

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES
ESCUELA DE ECONOMÍA



BARRERAS ECONOMICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGIA EN EL SECTOR AZUCARERO VENEZOLANO

Tutor: José R. Solano
Autores: Kareem Meleán
Santiago Penzo

Caracas, octubre 2008

Dedicatoria

A mi padre, por ser la ayuda, la mano amiga y la fuente de inspiración que me dio aliento a lo largo de la carrera.

Karem Meleán

Dedicatoria

A mi mamá Adela Vivas y a mi abuela Cruz Elena Vivas por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A Armando Meleán por su colaboración incondicional en el proceso de realización de esta tesis.

Santiago Penzo.

Agradecimientos

Al profesor Hernán Díaz por el apoyo y ayuda incondicional.

A nuestro tutor José Solano por la atención y dedicación proporcionada.

A la Profesora Isabel Acosta por su ayuda y paciencia a lo largo de la carrera.

Al Profesor Armando Meleán por la colaboración dada a lo largo del trabajo de grado.

Al Instituto de Energía de la Universidad Simón Bolívar por darnos las herramientas necesarias.

A nuestras familias por su apoyo durante toda la carrera.

A todas las demás personas, que de una u otra manera formaron parte de este proyecto y nos ayudaron a llevarlo a cabo.

Índice

Dedicatoria	II
Agradecimiento	IV
Índice	V
Índice de Figuras	VIII
Introducción	X
Capítulo I: Consideraciones Generales	1
1.1. Delimitación del objeto de estudio	1
1.2. Objetivo de la Investigación	5
1.3. Conceptos Básicos	6
1.3.1. Conceptos de Economía Energética	7
✓ Precios de la energía	7
✓ El costo de oportunidad y costo marginal	8
✓ La regulación	8
✓ Energía primaria y secundaria	10
✓ Eficiencia Energética	11
✓ Indicadores Energéticos	12
✓ Ahorro de Energía	13
✓ Racionamiento de energía	14
✓ Eficacia energética	15

✓ Racionalización energética	15
✓ Barreras a la eficiencia energética	16
✓ Fuentes alternativas de Energía	17
1.3.2. Conceptos relacionados a la Industria Azucarera	18
✓ El Bagazo de Caña	18
✓ Central Moscabado	18
✓ Central Melador	18
✓ Central Integrado	18
✓ Zafra	18
✓ Meladura	19
✓ Generación de Vapor	19
✓ Sistema de Cogeneración de Energía	19
✓ Vapor de baja presión	20
✓ Vapor de media presión	20
✓ Vapor de alta presión	20
✓ Condensado	20
✓ Proceso de molienda	20
✓ Clarificación	21
✓ Evaporación	21
✓ Proceso de refino	21
Capítulo II: La energía en el Sector Industrial Venezolano	22
II.1. La actividad petrolera y el proceso de industrialización en Venezuela.	22

II.2. Características energéticas del sector industrial	27
II.2.1. Condicionantes del desarrollo energético del sector industrial e indicadores	27
II.2.2. El Sector Industrial en el Consumo Final de Energía	32
Capítulo III: Descripción de la Industria Azucarera	37
III.1. Características Generales	37
III.2. Evolución de la Industria Azucarera	38
III.3. Uso de la Energía en la Industria Azucarera	46
III.3.1. Breve referencia internacional	46
III.3.2. Situación Energética de la Industria Azucarera Nacional	47
III.3.3. El flujo energético en los Centrales Azucareros	51
Capítulo IV: Análisis financiero de las inversiones en eficiencia energética en la industria azucarera.	56
IV.1. Breve descripción del entorno económico y político	56
IV.2. Aspectos técnicos y variables a considerar	59
IV.3. Costos de Inversión	62
IV.4 Modelo de Evaluación: Resultados y análisis	65
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	77
Bibliografía	80

Índice de Figuras

Capítulo I

Figura I.1. Proceso simplificado de fabricación del azúcar	1
Figura I.2. Consumo específico de energía	5

Capítulo II

Figura II.1. Electricidad consumida por unidad de PTB	28
Figura II.2. Intensidad Energética 2006	29
Figura II.3. Consumo de energía per cápita 2006	30
Figura II.4. Estructura de consumo por equipos	31
Figura II.5. Estructura del consumo final 2002	32
Figura II.6. Estructura del consumo final 2003	33
Figura II.7. Consumo 2006	34
Figura II.8. Encuesta Industrial energética	38

Capítulo III

Figura III.1. Caña procesada por central	40
Figura III.2. Azúcar producida por central	42
Figura III.3. Centrales en Venezuela	43
Figura III.4. Encuesta energética	48
Figura III.5. Consumo específico de energía en términos de BEP/ TC central	49
Figura III.6. Consumo específico de los centrales integrales	50

Figura III.7. Diagrama de flujo de un central que compra electricidad a la red y combustibles primarios	51
Figura III.8: Diagrama de flujo de energía en un central azucarero autoabastecido	53
Figura III.9: Diagrama de flujo de energía de un central azucarero autoabastecido y que vende electricidad a la red	54
Capítulo IV	
Figura IV.1. Costo en dólares por Kw	63
Figura IV.2. Costo en bolívares por Kw	64
Figura IV.3. Precios del gas	64
Figura IV.4. Precios electricidad	65
Figura IV.5. Especificaciones del central para la opción 1	65
Figura IV.6. Especificaciones del central para la opción 2	66
Figura IV.7. Especificaciones del central para la opción 3	67
Figura IV.8. Opción 1 de Inversión	68
Figura IV.9. Opción 2 de Inversión	69
Figura IV.10. Opción 3 de Inversión	70
Figura IV.11. Resumen de Resultados	71
Figura IV.12. Especificaciones técnicas y nuevos precios	73
Figura IV.13. Flujo de caja con los precios de la electricidad de Brasil	74
Figura IV.14. Resumen de resultados con precios de Brasil	75

Introducción

La eficiencia energética se ha convertido en un tema fundamental desde que los precios de los combustibles fósiles aumentaron enormemente en la década de los setenta del siglo pasado. Los países industrializados, buscando mantener constante el ritmo de su producción, han invertido año tras año, tiempo y dinero en la búsqueda de nuevas y mejores formas de energía.

Más recientemente, el problema del calentamiento Global ha hecho que se le de mayor importancia a las mejoras en eficiencia y a la exploración de fuentes alternativas.

El petróleo, desde hace al menos ochenta años, se evidenció como principal producto de exportación para la economía venezolana. Las políticas desarrolladas en torno a este tema, han provocado la imposibilidad de reducir la dependencia de la economía nacional en el producto.

Luego de la nacionalización en 1976, el Estado pasó a controlar todo el negocio y la renta proveniente del petróleo. Esto ha permitido subsidiar la mayor parte del resto de los sectores de la economía, mediante precios bajos en el mercado interno de los derivados de hidrocarburos, que se alejan significativamente de los precios del mercado de exportación. Este diferencial en los precios incentiva el despilfarro de las fuentes de energía, y genera pérdidas de capital para el país.

La energía eléctrica es una de las beneficiarias en cuanto a subsidio. Este sector, aunque ha tenido cierta participación privada, como La Electricidad de Caracas, ha sido mayormente

controlada por el Estado, que ha mantenido regulado el nivel de tarifas, lo cual trae como consecuencia que sea difícil obtener ingresos suficientes para la inversión, perjudicando el funcionamiento de la industria y generando ineficiencias en las cadenas productivas.

Hubo una política explícita para incentivar las industrias intensivas en energía como Aluminio, Siderúrgica, Cemento y Azúcar. Esta última es especialmente importante porque es una industria que tiene el potencial para autoabastecerse utilizando el bagazo de caña como combustible.

Como parte del proceso de la producción de azúcar queda un remanente, llamado bagazo de caña, que posee potencial energético para la generación de electricidad, pero no es comercializado como energético. Los centrales azucareros, tienen la posibilidad de autoabastecerse de energía eléctrica, ya que puede ser producida utilizando el bagazo de caña como combustible primario. Sin embargo los centrales azucareros producen energía utilizando sólo el 63,83% del bagazo de caña, mientras que el restante es suplido por derivados del petróleo, gas y electricidad comprada a la red¹.

El parcial autoabastecimiento de los centrales azucareros, y su consumo de otras fuentes de energía, distintas al bagazo, crean una ineficiencia energética, ya que se tiene una industria con capacidad de generar su propia energía, pero que no lo hace porque los niveles de precios y tarifas incentivan a utilizar otras fuentes de energía que podrían ser exportadas o destinadas a otros sectores.

Para la realización del estudio seleccionamos un central azucarero, (Central El Palmar) que por sus características en cuanto al uso de la energía y acceso a la información permite la

¹ Hernán Díaz., Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

realización de análisis y aproximaciones a conclusiones que en el marco de determinadas consideraciones puedan extrapolarse al resto de los centrales que conforman la Industria Azucarera Venezolana.

El estudio pretende comprobar que, dado los niveles de precios y sin políticas aplicadas por el Estado que promuevan las inversiones, no será posible superar las barreras presentes para las inversiones en eficiencia energética.

En el capítulo uno, realizamos las consideraciones generales y desarrollamos los conceptos asociados a la economía energética y la industria azucarera; esto con la intención de brindar un panorama de lo que se va a tratar a lo largo de la investigación. En el capítulo dos se realizó una caracterización de la evolución del sector industrial en Venezuela, así como la descripción de su consumo energético, para dejar en claro el contexto en el que se ha desarrollado la industria azucarera en Venezuela.

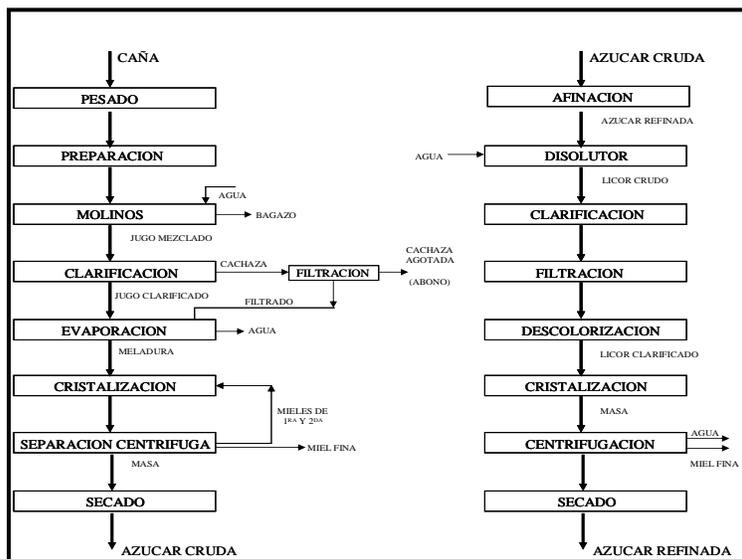
En el tercer capítulo se realiza un perfil detallado de la industria azucarera nacional con el fin de visualizar el contexto en el que se realiza el análisis financiero. En el capítulo cuatro se aplica un modelo de evaluación financiera para verificar la viabilidad del proyecto de inversión dirigido a la optimización del uso de la energía en el proceso de fabricación del azúcar. En el capítulo cinco se presentan las conclusiones y recomendaciones para los resultados obtenidos en el modelo de evaluación.

Capítulo I: Consideraciones Generales

I.1. Delimitación del objeto de estudio.

El Sector Azucarero Venezolano está conformado por toda la cadena de actividades relacionadas con la producción, distribución y comercialización de azúcar Refinada en Venezuela, que va desde la actividad primaria, la cual es el cultivo de la caña de azúcar, las actividades de transporte y almacenamiento del recurso primario, la industrialización de la caña de azúcar que incluye molienda, evaporación, cristalización y separación, y termina con tratamientos químicos para la refinación final del producto, tal como se observa en el esquema a continuación:

Figura I.1 Proceso simplificado de fabricación del azúcar



El proceso se completa con todas las actividades terciarias relativas a la distribución y la comercialización.

La investigación abarca los aspectos energéticos asociados a la actividad industrial del sector azucarero, por sus especiales características energéticas, específicamente lo relativo a la producción del bagazo de caña de azúcar como potencial fuente de energía primaria y su utilización.

El azúcar es un producto que se ha venido explotando a partir de la Caña de Azúcar desde la época de la colonia en Venezuela, pero no es sino hasta el siglo XX cuando se consolida como una industria y los procesos de producción fueron modernizados. Durante su desarrollo, especialmente a finales de la década de los años 20 del siglo pasado, como consecuencia de la crisis mundial y durante la década del 70, la Industria Azucarera experimentó problemas por la caída de los precios a nivel mundial.

Actualmente la Industria Azucarera Venezolana esta conformada por²:

- Azucarera Cumanacoa C.A.
- Azucarera Guanare C.A.
- Azucarera Cazta
- Azucarera Río Turbio C.A.
- C.A. Central Pastora
- Central Venezuela
- Central el Palmar

¹Federación Nacional de Asociaciones de Cañicultores de Venezuela (FESOCA)

- Central Portuguesa
- Central Motatan
- Central Carora
- Central Tocuyo
- Central las Majaguas
- Central Ing. Coromoto
- Central Toliman
- Central Matilde
- Central Rio Yaracuy
- Central Veroes
- Central Cariaco

Los centrales azucareros en general tienen la potencialidad desde el punto de vista técnico, de ser autosuficientes desde el punto de vista energético ya que, luego del proceso de producción, se genera un sobrante al se denomina bagazo de caña, que es una fuente de energía primaria, de las denominadas como bioenergía, la cual puede ser utilizada, dada determinadas condiciones técnicas, para generar electricidad y vapor.

La producción de energía eléctrica podría ser suficiente para abastecer el propio Central y vender con rentabilidad los excedentes a otros usuarios en determinadas condiciones económicas, a través de la red eléctrica³.

No obstante esa potencialidad, para el año 2005 la energía eléctrica proveniente del bagazo de caña solo constituye el 63.83%, mientras que el resto es obtenido utilizando otras fuentes energéticas primarias como el fuel oil con el 22.58% de participación, el gas natural con el 12.93%, electricidad comprada a la red con el 0.54% y diesel con 0.12%. Esta estructura en la utilización de fuentes primarias de energía podría calificarse de una "irracionalidad energética", es decir no utilizar la fuente energética apropiada para determinados usos; esto significa que no hay un uso racional de la energía disponible y una sub-utilización de la capacidad de los centrales azucareros⁴. Pero también puede calificarse de "irracionalidad económica" si consideramos el costo de oportunidad que tales fuentes convencionales fósiles podrían tener en el mercado internacional.

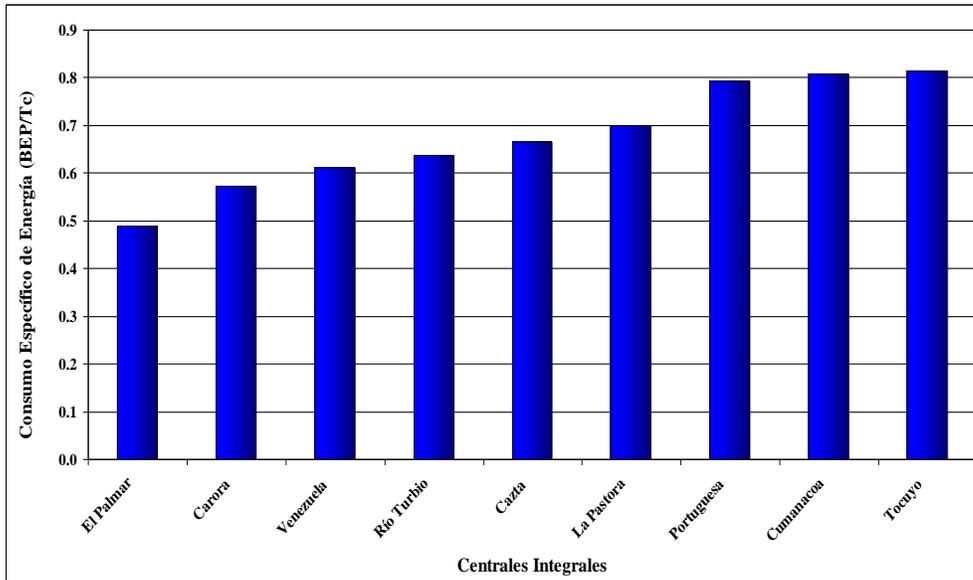
Para la realización del estudio seleccionamos un central azucarero, (Central El Palmar) que por sus características en cuanto al uso de la energía y acceso a la información permite la realización de análisis y aproximaciones a conclusiones que en el marco de determinadas consideraciones puedan extrapolarse al resto de los Centrales que conforman la Industria Azucarera Venezolana. Entre los centrales azucareros hay diferencias en cuanto a la eficiencia energética, de tal manera que las conclusiones deben tomar en cuenta tales características.

A continuación se evidencian tales diferencias:

³ Díaz, Hernan.; Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

⁴ Geohistoria del Azúcar, UCV: <http://www.faces.ucv.ve>

Figura I.2: Consumo Específico de Energía (BEP/Tc⁵)



Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

1.2. Objetivo de la investigación.

Los centrales azucareros están diseñados para poder generar toda la energía necesaria para el proceso productivo, ya que cuenta con un sub-producto de la caña de azúcar llamado bagazo de caña, el cual, debidamente tratado, puede generar la energía suficiente para el funcionamiento de un central azucarero.

A nivel mundial, en los países donde existe producción azucarera, los centrales están diseñados de tal forma que no solo cubren los requerimientos necesarios para el funcionamiento

⁵ BEP/TC: Barriles equivalentes de petróleo por tonelada de caña

del central, sino que logran generar excedentes de electricidad para vender a la red de energía eléctrica en el país.

El caso Venezuela es particular ya que, debido a los niveles de precios de las fuentes de energías y a la regulación que existe sobre ellas, los centrales utilizan no solo bagazo de caña para la producción de energía, sino que consumen energía proveniente de hidrocarburos lo cual, por el diseño que debe tener un central, representa una ineficiencia en el uso de la energía dentro del sector azucarero.

La intención del estudio es demostrar que mientras existan esos niveles de precios y sin incentivos proporcionados por el Estado para impulsar las inversiones necesarias, el sector azucarero no superará las limitantes presentes para la autogeneración de toda la energía que utiliza.

Aunque el objetivo esencial es lo relativo al uso del bagazo como energético, en el transcurso de la investigación se han detectado algunas barreras económicas que comentaremos en las conclusiones.

1.3. Conceptos Básicos.

Con la finalidad de facilitar la lectura y análisis del trabajo, definimos en este aparte los conceptos que consideramos de mayor importancia, tomando en consideración que el trabajo tiene aspectos técnicos y económicos. Los conceptos definidos se dividen en dos grupos, a saber: los de Economía Energética y los utilizados en la Industria Azucarera.

1.3.1. Conceptos de Economía Energética:

✓ Precios de la energía.

En Venezuela, los precios del mercado interno de la energía se refieren a los fijados oficialmente por el Organismo Regulador correspondiente, en este caso el Ministerio de Energía y Petróleo, vigentes para el momento de la realización del estudio para las fuentes primarias y secundarias que se comercialicen en el mercado interno.

A los efectos del estudio consideraremos las fuentes de energía que se utilizan en la Industria Azucarera, específicamente el gas natural, la electricidad, los combustibles líquidos utilizables en la generación de electricidad (fuel oil o gasoil). Adicionalmente se considerará el concepto de costo de oportunidad de los bienes transables (líquidos), equivalentes al precio FOB de exportación en puerto venezolano y utilizaremos el de costo marginal para los no transables dada la infraestructura existente en Venezuela (electricidad y gas), en su defecto el costo del servicio, entendido como aquel que cubre los costos de la prestación de suministrar el bien o servicio, mas una ganancia razonable fijada por el ente regulador, de acuerdo a determinados criterios. Para el caso del bagazo de caña de azúcar, como combustible, dado que no se comercializa, se considerará su costo de oportunidad como material utilizable en otras actividades.

✓ **El costo de oportunidad y el costo marginal.**

Son conceptos económicos vinculados con la toma de decisiones a las que se enfrenta cada empresa en búsqueda de la maximización del beneficio, que asumimos constituye el comportamiento de las empresas que integran la industria azucarera Venezolana.

El profesor de economía en Amherst College, Walter Nicholson en su libro Microeconomía Intermedia y sus aplicaciones, define el costo de oportunidad de la siguiente manera: “También llamado costo social, se refiere al costo de un bien o servicio medido por los usos alternativos a los que se renuncia por la producción del bien o servicio”⁶.

A su vez la definición de costo marginal que se plantea en el mismo libro es la siguiente: “se refiere al costo adicional de producir una unidad más (cambio en CT/cambio en Q)”.

✓ **La regulación.**

En el estudio que realizamos es importante esta definición, en virtud de las características estatistas de la política económica del gobierno nacional, que ha exacerbado lo que es una función legítima del estado en determinadas situaciones. En el caso que nos ocupa el Sector Energía, es un sector sujeto a regulación en muchas de sus actividades, por su carácter monopólico, es el caso de la generación, transmisión y distribución de electricidad y la producción y distribución de combustibles fósiles líquidos y gaseosos, por ser todos ellos monopolio estatal.

⁶Nicholson, Walter: Microeconomía Intermedia y sus aplicaciones, editorial Mac Graw Hill, Octava edición, 2001

En el caso de la Industria Azucarera aunque en teoría no debería ser un sector regulado, en efecto está sometido a un control riguroso por parte del estado.

La Real Academia define regular como: 1. Medir, ajustar o computar algo por comparación o deducción. 2. Ajustar, reglar o poner en orden algo. *Regular el tráfico*. 3. Ajustar el funcionamiento de un sistema a determinados fines. 4. Determinar las reglas o normas a que debe ajustarse alguien o algo. 5. *Econ.* Reajustar (aumentar o disminuir coyunturalmente). *Regular las tarifas, los gastos, la plantilla de empleados*⁷.

La regulación, según Roger Noll, “se refiere a una forma de alterar el comportamiento de un mercado mediante la promulgación de reglas coactivas que gobiernan algún aspecto de la producción, los atributos cualitativos, la entrada y/o el precio a los que un bien es adquirido y vendido por otros; todos estos instrumentos pueden usarse para alterar los resultados en el conjunto de mercados señalados”⁸.

Con las definiciones anteriores como base, se puede decir que la regulación es la potestad que ejerce el Estado, a través de instancias creadas específicamente para cumplir tal misión, para controlar legalmente actividades tales como las ambientales, técnicas y económicos. En los casos de regulaciones ambientales y técnicas, esta se ejerce en todas las actividades económicas en función de proteger intereses generales de la población en cuanto a calidad ambiental, seguridad, ordenamiento urbano, entre otras.

En el caso de regulaciones económicas, estas se deberían establecer en los casos de actividades o conductas monopólicas o de otras formas o conductas de mercado que puedan

⁷ RAE: Diccionario de la Lengua Española, Vigésima Segunda edición

⁸ Biblioteca virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales: La regulación, <http://www.eumed.net>

perjudicar a los consumidores. Esta misión del estado debe orientarse a corregir tales fallas de mercado. El caso de las actividades de redes como son la transmisión y distribución de gas natural y electricidad, son típicas actividades reguladas.

Es de hacer notar que la regulación económica que actualmente ejerce el Estado Venezolano excede los dictados de la literatura económica. De tal manera, que en el caso que nos ocupa, prácticamente todas las actividades que analizaremos son objeto de regulaciones económicas, especialmente en el área de precios y tarifas.

✓ **Energía Primaria y Secundaria.**

Consideramos de interés la definición de algunos conceptos técnicos, tales como los de Energía Primaria y Secundaria. El Centro de Estudios Energéticos y Medioambientales de Argentina las define de la siguiente forma:

Energía primaria: "Se consideran como fuentes de energía primaria a las que se obtienen directamente de la naturaleza como los casos de: la energía solar, la hidráulica, la eólica, la leña, los productos de caña y otros combustibles de origen vegetal y animal, o bien, después de un proceso de extracción como, el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, u otros como el recurso de la geoenergía, y el recurso de la nucleenergía, etc."⁹.

⁹Centro de Estudios Energéticos y Medioambientales, Argentina, <http://www.ceem.org.ar/>

Energía secundaria: “Es aquella cuyos productos energéticos provienen de los distintos centros de transformación con destino a los diversos sectores de consumo y/u otros centros de transformación”¹⁰.

En general se entiende, reiterando las definiciones descritas en la Bibliografía mencionada, como fuentes primarias aquellas que se utilizan tal como se extraen de la naturaleza, tal es el caso del Petróleo Crudo y la Hidroelectricidad. La mayoría de las fuentes energéticas primarias requieren un proceso de transformación para convertirlas a secundarias y hacerlas utilizables, es el caso del petróleo crudo cuando se procesa en refinerías y del gas cuando se convierte en energía eléctrica. Algunas veces, energías secundarias obtenidas en los procesos de refinación, son también transformadas en otras energías secundarias, tal es el caso de derivados del petróleo o gas natural.

✓ **Eficiencia Energética.**

La eficiencia energética y el objeto de estudio tienen una relación estrecha, ya que para poder optimizar el uso de la energía en el sector, es necesario analizar si, desde el punto de vista energético, está siendo aprovechada debidamente.

Mentor Poveda en el documento llamado “Eficiencia Energética Recursos no aprovechados”, publicado por OLADE en agosto de 2007, la define de la siguiente forma:

¹⁰ Centro de Estudios Energéticos y Medioambientales: *Sinopsis Energética/ Información Complementaria*, Argentina, <http://www.ceem.org.ar/>

“La eficiencia energética como concepto, agrupa acciones que se toman tanto en el lado de la oferta como de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción, permitiendo mejorar la seguridad del suministro. Logrando, además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía de la población en general. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en las finanzas de las empresas energéticas”¹¹.

El concepto de Eficiencia Energética, es un concepto relativo, tal como indica el concepto de eficiencia en general. Indica el consumo de energía en relación con alguna otra variable, lo cual se mide a través de una serie de indicadores energéticos.

✓ **Indicadores Energéticos.**

En este sentido podemos enumerar varios indicadores de eficiencia energética, algunos de carácter global como la Intensidad Energética, que es el cociente entre el Consumo Final o total de Energía por unidad de PIB, o indicadores de carácter Sectorial como Consumo de Energía del Sector Industrial o Servicios de Energía por unidad de Valor Agregado Industrial o de Servicios. Son frecuentemente utilizados indicadores vinculados a la calidad de vida o la eficiencia energética de los consumidores residenciales, entre estos tenemos, Consumos per cápita de energía en general o de alguna fuente específica, calculados como cocientes entre el Consumo Final de Energía y el número de habitantes o el consumo de electricidad o gas y el número de habitantes. También pueden calcularse indicadores más específicos, desagregados o

¹¹ Poveda, Mentor:, Eficiencia Energética Recursos no aprovechados, OLADE Agosto 2007

puntuales, como el consumo de energía por toneladas de producción física de cualquier bien expresado en toneladas o kilogramos, denominado Consumo Específico. Pueden calcularse Consumos Específicos también para los sectores de servicios, tales como el sector transporte, por ejemplo el consumo de energía por kilómetro recorrido, o por pasajeros o carga movilizadas por kilómetro.

✓ **Ahorro de Energía.**

A diferencia del concepto de eficiencia energética, el concepto de ahorro se refiere a una reducción del consumo de energía en términos absolutos.

Según el Dr. D. José Piernas Hurtado, “el ahorro es una forma del empleo ó consumo de la riqueza, que consiste en no aplicar la satisfacción de las necesidades actuales más que una parte del beneficio ó retribución obtenidos en la industria, destinando el resto á aumentar los medios de que se dispone para nuevas producciones y á la atención de las necesidades futuras”¹².

La Real Academia Española define ahorrar como:” 1 tr. Reservar alguna parte del gasto ordinario. U. t. c. prnl. 2. Guardar dinero como previsión para necesidades futuras. 3. Evitar un gasto o consumo mayor...”¹³. Como puede observarse, el concepto de la Academia que se podría utilizar para explicar el ahorro de energía es el número 3.

¹² Biblioteca virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales: Vocabulario de Economía Política, Ahorro <http://www.eumed.net>

¹³ RAE: Diccionario de la Lengua Española, Vigésima Segunda edición

En efecto, esto significa que se puede reducir el consumo de energía manteniendo o aumentando la eficiencia. Es decir ahorro no necesariamente está asociado a eficiencia. Cuando hay una caída de la actividad económica puede reducirse el consumo de energía, pero ser más ineficiente energéticamente. De hecho la ineficiencia aumenta cuando cae el PIB, dado que muchos equipos continúan operando sin que necesariamente la producción se mantenga, de tal manera que la relación consumo de energía/PIB puede aumentar.

✓ **Racionamiento de Energía.**

Es necesario tomarlo en cuenta el racionamiento de energía, ya que en ciertas ocasiones, las políticas públicas del Gobierno conducen hacia un racionamiento para evitar crisis sectoriales. El racionamiento no tiene nada que ver con eficiencia, ya que el racionamiento si disminuye el confort, la calidad de vida de los usuarios y afecta la actividad económica.

La Real Academia Española define racionar como: “tr. Someter algo en caso de escasez a una distribución ordenada. 2. tr. Limitar el consumo de algo para evitar consecuencias negativas...”¹⁴.

Haciendo una aproximación del concepto anterior al objeto de estudio se puede decir que racionamiento se refiere a un ahorro compulsivo, impuesto por circunstancias externas e incontrolables por el usuario.

¹⁴ RAE: Diccionario de la Lengua Española, Vigésima Segunda edición

✓ **Eficacia Energética.**

La eficacia energética es un término que comúnmente es considerado sinónimo de eficiencia energética, para efectos del trabajo, estos términos se consideran como distintos entre sí.

La Real Academia Española define eficacia como: “. Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera”¹⁵.

Con la definición anterior como base, se puede entender que Eficacia Energética se refiere a la disponibilidad permanente del servicio, aunque no se haga eficientemente ni desde el punto de vista energético, ni económico. Esto significa que se puede disponer del servicio pero a muy altos costos y con gran desperdicio de energía.

✓ **Racionalización Energética.**

Racionalización energética es un concepto más amplio, ya que no solo se refiere a indicadores específicos, tales como el consumo de energía por unidad de producto o consumo específico por producción física, sino que considera también la utilización de la fuente energética adecuada a determinados usos.

A título de ejemplo, el uso de calentadores eléctricos constituye una irracionalidad energética en el contexto global, aunque el usuario sea eficiente en su uso, es decir consuma lo mínimo posible de electricidad en el uso de su calentador. Lo ideal es usar gas en los calentadores, lo

¹⁵ RAE: Diccionario de la Lengua Española, Vigésima Segunda edición

cual en muchos casos no es posible por no existir disponibilidad de gas en determinadas zonas. Esto habla de una ineficiencia del sistema energético. Similar reflexión puede hacerse con el desperdicio del Bagazo de Caña en los Centrales Azucareros o con el uso de combustibles líquidos para generar electricidad, lo cual constituye una irracionalidad energética aunque no necesariamente económica desde la perspectiva del usuario.

Sin embargo, estos conceptos siempre estarán estrechamente relacionados, y encontraremos que los términos “racionalización”, “optimización” y “eficiencia” se utilizarán como equivalentes.

✓ **Barreras a la eficiencia energética.**

A los efectos del presente estudio entenderemos por Barreras a la Eficiencia Energética, todo el conjunto de factores económicos, políticos, culturales, tecnológicos e institucionales que limitan o impiden a los usuarios de energía acometer iniciativas para ser mas eficientes energéticamente.

El objeto específico del estudio serán las barreras económicas, mas sin embargo, es necesario asumir que las decisiones económicas deben inscribirse en un contexto que las limita o las facilita. Es conocido que la energía en Venezuela, ha sido un tema de difícil tratamiento desde el punto de vista económico, precisamente por los mitos que el discurso político y algunos elementos culturales han creado en la población.

✓ **Fuentes alternativas de energía.**

Se entiende por fuentes alternativas de energía, aquellas que no tienen una participación relevante en el mercado energético nacional. En el lenguaje usualmente utilizado por los expertos también se habla de Fuentes no Convencionales de Energía o Fuentes Alternativas Nuevas y Renovables de Energía.

Estos conceptos no son muy precisos, ya que muchas fuentes energéticas denominadas no convencionales o nuevas, tienen siglos utilizándose, tales como la Energía Solar para secado, la Energía Eólica (electricidad producida a partir de la utilización del viento), el bagazo de caña ampliamente utilizada en los países con Industria Azucarera o la Energía Nuclear, cuya participación en la matriz energética de muchos países industrializados es bastante importante.

En el caso de Venezuela, las fuentes de energías alternativas o no convencionales: específicamente la Energía Solar, la Energía Eólica, el bagazo de caña y sus derivados (Etanol), micro o minicentrales hidroeléctricas tienen una mínima o ninguna participación en nuestro mercado energético interno. Esta situación se mantiene, a pesar de los permanentes esfuerzos, especialmente impulsados desde las Universidades con fines esencialmente académicos. A nuestro juicio la razón fundamental es estrictamente económica, es decir con los precios de las energías convencionales, tales fuentes no tienen posibilidad de competir.

1.3.2 Conceptos relacionados con la Industria Azucarera.

- ✓ **El Bagazo de Caña:** Es el residuo que queda después de pasar la caña por los molinos. Como subproducto del proceso de producción de azúcar tiene un potencial energético y no se comercializa como tal. Además de fuente de energía tiene otros usos alternativos, por ejemplo en la industria de aglomerados. En los Centrales azucareros se utiliza parcialmente como fuente primaria de energía.

- ✓ **Central moscabado:** Son aquellos centrales que tratan la caña de azúcar hasta crear la azúcar moscabada o morena, cuyo color varía desde amarillo claro hasta pardo oscuro, dependiendo de la cantidad de mezcla que quede adherida a los cristales.

- ✓ **Central Melador:** Centrales que tratan la caña de azúcar solo hasta el punto donde se forma la meladura, la cual es la materia prima para producir la azúcar refinada.

- ✓ **Central integrado:** Son aquellos centrales que abarcan desde el cultivo hasta la producción de azúcar refinada.

- ✓ **Zafra:** Comprende desde la molienda de la caña hasta la producción de azúcar refinada.

- ✓ **Meladura:** Jarabe previo para hacer el azúcar¹⁶.

- ✓ **Generación de vapor:** El bagazo y los combustibles fósiles son quemados en generadores de vapor para la obtención de vapor de procesos, el cual es requerido para el calentamiento de jugos, procesos de evaporación dentro del proceso productivo, y también tiene otros usos menores.

- ✓ **Sistema de cogeneración de Energía.**

Cogeneración es un sistema que permite la producción de vapor, que luego de ser utilizado en los procesos es expandido en pequeñas turbinas de vapor de contrapresión que acoplados a generadores eléctricos, producen parte de la energía eléctrica requerida por la planta. Esa energía eléctrica se utiliza para mover los molinos dentro del sistema de producción del azúcar para disgregar la caña. El vapor de escape de las turbinas puede ser conducido a los procesos. El vapor en los procesos se condensa cediendo su calor latente y parte del condensado es retornado al generador de vapor, obteniéndose así un ciclo de alta eficiencia termodinámica llamado ciclo de cogeneración, a diferencia del caso de una planta de potencia separada, donde el calor latente del vapor de escape es perdido al ser transferido al agua de enfriamiento de un condensador. Este último es el sistema de producción de energía que utilizan las empresas azucareras venezolanas en la actualidad.

¹⁶ RAE: Diccionario de la Lengua Española, Vigésima Segunda edición

- ✓ **Vapor de baja presión:** El vapor de baja presión es aquel que, medido en mega pascales, genera una presión entre 0,2 y 0,3MPa.

- ✓ **Vapor de media presión:** Genera una presión entre 1,5 y 3MPa.

- ✓ **Vapor de alta presión:** Genera presión entre 4 y 8MPa.

- ✓ **Condensado:** Convertir un vapor en líquido o solido: En el ciclo de producción de una planta de producción de azúcar, parte del vapor que se utiliza para accionar las turbinas, se condensa en el proceso, de esta forma retorna al generador de vapor para seguir produciendo la energía necesaria para el ciclo productivo.

- ✓ **Proceso de molienda:** La caña de azúcar es desmenuzada con cuchillas rotatorias y una desfibradora antes de molerla para facilitar la extracción del jugo que se hace pasándola en serie, entre cilindros, o mazas de 6 molinos. Se utiliza aguade contracorriente para ayudar a la extracción que llega al 94%-95% de la azúcar contenida en la caña. El remanente queda en el bagazo residual que es utilizado como combustible para las calderas, así como materia prima para la fabricación de tableros de bagazo¹⁷.

¹⁷ Central El Palmar S.A.: proceso de la obtención del azúcar, www.elpalmar.com.ve

- ✓ **Clarificación:** Proceso físico-químico por medio del cual se extrae las impurezas que contiene el jugo extraído de la caña¹⁸.

- ✓ **Evaporación:** Proceso mediante el cual se extrae la humedad al jugo obtenido luego de la clarificación, obteniendo así la melaza o meladura.

- ✓ **Proceso de Refino:** Proceso por el cual pasa el azúcar, luego de que sale de las centrífugas, para eliminar las impurezas y ser convertida en azúcar refinada.

¹⁸ Díaz, Hemán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

Capítulo II: La Energía en el Sector Industrial Venezolano.

II.1. La actividad petrolera y el proceso de industrialización en Venezuela.

Hasta las primeras décadas del siglo XX, Venezuela tenía una economía predominantemente agrícola. En esas mismas décadas comienza a aparecer la actividad petrolera, y tiene un importante desarrollo entre 1914 y 1951, como consecuencia de importantes descubrimientos de reservas, en especial en el Estado Zulia, lo cual generó circunstancias políticas y económicas que convirtieron la actividad petrolera nacional en el centro de nuestra vida económica.

Entre los aspectos relevantes de esta etapa podemos mencionar, en el ámbito específico de la actividad petrolera: “el descubrimiento de 112 campos petrolíferos que permitieron una producción acumulada de 6164 millones de barriles, contar en 1951 con reservas probadas remanentes de 9.064 millones de barriles, producir ese año 1,7 millones de barriles diarios y fácilmente disponer de un potencial de 2,2 millones de barriles por día”¹⁹.

En ese mismo período Venezuela se consolida como un importante exportador, logrando vender al exterior 5555,00 millones de barriles, lo que representaba el 90 % de su producción, además de 322 millones de barriles de productos. Además de estas cifras indicativas del desarrollo petrolero es de destacar el ordenamiento jurídico de la actividad con la aprobación de

¹⁹ CEPET: La Industria Venezolana de los Hidrocarburos, Tomo I, noviembre - 1989

la Ley de Hidrocarburos de 1943 que unifica toda la reglamentación dispersa que se había producido hasta ese momento.

Destacable en ese período es el inicio del debate acerca de una “concepción nacional” sobre que se debería hacer con el petróleo, en donde figuras como Arturo Uslar Pietri y Juan Pablo Pérez Alfonso juegan un papel relevante. El primero con su famosa frase de “Sembrar el Petróleo”²⁰; título del Editorial del diario “Ahora” publicado el 14 de julio de 1936 y el segundo con su importante rol en la definición de las políticas de no más concesiones, luego de las otorgadas en 1943 y en la creación en 1960 de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), como instrumento de defensa del recurso e incremento de la participación de los países exportadores en el negocio petrolero.

La ley de 1943 consolida un esfuerzo importante del Estado Venezolano en cuanto a los aspectos impositivos y lo relativo a una participación importante en la renta petrolera, mediante el pago de regalías y otros tributos tales como el impuesto sobre la renta. Ese mismo año se otorgaron concesiones por 40 años a los inversionistas extranjeros lo cual de alguna manera constituyó un paso importante en la ordenación de las actividades de los inversionistas extranjeros. No obstante la lucha por una participación cada vez mayor en la renta petrolera no cesó y se avanzó de manera sostenida hasta la nacionalización petrolera en 1976.

El desarrollo petrolero en el período comentado se desarrolló con carácter de “enclave”, es decir, sin ninguna o con muy poca conexión con la economía nacional que aún no tenía la capacidad de estar a la altura de las exigencias tecnológicas y de capital de la industria petrolera. Sin embargo el impacto de la renta comenzó a influir el proceso de modernización de la nación, y

²⁰ Uslar Pietri, Arturo: Petróleo y Política, Urbina y Fuentes, Editores Asociados, Caracas 1984

entre otras cosas permitió iniciativas importantes en materia de industrialización, las cuales se consolidaron en el período democrático que se inicia en 1958, con todo el desarrollo industrial de Guayana, el desarrollo eléctrico del Caroní a través de la Empresa EDELCA y la electrificación de casi todo el territorio nacional, incluyendo la mayoría de las zonas rurales a través de CADAPE.

Los diversos eventos sucedidos en el entorno internacional durante la etapa histórica que describimos, de alto impacto en los precios del petróleo, tales como los conflictos recurrentes entre Árabes e Israelíes, especialmente la guerra de 1967 y el embargo petrolero de los países Árabes después de la guerra de octubre 1973 generaron aumentos considerables en los ingresos petroleros, que consolidaron el carácter rentista de nuestra economía, con especial fuerza a partir de enero de 1974 cuando el precio del crudo marcador pasó de \$5 a \$11.65 por barril ²¹.

El carácter de la economía rentista en Venezuela ha sido intensamente estudiado en el país, y los analistas coinciden que esta condición sumada a la ausencia de políticas públicas apropiadas y el poco éxito de las estrategias que se ejecutaron, por ejemplo el de la sustitución de importaciones, determinaron las características estructurales de nuestro devenir económico y energético, entre los cuales mencionamos: una economía monoexportadora, altamente dependiente del petróleo en cuanto a divisas e ingresos fiscales, una economía protegida, tendencias a la sobrevaluación de la moneda, subsidios energéticos generalizados de los que disfruta la población y los empresarios a través de los bajos precios, una alta intensidad energética y una alta ineficiencia energética.

²¹ Seymour, Ian: Instrumentos de Cambio, Ediciones Tercer Mundo, publicado con el auspicio de OLADE y OPEP 1981

El modelo de desarrollo que someramente hemos descrito, ha pasado por momentos que debieron constituir señales claras de lo inviable o vulnerable que era. En efecto la primeras señales de reducción de precios petroleros se sienten en 1982, lo cual en el contexto de una recesión mundial conduce en 1983 a una devaluación del bolívar y en 1986 ocurre una baja más pronunciada, en el contexto de la crisis de la deuda externa que afectó a la mayoría de los países Latinoamericanos, especialmente a Venezuela, Brasil, México y Argentina lo cual condujo a negociaciones que culminaron con la implementación de programas de ajuste estructural de las economías.

En el caso Venezolano se intenta su ejecución a partir de 1989 bajo el Gobierno de Carlos Andrés Pérez. Los elementos básicos de los programas de ajustes acordados con las instituciones multilaterales, específicamente el FMI y el Manco Mundial, buscaban entre muchos objetivos, el equilibrio en el ámbito fiscal, para lo cual eran necesarias medidas de ordenación de las finanzas públicas, tanto por la vía de los gastos; racionalizando el gasto corriente, focalizando los subsidios, privatizando empresas del estado, entre otras medidas y por la vía de los ingresos con la creación de impuestos, aumento de la eficiencia en la recaudación de los tributos, ajustes de precios de los servicios públicos. En el caso Venezolano era de especial relevancia el ajuste de los precios de los energéticos en el mercado interno, en lo cual no se pudo avanzar de manera significativa dado que las primeras medidas generaron un alto impacto político, que dificultaron su implementación plena.

A pesar de algunos avances, tales como la privatización de la CANTV y de la Siderúrgica del Orinoco, así como en la descentralización de servicios públicos; en general, la implementación del programa de ajuste intentado a partir de 1989, no avanzó significativamente e

inhibió a los gobiernos subsiguientes intentar programas de ajustes globales. En efecto el gobierno que se inicia en 1994 bajo la presidencia de Rafael Caldera, lleva adelante la denominada Agenda Venezuela, en el contexto del cual se logró cierto progreso en el ajuste de precios de la gasolina y en la privatización de una empresa eléctrica en el Estado Nueva Esparta, estas medidas sin embargo, no eran significativas como para provocar cambios importantes en los aspectos estructurales de la economía Venezolana.

La última etapa que podemos comentar de este resumen del desarrollo de la economía Venezolana y su influencia en el desarrollo industrial, se refiere al período que se inicia en 1999 con el gobierno de Hugo Chávez, el cual además de revertir los pocos logros que pudieron lograrse en la última etapa comentada, consolida y de alguna manera se agrava el viejo modelo de intervencionismo, proteccionismo, estatización, subsidios vía precios de los servicios públicos, especialmente los servicios energéticos. El agravamiento de la situación se observa por un nuevo elemento que se agrega a los aspectos antes comentados, nos referimos a las limitaciones al derecho de propiedad privada y la inseguridad jurídica, que inhibe nuevas inversiones privadas tanto nacionales como extranjeras.

Esto ha tenido y continuará teniendo un alto impacto en el sector industrial. En efecto el parque industrial se redujo entre 1998 y 2004 de 11.117 establecimientos a 6.787 en 2004. Esta reducción del número de establecimientos es más significativa en el segmento de las PYME, (Pequeña y Mediana Industria), que pasó de 10352 a 5996 en 2003, es decir una caída del 42 % y una pequeña recuperación del 3,7 % en el 2004, cuando alcanza 6223. La caída de la Gran

Industria es del 26 % entre 1998 y 2004, llamando la atención que, contrariamente a lo que sucede con las PYME, la reducción se da en todos los años, incluyendo el 2004²².

Esta reducción del parque industrial tendría implicaciones en la estructura del consumo final de energía en Venezuela, pero no así en cuanto a los patrones de consumo industrial, ni en la conducta de los usuarios industriales individualmente considerados, dado que no se han alterado en lo esencial los factores que condicionan el consumo de energía en el sector industrial.

La descripción que antecede constituye el marco económico en el cual se desarrolla la industria venezolana en las etapas descritas, y especialmente en cuanto a sus características energéticas, las cuales ampliamos en el siguiente aparte.

II.2: Características energéticas del sector industrial.

II.2.1: Condicionantes del desarrollo energético del sector industrial e indicadores.

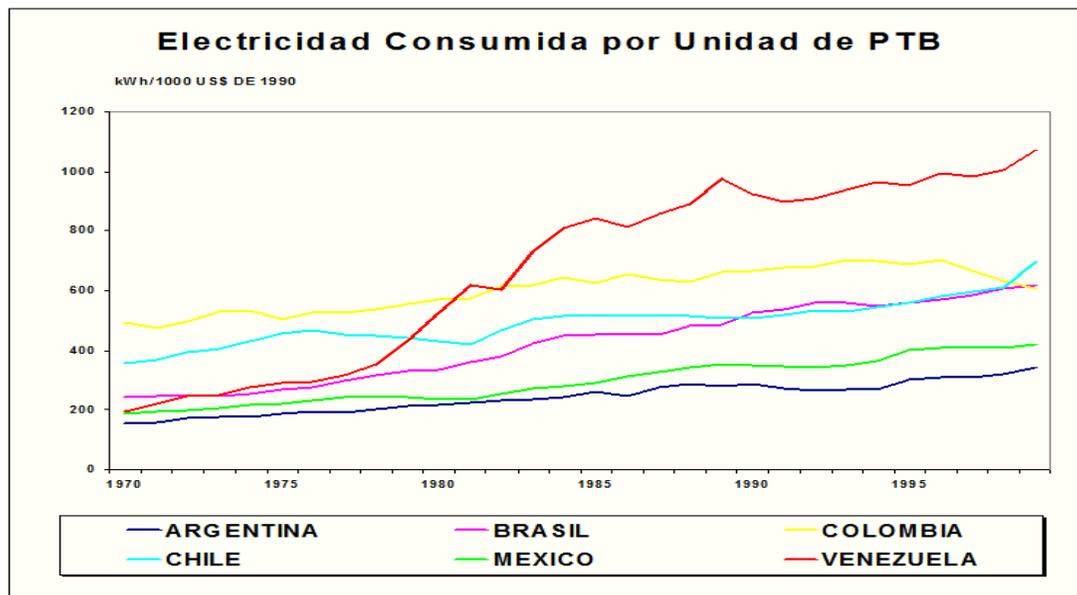
Comenzamos por reiterar que la holgura financiera que representó el crecimiento de la Industria Petrolera, condicionó lo que podemos denominar el Modelo de Desarrollo Industrial Venezolano, que se implantó de acuerdo a determinadas condiciones ya descritas y a políticas públicas también condicionadas por tales realidades y coyunturas políticas y electorales que influyeron para que no se tomaran las medidas que aconsejaba la racionalidad económica.

²² Información del Instituto Nacional de Estadística, procesada por CONINDUSTRIA

El desarrollo industrial se apoyó en algunas líneas básicas, entre las que podemos mencionar: energía barata y abundante, localizada en el sur del país en regiones con alta disponibilidad de energía, especialmente las grandes industrias intensivas en energía, aunque el desarrollo posterior de grandes líneas de transmisión diversificó la localización hacia la región centro-norte costera y occidental, se optó por tecnologías energéticas intensivas en energía, con equipos de transformación sobredimensionados, especialmente motores, con protecciones económicas explícitas, por ejemplo impositivas o arancelarias, igualmente la industria se benefició, como se comentó, de bajos precios de los energéticos.

Estas políticas públicas generaron un crecimiento sostenido de la intensidad eléctrica (kwh/1000 \$ PIB de 1990) desde finales de la década del 70, tal como se observa en la figura II.1

Figura II.1



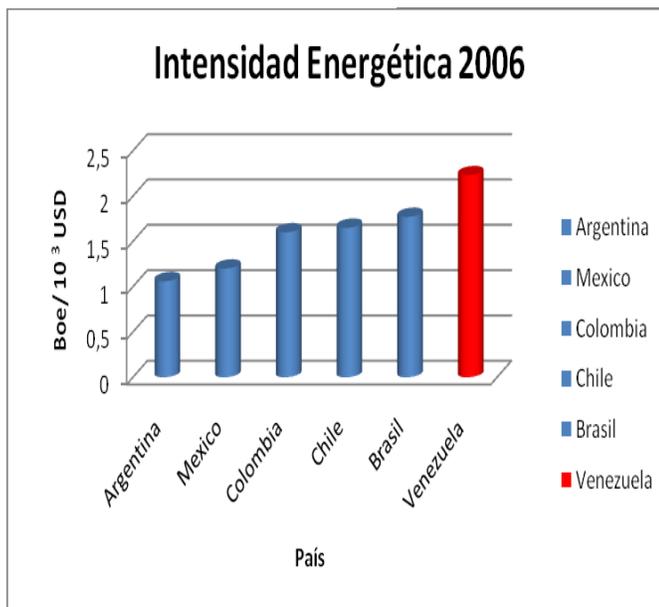
Fuente: UCV: Facultad de Arquitectura, Conferencia sobre Condicionamientos de la demanda de energía, Caracas 2005

En efecto en la década del 70, con mayor énfasis a partir de 1975, se consolida el conglomerado industrial de Guayana, que concentró a las empresas de Aluminio, Siderúrgica e industrias conexas, altamente intensivas en energía. Ese conglomerado Industrial , impactó la evolución de la intensidad eléctrica, convirtió a Venezuela en el país con el más alto consumo de energía eléctrica por unidad de PIB de la región, comparado con países de similar nivel de desarrollo, específicamente con Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México, cuyas intensidades crecieron moderadamente en comparación con Venezuela.

De acuerdo con las cifras presentadas en la conferencia sobre Condicionamientos de la Demanda de Energía, UCV 2005, Venezuela tenía en 1970 una intensidad eléctrica inferior a Chile, Brasil y Colombia e igual a México, en el año 1983 ya superaba a todos los países considerados y en el año 2000 el

consumo superior a 1000 kwh por 1000 \$ de PIB, mientras Colombia no llegaba a los 600 kwh, Chile ligeramente superior a 600 kwh, mientras Brasil, Argentina y México con niveles inferiores. Se destaca el caso de México que siendo también un país exportador de petróleo tiene una intensidad eléctrica que es menos del 50 % del de Venezuela,

Figura II.2

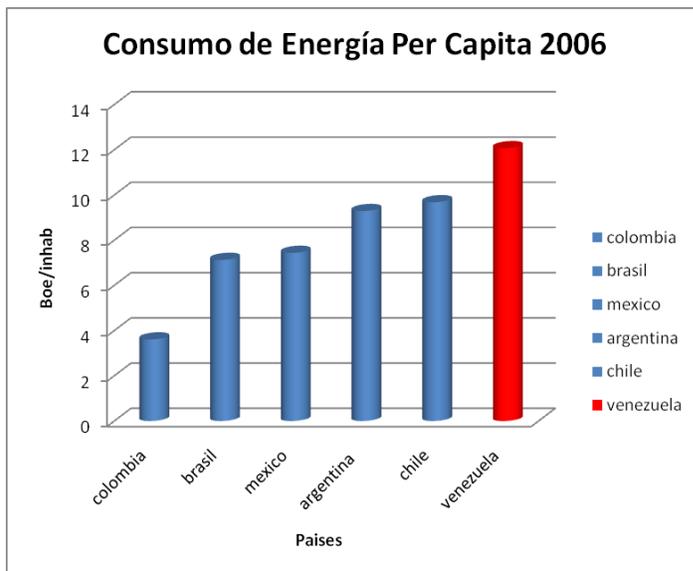


Fuente: OLADE: Sistema de Información Económico Energético SIEE, Quito noviembre 2007

es decir cercano a los 400 kwh.

Las características del consumo de energía en Venezuela se mantienen según datos más recientes del Sistema de Información Económico de OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), a tal efecto mostramos en la figura II.2, la Intensidad Energética en el 2006, que incluye, a diferencia del anterior gráfico, el uso de todas de todas las fuentes a nivel de la demanda final de los países que hemos considerado en los comentarios anteriores. Son bastantes significativas las diferencias, mostrando Venezuela un indicador de 2,6 barriles equivalentes por 1000 \$ de PIB, lo que significa 0,63 barriles equivalentes por 1000 \$ de PIB más que Colombia, el cual consume 1,6 barriles equivalentes por 1000 \$ de PIB.

Figura II.3



Fuente: OLADE: Sistema de Información Económico Energético SIEE, Quito noviembre 2007

Otro indicador que confirma el carácter intensivo de nuestro modelo de desarrollo en general es el consumo de energía per cápita. Sin embargo en este indicador específico, Venezuela tiene un nivel de consumo de energía de poco más de 12 Boe/hab/año, superior al consumo de Chile, que es ligeramente superior a 9,5 Boe/hab/año. Este indicador refleja

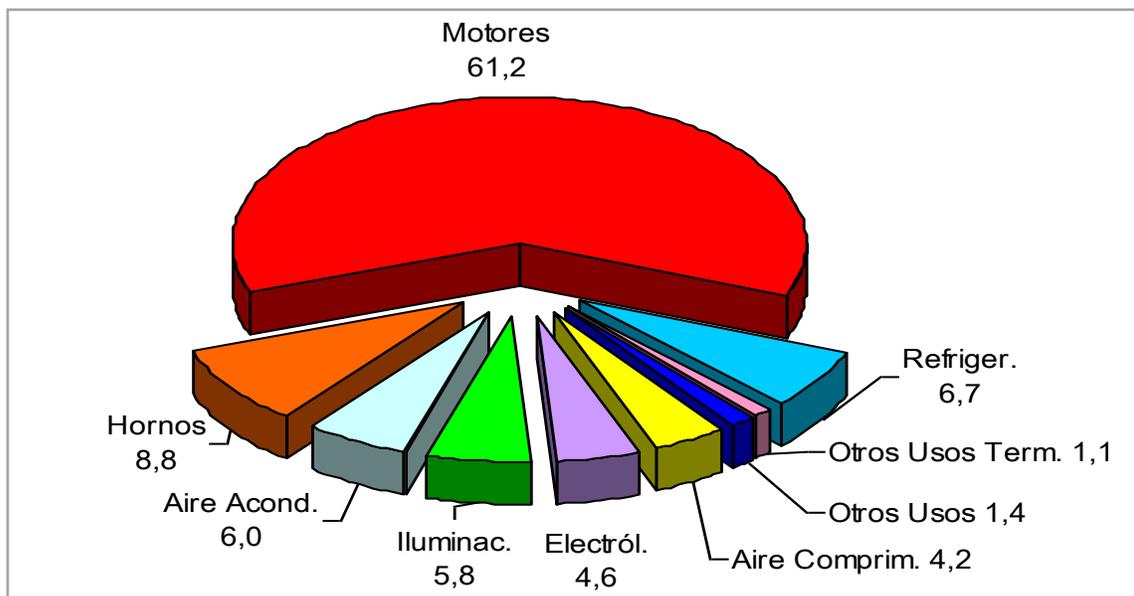
especialmente calidad de vida, dado que su consumo esta condicionado por el uso de equipamiento electrodoméstico, calefacción y aire acondicionado en los países que lo requieren.

Lo que puede explicar los consumos de Chile y Brasil. Esto puede explicar que las sustanciales

diferencias que se dan en cuanto a la Intensidad Energética, puede deberse a las ineficiencias en el consumo del Sector Industrial y el Sector Transporte.

Un elemento importante en el análisis del sector industrial es la estructura del consumo por equipos, ya que es indispensable para cualquier estrategia de racionalización del consumo de energía en dicho sector. Esa característica la vemos en el siguiente gráfico:

Figura II.4 Estructura de consumo por equipo



Fuente: Encuesta Industrial de OCE-MEM, 1999

Como puede observarse el consumo energético del Sector Industrial, está condicionado especialmente por los motores.

Obsérvese que el consumo atribuido a los motores, representa el 61,2%, los otros usos representan cada uno de ellos menos del 10% (Hornos, 8,8 %, Refrigeración, 6,7 %, Aire Acondicionado 6,0 %, Iluminación 5,8 %,).

Una característica destacable del equipamiento industrial, es el sobredimensionamiento. Probablemente este sobreequipamiento de los industriales se debe al bajo peso de la energía en

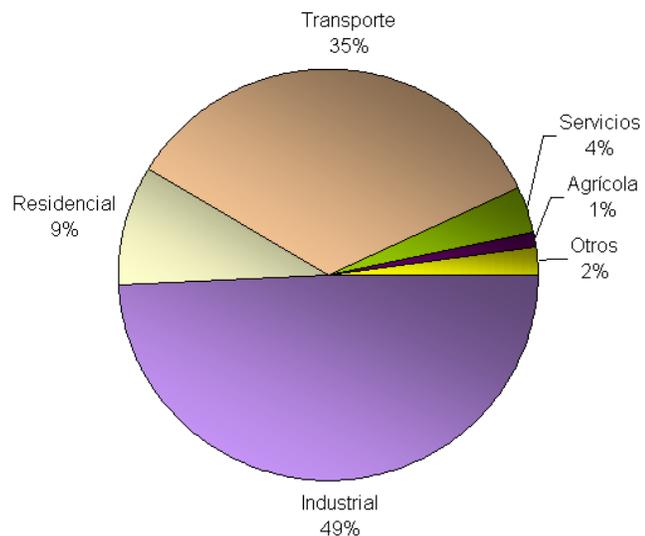
su estructura de costos del sector, lo cual no es exclusivo del sector industrial sino también del sector residencial, especialmente en equipos de aire acondicionado y electrodomésticos.

II.2.2: El Sector Industrial en el Consumo Final de Energía.

A nivel global, la participación del Sector Industrial en el consumo final de energía representó en el 2002 (figura II.5) el 49 % del total frente al 35 % que representa el Sector Transporte, 9 % el Sector Residencial y 7 % Servicios, Agrícola y otros.

Se observa el importante peso que tiene el Sector Industrial en el consumo final de energía, lo cual señala que cualquier estrategia orientada al aumento de la eficiencia y a la racionalización del consumo de energía, en Venezuela debe considerar al Sector Industrial y al Sector Transporte como prioritarios.

Figura II.5: Estructura del consumo final 2002.



Fuente: UCV: Facultad de Arquitectura, Conferencia sobre Condicionamientos de la demanda de energía, Caracas 2005

En el 2003 (figura II.6) pueden observarse ligeras variaciones que evidencian el inicio de un cambio en la estructura porcentual del consumo final de energía. En efecto la participación

porcentual del Sector Industrial se redujo en cuatro por ciento (4%), pasando a ser 45 %, mientras el Sector Transporte se incrementó en dos por ciento (2 %), pasando a ser el 37%.

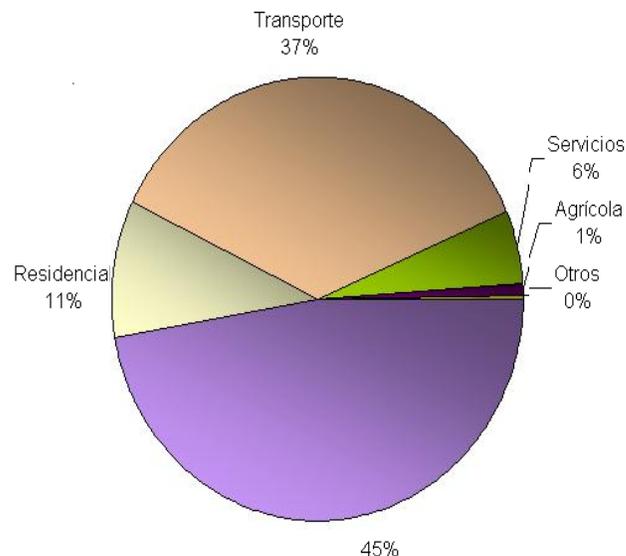
Igualmente el Sector Residencial y el de Servicios experimentaron incrementos del dos por ciento (2 %) en su participación a nivel de la demanda final. Estas variaciones se observan como coherentes con la reducción del número de empresas industriales que se viene observando desde

1999 y por los impactos que tuvieron los eventos políticos de los años precedentes en la actividad industrial.

Igualmente puede considerarse como explicativo de los crecimientos del Sector Residencial y de Servicios, el aumento de la capacidad adquisitiva de la población que incidió en el mejoramiento de ciertos aspectos de la calidad de vida en ciertos sectores de la población y en el caso de los Servicios por ser el sector que se ha privilegiado dada la política de importaciones que se ha implementado en detrimento de la producción nacional.

A pesar de tales cambios continúa siendo el Sector Industrial el más importante como usuario de energía a nivel de la demanda final.

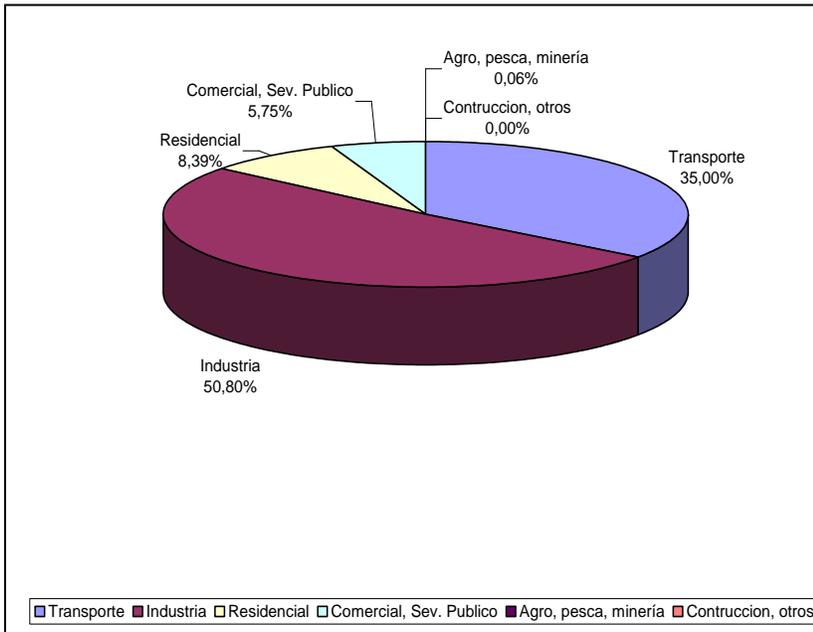
Figura II.6: Estructura del consumo final 2003



Fuente: UCV: Facultad de Arquitectura, Conferencia sobre Condicionamientos de la demanda de energía, Caracas 2005

En la figura II.7, se muestra que en el año 2006, hubo un ligero crecimiento del 5% del

Figura II.7: Consumo 2006



Fuente: Ministerio de Energía y Petróleo, Balance Energético 2006

Sector Industrial como usuario de energía, lo cual habla de cierta normalización de la actividad industrial. Los números que indican la evolución descrita ratifican la importancia del sector industrial en las estrategias de eficiencia energética.

Un elemento relevante en el análisis del sector

industrial que pone de relieve el peso de la gran industria en el consumo de energía, es el grado de concentración de la demanda de energía eléctrica.

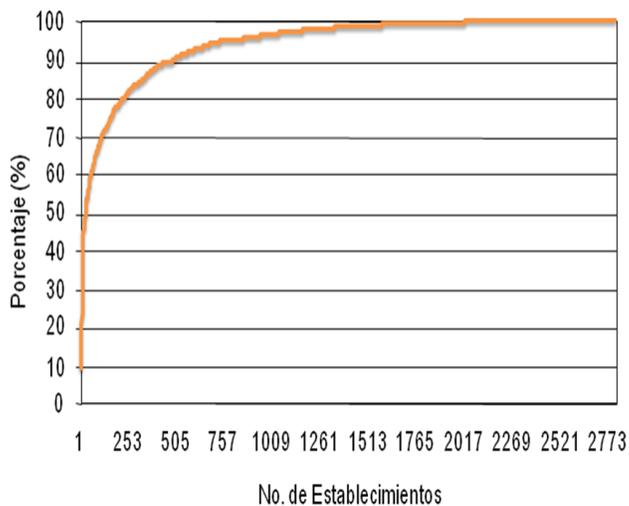
En la figura II.8, en la muestra considerada en dicha encuesta, se observa que un número pequeño de industrias, consumen un alto porcentaje de la energía eléctrica.

Dicha encuesta, que como hemos señalado es de 1999 y es la única que se ha hecho con ese contenido, sigue teniendo vigencia por ser un aspecto estructural sobre el cual no hay acciones, que pudiesen haber cambiado el peso de la gran industria en el consumo de electricidad. Tal vez esa estructura del consumo puede haberse consolidado por el sistemático

descenso del número de PYMES, que entre 1999 y 2003 decrecieron en 42 %, pasando de 10505 a 5996²³.

Esa estructura del consumo energético industrial, se da también en el caso del gas, con

Figura II.8



Fuente: Encuesta Industrial Energética 1999.

una participación de más del 70 % del total del consumo final (Nota: excluye el sector energético). En el consumo de sector industrial se destaca la participación de la Industria Siderúrgica con el 38%, la Petroquímica con 24 %, el Cemento con 8 %, doméstico y otros 25 %. En el rubro doméstico y otros se encuentra las PYMES, lo que indica el

peso del sector industrial en el consumo final de energía²⁴.

La descripción realizada en este capítulo sobre las características Energéticas del sector Industrial, evidencia la evolución de este sector. Todos los aspectos que hemos comentado sobre el sector en su conjunto, están en su totalidad presentes en la Industria Azucarera, entre los que podemos destacar: los Centrales Azucareros forman parte de la Gran Industria, de acuerdo a las definiciones del INE, de tal manera que forman parte del segmento cuyo consumo de Electricidad y Gas representa la mayor proporción del total del consumo final en ambas fuentes

²³ Instituto Nacional de Estadística, Cálculo CONINCEEL

²⁴ Ministerio de Energía y Petróleo: Otros Datos Estadísticos, 2004

energéticas y tienen sobredimensionamiento de equipos de acuerdo a estudios realizados por el INDENE de la USB²⁵.

Sin embargo la Industria Azucarera tiene una característica adicional y es que produce su propia fuente energética, El bagazo de la caña de azúcar, lo cual es una de las motivaciones del presente trabajo. En el capítulo III analizaremos las características energéticas específicas de la Industria Azucarera.

²⁵ Díaz, Hernán:, Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

Capítulo III: Descripción de la Industria Azucarera.

III.1. Características Generales.

Los Centrales Azucareros utilizan como materia prima la caña de azúcar, cuyo nombre científico es *Saccharum Offinarum L*, planta gramínea que acumula sacarosa durante su ciclo vegetativo que varía de 10 a 12 meses. Cuando está madura, es cortada manualmente o con cosechadoras mecánicas y es transportada al central azucarero en camiones, aunque podría existir la opción de ferrocarriles, tal como se planteo en algún momento en la zona occidental del país. Se estima que una hectárea sembrada de caña produce aproximadamente 70 toneladas de caña, de donde se puede obtener aproximadamente 6 toneladas de azúcar.

EL objetivo de un central azucarero es extraer la mayor cantidad posible de la sacarosa contenida en la caña de azúcar, la cual es sintetizada en la planta de caña por procesos naturales. En la figura 1 del capítulo I, Consideraciones Generales, se describe de manera simplificada el proceso de producción de azúcar.

III. 2. Evolución de la Industria Azucarera en Venezuela

La evolución de la Industria Azucarera se ha caracterizado por situaciones de crisis y auges con recurrentes intervenciones del estado a través de políticas públicas de diversa índole, que en general no han sido exitosas.

En la década de los 50 en medio de una creciente demanda interna e insuficiente producción nacional el gobierno nacional asumió de manera directa el impulso de la producción de azúcar, lo cual se realizó a través de instituciones creadas para el impulso a la agricultura como la Corporación Venezolana de Fomento (CVF) y del Banco Agrícola y Pecuario (BAP). Se diseñó y ejecutó el Plan Azucarero Nacional en 1950, cuyo objetivo fundamental consistía en la asistencia financiera y técnica a los centrales por parte del Estado, el cual se convirtió también en propietario de varios establecimientos azucareros.

El plan ejecutado estimó una participación importante del sector privado que permitieron la creación del Central La Pastora (1953) en Lara, El Palmar (1956) en Aragua, Yaritagua (1957) en Yaracuy, sumados a los que ya estaban en operación en 1954 el Central El Tocuyo en Lara y Ureña en Táchira. Este esfuerzo permitió una elevación de la producción azúcar, de 144.000 Tm en 1955 y a 198.586 Tm al año siguiente. Se alcanzó así el completo abastecimiento interno, con lo cual las importaciones prácticamente desaparecieron, e incluso fue posible exportar parte de los excedentes.

En el período 1961- 1973 crece el volumen de producción a una tasa de 6,2% anual. Si embargo a partir de 1973 la industria de refinación y la agroindustria en general, manifestaron

síntomas de desaceleración en la producción. Esta situación obedeció a la carencia de una política azucarera coherente que resolviese el problema de abastecimiento de las materias primas y la comercialización del producto entre otras situaciones.

En ese contexto, se fue profundizando la dependencia del sector privado de la tecnología importada, de la protección del Estado y del ingreso petrolero. El sector industrial en general, incluyendo la industria azucarera, no llegó a fortalecer ni desarrollar los elementos determinantes de la competitividad internacional y siguió creciendo bajo el amparo del Estado y el esquema de tipo de cambio apreciado (4,30 Bs./US\$).

Como consecuencia de esa situación, la industria azucarera sufrió una grave crisis con una drástica caída de la producción y de los indicadores de rendimiento.

Luego de esta crisis se diseñó en el marco del V Plan de la Nación el II Plan Azucarero Nacional (1975-1980). Sus objetivos consistían en el incremento de la producción nacional de azúcar para el pleno abastecimiento interno; el aumento del ingreso de divisas en materia de exportación azucarera; incentivo de la rentabilidad del trabajo e inversión en el sector y el establecimiento de estrategias y políticas nacionales para el desarrollo del sector azucarero en el corto, mediano y largo plazo, objetivos que no se cumplieron en plena bonanza petrolera, que puso en evidencia el fracaso de políticas intervencionistas.

A partir de 1989, en el contexto del VIII Plan de la Nación, el Estado inició el proceso de privatizaciones de las empresas que habían sido administradas por la CVF- Centrales Azucareros (CENAZÚCAR).

No obstante, entre 1990 y 1995, se produjo una caída de la producción de caña de azúcar a una tasa de 3% anual (la máxima producción se alcanzó en 1992: 7.323.498 Tm) y una disminución del azúcar refinado con destino al consumo interno.

En la figura III.1, se indica como ha evolucionado la caña procesada por cada Central, en Venezuela entre la zafra 1998-99 y la 2004-05.

Figura III.1: Caña procesada por central

CENTRALES AZUCAREROS	ZAFRA						
	98-99	99-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005
CARIACO	77.680,00	49.653,47	89.187,00	71.000,00	143.412,85	139.000,00	140.000
CUMANACOA	150.068,57	109.839,37	71.740,06	70.649,00	51.360,88	62.020,00	69.200
VENEZUELA	376.158,27	300.978,08	368.904,00	355.514,00	402.745,00	420.550,00	415.799
SANTA CLARA	431.862,00	563.432,86	543.371,00	478.428,00	431.200,00	484.000,00	295.805
SANTA ELENA	450.775,00	385.426,78	342.000,00	629.502,00	682.847,00	782.000,00	785.145
PORTUGUESA	1.211.782,16	1.210.654,50	1.308.353,00	1.204.131,00	1.251.402,31	1.456.338,00	1.619.368
LA PASTORA	935.555,00	1.000.953,78	830.096,11	954.740,00	724.419,00	905.574,34	955.269
CARORA	426.400,13	478.133,40	394.340,00	484.485,00	401.974,00	417.879,00	488.658
RIO TURBIO	1.073.167,34	910.177,40	622.861,00	679.661,00	786.651,90	730.299,00	757.907
EL PALMAR	1.127.133,23	1.231.240,23	1.139.768,00	1.147.108,00	954.012,29	1.101.021,00	1.170.488
CAZTA	141.825,09	139.262,99	108.590,00	148.448,00	245.922,00	160.000,00	181.140
GUANARE	336.981,52	475.609,76	436.000,00	480.000,00	512.353,06	463.038,00	400.102
TOLIMAN	592.477,00	643.897,09	392.244,77	510.830,08	510.830,00	450.286,00	597.436
PIO TAMAYO	218.768,51			105.204,66	105.204,66	254.464,00	229.735
MOTATAN				42.713,00	88.539,00	138.730,00	137.383
VEROES	89.800,00						
MATILDE							
COROMOTO	28.222,00						
TOTAL	7.668.655,82	7.499.259,71	6.647.454,94	7.362.413,74	7.292.873,95	7.965.199,34	8.243.435,00

Fuente: Federación Nacional de Asociaciones de Cañicultores de Venezuela (FESOCA)

Observamos la relativa estabilización de los niveles de Caña procesada, desde la Zafra 98-99, cuando alcanzó 7.668.655,82 toneladas, y se mantuvo en similar nivel durante las zafras sucesivas, con excepción de la del 2000-2001, cuando se redujo a 6.647.454,94 toneladas, es decir casi un millón de toneladas menos y la de 2004-2005 cuando subió a 8.243.435,00 toneladas. Esta observación es importante a los efectos de la investigación objeto del presente trabajo. En efecto solo se pudo encontrar información energética detallada a través de encuestas para la zafra 98-99, sin embargo en virtud de que se ha mantenido la producción en niveles similares y las condiciones de operación y las características energéticas iguales, podemos deducir que nuestros análisis económico-energéticos tienen validez en la actualidad. Esto es aún más contundente para el caso del Central El Palmar, que hemos tomado como referencia para la investigación. Se observa que el procesamiento de Caña del Central El Palmar durante la zafra 98-99 fue de 1.127.133,23 toneladas y en la del 2004-2005 fue de 1.170.488 toneladas, habiéndose mantenido en niveles similares durante todo ese período, así mismo verificamos a través de visita de campo que las operaciones del Central en lo energético son iguales²⁶.

Al analizar la evolución de la producción de azúcar, podemos hacer similares consideraciones, como se observa en la figura III.2, que ha experimentado algún crecimiento entre la Zafra 1998-1999 cuando la producción total de todos los Centrales fue de 593.834 toneladas y la Zafra de 2004-2005 cuando se produjo 697.841, lo cual equivale a poco más de 100.000 toneladas en el período, lo cual representa un 18 % de incremento. En el caso específico del Central El Palmar, la producción de Azúcar se mantuvo prácticamente estable, al

²⁶ Entrevista: González, Germán, Técnico Azucarero Universitario, Central el Palmar

pasar de 100.055 toneladas de azúcar a 102.958 toneladas, un incremento de aproximadamente el 3 %.

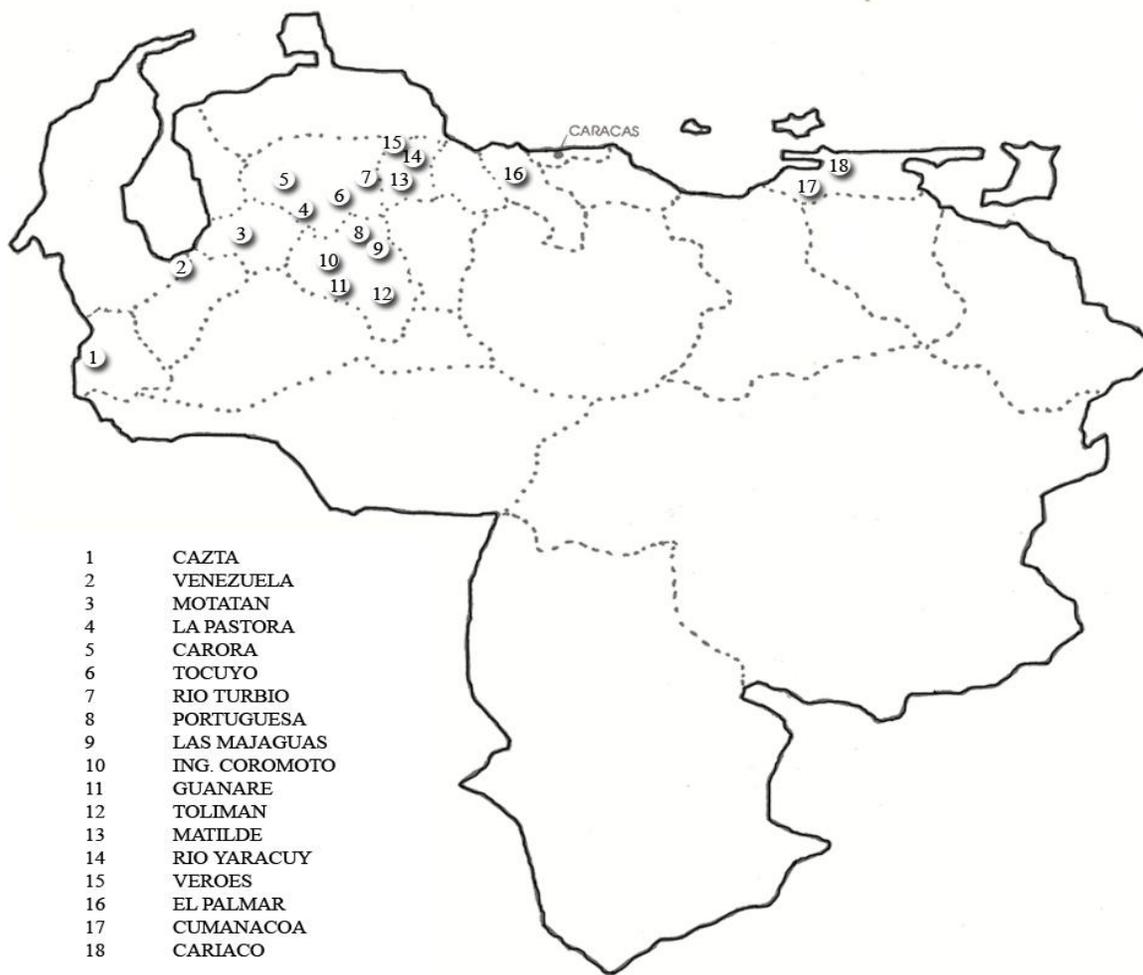
Figura III.2: Azúcar producida por central

CENTRALES AZUCAREROS	ZAFRA 98-99	ZAFRA 99-2000	ZAFRA 2000-2001	ZAFRA 2001-2002	ZAFRA 2002-2003	ZAFRA 2003-2004	ZAFRA 2004-2005
CARIACO	4.500,00	3.113,05	7.846,00	5.100,00	11.988,72	5.887,00	5.376,00
CUMANACOA	11.942,16	8.522,50	7.033,06	5.776,00	4.985,00	11.523,00	11.050,00
VENEZUELA	25.424,85	20.966,95	24.954,00	24.886,00	30.590,00	33.571,00	30.747,00
SANTA CLARA	27.605,00	37.136,50	34.686,00	34.686,00	43.027,00	36.720,00	21.150,00
SANTA ELENA	33.941,00	32.626,12	51.493,00	51.493,00	60.591,00	68.972,00	67.129,00
PORTUGUESA	99.247,89	112.674,00	106.839,00	106.839,00	111.653,50	138.076,00	152.282,00
LA PASTORA	77.051,00	90.185,00	80.156,52	80.156,52	53.416,00	74.388,85	72.118,00
CARORA	31.703,31	41.693,00	39.773,00	39.773,00	31.796,00	32.151,00	42.270,00
RIO TURBIO	82.889,26	77.438,17	59.065,00	59.065,00	58.764,00	58.104,34	61.577,00
EL PALMAR	100.055,00	113.171,77	99.774,00	99.774,00	85.205,00	95.952,00	102.958,00
CAZTA	13.414,00	13.544,00	12.980,00	12.980,00	21.007,00	12.512,60	15.071,00
GUANARE	25.321,40	37.903,10	38.200,00	38.200,00	41.151,07	36.973,00	34.410,00
TOLIMAN	44.125,32	53.284,86	39.038,00	39.038,00	40.645,10	37.789,00	54.618,00
PIO TAMAYO	16.614,51				10.242,72	24.549,00	18.715,00
MOTATAN					5.900,00	9.135,63	8.370,00
VEROES							
MATILDE							
TOTAL	593.834,69	642.259,02	577.394,88	600.680,52	598.973,39	676.304,42	697.841,00

Federación Nacional de Asociaciones de Cañicultores de Venezuela (FESOCA)

Actualmente la Industria Azucarera Venezolana esta conformada por 18 Centrales Azucareros, localizados tal como se observa en Figura III.3, en su mayoría en la región occidental del país. Dos de los Centrales se encuentran en el Estado Sucre, uno en el Estado Aragua y tres en la Región Andina.

Figura III.3 Centrales en Venezuela



Tal como afirmamos al inicio, la caña de azúcar es la materia prima de la Industria, de tal manera que su cultivo y las particularidades relacionadas con su transporte, condiciona de manera determinante su localización. En efecto la Industria esta localizada primordialmente en zonas rurales o muy cercana a zonas rurales, aunque el proceso de urbanización en determinadas regiones del país ha acercado los Centrales y los cultivos a algunos centros urbanos.

La Industria Azucarera tiene un importante efecto multiplicador en otras actividades económicas que se deriva de la variedad de productos que sirven de insumos a otras ramas industriales que producen bienes, tales como alcohol, alimentos para ganado, fertilizantes, levadura, papel, repostería, bebidas, láminas aglomerantes y energéticos en forma de bagazo o alcohol

Por la vía de la demanda de productos e insumos requeridos por la Industria Azucarera, también es relevante su impacto económico y social. En efecto demanda fertilizantes, herbicidas, insecticidas, productos químicos, papel y maquinaria de uso agrícola.

Podemos afirmar, luego de la descripción realizada acerca de la situación de la industria azucarera, que esta se ha agravado con la aplicación del severo control cambiario implantado en el año 2003, que elimina las flexibilidades para la importación de crudo y otras materias primas para la refinación adicional que se requiere para cubrir el mercado interno en los períodos interzafras.

Además la política oficial azucarera aplicada, consiste principalmente en un conjunto de medidas que afectan la dinámica económica de los centrales privados: El Estado se reservó importaciones adicionales, bien en forma de azúcar crudo o blanco; profundizó la regulación de

precios a nivel de consumidor y negó licencias de importación en los períodos interzafras (julio-octubre).

Sin embargo, las estrategias desplegadas por los centrales azucareros privados, han posibilitado ciertos incrementos en la producción nacional durante las Zafras 2003-04 y 2004-05 como se observó en los cuadros anteriores, lo que sumado a la reducción de la tasa de crecimiento del consumo, ha disminuido el déficit de la producción nacional, que se estimó para el 2003 en 120.000 toneladas métricas de azúcar. Sin embargo, ese déficit se cubrió con importaciones de azúcar crudo por parte del sector privado y oficial.

El sector azucarero venezolano, requiere en este escenario, de ajustes inmediatos consistentes en: un nivel de precios que permita cubrir la estructura de costos de las empresas, se deben respetar las normativas de otorgamiento de licencias de importación, que el Estado no importe azúcares refinados y los venda a menor costo que el precio regulado y debe revisarse el esquema de exoneración de aranceles para el producto terminado. De no implementarse tales medidas la situación actual de la agroindustria azucarera en Venezuela, continuará siendo difícil.

En este contexto, realizamos esta investigación de uno de los aspectos de la industria azucarera que requieren más estudio, puesto que en algún momento los precios de los energéticos utilizados por la Industria deberán ser corregidos y el efecto sobre su estructura de costos puede ser negativo, de no anticiparse con cambios tecnológicos importantes.

III.3. Uso de la Energía en la Industria Azucarera.

III.3.1. Breve referencia internacional.

En el año 1995 la capacidad de cogeneración a nivel mundial alcanzaba a 400 MW, de los cuales 300 MW eran exportados a la red. Mucha de esta capacidad estaba instalada en comunidades insulares que carecen de combustibles fósiles. Para el año 2000 la capacidad de cogeneración creció hasta 1100 MW, que estaban en operación, y había para ese mismo año 450 en construcción.

A nivel mundial destacan iniciativas en los países Centroamericanos, especialmente Guatemala, igualmente Brasil, India, Mauricio, entre otros. En general los gobiernos que dependen de manera importante de los combustibles fósiles importados, están incentivando alternativas energéticas más sostenibles, entre ellas la cogeneración en los centrales azucareros. En general se promueve la remoción de las barreras económicas y la garantía de un apropiado mecanismo de financiamiento.

El caso de Brasil es especialmente relevante, ya que esta creando desde la década de los 70 una poderosa industria de combustibles derivados de la caña de azúcar, que tienen un doble propósito, cual es la producción de combustibles líquidos (Etanol) utilizables en el sector transporte en una proporción de entre 20 y 25 % mezclado con gasolina y la posibilidad de ampliar su capacidad de generación de electricidad utilizando el bagazo de caña.

En Brasil en 1980, los ingenios producían el 60% de la electricidad que consumían con la quema del bagazo. Actualmente son autosostenidos y generan el 100% de la energía que necesitan.

Brasil tiene potencial para instalar 2.500 MW más de energía eléctrica a partir de la biomasa de la caña de azúcar. Este valor representa cerca del 20% de la capacidad de producción de la hidroeléctrica de Itaipú, la mayor del país, las posibilidades de desarrollo de este potencial dependerá de que se superen las barreras antes comentadas de acceso al mercado eléctrico²⁷.

III.3.2. Situación Energética de la Industria Azucarera Nacional.

En la figura II.4 que a continuación presentamos, se resume la única encuesta energética que encontramos sobre el tema objeto de estudio y que a nuestro juicio puede ser representativa de la situación actual, ya que no han cambiado los factores que determinan las características del uso de la energía en la Industria Azucarera.

Se puede observar que la Industria Azucarera consumió en la zafra 1998-99 un total de 4.692.007,43 barriles equivalentes de petróleo. El bagazo de caña representó, el 63,83 % es decir 2.994.871,70 BEP, en segundo lugar el fuel oil con el 22,58% con 1.059.265,63 BEP, en tercer lugar el gas natural con el 12,93% lo que significa 606.757,66 BEP, luego la electricidad comprada con solo el 0,54 % del total y que corresponden a 25.558,75 BEP y por último el

²⁷ Dr. Pat DeLaquil: Progress Developing a Sugar Cane Cogeneration Industry

diesel con el 0,12 % que en términos de BEP son 5.553,69 BEP. Destacamos, que la mayoría de los centrales utiliza el fuel oil, lo cual ya indica cierta característica que no está en línea con la Política Energética Nacional, cual es minimizar el uso de energéticos exportables. Esto se explica por el rezago o demora que tiene ampliación de las redes de Gas, que impide o limita el acceso a este combustible. Solo cuatro centrales lo utilizan, entre ellos el Central el Palmar, que hemos seleccionado para nuestro análisis financiero. Aunque el diesel está incluido en las estadísticas como energético en los centrales se utiliza mayormente para limpieza, transporte, mantenimiento y en casos muy puntuales, cuando existe una planta de generación tipo diesel.

Figura III.4: Encuesta Energética

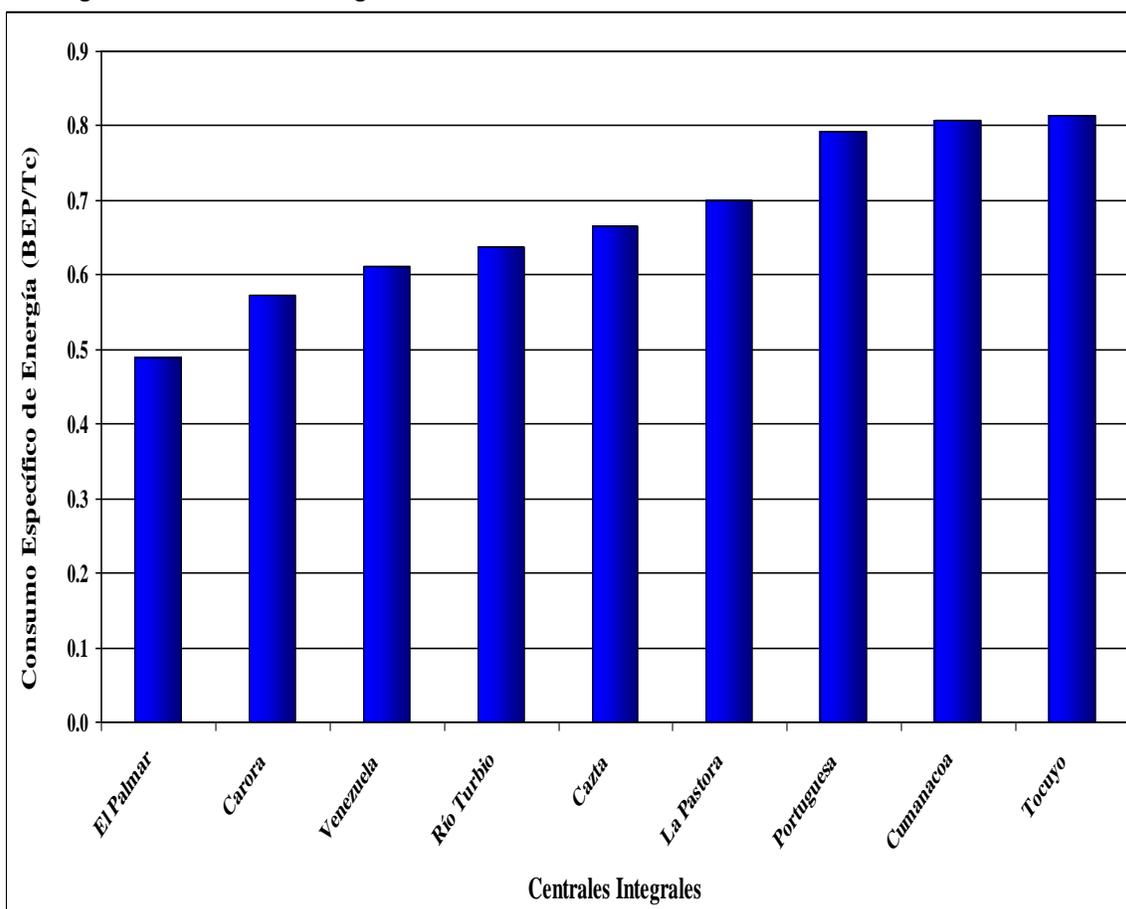
	DIESEL	FUEL OIL	GAS	ELECTRICIDAD	BAGAZO	TOTAL
		CENTRAL	NATURAL	COMPRADA		
	BEP	BEP	BEP	BEP	BEP	BEP
MATILDE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PORTUGUESA	0.00	481,388.42	0.00	0.00	479,569.63	960,958.04
TOLIMAN	0.00	10,870.62	0.00	185.73	271,280.03	282,336.38
VENEZUELA	446.09	50,905.76	0.00	415.48	178,110.48	229,877.80
RIO YARACUY	0.00	0.00	88,024.23	0.00	39,348.68	127,372.91
TOCUYO	0.00	72,925.58	0.00	1,742.31	103,245.54	177,913.43
LAS MAJAGUAS	2,728.91	50,173.92	0.00	0.00	232,977.87	285,880.70
EL PALMAR	0.00	0.00	250,801.13	1,102.51	299,476.93	551,380.57
RIO TURBIO	0.00	0.00	267,932.30	7,239.33	407,960.97	683,132.61
LA PASTORA	1,212.85	139,360.93	0.00	0.00	513,801.75	654,375.53
CARORA	0.00	43,135.53	0.00	848.08	200,237.18	244,220.79
CAZTA	0.00	36,778.01	0.00	1,624.07	55,940.55	94,342.63
MOTATAN (*)	-----	-----	-----	-----	-----	0.00
ING: COROMOTO (*)	0.00	13,445.01	0.00	1,002.86	0.00	14,447.87
GUANARE (*)	1,010.91	88,453.58	0.00	8,207.36	88,419.18	186,091.03
CUMANACOA (*)	0.00	63,432.85	0.00	0.00	57,619.45	121,052.30
CARIACO (*)	154.94	8,365.11	0.00	0.00	32,621.70	41,141.75
VEROES (*)	0.00	30.33	0.00	3,191.02	34,261.76	37,483.11
TOTALES	5,553.69	1,059,265.63	606,757.66	25,558.75	2,994,871.70	4,692,007.43
% TOTAL	0.12	22.58	12.93	0.54	63.83	100.00

Fuente: Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

A partir de los consumos energéticos descritos y el procesamiento de caña de azúcar y producción de azúcar se han obtenido indicadores energéticos de interés.

El central El Palmar es el que presenta el menor índice entre los centrales integrados con 0,489 BEP/tc, por lo que este central es el más eficiente desde el punto de vista del consumo energético global. En las figuras se presenta en diagrama de barras, los consumos específicos de energía en términos de BEP de los centrales azucareros integrados.

Figura III.5: Consumos específicos de energía en términos de BEP/tc central integrales azucareros integrados.



Fuente: Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

El consumo específico reflejado en la gráfica se refiere al consumo de energía por tonelada de caña molida. Sin embargo puede resultar más interesante el Indicador del consumo de energía por tonelada de azúcar producida.

En la figura III.6 que sigue se indican los consumos específicos de los centrales integrales:

Figura III. 6: Consumo Específico de los Centrales Integrales

Centrales Integrales	Producción Azúcar	Consumo Energía	Consumo Específico
Zafra 98-99	Toneladas	BEP	BEP/ton.
El Palmar	100.055,34	551.380,57	5,51
Carora	42.000,00	244.220,79	5,81
Venezuela	26.200,00	229.877,80	8,77
Rio Turbio	74.845,56	683.132,61	9,13
Cazta	7.633,00	94.342,63	12,36
La Pastora	77.051,89	654.375,53	8,49
Portuguesa	86.801,00	960.958,04	11,07
Cumanacoa	11.942,16	121.052,30	10,14
Tocuyo	12.667,85	177.913,43	14,03
Total	439.196,80	3.717.253,70	8,46

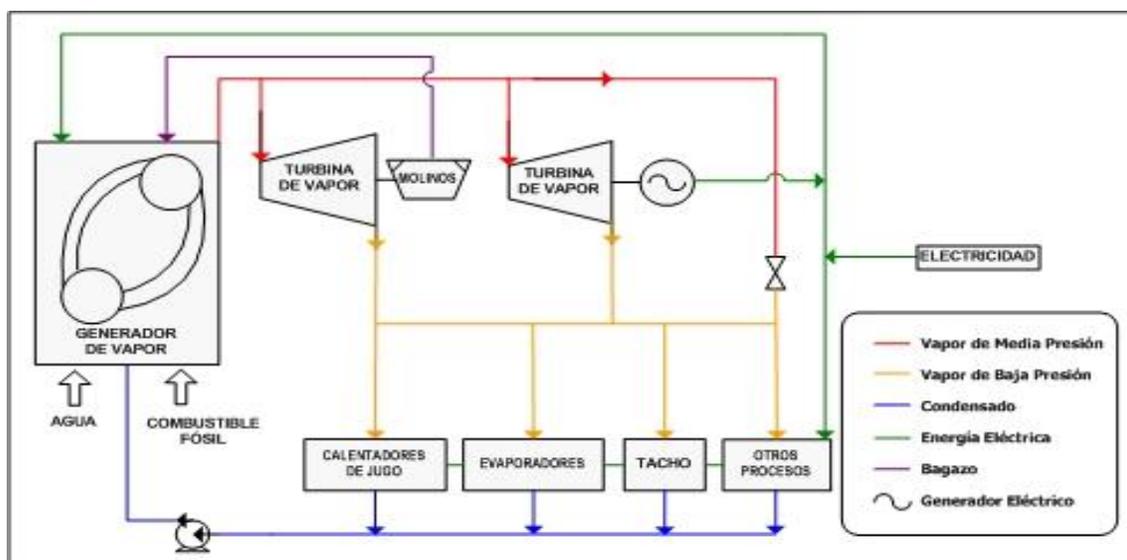
Se observa los niveles de eficiencia energética de cada uno de los Centrales, confirmándose que el Central el Palmar tiene el menor nivel de consumo de energía por tonelada de azúcar producida. Igualmente el Central el Palmar se encuentra por debajo del consumo global de los centrales integrales, ubicándose en 5,51 BEP/ton.

Como dato interesante detectado en la investigación técnica que utilizamos como base para el presente trabajo se refiere a que los sistemas de generación de los centrales están trabajando con un factor de carga de 47,65 % y un factor de utilización del 46 %, por lo que hay un suficiente margen de capacidad de generación para satisfacer los requerimientos internos de energía eléctrica de los centrales y el factor de potencia bajo encontrado en la mayoría de los centrales, ofrece la oportunidad de aumentar la disponibilidad de la potencia activa.

III.3.3. El flujo energético en los Centrales Azucareros.

Para ilustrar la situación actual, típica de los centrales azucareros en Venezuela para satisfacer sus requerimientos energéticos, describiremos el siguiente diagrama:

Figura III.7: Diagrama de flujo de un central que compra electricidad a la red y combustibles primarios



Fuente: Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

Como puede observarse en el diagrama, para satisfacer los requerimientos energéticos, el Central utiliza como energía primaria los combustibles fósiles, bien gas natural o líquidos, (línea azul) que requiere para la generación de generación de vapor y producir parte de la energía eléctrica requerida por el proceso de producción. Adicionalmente adquiere de la red la energía eléctrica (línea verde) faltante. Se dan situaciones, como es el caso actual del Central El Palmar, que se autoabastece de energía eléctrica en condiciones de operación normal, en esta situación solo contrata demanda de potencia para los requerimientos de energía en etapas de picos de producción o para situaciones de emergencia. .

Esta situación es consecuencia de la ineficiencia de las calderas bagaceras, que han sido diseñadas en cierta medida de forma ineficiente, de manera tal que no se produzca un exceso de bagazo, lo que generaría costos adicionales para su disposición y posterior eliminación. Simultáneamente se minimiza la producción de vapor de procesos, ya que el exceso de vapor habría que descargarlo a la atmósfera, convirtiéndose la medida de mejorar el rendimiento energético en un problema ambiental.

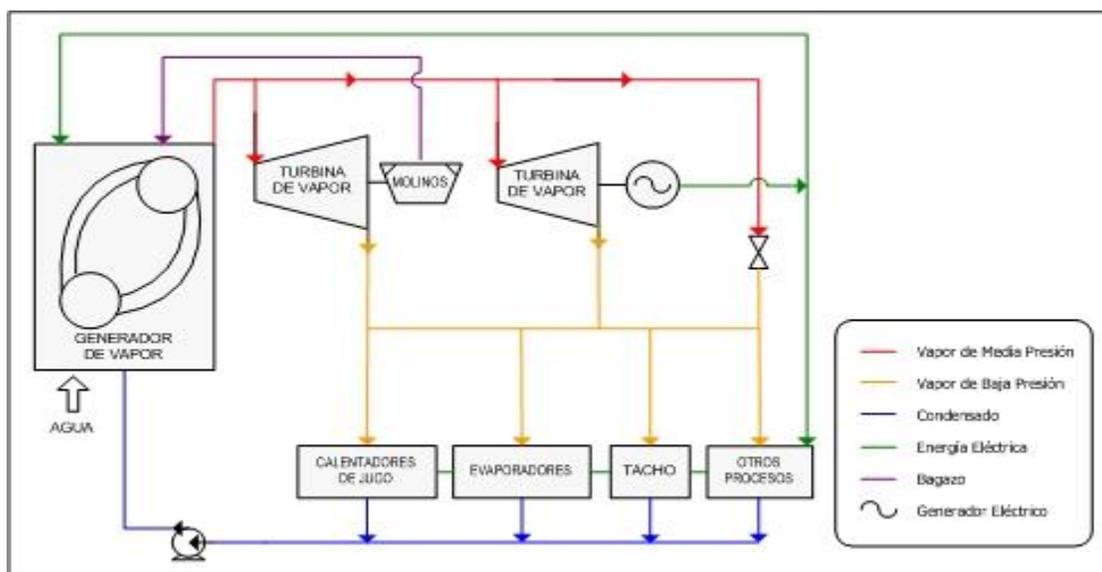
Este no es el caso típico de comportamiento de un central azucarero en los países a los que hemos hecho referencia en párrafos anteriores. La mayoría de los centrales azucareros deberían diseñarse para que sean autosuficientes energéticamente, debiendo ser capaces de producir todo el vapor de procesos y la electricidad requerida a partir solamente del bagazo de caña producido.

Es posible una situación intermedia en el cual un central azucarero sea autosuficiente pero no genere electricidad excedente a la red. Esta situación puede lograrse sin inversiones en gran escala, con medidas de mantenimiento, eliminación de fugas de vapor, selección correcta y

apropiado mantenimiento de trampas de vapor, corrección de fallas de aislamiento, optimizar los motores eléctricos sobre dimensionados y considerando además otros factores no energéticos, que tienen influencia sobre el rendimiento de utilización de la energía, como el mayor contenido de fibra de la caña, debido al menor contenido de jugo; se tiene una operación de la planta más eficiente.

El problema en estos casos es que puede darse una vulnerabilidad en cuanto a la producción por que no tiene capacidad de generación excedente para las eventuales emergencias, de tal manera que debes contratar con la empresa eléctrica suplidora una capacidad de reserva. Tal es el caso del Central El Palmar en la actualidad. El flujo de energía de un central autosuficiente se representa como sigue:

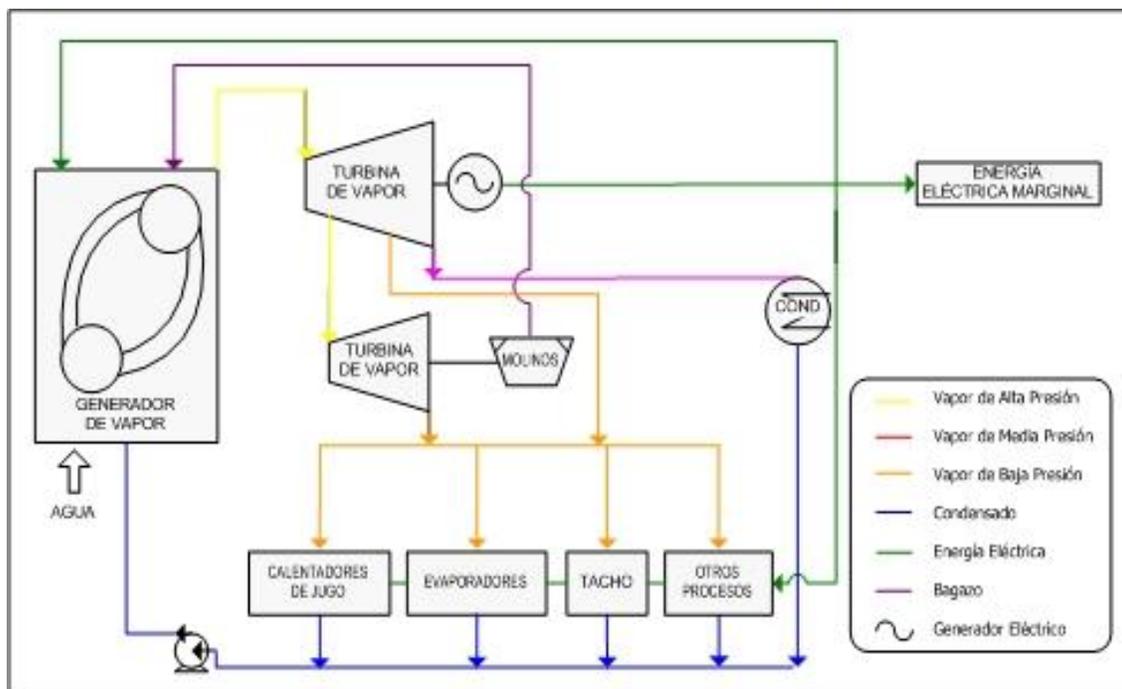
Figura III.8: Diagrama de flujo de energía en un central azucarero autoabastecido



Fuente: Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

El tercer caso se refiere a un central azucarero, que puede satisfacer sus requerimientos internos y exportar a la red, el cual puede tener varias opciones tecnológicas, como se indica en el diagrama siguiente, de turbinas de condensación con extracción:

Figura III.9: Diagrama de flujo de energía de un central azucarero autoabastecido y que vende electricidad a la red



Fuente: Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

Para pasar de la situación actual a un escenario de cogeneración y venta a la red, se requieren de ciertas inversiones, dado que se será necesario un esquema cogeneración, utilizando calderas de alta presión (4 – 8 MPa), con turbinas de vapor de condensación con

extracción, sin embargo las implicaciones financieras de cualquiera de las opciones son irrelevantes a los efectos del análisis financiero.

De acuerdo al estudio de ingeniería que hemos tomado como base, se señala que en un central azucarero, equipado con el tipo de turbinas de condensación con extracción, la energía eléctrica generada (kWh/tc) puede ser entre 70 y 120 kwh/tc, cubrir los requerimientos de un central que es de 20 kwh/tc y exportar a la red entre 50 y 70 kwh/tc, para el caso de un turbogenerador de 27 MW de potencia y presión de vapor de alta presión de 6 MPa.

La transformación de los Centrales Azucareros de la situación descrita en el diagrama que ilustra cómo funcionan actualmente en Venezuela (utilizando combustibles fósiles, bagazo e importando, energía eléctrica de la red) a los descritos como la opción que permite venta de energía a la red, es lo que llamamos un proceso de reconversión energética de los Centrales Azucareros, que optimiza el uso de la energía en general, específicamente el bagazo, libera combustibles líquidos que pueden ser exportados, no utiliza gas permitiendo su uso en otros sectores y permite abastecer parcialmente a usuarios de su entorno con energía eléctrica, sobre todo en la crítica situación del sector eléctrico en la actualidad.

La viabilidad financiera de esta transformación energética del Central El Palmar será analizado en el capítulo IV.

Capítulo IV: Análisis financiero de las inversiones en eficiencia energética en la industria azucarera

IV.1: Breve descripción del entorno económico y político

Desde que Venezuela en la primera mitad del siglo XX, comenzó a depender de las exportaciones petroleras y sus ingresos y gastos públicos, eran en una proporción determinante provenientes de la actividad petrolera, se implantó lo que la literatura económica calificó de un país rentista, es decir, que vive de la renta proveniente de un recurso no renovable que no tiene una relación importante con el esfuerzo productivo de sus ciudadanos. Este carácter rentista tuvo un efecto perverso en los otros sectores tradicionales de la economía, especialmente en el sector agrícola y en la industria vinculada o agroindustria. Tal como describimos en el capítulo II, esa característica de nuestra economía condujo a la implantación de un sector industrial ineficiente y protegido.

La industria azucarera no escapa a esa realidad y hoy está agravada por las políticas generales del Gobierno en el ámbito macroeconómico: tasa de cambio con una moneda sobrevaluada, control de cambios, importaciones de insumos restringidos, control de precios a

nivel de consumidor final, inflación a nivel de insumos, acompañado de políticas donde el subsidio va dirigido sólo al consumidor, por medio de control de precios, donde el productor se ve ampliamente afectado, ya que tiene el precio de su producto final controlado contra un precio libre de sus insumo, lo que limita la obtención de ganancias en el sector.

Para el análisis que nos ocupa, no solo debemos considerar todos los aspectos que restringen la motivación a invertir en el sector azucarero y en su modernización, como productores de azúcar, sino que también debemos comentar las limitaciones para que la industria azucarera incursione en una actividad económica colateral como la energía, que al mismo tiempo tiene impacto importante en su modernización y competitividad.

En efecto la posibilidad de que la industria azucarera vea como viable invertir en eficiencia energética y en el negocio de venta de energía eléctrica a la red, dependerá de la política de precios y tarifas de los combustibles que utiliza en la actualidad, la electricidad que compra a la red, y la posibilidad de vender electricidad hagan rentable tales inversiones, adicionalmente es necesario la existencia de un marco jurídico y reglamentario que garantice las relaciones con clientes de manera transparente. Igualmente se hace necesario que independientemente del modo de propiedad prevaleciente tanto en las empresas energéticas como azucareras, estas se manejen con criterios de eficiencia económica.

En ese sentido podemos comentar, lo siguiente:

- ✓ Existe una Ley Orgánica del Servicio Eléctrico vigente desde 31 de diciembre de 2001, (Gaceta oficial N° 5568 extraordinaria), que autoriza la generación de electricidad

como actividad separada, abierta a la libre competencia, de acuerdo a lo previsto en el Título VIII, Del Régimen Económico. El régimen económico enunciado establece las reglas de participación de los generadores independientes.

✓ El Régimen Tarifario que desarrolla la misma ley establece que la tarifas deben “estimular la eficiencia de las empresas y el uso racional de la energía” y además desarrolla como debe ser remunerada la prestación del servicio eléctrico y como promover la inversión privada. Adicionalmente a estos dos tópicos muy importantes, la ley desarrolla muchos otros temas básicos para un crecimiento sano del sector, por ejemplo: la regulación, la separación entre regulación y operación, los subsidios, entre otros

✓ Esta ley que está aún vigente no se está aplicando y nadie explica por qué. El principal mensaje de esta situación es la llamada “inseguridad jurídica”.

✓ Las tarifas eléctricas fueron aprobadas en el 2002 en gaceta oficial N° 37.415 y luego de 6 años, tuvieron un ajuste en el 2008, en medio de un ambiente inflacionario.

✓ Similares reflexiones pueden hacerse con respecto al gas, cuya actividad está regida por la Ley de Hidrocarburos Gaseosos, aprobada según Decreto-Ley 310, publicado en Gaceta Oficial N° 36793 del 23-09-1999, especialmente en cuanto a la inseguridad jurídica que genera la condición monopólica que ejerce el Estado ya que este sector si tiene un cronograma de ajustes de precios a largo plazo.

- ✓ Para ambos subsectores (gas y electricidad) lo más relevante es la situación de incertidumbre general, y los mensajes que transmite el gobierno en torno a la poca racionalidad económica que inspiran sus decisiones.

IV.2: Aspectos técnicos y variables a considerar.

Para realizar el estudio se tomó como central modelo a el Palmar, esto considerando que por ser el más eficiente, tomando en cuenta el consumo específico, el cual mide que cantidad de energía se usa por tonelada de azúcar, si el proyecto no era rentable para éste, se puede considerar que no lo será para los demás, ya que las inversiones en capital para los otros centrales serían significativamente mayores.

Para las especificaciones técnicas utilizamos como base el estudio técnico realizado por el Ing. Hernán Díaz, profesor titular de la Universidad Simón Bolívar, el cual lleva por nombre *Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración*; en este trabajo se determina desde el punto de vista de ingeniería, cuales son los equipos necesarios para la cogeneración y venta de energía a la red.

Un aspecto importante a considerar es la zafra, período en el cual se produce la caña de azúcar necesaria para la producción de azúcar, ya que aproximadamente la mitad del año es zafra y la otra mitad no, por lo que en época fuera de zafra se consideró que el central se

comportaría solo como generador de electricidad, para esto es necesario que utilice gas, dando como resultado que la mitad del año funcione con bagazo de caña y la otra mitad con gas.

Se eligieron 3 posibles escenarios técnicos, para realizar el modelo de evaluación. En el primero, se estima que el excedente para vender a la red es el más bajo, siendo este de 94.311.000,00 Kw al año, en el segundo el excedente es de un nivel intermedio, donde se ofrece a la red una cantidad de 179.076.000 Kw al año, siendo el tercero el nivel óptimo que se estimó, contando con una cantidad para ofrecer a la red de 270.680.000 Kw, el cual es el mayor excedente de energía eléctrica para vender a la red²⁸. Es importante destacar que el central tiene la capacidad de producir mayor cantidad de la energía que necesita, ya que debe contar con un excedente en caso de alguna falla, debido a que no estará conectado a la red eléctrica.

Se identificaron los equipos necesarios para la generación de energía adicional del central, los cuales son los siguientes: turbogenerador, generador de vapor, tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones, etc., motores eléctricos y secador de bagazo. El costo de estos equipos dependerá de la capacidad que sea necesaria para generar la electricidad excedente, por lo que el cálculo se realizó multiplicando la capacidad, en Kw por el precio, que está expresado en moneda/Kw.

Los costos de los equipos están expresados en dólares, ya que deben importarse, por lo que se toma como tipo de cambio el oficial, de Bs 2,15 por cada dólar americano, adicionalmente los precios históricos de los equipos son del 2004, por lo que se actualizaron al 2008 tomando en

²⁸ Díaz, Hernán:, Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

cuenta la inflación de los Estados Unidos de ese año hasta 2007, considerando que la inversión se realizó a principios de 2008.

Los precios del gas se tomaron de la gaceta oficial N° 37.906 con fecha de 13/02/2006, donde se estipulan los precios en Bs por m³ del gas; en ella se presenta tarifas objetivos para cada año hasta el 2015.

Las tarifas eléctricas fueron tomadas de la gaceta oficial 37.415 con fecha 3/04/2002, debido a que fue la última en aprobarse, sin embargo en el año 2008 se hizo un ajuste de tarifa, por lo que fue necesario multiplicar el nivel de tarifa base de 2002 por un Factor de Ajuste a los Precios (FAP) igual a 1,325, aprobado por el Ministerio de Energía que permite el cálculo de la tarifa ajustada a 2008.

Se toma como período para la evaluación 10 años, ya que asumimos que la inestabilidad económica y política del país impiden utilizar horizontes de una inversión sean más largos. El proyecto se evaluó tomando en consideración que fuera totalmente apalancado, ya que los riesgos del sector agrícola limitan los incentivos a invertir dinero propio en él, por esta misma razón se tomó como tasa referencial para adoptar la tasa de descuento a la dictada por el Banco Central para préstamos agrícolas, que es del 13%, añadiendo una prima de riesgo, por lo que se realizó el estudio con dos tasas de descuento para cada opción, la primera adicionando una prima más pequeña, siendo la tasa igual a 15% y la segunda con una prima mayor, siendo igual a 20%.

Para efectos del modelo de evaluación, los ingresos del proyecto serán los posibles ahorros monetarios en electricidad, en gas (los cuales son solo los de la época de zafra) y la venta estimada de electricidad a la red.

Para establecer el precio referencial al que el central podría venderle a la red, tomamos las tarifas a las cuales la empresa Electrificación del Caroní C.A. (EDELCA), la cual es la única empresa que vende energía eléctrica a la red de la Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE), vende electricidad a la red. Para saber la aplicación, consideramos el inciso 17.1 del artículo 17 de la gaceta N° 37.415 del 03/04/2002, donde se expresan precios a los que vende EDELCA, el cual dice “Esta tarifa es aplicable a la empresa C.A. DE ADMINISTRACIÓN Y FOMENTO ELECTRICO (CADAFE) y sus empresas filiales C.A. La Electricidad de los Andes (CADELA), C.A. La Electricidad del Centro (ELECENRO), C.A. La Electricidad de Oriente (ELEORIENTE)”²⁹ . Como el Central El Palmar se encuentra en el Edo. Aragua, la filial correspondiente es ELECENRO, aplicando la tarifa del inciso antes mencionado. Como el precio es del año 2002 y se realizó un ajuste en el 2008, también debe multiplicarse por el Factor de Ajuste a los Precios (FAP), solo que aplicable a EDELCA, que es igual a 1,1038.

IV.3: Costos de inversión

A continuación se presenta los costos de los equipos necesarios para el proyecto de cogeneración de energía (calderas de alta presión y generador eléctrico, y equipos menores

²⁹ Gaceta Oficial 37.415, Caracas 3 de Abril de 2002

asociados). Es importante destacar que los precios son dados en \$/KW, por lo que cada opción posee una cantidad de KW que permite los requerimientos del central más la venta a la red, lo que influirá en los precios de los equipos, siendo mayor mientras más KW posea el generador eléctrico:

Figura IV.1: Costo en \$ por KW

EQUIPOS	PRECIO POR \$/KW				
	2004	2005	2006	2007	2008
Generador de Vapor	356,00	365,54	379,80	392,10	403,28
Turbogenerador	226,00	232,06	241,11	248,92	256,01
Tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones	488,00	501,08	520,62	537,49	552,81
motores electricos	65,00	66,74	69,34	71,59	73,63
Secadores de Bagazo	42,72	43,86	45,58	47,05	48,39
Montaje e Ingeniería	190,00	195,09	202,70	209,27	215,23
Mantenimiento	29,60	30,39	31,58	32,60	33,53
Miceláneos	137,00	140,67	146,16	150,89	155,19
Contingencia	150,00	154,02	160,03	165,21	169,92

	2004	2005	2006	2007
Inflación USA	0,0268	0,039	0,0324	0,0285

Fuente: Díaz, Hernán: Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración, USB 2005

Estos costos muestran el precio por Kw de cada equipo necesario para adaptar al central a las condiciones necesarias para la generación y venta a la red de la energía eléctrica. Cada precio fue adaptado para principio del año, con la inflación del año anterior, por lo que se supone que la inversión fue realizada a principios del año 2008.

Utilizando el cambio oficial igual a Bs 2,15 se creó una tabla con los costos en Bs por KW que se muestra en la figura IV.2 a continuación:

Figura IV.2: Costos en Bs por KW

EQUIPOS	PRECIO POR Bs./KW				
	2004	2005	2006	2007	2008
Generador de Vapor	765,40	785,91	816,56	843,02	867,05
Turbogenerador	485,90	498,92	518,38	535,18	550,43
Tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones	1.049,20	1.077,32	1.119,33	1.155,60	1.188,54
motores eléctricos	139,75	143,50	149,09	153,92	158,31
Secadores de Bagazo	91,85	94,31	97,99	101,16	104,05
Montaje e Ingeniería	408,50	419,45	435,81	449,93	462,75
Mantenimiento	63,64	65,35	67,90	70,10	72,10
Misceláneos	294,55	302,44	314,24	324,42	333,67
Contingencia	322,50	331,14	344,06	355,21	365,33

Por lo tanto, la figura anterior muestra el precio de cada equipo necesario por KW de capacidad instalada, tomando en cuenta el tipo de cambio oficial, igual a 2,15, y la cantidad de Kw para cada opción de inversión.

Adicionalmente se presenta los precios del gas para la serie hasta el 2015, los precios de la electricidad tanto para la compra como para la venta, expresados en Bs:

Figura IV.3: Precios del gas

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Precio Gas Bs/M ³	0,0812	0,0851	0,0891	0,0936	0,0986	0,1042	0,1104	0,1173

Figura IV.4: Precios electricidad

Precio Electricidad (ELECENRO) Bs/ Kva	5,1899
Precio Electricidad (Vta de EDELCA) Bs/Kwh	0,0196

Los precios del gas fueron obtenidos de la gaceta oficial N° 37.906 con fecha 13/02/06, estos precios serán utilizados para el cálculo del ahorro posible de gas durante la época de zafra. A partir del año 2015, como no se presenta precios para los años siguientes, se asumirá que la tarifa se mantendrá igual a la del año 2015. En el caso de la tarifa eléctrica, se asume que el nivel será el mismo para los años del modelo de evaluación, este supuesto no se aleja de la realidad, ya que antes del aumento realizado este año, la electricidad tenía 6 años sin que variara la tarifa.

IV.4: Modelo de Evaluación: Resultados y análisis

Lo primero que debemos hacer es la descripción de cada una de las opciones de inversión que se presenta para la modificación del central azucarero:

Figura IV.5: Especificaciones del Central para la Opción 1

Capacidad Kw	12.499,84
Consumo de gas M ³	42.735.690,00
Consumo de electricidad Kva	20.650,00
Electricidad adicional para la Vta Kwh	94.311.000,00

La capacidad necesaria para la generación de la energía eléctrica adicional para la opción 1 es de 12.499,84 Kw, por lo que el costo de cada equipo es necesario multiplicarlo por la capacidad de la opción, así se podrá tener el tamaño de los generadores eléctricos necesarios. Como el caso del Central el Palmar posee un contrato de demanda mínima para consumo de electricidad en caso de imprevistos, solo se toma en cuenta el costo en el que incurre por mantenerse conectado a la red eléctrica. Dentro de la gaceta donde se dicta los precios se describe qué precio se debe asignar cuando existe un cargo por demanda en el caso del sector industrial.

Figura IV.6: Especificaciones para el central para la opción 2

Capacidad Kw	25.679,79
Consumo de gas M³	42.735.690,00
Consumo de electricidad Kva.	20.650,00
Electricidad adicional para la Vta. Kwh	179.076.000,00

Al igual que para la opción 1, los costos de los equipos son calculados dependiendo de la capacidad expresada en KW la cual, para la opción 2, es igual a 25.679,79 Kw, esta capacidad es la necesaria para generar la electricidad adicional para la venta. Es importante resaltar que cada opción contempla la posibilidad de que el central genere un excedente eléctrico en caso de fallar el suministro interno.

Figura IV.7: Especificaciones para el central para la opción 3

Capacidad Kw	42.876,0221
Consumo de gas M ³	42.735.690,00
Consumo de electricidad Kva	20.650,00
Electricidad adicional para la Vta Kwh	270.598.000,00

Para la opción 3 se necesita de una capacidad instalada de 42.876, 00221 Kw por lo que, al igual que en las opciones anteriores, se multiplica la cantidad de Kw para el cálculo del tamaño de los equipos; estos Kw son necesarios para la generación de la electricidad para la venta mostrado en la figura anterior. Este escenario es el que contempla la mayor de Kw disponibles para la venta a la red eléctrica.

A continuación se muestra el resultado de los flujos de la proyección del modelo a 10 años:

Figura IV.8: OPCIÓN 1 de inversión

	año 2008	año 2009	año 2010	año 2011	año 2012	año 2013	año 2014	año 2015	año 2016	año 2017	año 2018
INGRESOS											
Ahorro de Electricidad	0,00	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43
Ahorro de gas	0,00	3.635.567,88	3.808.604,69	4.001.128,98	4.215.448,46	4.453.956,35	4.719.344,98	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07
Vta electricidad	0,00	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58	1.852.988,58
TOTAL INGRESOS	0,00	5.595.726,89	5.768.763,69	5.961.287,98	6.175.607,46	6.414.115,35	6.679.503,98	6.974.893,07	6.974.893,07	6.974.893,07	6.974.893,07
EGRESOS											
Montaje e Ingeniería	5.784.291,52										
Mantenimiento		901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57
Miceláneos	4.170.778,62										
Contingencia	4.566.545,94										
TOTAL EGRESOS	-14.521.616,08	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57
CAPITAL FIJO											
Generador de Vapor	10.837.935,69										
Turbogenerador	6.880.262,54										
Tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones, etc	13.114.830,87										
motores electricos	1.978.836,57										
Secadores de Bagazo	1.148.085,19										
TOTAL CAPITAL FIJO	-33.959.950,87										
TOTAL INVERSION INICIAL	-48.481.566,95										
TFC		4.694.544,31	4.867.581,12	5.060.105,41	5.274.424,89	5.512.932,78	5.778.321,41	6.073.710,50	6.073.710,50	6.073.710,50	6.073.710,50

Figura IV. 9: Opción 2 de inversión

	año 2008	año 2009	año 2010	año 2011	año 2012	año 2013	año 2014	año 2015	año 2016	año 2017	año 2018
INGRESOS											
Ahorro de Electricidad	0,00	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43
Ahorro de gas	0,00	3.635.567,88	3.808.604,69	4.001.128,98	4.215.448,46	4.453.956,35	4.719.344,98	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07
Vta electricidad	0,00	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78	3.518.420,78
TOTAL INGRESOS	0,00	7.261.159,09	7.434.195,90	7.626.720,18	7.841.039,67	8.079.547,55	8.344.936,19	8.640.325,28	8.640.325,28	8.640.325,28	8.640.325,28
EGRESOS											
Montaje e Ingeniería	11.883.306,79										
Mantenimiento		1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56	1.851.398,56
Miceláneos	8.568.489,63										
Contingencia	9.381.557,99										
TOTAL EGRESOS	-29.833.354,42	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56	-1.851.398,56
CAPITAL FIJO											
Generador de Vapor	22.265.564,30										
Turbogenerador	14.134.880,71										
Tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones, etc	30.521.335,34										
motores electricos	4.065.341,80										
Secadores de Bagazo	2.671.867,72										
TOTAL CAPITAL FIJO	-73.658.989,86										
TOTAL INVERSION INICIAL	-103.492.344,27										
TFC		5.409.760,53	5.582.797,34	5.775.321,62	5.989.641,11	6.228.149,00	6.493.537,63	6.788.926,72	6.788.926,72	6.788.926,72	6.788.926,72

Figura IV.10: Opción 3 de inversión

	año 2008	año 2009	año 2010	año 2011	año 2012	año 2013	año 2014	año 2015	año 2016	año 2017	año 2018
INGRESOS											
Ahorro de Electricidad	0,00	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43	107.170,43
Ahorro de gas	0,00	3.635.567,88	3.808.604,69	4.001.128,98	4.215.448,46	4.453.956,35	4.719.344,98	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07
Vta electricidad	0,00	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09	5.316.612,09
TOTAL INGRESOS	0,00	9.059.350,40	9.232.387,21	9.424.911,49	9.639.230,98	9.877.738,86	10.143.127,50	10.438.516,59	10.438.516,59	10.438.516,59	10.438.516,59
EGRESOS											
Montaje e Ingeniería	19.840.848,75										
Mantenimiento		3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77	3.091.169,77
Misceláneos	14.306.296,20										
Contingencia	15.663.827,96										
TOTAL EGRESOS	-49.810.972,92	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77	-3.091.169,77
CAPITAL FIJO											
Generador de Vapor	37.175.485,03										
Turbogenerador	23.600.167,46										
Tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones, etc	50.959.653,63										
motores eléctricos	6.787.658,78										
Secadores de Bagazo	4.461.058,20										
TOTAL CAPITAL FIJO	-122.984.023,11										
TOTAL INVERSION INICIAL	-172.794.996,02										
TFC	5.968.180,62	6.141.217,43	6.333.741,72	6.548.061,20	6.786.569,09	7.051.957,72	7.347.346,81	7.347.346,81	7.347.346,81	7.347.346,81	7.347.346,81

Figura IV.11: Resumen de resultados

	VPN	TIR
Opción 1 15%	Bs -18.817.624,10	4%
Opción 1 20%	Bs -21.917.436,99	4%
Opción 2 15%	Bs -63.531.774,20	-6%
Opción 2 20%	Bs -65.260.981,41	-6%
Opción 3 15%	Bs -121.357.922,47	-11%
Opción 3 20%	Bs -121.062.223,99	-11%

Con los resultados obtenidos en los flujos de caja proyectados a 10 años, se aplicaron los indicadores financieros VPN y TIR para verificar si la inversión necesaria es rentable o no.

Para la opción 1 el VPN, con una tasa del 15%, fue igual a Bs -18.817.624,1033, mientras que con la tasa de descuento del 20% el VPN fue igual a Bs -21.917.436,9945, la TIR para esta opción fue igual a 4%, por lo que podemos concluir que este proyecto, con las premisas expuestas, genera pérdidas, debido a que los VPN son negativos y la tasa a la que el VPN es igual a 0, es decir el proyecto no genera pérdidas pero tampoco ganancias, es del 4%, la cual es muy baja para cubrir los riesgos asociados a la inversión, por que el proyecto sería rechazado

Para la opción 2 el VPN, con una tasa del 15% fue igual a Bs -63.531.774,20, mientras que con la tasa de descuento del 20% el VPN fue igual a Bs -65.260.981,41, la TIR para esta opción fue igual a -6%, por lo que las pérdidas para esta opción, en comparación con la primera opción, son aún mayores, adicionalmente la Tasa Interna de Retorno es negativa, por lo que no hay forma de que los riesgo de esta opción sean cubiertos y el proyecto, al igual que el anterior, sería rechazado.

Para la opción 3 el VPN, con una tasa del 15%, fue igual a Bs -121.357.922,47, mientras que con la tasa de descuento del 20% el VPN fue igual a Bs -121.062.223,99, la TIR para esta opción fue igual a -11%, lo que nos muestra que es la opción que mas pérdidas genera, adicionalmente la TIR es aún más negativa que la TIR de la opción 2, lo que muestra que es aún más difícil la recuperación de la inversión que en las opciones anteriores.

Con el modelo de evaluación, bajo las premisas planteadas, ninguna de las opciones genera ganancias para el Central, lo que muestra que el Central no posee los incentivos para realizar las inversiones necesarias para la optimización del uso de la energía.

Para demostrar que el precio de la energía es la limitante principal por la cual el proyecto no es rentable, tomamos los precios de la electricidad en Brasil, con este precio se volvió a calcular la primera opción, por ser la más básica, para evaluar si con esos precios la inversión es rentable o no.

La razón por la cual se escoge Brasil como precios de referencia es que posee, en términos relativos, un potencial de generación eléctrica similar al de Venezuela, adicionalmente la mayor parte de la energía eléctrica generada por Brasil es hidroeléctrica, la cual es menos costosa y se asemeja a los costos de producción de electricidad en Venezuela, debido a que el mayor potencial en electricidad también es hidroeléctrico.

La tarifa utilizada como referencia, fue la obtenida en el Sistema de Información Económica Energética (OLADE) para el año 2006; se utilizó la tarifa industrial, ya que sería la que aplicaría al caso del central tanto para comprar como para vender, a demás de ser las más

baja entre la comercial, residencial e industrial del país. El precio está expresado en centavos de dólares americanos, siendo igual a 12,37 Cent/KW, por lo que fue necesario convertirlo a Bs utilizando el tipo de cambio oficial y ese precio fue el que se usó para modelar el nuevo escenario donde tenemos precios iguales a los de Brasil.

Las características técnicas del central se mantuvieron, debido a que lo que se quiere demostrar es que con otro nivel en los precios de las fuentes de energía el proyecto sería rentable, no se pretende evaluar las circunstancias de un central azucarero en Brasil. Se realizó una conversión de los Kva a Kw, ya que el precio de Brasil está expresado en Kw y no en Kva.

En la siguiente figura se muestra las especificaciones técnicas, junto con los nuevos precios de la electricidad:

Figura IV.12: Especificaciones técnicas y nuevos precios

Capacidad Kw	12.499,84	Precio Electricidad BRASIL sector Industrial Bs/ Kw	0,2659
Consumo de gas M ³	42.735.690,00	Precio Electricidad BRASIL sector Industrial Bs/ Kw	0,2659
Consumo de electricidad Kwh	650.000,00		
Electricidad adicional para la Vta Kwh	94.311.000,00		

Figura IV.13: Flujo de caja con los precios de la electricidad de Brasil

	año 2008	año 2009	año 2010	año 2011	año 2012	año 2013	año 2014	año 2015	año 2016	año 2017	año 2018
INGRESOS											
Ahorro de Electricidad	0,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00	172.835,00
Ahorro de gas	0,00	3.635.567,88	3.808.604,69	4.001.128,98	4.215.448,46	4.453.956,35	4.719.344,98	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07	5.014.734,07
Vta electricidad	0,00	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90	25.077.294,90
TOTAL INGRESOS	0,00	28.885.697,78	29.058.734,59	29.251.258,88	29.465.578,36	29.704.086,25	29.969.474,88	30.264.863,97	30.264.863,97	30.264.863,97	30.264.863,97
EGRESOS											
Montaje e Ingeniería	5.784.291,52										
Mantenimiento		901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57	901.182,57
Misceláneos	4.170.778,62										
Contingencia	4.566.545,94										
TOTAL EGRESOS	-14.521.616,08	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57	-901.182,57
CAPITAL FIJO											
Generador de Vapor	10.837.935,69										
Turbogenerador	6.880.262,54										
Tuberías, sistemas de enfriamiento, condensador, sistema eléctrico e instrumentación, obras civiles, fundaciones, etc	13.114.830,87										
motores eléctricos	1.978.836,57										
Secadores de Bagazo	1.148.085,19										
TOTAL CAPITAL FIJO	-33.959.950,87										
TOTAL INVERSION INICIAL											
	-48.481.566,95	27.984.515,21	28.157.552,02	28.350.076,30	28.564.395,79	28.802.903,68	29.068.292,31	29.363.681,40	29.363.681,40	29.363.681,40	29.363.681,40

Figura IV.14: Resumen Resultado con Precios Brasil

	VPN	TIR
Opción 1 15%	Bs -18.817.624,10	4%
Opción 1 20%	Bs -21.917.436,99	4%
Opción 2 15%	Bs -63.531.774,20	-6%
Opción 2 20%	Bs -65.260.981,41	-6%
Opción 3 15%	Bs -121.357.922,47	-11%
Opción 3 20%	Bs -121.062.223,99	-11%
Opción 1 Precios Brasil 20%	Bs 119.823.195,42	58%

El VPN para este modelo con precios iguales a los de Brasil es de Bs 119.823.195,42, lo que verifica que con otro nivel de tarifas de la energía, el proyecto resultaría rentable para los centrales, lo que se traduciría en una optimización del uso de la energía dentro de ellos. Adicionalmente el indicador TIR es igual al 58%, lo que muestra que para que, con un nivel de precio similar a los de Brasil, la tasa de descuento puede cubrir el riesgo del sector y la inversión seguiría siendo rentable para el central, aceptando el proyecto planteado.

Luego de modelar las situaciones bajo las cuales un central puede generar, consumir y vender energía eléctrica y de modelarlo bajo otro nivel de tarifa referencial, como es el caso de la tarifa en Brasil, queda demostrado que el nivel de los precios de la energía es una limitante para el uso óptimo de la misma, ya que es menos costoso conectarse a la red que hacer las inversiones necesarias en eficiencia energética, lo que se traduce en una ineficiencia en general, debido a que Venezuela posee un gran número de centrales, los cuales podrían surtir a la red y se evitarían crisis eléctricas como las que se viven hoy en día. El ejemplo con los precios de Brasil es una clara evidencia que el subsidio excesivo que se hace a nivel de precios, no incentiva las inversiones en ese tema en particular. La tarifa podría no ser tan elevada como la de

Brasil, pero se debería calcular un nivel óptimo de ella bajo el cual este proyecto podría ser rentable.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

El planteamiento que motivó la investigación que hemos realizado, se refiere a las barreras económicas que limitan las inversiones en eficiencia energética en Venezuela. A tal efecto se plantearon diversos objetivos, que han sido alcanzados en el desarrollo del tema.

El primer aspecto que se demuestra en el desarrollo de la investigación se refiere a la posibilidad económico-financiera de lograr modernizar energéticamente los centrales azucareros, en nuestro caso El Palmar, en función de reducir los consumos específicos de energía por tonelada de azúcar producida, optimizar el uso del bagazo como fuente de energía y ofrecer excedentes a la red, solo si se remueven las barreras relativas a los precios de la energía, llevándolas a los niveles que la racionalidad económica aconsejada. En efecto cuando se realizaron las evaluaciones financieras en el Capítulo IV, a los precios vigentes estas resultaban claras en cuanto a la imposibilidad de financiar las inversiones requeridas. Por el contrario cuando se simuló la situación venezolana con las tarifas mas bajas vigentes en Brasil, se demuestra que la inversión es rentable a un nivel de precios superior

Se resalta también, que de viabilizarse las inversiones en eficiencia, es posible que con solo bagazo como energético, es decir sin gas y sin electricidad comprada a la red se pueda producir la misma cantidad de azúcar lo que significa una reducción del consumo específico de energía, y adicionalmente se lograría un excedente para la red.

El impacto nacional sería evidente, si imaginamos que los 18 centrales pudiesen realizar tales inversiones, sobre todo en la coyuntura del sector eléctrico en la que se necesitarán inversiones en generación. Probablemente los centrales azucareros podrían generar el Kwh mas barato.

En cuanto a los objetivos específicos planteados en el trabajo, podemos comentar lo siguiente:

- ✓ En el capítulo II establecimos claramente como las políticas energéticas relativas a los precios, subsidios, protecciones han condicionado las características del uso de la energía, generando altísimos indicadores cuando se comparan con países de similar nivel de desarrollo al nuestro, incluso México, que es un país exportador de petróleo.
- ✓ En el capítulo III se demostró con la descripción del sector azucarero y el uso de la energía que este sector no escapa a la situación generalizada. Se determina que es mas caro invertir en eficiencia que derrochar la energía, cuando encontramos que la agroindustria azucarera prefiere mantener la ineficiencia energética para que no le sobre el bagazo ya que su disposición genera costos adicionales.
- ✓ Se observó durante la descripción del consumo de energía en la industria como las políticas han generado características que hoy son estructurales, tecnológicas y que serán más difíciles de superar.
- ✓ Finalmente se pusieron en evidencia muchas barreras: jurídicas y reglamentarias, por inexistencia de reglas para el acceso a la red, inseguridad jurídica en general, control de precios que inhiben inversiones. Sin embargo, aún el en caso de que tales limitaciones pudieran

superarse, lo que más se demuestra con el análisis financiero es la imposibilidad de avanzar si no se resuelve el problema de los precios internos de la energía.

Del trabajo desarrollado surgen sin embargo algunas recomendaciones:

- ✓ Se debe seguir profundizando en la investigación, sobre todo para superar las limitaciones de información que están constituyendo un obstáculo para trabajos de interés técnico de importancia nacional. En nuestro caso, hubo limitaciones de acceso y trabajo de campo en los centrales por reservas en el suministro de información. Esto fue posible solo en el Central el Palmar. Igualmente no pudimos obtener del Ministerio de Energía y Petróleo las tarifas eléctricas objetivo, con el argumento de confidencialidad.
- ✓ Plantear el proyecto bajo la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI), la cual abre una oportunidad sobre todo para los centrales azucareros privados. En efecto esta ley permitiría realizar la inversión, reconocible como tributo tal como lo permite la ley, reduciendo el peso de los costos de inversión.
- ✓ Sin embargo, se debe establecer reglas de acceso a la red, lo cual puede ser negociado en la coyuntura con cierta viabilidad dada la emergencia. Además, es absolutamente necesario garantizar reglas de acceso a la red a largo plazo, lo cual si parece mas difícil dadas la experiencia en cuanto al cumplimiento de las reglas por parte del gobierno. Al fin y al cabo con el argumento del “interés nacional” cualquier cosa puede hacerse.

Bibliografía

- Banko-Karekys Abarca, Carolina: *Auge y Crisis de la Industria Azucarera Venezolana, Investigación sobre la Historia del Azúcar*, UCV.
- Baca Urbina, Gabriel: *Fundamentos de Ingeniería Económica*, Mc Graw Hill, Cuarta edición, 2007.
- Díaz, Hernán: *Uso racional de la energía en la industria azucarera: potencial de cogeneración*, USB 2005.
- Dr. Pat DeLaquil: *Progress Developing a Sugar Cane Cogeneration Industry*.
- Gaceta oficial N° 37.415, Caracas, 2002.
- Gaceta oficial N° 37.906, Caracas, 2006.
- Información del Instituto Nacional de Estadística, procesada por CONINDUSTRIA.
- CEPET: *La Industria Venezolana de los Hidrocarburos*, Tomo I, noviembre, 1989.
- Ley de Hidrocarburos Gaseosos, *Gaceta Oficial N° 36793*, Caracas, 1999.
- Ley Orgánica del Servicio Eléctrico, *Gaceta oficial N° 5568*, Diciembre 2001.
- Ministerio de Energía y Petróleo: *Otros Datos Estadísticos*, 2004.
- Nicholson, Walter: *Microeconomía Intermedia y sus aplicaciones*, editorial Mac Graw Hill, Octava edición, 2001.
- OLADE: *Sistema de Información Económico Energético SIEE*, Quito, noviembre 2007.
- Poveda, Mentor: *Eficiencia Energética Recursos no aprovechados*, OLADE Agosto 2007.

- RAE: *Diccionario de la Lengua Española*, Vigésima Segunda edición.
- Seymor, Ian: *Instrumentos de Cambio*, Ediciones Tercer Mundo, publicado con el auspicio de OLADE y OPEP 1981.
- UCV: Facultad de Arquitectura, *Conferencia sobre Condicionamientos de la demanda de energía*, Caracas 2005.
- Uslar Pietri, Arturo: *Petróleo y Política*, Urbina y Fuentes, Editores Asociados, Caracas 1984.

Referencias electrónicas

- Biblioteca virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales: <http://www.eumed.net>
- Central El Palmar S.A.: *proceso de la obtención del azúcar*, www.elpalmar.com.ve
- Centro de Estudios Energéticos y Medioambientales, Argentina, <http://www.ceem.org.ar>
- Federación Nacional de Asociaciones de Cañicultores de Venezuela (FESOCA), www.fesoca.com
- UCV, *Geohistoria del Azúcar*. <http://www.faces.ucv.ve>