducción de la intensidad energética estarán determinados no tanto por las reservas de eficiencia provenientes de un manejo más eficiente de las capacidades productivas, como de factores tecnológicos de modernización de procesos, cambios en la mezclas de energéticos y nuevas tecnologías y procesos ahorradores.



El sector que mayor dinámica presenta es el del Transporte, muy influenciado por el bajo nivel de partida y las mayores dificultades para lograr incrementos en los niveles de eficiencia, donde existen reservas para el mejoramiento de la intensidad energética a partir del mayor aprovechamiento de las capacidades y en general de una mejor gerencia integral en su explotación, pero donde la inversión en nuevo equipamiento, más eficiente, sería la clave en la reducción de sus índices energéticos.

El consumo de crudo más derivados del petróleo en el 2030 casi triplica el nivel registrado en el año base de la proyección, registrando una tasa de crecimiento promedio de 3.5%, inferior sin embargo a la dinámica proyectada para el PIB. Se destaca la dinámica del consumo del crudo nacional, 4.8%, superior al del resto de los derivados.

En cuanto a las emisiones de GEI procedente de la combustión por sectores se tiene un Escenario Base donde el crecimiento de CO2 por unidad de producto decrece moderadamente dado por los supuestos de la reducción de la intensidad energética.



En el gráfico anterior se destaca que no obstante el crecimiento en los niveles absoluto de emisiones de CO2, resultante de la estructura de consumo de energía proyectada, basada en lo fundamental en la quema de combustibles fósiles, el nivel alcanzado en el 2030 es solo ligeramente superior al nivel registrado en 1990, 47.7 millones de toneladas de CO2 en el 2030 contra 43.7 millones en el 1990.

Los sectores Industria y Transporte son los principales responsables de las emisiones de CO2 provenientes de la quema de combustibles. Ambos sectores representan en 2030, algo más del 71% de las emisiones de CO2 procedentes de la quema de combustibles (Industria 58.1% y Transporte, 13.2%).

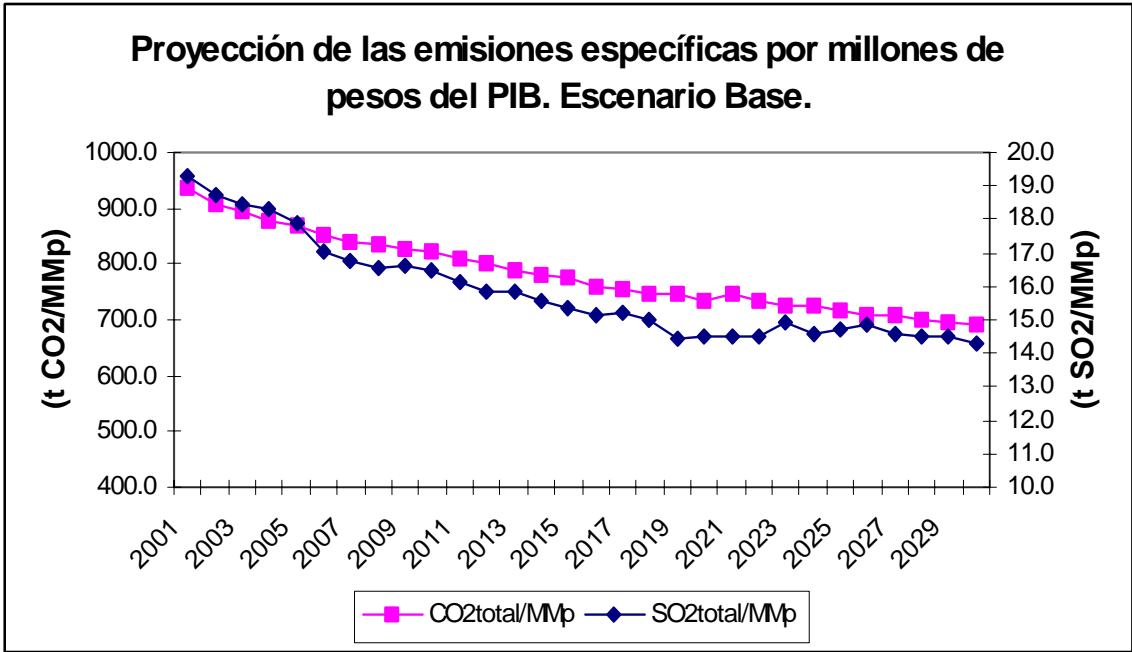
Por tipo de portador, la fuente principal de emisiones de CO2 sigue siendo los combustibles fósiles, esto es, petróleo crudo y sus derivados. En el año 2000, la participación de las emisiones provenientes del petróleo crudo y los derivados alcanzó el 58.6% del total de emisiones de CO2, mientras que el bagazo representaba casi el 38%. En este año las emisiones provenientes de la quema de crudo solo representaban el 5.6% del total; el fuel oíl el 14.9% y el diesel casi el 24%.

La proyección al 2030 presenta a la agrupación crudo más derivados con el 75% del total de las emisiones, mientras que el bagazo a penas representa el 21%. Para esta fecha la participación del crudo nacional casi se duplica respecto al año base (10.5%), mientras que la del fuel oil y el diesel crecen pero en menos proporción (a 18 y 28 por ciento respectivamente).

En resumen, las emisiones totales de CO2 provenientes de la quema de combustibles, descontando la biomasa, tanto en el sector energía como en los sectores de uso final, alcanzarán, en el 2030, un nivel de, aproximadamente, 60 millones de toneladas, casi el doble de las registradas en el año 2000. La participación de las emisiones provenientes de la quema de combustibles en el sector energía pasa de 46%, en el 2000 a casi el 38% en el 2030.

Las emisiones de SO2 provenientes de la quema de combustibles crecerán de algo más de 529 mil toneladas, a 1.3 millones de toneladas en el 2030. Las emisiones de esta sustancia provenientes de la quema de combustibles en el subsector eléctrico representan la mayor proporción dentro de las emisiones totales, sin embargo la mayor dinámica, en el período proyectado, le corresponden a las provenientes de los sectores de uso final de la energía.

No obstante el incremento de los niveles absolutos de emisiones provenientes de la quema directa de combustibles, las emisiones, tanto de CO2 como de SO2, por millón de peso de Producto Interno Bruto se reducen de forma notable, no obstante la fuerte incorporación del crudo nacional a la quema de combustibles, lo cual incide en mayor medida en la magnitud de las emisiones de SO2.



De acuerdo a los supuestos macroeconómicos, sociales y energéticos tecnológicos bajo los cuales se definió el Escenario Base, el consumo final de energía en el 2030 será casi 2.4 veces el registrado en el año 2000. La mayor dinámica por sectores le corresponderá al transporte seguidos por los servicios (2.7 veces), la población (casi 2.6 veces) y la industria (2.1 veces).

| <b>Balance energético resumido resultante del Escenario Base (millones de toneladas de petróleo equivalente)</b> |             |             |
|--|-------------|-------------|
|  | <b>2000</b> | <b>2030</b> |
| <b><i>Fuentes nacionales</i></b>   | <b>6.5</b>  | <b>14.8</b> |
| <b>Crudo</b>   | <b>2.9</b>  | <b>9.1</b>  |
| <b>Gas natural</b>   | <b>0.5</b>  | <b>1.1</b>  |
| <b>Bagazo</b>  | <b>2.8</b>  | <b>4.0</b>  |
| <b>Resto a/</b>  | <b>0.3</b>  | <b>0.6</b>  |
| <b><i>Importación</i></b>  | <b>6.3</b>  | <b>9.0</b>  |
| <b>Crudo</b>   | <b>1.8</b>  | <b>4.3</b>  |
| <b>Derivados</b>   | <b>4.5</b>  | <b>4.7</b>  |
| <b><i>Exportación</i></b>  | <b>0.6</b>  | <b>1.5</b>  |
| <b><i>Oferta total de energía</i></b>  | <b>12.2</b> | <b>22.3</b> |
| <b><i>Pérdidas transformación distribución b/</i></b>  | <b>4.8</b>  | <b>4.7</b>  |
| <b><i>Consumo Final</i></b>  | <b>7.4</b>  | <b>17.6</b> |
| <b>Industria</b>   | <b>4.4</b>  | <b>9.1</b>  |
| <b>Construcción</b>  | <b>0.2</b>  | <b>0.5</b>  |
| <b>Agropecuario</b>  | <b>0.3</b>  | <b>0.9</b>  |
| <b>Transporte</b>  | <b>0.6</b>  | <b>2.1</b>  |
| <b>Servicios</b>   | <b>1.0</b>  | <b>2.7</b>  |
| <b>Población</b>   | <b>0.9</b>  | <b>2.3</b>  |
| <b><i>Por tipo de portador energético</i></b>  |             |             |
| <b>Crudo+Derivados del Petróleo</b>  | <b>4.1</b>  | <b>11.5</b> |
| <b>Crudo</b>   | <b>0.4</b>  | <b>1.6</b>  |
| <b>Bagazo</b>  | <b>2.0</b>  | <b>2.5</b>  |
| <b>Electricidad</b>  | <b>1.0</b>  | <b>2.7</b>  |
| <b>Resto de los portadores c/</b>  | <b>0.3</b>  | <b>0.9</b>  |

Nota: a/ incluye: alcohol, leña e hidroenergía; b/ se refiere a las pérdidas de energía en los procesos de transformación (en lo fundamental refinación y generación de electricidad), transmisión, distribución, transporte y almacenamiento; c/ incluye carbones, coke, leña, alcohol y gases.

El Escenario Base resulta un escenario donde el peso del consumo lo acapararan los combustibles fósiles, pero con un importante protagonismo para el crudo y el gas natural resultantes de los éxitos en la actividad de prospección y extracción de petróleo y gas. Las importaciones netas de energía, en lo fundamental crudo y derivados se reducirían, según este escenario de algo mas del 46% en el 2000 a casi un 34% en el 2030.



Por otra parte, la participación dentro de la Oferta Total de las fuentes renovables caería de poco más de un 25% en el 2000, a algo del 21% en el 2030.

| <b>Principales relaciones energéticas. Escenario Base (por ciento)</b> |             |             |
|--|-------------|-------------|
|  | <b>2000</b> | <b>2030</b> |
| <b>Total fuentes nacionales/ Oferta</b>                                | <b>53.3</b> | <b>66.4</b> |
| <b>Importaciones netas/Oferta</b>                                      | <b>46.7</b> | <b>33.6</b> |
| <b>Renovables /F.Nacionales a/</b>                                     | <b>48.4</b> | <b>31.1</b> |
| <b>Renovables/Oferta a/</b>  | <b>25.4</b> | <b>20.7</b> |
| <b>Crudo+derivados/Oferta b/</b>                                       | <b>74.6</b> | <b>79.3</b> |

**Nota: a/ Renovables incluye bagazo, leña, alcohol e hidroenergía; b/ crudo + derivados incluye extracción de crudo y gas más importación neta de crudo y derivados del petróleo.**

Por último resulta notorio la reducción de las pérdidas energéticas tanto en transformaciones energéticas, como en la manipulación y almacenamiento de la misma, resultante de los supuestos de reducción de intensidad energética en los consumidores finales, como de los consumos específicos de energía en la generación de electricidad y de los índices de pérdidas e insumos en la actividad eléctrica. Mientras que las pérdidas totales de energía en el año 2000 representaban casi el 39% de la Oferta Total de energía, en el 2030 esta relación alcanzaría solo el 21%.

## ANEXO 1

| <b>Tabla 1. Resultados de la estimación del modelo de importaciones.</b> |                     |                    |                    |              |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| <b>Variable dependiente: <math>d(\log(m))</math></b>                     |                     |                    |                    |              |
| <b>Método: Mínimos Cuadrados en Dos Etapas.</b>                          |                     |                    |                    |              |
| <b>Muestra: 1975-1999; 25 observaciones.</b>                             |                     |                    |                    |              |
| <b>variables</b>   | <b>coeficientes</b> | <b>Std. Error</b>  | <b>t-statistic</b> | <b>Prob.</b> |
| D(log(y))  | 1.69954             | 0.3176             | 5.3387             | 0.0000       |
| D(log(px))   | 0.8838              | 0.1110             | 7.9616             | 0.0000       |
| D9log(pm))   | -1.2289             | 0.2986             | -4.1152            | 0.0005       |
| R <sup>2</sup>   | 0.8533              | Mean dependent var |                    | 0.0084       |
| R <sup>2</sup> ajustado  | 0.8400              | S.D. dependent var |                    | 0.0716       |
| S.E. of Regress.   | 0.0317              | Sum squared resid  |                    | 0.0646       |
| D.W. statistic.  | 1.5188              | Prob(F-statistic)  |                    | 0.0000       |

Fuente: cálculos realizados a través del paquete econométrico EViews 3.0

| <b>Tabla 2. Resultados de la estimación del modelo de crecimiento económico.</b> |                     |                       |                    |              |
|--|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| <b>Variable dependiente: <math>d(\log(y))</math></b>                             |                     |                       |                    |              |
| <b>Método: Mínimos Cuadrados Ordinarios.</b>                                     |                     |                       |                    |              |
| <b>Muestra: 1976-1999; 24 observaciones.</b>                                     |                     |                       |                    |              |
| <b>variables</b>   | <b>coeficientes</b> | <b>Std. Error</b>     | <b>t-statistic</b> | <b>Prob.</b> |
| D(log(x1))   | 0.661               | 0.0888                | 7.4424             | 0.0000       |
| D(log(tit))  | 0.0436              | 0.0604                | 0.7224             | 0.4780       |
| D(log(fx1))  | 0.2984              | 0.0899                | 3.3196             | 0.0033       |
| R <sup>2</sup>   | 0.7429              | Mean dependent var    |                    | 0.0069       |
| R <sup>2</sup> ajustado  | 0.7184              | S.D. dependent var    |                    | 0.0312       |
| S.E. of Regress.   | 0.0166              | Akaike info criterion |                    | -5.2476      |
| D.W. statistic.  | 1.8721              | Prob(F-statistic)     |                    | 0.0000       |

Fuente: cálculos realizados a través del paquete econométrico EViews 3.0

Nota: La muestra utilizada comprende el período entre 1985 y el 2000 y las variables inversión, PIB, exportaciones e importaciones están tomadas a precios constantes<sup>6</sup>.

| <b>Tabla 3</b>          | <b>Estructura del PIB ( precio constante 97)</b> |             |             |             |             |
|-------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                         | <b>1989</b>                                      | <b>1993</b> | <b>1997</b> | <b>1999</b> | <b>2000</b> |
| PIB total (const. 1997) | 100.0  | 100.0       | 100.0       | 100.0       | 100.0       |
| AGRICULTURA             | 10.0   | 6.8         | 6.8         | 5.9         | 6.0         |
| CONSTRUCCION            | 11.4   | 5.5         | 7.1         | 7.0         | 7.1         |
| IND.MANUFAC. Y MINERIA  | 20.2   | 20.8        | 22.4        | 21.1        | 20.3        |
| ENERGIA ELECTRICA       | 1.6  | 1.8         | 1.9         | 1.9         | 2.0         |
| SERVICIOS               | 56.8   | 65.1        | 61.8        | 64.1        | 64.7        |

Fuente: elaborado a partir de información preliminar del PIB, a precios constantes, de ONE.

<sup>6</sup> La información utilizada proviene de la recopilación de información macroeconómica e indicadores del sector externo realizado por el Lic. Yeniel Mendoza, del Departamento de Macroeconomía del INIE.

| Tabla 4                 | Estructura del PIB (precio constante 97) |       |       |       |       |
|-------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
|                         | 1989                                     | 1993  | 1997  | 1999  | 2000  |
| IND.MANUFAC. Y MINERIA  | 100.0                                    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| MATERIALES BASICOS      | 21.3                                     | 11.3  | 19.9  | 19.2  | 23.3  |
| MAQUINARIAS Y EQUIPOS   | 8.9                                      | 4.7   | 7.3   | 8.5   | 8.8   |
| MATERIALES no DURADEROS | 63.0                                     | 71.6  | 63.5  | 64.3  | 59.1  |
| INDUSTRIAS MICELANEAS   | 6.8                                      | 12.4  | 9.2   | 8.0   | 8.7   |

Fuente: elaborado a partir de información preliminar del PIB, a precios constantes, de ONE.

| Tabla 5                        | Estructura del PIB ( precio constante 97) |              |              |              |              |
|--------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                | 1989                                      | 1993         | 1997         | 1999         | 2000         |
| <b>MATERIALES BASICOS</b>      | <b>100.0</b>                              | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |
| Combustibles                   | 27.9                                      | 12.8         | 24.7         | 25.1         | 36.4         |
| M.y Met. Ferrosa               | 1.7                                       | -4.6         | 0.7          | 0.3          | 0.3          |
| M. y Met. No Ferrosa           | 14.6                                      | 20.3         | 20.5         | 18.1         | 16.1         |
| Química                        | 27.3                                      | 51.0         | 35.7         | 37.4         | 31.0         |
| Papel y Celulosa               | 3.3                                       | 1.5          | 1.2          | 1.4          | 1.0          |
| Mat. de la Construcción        | 22.5                                      | 17.8         | 16.0         | 16.5         | 14.0         |
| Vidrio y Cerámica              | 2.6                                       | 1.2          | 1.2          | 1.3          | 1.2          |
| <b>MAQUINARIAS Y EQUIPOS</b>   | <b>100.0</b>                              | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |
| Const. Maq. No Eléctrica       | 62.9                                      | 69.2         | 66.2         | 68.4         | 68.5         |
| Electrotecnia y Electrónica    | 13.7                                      | 12.3         | 14.0         | 13.2         | 13.9         |
| Productos Metálicos            | 23.4                                      | 18.5         | 19.8         | 18.4         | 17.6         |
| <b>MATERIALES no DURADEROS</b> | <b>100.0</b>                              | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> | <b>100.0</b> |
| Textil                         | 2.4                                       | 0.3          | 0.8          | 0.8          | 0.6          |
| Confecciones                   | 2.3                                       | 0.4          | 0.8          | 0.9          | 0.6          |
| Cuero                          | 2.8                                       | 1.4          | 1.1          | 0.9          | 0.8          |
| Ind. Azucarera                 | 27.5                                      | 34.7         | 22.1         | 19.4         | 21.4         |
| Alimentaria                    | 12.7                                      | 12.2         | 17.7         | 17.5         | 16.5         |
| Pesca                          | 4.5                                       | 5.9          | 5.2          | 4.5          | 4.4          |
| B. y Tabacos                   | 47.7                                      | 45.1         | 52.3         | 56.0         | 55.7         |

Fuente: elaborado a partir de información preliminar del PIB, a precios constantes, de ONE.

| Tabla 6                        | ESCENARIOS PARA EL PIB (precios constantes) |                              |         |         |         |
|--------------------------------|---|------------------------------|---------|---------|---------|
|                                | 2000<br>(M.MP)                              | ESCENARIO BASE               |         |         |         |
|                                |   | Tasa de crecimiento promedio |         |         |         |
|                                |   | 2001-05                      | 2006-15 | 2001-15 | 2016-30 |
| <b>PIB</b>                     | 26466.9                                     | 3.5                          | 5.0     | 4.5     | 3.6     |
|                                | 1584.0                                      | 5.3                          | 5.8     | 5.6     | 3.1     |
| <b>AGRICULTURA</b>             |   |                              |         |         |         |
| <b>CONSTRUCCION</b>            | 1866.1                                      | 4.9                          | 5.7     | 5.4     | 2.2     |
| <b>IND.MANUFAC. Y MINERIA</b>  | 5381.2                                      | 3.6                          | 5.0     | 4.5     | 3.6     |
| <b>MATERIALES BASICOS</b>      | 1255.0                                      | 2.6                          | 4.9     | 4.1     | 3.9     |
| <b>MAQUINARIAS Y EQUIPOS</b>   | 475.1                                       | 12.4                         | 5.0     | 7.4     | 3.2     |
| <b>MATERIALES no DURADEROS</b> |   |                              |         |         |         |
|                                | 3180.4                                      | 3.6                          | 4.8     | 4.4     | 3.9     |
| <b>INDUSTRIAS MICELANEAS</b>   | 470.7                                       | 3.5                          | 2.3     | 2.7     | 0.1     |
| <b>ENERGIA ELECTRICA</b>       | 523.2                                       | 3.0                          | 4.6     | 4.0     | 1.6     |
| <b>SERVICIOS</b>               | 17112.4                                     | 3.3                          | 4.8     | 4.3     | 3.9     |

Fuente: proyección realizada a partir de la metodología comentada en el trabajo.

| Tabla 7.                | Estructura del PIB. Manufactura y Minería. (precios constantes. 97) |       |       |       |       |       |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | ESCENARIO BASE  |       |       |       |       |       |
|                         | 2000  | 2005  | 2010  | 2015  | 2020  | 2030  |
| IND.MANUFAC. Y MINERIA  | 100.0   | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| MATERIALES BASICOS      | 23.3  | 22.3  | 22.0  | 22.0  | 22.5  | 23.0  |
| MAQUINARIAS Y EQUIPOS   | 8.8   | 13.3  | 13.3  | 13.3  | 13.0  | 12.5  |
| MATERIALES no DURADEROS | 59.0  | 59.1  | 58.0  | 58.0  | 59.0  | 60.5  |
| INDUSTRIAS MICELANEAS   | 8.7   | 5.3   | 6.7   | 6.7   | 5.5   | 4.0   |

Fuente: proyección realizada a partir de la metodología comentada en el trabajo.

| Tabla 8. CONSUMO DE ENERGIA POR SECTORES DE USO FINAL. |        |         |         |        |        |                                 |         |         |         |
|--|--------|---------|---------|--------|--------|---------------------------------|---------|---------|---------|
|  | 1975   | 1985    | 1989    | 1993   | 2000   | Tasa crecimiento promedio anual |         |         |         |
|  |        |         |         |        |        | 1975-85                         | 1985-89 | 1989-93 | 1993-00 |
| <b>Total (Mtep)</b>                                    | 9779.7 | 11635.2 | 12621.1 | 7468.6 | 7376.0 | 1.8                             | 2.1     | -12.3   | -0.2    |
| Industria  | 6006.9 | 6973.9  | 7221.7  | 4940.9 | 4409.0 | 1.5                             | 0.9     | -9.1    | -1.6    |
| Construcción   | 311.8  | 458.6   | 578.0   | 156.4  | 203.0  | 3.9                             | 6.0     | -27.9   | 3.8     |
| Agropecuario   | 376.8  | 515.9   | 594.4   | 358.8  | 299.0  | 3.2                             | 3.6     | -11.9   | -2.6    |
| Transporte   | 903.0  | 1331.3  | 1495.2  | 621.3  | 630.3  | 4.0                             | 2.9     | -19.7   | 0.2     |
| Servicios  | 1246.6 | 1053.6  | 1330.6  | 641.3  | 989.6  | -1.7                            | 6.0     | -16.7   | 6.4     |
| Población  | 934.6  | 1302.0  | 1401.2  | 749.9  | 845.0  | 3.4                             | 1.9     | -14.5   | 1.7     |

Fuente: elaborado a partir de los datos tomados de Compendio de Energía 1988 del CEE; Series Estadísticas de la UNE; Anuarios Estadísticos de Cuba, ONE; SIEE de OLADE.

| Tabla 9. Consumo de energía por tipo de portador (Mtep). |        |         |        |        |                                 |         |         |         |  |
|--|--------|---------|--------|--------|---------------------------------|---------|---------|---------|--|
|  | 1975   | 1989    | 1993   | 2000   | Tasa crecimiento promedio anual |         |         |         |  |
|  |        |         |        |        | 1975-85                         | 1985-89 | 1989-93 | 1993-00 |  |
| <b>CONSUMO FINAL</b>                                     | 9779.7 | 12621.1 | 7468.3 | 7376.0 | 1.8                             | 2.1     | -12.3   | -0.2    |  |
| <b>LEÑA</b>  | 156.1  | 130.2   | 185.6  | 58.7   | -3.0                            | 3.1     | 9.3     | -15.2   |  |
| <b>CARBON</b>  | 149.3  | 226.1   | 128.3  | 77.8   | 1.0                             | 8.3     | -13.2   | -6.9    |  |
| VEGETAL  | 57.9   | 51.1    | 44.0   | 46.8   | -1.1                            | -0.4    | -3.7    | 0.9     |  |
| MINERAL  | 58.1   | 119.7   | 71.1   | 12.3   | 1.3                             | 16.0    | -12.2   | -22.2   |  |
| COKE   | 33.3   | 55.3    | 13.1   | 18.7   | 3.4                             | 4.4     | -30.2   | 5.2     |  |
| <b>BAGAZO</b>  | 2897.9 | 3972.4  | 2505.0 | 2009.9 | 1.3                             | 4.7     | -10.9   | -3.1    |  |
| <b>GASES</b>   | 58.4   | 87.1    | 89.5   | 82.1   | 1.4                             | 6.6     | 0.7     | -1.2    |  |
| NATURAL  | 15.2   | 23.2    | 16.7   | 4.6    | -8.7                            | 39.7    | -7.9    | -16.8   |  |
| MANUFACTURADO  | 43.3   | 64.0    | 72.8   | 77.5   | 3.6                             | 1.0     | 3.3     | 0.9     |  |
| <b>CRUDO + DERIVADOS</b>                                 | 6007.0 | 7115.3  | 3807.3 | 4103.5 | 1.7                             | 0.1     | -14.5   | 1.1     |  |
| CRUDO  | 0.0    | 81.3    | 180.8  | 396.8  | -                               | -       | 22.1    | 11.9    |  |
| FUEL OIL   | 2518.9 | 2145.6  | 1266.9 | 996.5  | -0.6                            | -2.4    | -12.3   | -3.4    |  |
| DIESEL   | 1594.1 | 2306.8  | 1372.1 | 1654.2 | 3.8                             | -0.1    | -12.2   | 2.7     |  |
| GASOLINA MOTOR   | 1052.0 | 1319.3  | 359.7  | 428.0  | 1.5                             | 1.9     | -27.7   | 2.5     |  |
| KEROSINA   | 576.9  | 718.1   | 329.2  | 246.9  | 2.4                             | -0.4    | -17.7   | -4.0    |  |

|                             |         |         |         |         |      |     |       |      |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|------|-----|-------|------|
| GLP                         | 91.2    | 150.7   | 75.8    | 150.2   | 3.9  | 3.0 | -15.8 | 10.3 |
| TURBOCOMBUSTIBLE            | 158.0   | 377.8   | 217.3   | 224.2   | 6.8  | 5.5 | -12.9 | 0.4  |
| GASOLINA AVIACION           | 16.0    | 15.7    | 5.4     | 6.7     | -1.5 | 3.3 | -23.3 | 3.0  |
| <b>ELECTRICIDAD</b>         | 474.5   | 1036.1  | 717.3   | 1008.9  | 6.0  | 5.0 | -8.8  | 5.0  |
| <b>ALCOHOL</b>              | 36.4    | 53.8    | 35.4    | 35.2    | 3.1  | 2.2 | -10.0 | -0.1 |
| <b>PIB (97) (MMp)</b>       | 15767.5 | 29722.7 | 19780.6 | 26466.9 | 6.3  | 0.5 | -9.7  | 4.2  |
| <b>Intensidad(Mtep/MMp)</b> | 0.6202  | 0.4246  | 0.3776  | 0.2787  | -4.3 | 1.6 | -2.9  | -4.2 |

Fuente: elaborado a partir de los datos tomados de Compendio de Energía 1988 del CEE; Series Estadísticas de la UNE; Anuarios Estadísticos de Cuba, ONE; SIEE de OLADE.

Tabla 10.

### EMISIONES DE CO2, POR SECTORES, PROVENIENTES DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLES

U.M: Gg DE CO2

|              | 1975    | 1985    | 1989    | 1993    | 2000    | Tasa crecimiento promedio anual |         |         |         |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|---------|
|              |         |         |         |         |         | 1975-85                         | 1985-89 | 1989-93 | 1993-00 |
| <b>Total</b> | 31581.7 | 36360.5 | 39319.8 | 23203.0 | 21487.3 | 1.4                             | 2.0     | -12.4   | -1.1    |
| Industria    | 20903.2 | 23664.9 | 24737.5 | 16825.4 | 14551.7 | 1.2                             | 1.1     | -9.2    | -2.1    |
| Construcción | 940.7   | 1373.6  | 1725.4  | 467.9   | 608.3   | 3.9                             | 5.9     | -27.8   | 3.8     |
| Agropecuario | 1130.8  | 1531.0  | 1758.6  | 1121.9  | 896.9   | 3.1                             | 3.5     | -10.6   | -3.1    |
| Transporte   | 2737.3  | 4020.5  | 4513.2  | 1866.7  | 1880.8  | 3.9                             | 2.9     | -19.8   | 0.1     |
| Servicios    | 3435.7  | 2614.4  | 3298.4  | 1476.1  | 2181.5  | -2.7                            | 6.0     | -18.2   | 5.7     |
| Población    | 2433.9  | 3156.2  | 3286.7  | 1445.0  | 1368.2  | 2.6                             | 1.0     | -18.6   | -0.8    |

Fuente: cálculos según metodología propuesta en "Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero-1990", Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente e Instituto de Meteorología, 1998.

| Tabla 11. CONSUMO DE ENERGIA POR SECTORES DE USO FINAL. PROYECCION ESCENARIO BASE. |        |         |         |         |                             |         |         |         |        |
|--|--------|---------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|---------|--------|
|  | 2000   | 2010    | 2020    | 2030    | Tasa crecimiento prom anual |         |         |         | crecim |
|  |        |         |         |         | 2010-00                     | 2020-10 | 2030-20 | 2030-00 |        |
| <b>Total (Mtep)</b>  | 7376.0 | 10245.7 | 13822.8 | 17616.3 | 3.3                         | 3.0     | 2.5     | 2.9     | 138.8  |
| Industria  | 4409.0 | 5723.9  | 7301.9  | 9095.3  | 2.6                         | 2.5     | 2.2     | 2.4     | 106.3  |
| Construcción   | 203.0  | 340.6   | 462.0   | 537.2   | 5.3                         | 3.1     | 1.5     | 3.3     | 164.6  |
| Agropecuario   | 299.0  | 479.4   | 725.2   | 903.6   | 4.8                         | 4.2     | 2.2     | 3.8     | 202.2  |
| Transporte   | 630.3  | 983.2   | 1485.6  | 2095.8  | 4.5                         | 4.2     | 3.5     | 4.1     | 232.5  |
| Servicios  | 989.6  | 1402.2  | 1992.0  | 2679.3  | 3.5                         | 3.6     | 3.0     | 3.4     | 170.7  |
| Población  | 845.0  | 1316.4  | 1856.1  | 2305.0  | 4.5                         | 3.5     | 2.2     | 3.4     | 172.8  |

Fuente: proyecciones a partir de la aplicación de la Metodología OLADE para el Análisis Prospectivo.

| Tabla 12. CONSUMO DE ENERGIA USO FINAL POR TIPO DE PORTADOR. PROYECCION ESCENARIO BASE. |        |         |         |         |                         |       |       |       |              |
|---|--------|---------|---------|---------|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|
|   | 2000   | 2010    | 2020    | 2030    | Tasa crecim. prom anual |       |       |       | Crecim ento. |
|   |        |         |         |         | 00-10                   | 10-20 | 20-30 | 00-30 |              |
| <b>CONSUMO FINAL (Mtep)</b>   | 7376.0 | 10245.7 | 13822.8 | 17616.3 | 3.3                     | 3.0   | 2.5   | 2.9   | 138.8        |
| <b>LEÑA</b>   | 58.7   | 83.9    | 97.9    | 88.5    | 3.6                     | 1.6   | -1.0  | 1.4   | 50.9         |
| <b>CARBON</b>   | 77.8   | 131.3   | 177.1   | 235.4   | 5.4                     | 3.0   | 2.9   | 3.8   | 202.6        |
| <b>VEGETAL</b>  | 46.8   | 69.4    | 76.9    | 76.4    | 4.0                     | 1.0   | -0.1  | 1.6   | 63.1         |
| <b>MINERAL</b>  | 12.3   | 34.0    | 59.3    | 105.2   | 10.7                    | 5.7   | 5.9   | 7.4   | 756.5        |

|                              |         |         |         |         |      |      |      |      |        |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|------|--------|
| COKE                         | 18.7    | 27.9    | 40.9    | 53.9    | 4.1  | 3.9  | 2.8  | 3.6  | 187.9  |
| <b>BAGAZO</b>                | 2009.9  | 2209.2  | 2463.6  | 2499.9  | 0.9  | 1.1  | 0.1  | 0.7  | 24.4   |
| <b>GASES</b>                 | 82.1    | 147.4   | 246.1   | 475.6   | 6.0  | 5.3  | 6.8  | 6.0  | 479.5  |
| NATURAL                      | 4.6     | 29.3    | 75.3    | 308.3   | 20.4 | 9.9  | 15.1 | 15.1 | 6616.2 |
| MANUFACTUR.                  | 77.5    | 118.2   | 170.8   | 167.4   | 4.3  | 3.8  | -0.2 | 2.6  | 116.0  |
| <b>CRUDO +<br/>DERIVADOS</b> | 4103.5  | 6159.2  | 8770.5  | 11540.2 | 4.1  | 3.6  | 2.8  | 3.5  | 181.2  |
| CRUDO                        | 396.8   | 781.2   | 1205.9  | 1631.5  | 7.0  | 4.4  | 3.1  | 4.8  | 311.2  |
| FUEL OIL                     | 996.5   | 1425.1  | 1873.9  | 2727.7  | 3.6  | 2.8  | 3.8  | 3.4  | 173.7  |
| DIESEL                       | 1654.2  | 2403.9  | 3450.4  | 4358.5  | 3.8  | 3.7  | 2.4  | 3.3  | 163.5  |
| GASOLINA<br>MOTOR            | 428.0   | 594.4   | 830.4   | 1123.1  | 3.3  | 3.4  | 3.1  | 3.3  | 162.4  |
| KEROSINA                     | 246.9   | 382.1   | 512.2   | 498.7   | 4.5  | 3.0  | -0.3 | 2.4  | 102.0  |
| GLP                          | 150.2   | 225.2   | 413.0   | 579.4   | 4.1  | 6.3  | 3.4  | 4.6  | 285.7  |
| TURBO                        | 224.2   | 342.6   | 477.3   | 610.9   | 4.3  | 3.4  | 2.5  | 3.4  | 172.5  |
| GASOLINA<br>AVIACION         | 6.7     | 4.9     | 7.3     | 10.4    | -3.1 | 4.2  | 3.5  | 1.5  | 55.3   |
| <b>ELECTRICIDAD</b>          | 1008.9  | 1465.6  | 1988.6  | 2686.3  | 3.8  | 3.1  | 3.1  | 3.3  | 166.3  |
| <b>ALCOHOL</b>               | 35.2    | 49.0    | 78.9    | 90.2    | 3.4  | 4.9  | 1.4  | 3.2  | 156.6  |
| <b>PIB (97)</b>              | 26466.9 | 40313.3 | 61403.6 | 87456.3 | 4.3  | 4.3  | 3.6  | 4.1  | 230.4  |
| <b>Intensidad</b>            | 0.2787  | 0.2542  | 0.2251  | 0.2014  | -0.9 | -1.2 | -1.1 | -1.1 | -27.7  |

Fuente: proyecciones a partir de la aplicación de la Metodología OLADE para el Análisis Prospectivo.

| Tabla 13. EMISIONES DE CO2, QUEMA DIRECTA SECTORES DE USO FINAL.<br>PROYECCION ESCENARIO BASE (Gg) |         |         |         |         |                             |       |       |       |
|--|---------|---------|---------|---------|-----------------------------|-------|-------|-------|
|  | 2000    | 2010    | 2020    | 2030    | Tasa crecimiento prom anual |       |       |       |
|  |         |         |         |         | 00-10                       | 10-20 | 20-30 | 00-30 |
| <b>Total</b>   | 21487.5 | 29016.1 | 38450.3 | 47708.6 | 3.0                         | 2.9   | 2.2   | 2.7   |
| Industria  | 14551.8 | 18347.2 | 22877.6 | 27719.8 | 2.3                         | 2.2   | 1.9   | 2.2   |
| Construcción   | 608.3   | 1019.6  | 1380.3  | 1604.3  | 5.3                         | 3.1   | 1.5   | 3.3   |
| Agropecuario   | 896.9   | 1418.4  | 2127.9  | 2629.6  | 4.7                         | 4.1   | 2.1   | 3.7   |
| Transporte   | 1880.8  | 2944.2  | 4446.5  | 6263.1  | 4.6                         | 4.2   | 3.5   | 4.1   |
| Servicios  | 2181.5  | 3092.2  | 4357.9  | 5810.3  | 3.6                         | 3.5   | 2.9   | 3.3   |
| Población  | 1368.2  | 2194.5  | 3260.0  | 3681.6  | 4.8                         | 4.0   | 1.2   | 3.4   |

Fuente: cálculos según metodología propuesta en "Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero-1990", Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente e Instituto de Meteorología, 1998.

| Tabla 14. EMISIONES DE SO2, QUEMA DIRECTA SECTORES DE USO FINAL. PROYECCION<br>ESCENARIO BASE (t) |          |          |          |          |                             |       |       |       |
|---|----------|----------|----------|----------|-----------------------------|-------|-------|-------|
|   | 2000     | 2010     | 2020     | 2030     | Tasa crecimiento prom anual |       |       |       |
|   |          |          |          |          | 00-10                       | 10-20 | 20-30 | 00-30 |
| <b>Total</b>  | 137514.9 | 228060.9 | 329326.1 | 455262.8 | 5.2                         | 3.7   | 3.3   | 4.1   |
| Industria   | 118777.0 | 197322.9 | 283029.5 | 395965.5 | 5.2                         | 3.7   | 3.4   | 4.1   |
| Construcción  | 3646.9   | 7010.3   | 9279.9   | 10371.1  | 6.8                         | 2.8   | 1.1   | 3.5   |
| Agropecuario  | 2753.3   | 4706.8   | 7737.1   | 9484.3   | 5.5                         | 5.1   | 2.1   | 4.2   |
| Transporte  | 4050.2   | 6542.4   | 9996.7   | 14490.2  | 4.9                         | 4.3   | 3.8   | 4.3   |
| Servicios   | 7948.1   | 11974.8  | 18614.5  | 24224.0  | 4.2                         | 4.5   | 2.7   | 3.8   |
| Población   | 339.4    | 503.7    | 668.5    | 727.7    | 4.0                         | 2.9   | 0.9   | 2.6   |

Fuente: cálculos según metodología propuesta en “Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero-1990”, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente e Instituto de Meteorología, 1998.

| <b>Tabla 15. EMISIONES FUJITIVAS DE CH4 PROVENIENTES DEL GAS NATURAL Y PETROLEO. ESCENARIO BASE (Gg).</b> |             |             |             |             |                                 |                |                |                |                |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|   |             |             |             |             | <b>Tasa crecimto prom anual</b> |                |                |                | <b>crecim</b>  |
|   | <b>2000</b> | <b>2010</b> | <b>2020</b> | <b>2030</b> | <b>2010-00</b>                  | <b>2020-10</b> | <b>2030-20</b> | <b>2030-00</b> | <b>2030/00</b> |
| <b>GAS NATURAL</b>  |             |             |             |             |                                 |                |                |                |                |
| <b>Extracción</b>   | 1.50540     | 2.12046     | 2.4137      | 3.0956      | 3.5                             | 1.3            | 2.5            | 2.4            | 105.6          |
| <b>Transmisión y Dist.</b>  | 2.50193     | 3.52415     | 4.0116      | 5.1448      | 3.5                             | 1.3            | 2.5            | 2.4            | 105.6          |
| <b>Total Gas Natural</b>  | 4.0073      | 5.6446      | 6.4254      | 8.2404      | 3.5                             | 1.3            | 2.5            | 2.4            | 105.6          |
| <b>PETROLEO CRUDO</b>   |             |             |             |             |                                 |                |                |                |                |
| Refinación  | 0.07019     | 0.07755     | 0.1311      | 0.1707      | 1.0                             | 5.4            | 2.7            | 3.0            | 143.2          |
| Almacenamiento  | 0.01272     | 0.01405     | 0.0237      | 0.0309      | 1.0                             | 5.4            | 2.7            | 3.0            | 143.2          |
| Extracción  | 0.24133     | 0.39434     | 0.5758      | 0.7581      | 5.0                             | 3.9            | 2.8            | 3.9            | 214.2          |
| Transporte  | 0.08990     | 0.14689     | 0.2144      | 0.2824      | 5.0                             | 3.9            | 2.8            | 3.9            | 214.2          |
| <b>Total Petróleo</b>   | 0.4141      | 0.6328      | 0.9452      | 1.2422      | 4.3                             | 4.1            | 2.8            | 3.7            | 200.0          |
| <b>TOTAL EMISIONES</b>  | 4.4215      | 6.2774      | 7.3706      | 9.4826      | 3.6                             | 1.6            | 2.6            | 2.6            | 114.5          |

Fuente: cálculos según metodología propuesta en “Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero-1990”, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente e Instituto de Meteorología, 1998.

## **ANEXO 2**

### **ESCENARIO INTENSIVO EN HIDROCARBUROS Y DE CRECIMIENTO ECONOMICO BAJO.**

#### **CARACTERISTICAS:**

- Crecimiento económico y patrón inversionista similar a escenario Base.
- Extracción de petróleo entorno a 6-7MMt e incrementos posteriores no superiores a 400 Mt/año y no menos de 1.2 MMm3 de gas natural acompañante al finalizar la década.
- Incorporación tardía de la Refinería de Cienfuegos, con baja capacidad de procesamiento secundario (aunque refinando mezclas con crudo nacional).
- Quema directa de crudo para generación de electricidad no inferior a 3.5 MMt en la primera década del período evaluado.
- Consumo de crudo directo al final del período no superior a los niveles de mediado de los años 90.
- Solución óptima pero tardía al problema de la desulfurización del crudo nacional.
- Incremento importante de la exportación de crudo, aunque inferior a la del Escenario Base.
- Proporción crudo pesado en total, al final del período evaluado, no menor del 65%.
- Generación de electricidad en el MINAZ creciendo al 4% anual.
- Disponibilidad limitada de financiamiento para medidas corte tecnológico para el Programa de Ahorro de Electricidad de Cuba (PAEC) y el Programa de Ahorro de Combustible (PAC).
- Reducción mayor de la intensidad energética que de la intensidad eléctrica.
- Relación entre la dinámica del consumo eléctrico residencial y el consumo eléctrico total similar al Escenario Base.
- Baja participación relativa de destilados ligeros en el consumo total de combustibles.
- Futuros incrementos en la producción de gas natural acompañante destinados totalmente a la generación de electricidad, en la presente década.

### **ESCENARIO INTENSIVO EN HIDROCARBUROS Y DE CRECIMIENTO ECONOMICO ALTO.**

#### **CARACTERISTICAS:**

- Dinamismo en el crecimiento económico y notable cambio estructural.
- Solución temprana a las limitaciones de financiamiento relacionadas con el mecanismo de la doble moneda que frena la capacidad reproductiva de la economía.



- Virtual autosuficiencia en hidrocarburos no más allá de inicios de la próxima década y bajo nivel de exportación de crudo.
- Proporción de crudos pesados no mayor, al final de período evaluado, al 35% del crudo total.
- Solución temprana a la desulfurización y tratamiento (reducción de la viscosidad, etc.) del crudo nacional.
- Incorporación temprana de la Refinería de Cienfuegos y alta capacidad de procesamiento secundario.
- Mayor alcance en el proceso de modernización de centrales termoeléctricas (ciclo combinado, automatización, alto nivel de retiros, etc.).
- Alta dinámica de la generación de electricidad en base a gas natural.
- Participación del MINAZ en la generación de electricidad igual al previsto en el Escenario Intensivo en Hidrocarburos y crecimiento económico bajo.
- Eliminación de la quema directa de crudo nacional en la generación de electricidad después de mediados de la próxima década, lo que requiere nuevas capacidades de refinación a futuro.
- Alta disponibilidad financiera para medidas de corte tecnológico para el PAEC y el PAC.
- Mayor reducción de la intensidad eléctrica respecto a la intensidad energética.
- Disminución significativa de la relación entre dinámica del consumo eléctrico residencial y el consumo eléctrico total.
- Incremento significativo de la participación de los combustibles ligeros en el consumo total de combustibles.
- Amplio proceso de sustitución de la kerosina por combustibles gaseosos para fines de calentamiento de agua y cocción en el sector residencial. Más del 80% núcleos residenciales consumiendo combustibles gaseosos.
- Elevado nivel de inversiones para la disminución de efectos contaminantes por uso de combustibles fósiles.

## **ESCENARIO DE OFERTA ENERGETICA DIVERSIFICADA.**

### **CARACTERISTICAS:**

- Elevado crecimiento económico y cambio estructural.
- Favorable disponibilidad de financiamiento, incluyendo capital de riesgo para el desarrollo de las fuentes nuevas y renovables de energía (FENRE).
- Alta penetración de la electricidad en el consumo energético final a partir de la elevación del nivel de electrificación de los procesos productivos.
- Importante reducción de largo plazo de la curva de costos de las energías alternativas provenientes de fuentes renovables como el bagazo, la energía eólica, solar, entre otras.
- Replanteo de desarrollos asociados al uso de la biomasa (concentración productiva de la agroindustria, fuerte prioridad a derivados, uso del alcohol, desechos forestales, residuos sólidos urbanos, entre otros).

- Altos efectos multiplicadores y macroeconómicos de las medidas de mitigación debido a opciones con alta integración nacional, en especial sobre el empleo, la generación de nuevas actividades económicas, expansión de la cantidad de asociaciones internacionales, incluso para la producción y exportación de equipos, desarrollo de zonas rurales más atrasadas y menor vulnerabilidad de largo plazo.
- Podría representar el inicio de un tránsito hacia la energética renovable a más largo plazo.
- Admitiría incorporación moderada de otras fuentes convencionales como por ejemplo, la introducción de la energía nuclear a partir de reactores intrínsecamente seguros con tecnologías de avanzadas y de menores escalas, económicamente factibles.
- Fuerte incorporación de medidas de corte tecnológico e inversionista para la elevación de la eficiencia en el uso de la energía.

## **ESCENARIO INTENSIVO EN EMPLEO DE ENERGÉTICOS NO FÓSILES<sup>7</sup>.**

### **CARACTERÍSTICAS.**

- Condiciones de crecimiento macroeconómico favorables que propendan a la captación de financiamiento y la inversión, incluyendo la entrada capital de riesgo para el desarrollo de las fuentes nuevas y renovables de energía.
- Tecnología basada en el uso de turbinas de vapor de extracción condensación (TVEC), instalada en ingenios capaces de moler 7000 toneladas de caña diariamente (600 mil @ diarias) con consumo de vapor reducido, basada en biomasa cañera (la paja recogida mediante la cosecha integral), 2197\$/kWe en costos de inversión y gastos en operación y mantenimiento (O&M) para producir electricidad y azúcar.
- Tecnología (TVEC), ahora instalada en ingenios modernizados capaces de moler 15000 toneladas de caña diariamente (1300 mil @ diarias), más una destilería de etanol, ambos con consumo de vapor reducido, 1500\$/kWe en costos de inversión y gastos en O&M para producir electricidad, azúcar y alcohol;
- La capacidad de generación eléctrica instalada en estas alternativas es 270 MWe que trabaja con un factor de carga del 85 % para compararlas con las mismas posibilidades para producir electricidad en centrales termoeléctricas a base de petróleo. La tecnología de TVEC trabaja durante 300 días anuales, la zafra dura 180 días, el rendimiento de azúcar 13%, destilería de etanol capaz de producir anualmente alrededor de un millón de hectolitros

---

<sup>7</sup> Ver: Torres, Julio (2001): "Análisis de Costo –Beneficio de Variantes de Utilización de la Biomasa Cañera en un Escenario Intensivo en el Uso Eficiente de la Biomasa". CITMA, La Habana.

ya que está anexa a un ingenio capaz de moler 15000 toneladas diariamente.

- Después del 2030 será necesario asimilar la tecnología BIG/TGCC, aunque sería conveniente hacerlo antes (porque el costo de inversión de sus unidades maduras comercialmente debe resultar inferior al de la variante TVEC), si aquella tecnología más avanzada estuviera disponible en ese momento.
- Aporte significativo de otras fuentes renovables de energía diferentes de la biomasa cañera, en particular de la eólica y la solar fotovoltaica, en aplicaciones directas o formando parte de sistemas híbridos de generación eléctrica.