

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**"MODELO PARA EL CALCULO DE LA ENERGIA
UTIL EN UN INGENIO AZUCARERO NACIONAL"**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE :

INGENIERO MECANICO

JOHNNY NAHUI ORTIZ

PROMOCION : 88-II

LIMA-PERU

1,991

Modelo para el cálculo de la energía útil en un
Ingenio Azucarero Nacional

<u>CONTENIDO:</u>	<u>PAG</u>
Prólogo	4
1.- INTRODUCCION	5
2.- LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL	6
2.1 Estructura de la Industria Nacional.	6
2.2 Consumo de energía en la Industria.	10
2.3 Importancia del Sector Agro-industria.	21
2.4 Uso racional de la energía.	31
3.- BALANCES DE ENERGIA	56
3.1 Definición.	56
3.2 Tipos e importancia.	79
3.3 La energía útil en los balances energéticos.	90
4.- CRITERIOS PARA EL CALCULO DE LA ENERGIA UTIL EN UN INGENIO AZUCARERO NACIONAL	94
4.1 Generalidades.	94
4.2 Descripción de un Ingenio Azucarero Nacional.	95
4.3 Visión energética de un Ingenio Azucarero Nacional.	103
4.4 Criterios generales para el cálculo de la energía útil.	107

<u>CONTENIDO:</u>	<u>PAG</u>
5.- MODELO PARA EL CALCULO DE LA ENERGIA UTIL DE UN INGENIO AZUCARERO NACIONAL	116
5.1 Alcance del modelo que se propone.	116
5.2 Diagramas representativos de los flujos energéticos en un Ingenio Azucarero Nacional.	118
5.3 Procedimientos para el cálculo del consumo de energía neta y energía útil en un Ingenio Azucarero Nacional.	125
5.4 Diagramas resultantes.	129
5.5 Generalización de resultados.	134
Conclusiones	139
Bibliografía	
Anexo	

PROLOGO

Mi agradecimiento especial a los Sres. Ing. Rafael Espinoza (INIFIM) y Carlos Domínguez (UNI), por sus decisivos aportes en la culminación del presente proyecto; así como a la fina cortesía de todas las personas e instituciones que de una u otra forma coadyuvaron al feliz término de esta obra.

Cabe señalar que el presente estudio no pretende, en ningún caso, ser único o definitivo; es más bien el inicio de un anhelo personal, orientado a mostrar la presencia de la energía, en su concepción más amplia, en la vida. Del mismo modo se pretende enfatizar que la Ingeniería Mecánica puede y debe orientarse también a otros rubros, aparte del tradicional, en procura de contribuir al desarrollo de una nueva Industria.

CAP. 1
INTRODUCCION

El presente documento establece que Perú carece de un modelo de energía y que es necesario empezar por elaborar un Balance Energético Nacional, que refleje con mayor precisión las interacciones del Sistema Energético del país y contribuya a la implantación de la planificación energética en nuestro medio.

El estudio consta de cuatro capítulos. En el Segundo, se describe rápidamente la estructura de la industria de Perú y el consumo energético de ese sector.

En el Tercero, se expone la teoría que sustenta la elaboración de los balances de energía, incidiendo en el concepto de la energía útil.

En el Cuarto, se muestra a modo de ejemplo, el análisis de un sistema energético referido a un Ingenio Azucarero Nacional, considerando estadísticas referenciales y estimadas, concernientes al abastecimiento y requerimiento de energía.

Finalmente en el Quinto, se presenta la metodología de los balances energéticos integrales aplicado a un sistema energético específico, con el objeto de objetivizar las ideas expuestas previamente.

CAP. 2

LA ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

2.1 Estructura de la Industria Nacional

2.1.1 Generalidades

La clasificación Industrial Internacional ha sido preparada principalmente con miras a facilitar la obtención y presentación uniforme y comparable de las informaciones estadísticas. Está basada en el documento "Clasificación Uniforme de todas las Actividades Económicas" de las Naciones Unidas.

Bajo este contexto se procederá a ubicar la actividad de un Ingenio Azucarero Nacional en la estructura industrial del Perú.

2.1.2 Principios generales de la clasificación

Se reconoce generalmente que en la presentación de estadísticas para uso internacional, todo lo que se puede hacer es volver a clasificar conforme a un patrón uniforme, los datos recopilados por cada país para sus propios fines. En consecuencia, para

obtener la comparabilidad internacional de las estadísticas, es necesario que todos los países adopten, hasta donde le permitan sus propias necesidades, las mismas definiciones y principios generales.

2.1.3 Carácter de la clasificación

La clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las ramas de actividad económica es una clasificación por industrias y no por ocupaciones ó productos.

2.1.4 Base de la clasificación

La clasificación ha sido establecida tomando como base la estructura económica de la mayoría de los países, por lo tanto, no está regida por un principio único tal como la técnica del trabajo realizado, la índole de las materias primas ó la utilización de los productos.

2.1.5 Clasificación de la Industria Nacional

- I.- Agricultura, Selvicultura, Caza y Pesca.
- II.- Explotación de minas y canteras.
- III.- Manufactura.
- IV.- Construcción
- V.- Electricidad, gas, agua y servicios sanitarios.

- VI.- Comercio, Bancos, Seguros, Bienes, Inmuebles.
- VII.- Transporte, almacenaje y comunicación.
- VIII.- Servicios.
- IX.- Actividades no descritas adecuadamente.

La División No I, está conformada por 4 grupos principales:

- I.1 Agricultura y ganadería.
- I.2 Silvicultura, tala y corte.
- I.3 Caza, caza mediante trampas y repoblación.
- I.4 Pesca.

El grupo principal I.1 comprende toda clase de actividades agrícolas sin tomar en consideración el tipo de la propiedad y el sistema de explotación. Para los efectos de una clasificación industrial, se entiende por una industria agrícola a todo cultivo de terreno total o parcialmente dedicado a la producción agrícola. También comprende los servicios agrícolas y las actividades conexas e incluye finalmente a todos los servicios veterinarios.

Este grupo principal contiene a su vez a 9 sub-grupos:

- I.1.1 Cultivo de productos alimenticios básicos.
- I.1.2 Cultivo de productos especiales.

- I.1.3 Cultivo de árboles frutales.
- I.1.4 Especialidades hortícolas.
- I.1.5 Cultivos generales.
- I.1.6 Cultivos no comerciales.
- I.1.7 Servicios agrícolas, excepto servicios de ganadería y horticultura.
- I.1.8 Ganadería.
- I.1.9 Cría de otros animales domésticos, servicios de horticultura y otros productos agro-pecuarios.

El sub-grupo I.1.2 comprende los cultivos de productos especiales. Usando este sistema de clasificación, los grupos de productos abajo indicados pueden ser cambiados para adaptarse a las necesidades del área que se desea investigar.

Grupo de productos que abarca este sub-grupo:

- I.1.2.1 Caña de azúcar.
- I.1.2.2 Algodón.
- I.1.2.3 Lino.
- I.1.2.4 Tabaco.
- I.1.2.5 Café.
- I.1.2.6 Té.
- I.1.2.7 Coca.
- I.1.2.8 Viñedos.
- I.1.2.9 Cultivos de productos especiales no clasificados en otro lugar.

2.1.6 Localización la producción de Azúcar la Industria Nacional

Finalmente se ha localizado la actividad de los Ingenios Azucareros Nacionales, puesta de manifiesto a través del empleo de la caña de azúcar (Grupo de productos I.1.2.1) como parte de los cultivos de productos especiales del Sector Agrícola de nuestro país. (Ver CUADRO Nro. 1)

2.2 Consumo de energía en la industria

Es conveniente distinguir, en la estructura del sector energético nacional, los siguientes aspectos: producción de fuentes de energía, transformación en fuentes de energía y distribución a los sectores de consumo.

Se optará por mostrar el panorama histórico de la energía en Perú a través de dos grandes períodos: década de los '70 (de 1970 a 1979) y década de los '80 (de 1980 a 1987*). Se considerarán 7 fuentes de energía primaria: Carbón Mineral, Leña, Bosta y Yareta, Bagazo, Petróleo Crudo, Gas Natural Asociado e Hidroenergía, y 12 fuentes de energía secundaria: Coque, Carbón Vegetal, Gas Licuado de Petróleo, Gasolina de Motor, Kerosene Jet, Diesel Oil, Petróleo Residual, Productos no energéticos de Petróleo, Gas de refinería, Gas distribuido, Gas industrial y

Energía eléctrica. Se destaca en el comportamiento energético los rubros referentes a la **energía** primaria y secundaria.

2.2.1 Energía Primaria

Los valores numéricos referidos a oferta bruta interna, producción y consumo energéticos, son los promedios respectivos de 2 series históricas de años: 1970-1979 y 1980-1987*.

En la década de los '70, el Perú alcanzó una oferta bruta interna de energía primaria de 428.6 PJ y estuvo constituida mayormente por Petróleo crudo (54 %) y Leña (28.3 %); el Carbón mineral resultó ser, en este contexto, el recurso de menor importancia (0.5 %).

En este período se registró un Consumo nacional de energía primaria de 134.6 PJ, que representa casi la tercera parte de la oferta bruta interna. Se puso de manifiesto la gran dependencia del uso de la Leña como energía primaria (80.9 %).

El consumo energético del Sector Industrial, en este lapso, fué cerca de la quinta parte del consumo nacional; y estuvo conformado por Leña

*Al momento de elaborar el documento aún no se disponían de los datos históricos de 1988 y 1989.

(56.0 %) y Bagazo (41.0 %).

Bajo este contexto el consumo del sub-sector agrícola representó el 41 por ciento del consumo industrial. El consumo agrícola de energía es, en su totalidad, de Bagazo (10.9 PJ).

En la década de los '80 se incrementó en 32.5 por ciento la oferta bruta de energía primaria (567.9 PJ), acentuándose la dependencia hacia el uso del Petróleo crudo (59.1 %) y aminorándose el uso porcentual de Leña (23.8 %); continúa siendo ínfimo el rol del Carbón mineral (0.6 %).

En este período se elevó en 10 por ciento el consumo nacional de energía primaria (148.1 PJ); sin embargo disminuye en representatividad porcentual a la cuarta parte de la oferta bruta interna. Se percibe un ligero aumento del consumo de Leña (82.9 %).

Se registra un decrecimiento del 9.0 por ciento del Consumo Industrial (24.2 PJ) y representa ahora algo más de la sexta parte del Consumo Energético Nacional. El Sector Industrial muestra gran dependencia hacia la Leña (70.2 %), mientras decrece la utilización del Bagazo (20.2 %).

El consumo energético correspondiente al sub-

sector agrícola es ahora sólo la quinta parte del Consumo Industrial. El consumo de Bagazo (4.9 PJ) es inferior a la mitad del consumo de dicho recurso durante la década de los '70. (Ver TABLA Nro. 1)

2.2.2 Energía Secundaria

En la década de los '70 Perú registró una producción de energía secundaria del orden de los 278.6 PJ, representando el Petróleo residual la cuarta parte y la Gasolina de motor la segunda parte, de tal producción, respectivamente. Asimismo desempeñan un rol no menos importante: Diesel Oil (16.3 %), Kerosene Jet (13.1 %), y la Electricidad (9.5 %).

Gran parte de esa producción (82.9 %) se destina al Consumo Energético Nacional, en el cual desempeñan nuevamente un rol protagónico el Petróleo Residual y la Gasolina de Motor; el aporte de ambas formas de energía representa la mitad del consumo nacional de energía. Es conveniente señalar el consumo de: Kerosene Jet (16.6 %), Diesel Oil (15.1 %) y la **energía** eléctrica (10.3 %).

Cerca del 40 por ciento del consumo energético nacional proviene del Sector Industrial, el cual

TABLA No. 1
=====

ENERGIA PRIMARIA : PERU

		1970 - 79 : DECADA '70 ; 1980 - 87 : DECADA '80													
		PRODUCCION			CONSUMO										
		NACIONAL			INDUSTRIAL			AGRICOLA							
		'70	'80	'70	'80	'70	'80	'70	'80	'70	'80				
		PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%				
FUENTES ENERGETICAS															
1.	CARBON MINERAL	2.1	0.5	3.4	0.6	0.8	1.6	0.8	3.0	2.3	9.5	0	0	0%	
2.	LEÑA	121.5	28.3	135	23.8	108.9	82.9	14.9	56.0	17	70.2	0	0	0%	
3.	BOSTA, YARETA	10.1	2.4	10.5	1.8	10.1	7.1	0	0.0	0	0.0	0	0	0%	
4.	BAGAZO	17.9	4.2	14.3	2.5	14.8	8.4	10.9	41.0	4.9	20.2	10.9	100.0	4.9	100.0
5.	PETROLEO CRUDO	231.5	54.0	335.9	59.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0%	
6.	GAS NATURAL ASOCIADO	21.8	5.1	29.2	5.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0%	
7.	HIDROENERGIA	23.7	5.5	39.6	7.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0%	
TOTAL :															
		428.6	100	567.9	100	134.6	100	26.6	100	24.2	100	10.9	100	4.9	100

1970 - 79

1980 - 87

Consumo Nacional : 31.4% de la Producción Nacional

Consumo Nacional : 26.1% de la Producción Nacional

Consumo Sector Industrial : 19.8% del Consumo Nacional

Consumo Sector Industrial : 16.8% del Consumo Nacional

Consumo Sub-sector Agrícola : 41.0% del Consumo Industrial

Consumo Sub-sector Agrícola : 20.2% del Consumo Industrial

emplea principalmente el Petróleo Residual (55.6 %), y en segunda instancia el Diesel Oil y la energía eléctrica (17 %, en ambos casos).

Bajo este aspecto el consumo de energía en el Sub-sector agrícola representa algo más del 10 por ciento del consumo Industrial. Se nutre en gran parte del Petróleo Residual (58.8 %) y en segundo grado de Diesel Oil (22.7 %). El aporte de energía eléctrica no es significativo (11.3 %).

En la década de los '80 el país produjo 50 por ciento más de energía secundaria (420.0 PJ), en el cual el rol protagónico estuvo a cargo del Petróleo residual con más de la tercera parte de tal producción. En igual forma en la década de los '70, fue importante lo registrado en: Diesel Oil (16.2 %), Gasolina de Motor (15.1 %), Kerosene Jet (12.4 %) y la energía eléctrica (10.3 %).

El consumo energético nacional se incrementó en casi el 15 por ciento; pero éste representa ahora sólo algo más del 60 por ciento de la producción de energía secundaria. El consumo nacional de energía disminuye ligeramente en su dependencia al uso del Petróleo residual (50.6 %), se observa un mayor empleo de la energía

eléctrica (26.3 %) y una leve disminución del consumo porcentual de Diesel Oil (16.0 %).

El sub-sector agrícola evidencia un fuerte decaimiento en consumo energético: 4.7 PJ, en comparación a su similar a la década de los '70 (9.7 PJ) y ahora representa tan sólo el 5 por ciento del consumo industrial. Este sector registra ahora cierta paridad en el consumo de Petróleo residual (34.0 %) y Diesel Oil (27.7 %) en contraposición a lo ocurrido en la década de los '70. Ahora sí es relevante el rol desempeñado por la energía eléctrica (31.9 %). (Ver TABLA Nro. 2, GRAFICO Nro. 1)

2.2.3 Variación de índices referenciales en el sub-sector agrícola

Se observa que el sub-sector Agrícola ha experimentado un fuerte decrecimiento en el consumo, tanto de energía primaria como secundaria, del orden del 50 por ciento, cuya tendencia hace presumir la generación de escenarios nacionales cada vez más complejos.

En la década de los '70 se registró en el rubro agro-pecuario un índice de PBI per-cápita de 188 I/hab., siendo el consumo energético per-cápita de 10.6 GJ/Hab, lo cual define el índice

TARLA No. 2

ENERGIA SECUNDARIA : PERU

1970 - 79 : DECADA '70 ; 1980 - 87 : DECADA '80

FUENTES ENERGETICAS	PRODUCCION						CONSUMO								
	'70			'80			'70			'80					
	PJ	%	%	PJ	%	%	PJ	%	%	PJ	%	%			
9. COQUE	0.8	0.3	0.9	0.2	0.9	0.4	0.8	0.3	0.9	1.0	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0
10. CARBON VEGETAL	5.0	1.8	4.9	1.2	5.0	2.2	4.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11. GAS LIQUADO DE PETROLEO	4.0	1.4	5.9	1.4	4.2	1.8	5.7	2.2	0.4	0.4	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0
12. GASOLINA DE MOTOR	58.4	21.0	63.6	15.1	58.7	25.4	52.7	20.0	2.7	3.0	1.3	1.4	0.5	5.1	0.2
13. KEROSENE JET	36.5	13.1	52.0	12.4	38.4	16.6	51.1	19.4	2.7	3.0	1.9	2.1	0.3	3.1	0.2
14. DIESEL OIL	45.5	16.3	67.9	16.1	34.8	15.1	47.5	18.0	16.1	17.8	14.6	15.9	2.2	22.4	1.3
15. PETROLEO RESIDUAL	74.1	26.6	143.0	34.0	57.3	24.8	54.4	20.6	50.0	55.3	46.2	50.3	5.7	58.2	1.6
16. NO ENERGETICO PETROLEO	6.2	2.2	12.3	2.9	4.8	2.1	5.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17. GAS REFINERIA	3.3	1.2	3.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18. GAS DISTRIBUIDO	16.8	6.0	23.2	5.5	2.7	1.2	3.7	1.4	1.3	1.4	1.8	2.0	0.0	0.0	0.0
19. GAS INDUSTRIAL	1.5	0.5	1.3	0.3	0.5	0.2	0.6	0.2	0.5	0.6	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0
20. ENERGIA ELECTRICA	26.5	9.5	42.1	10.0	23.7	10.3	37.0	14.0	15.8	17.5	24.0	26.1	1.1	11.2	1.5
TOTAL :	278.6	100	420.5	100	231.0	100	263.7	100	90.4	100	91.8	100	9.8	100	4.8

1970 - 79

1980 - 87

Consumo Nacional : 82.9% de la Producción Nacional

Consumo Nacional : 62.8% de la Producción Nacional

Consumo Sector Industrial Nacional

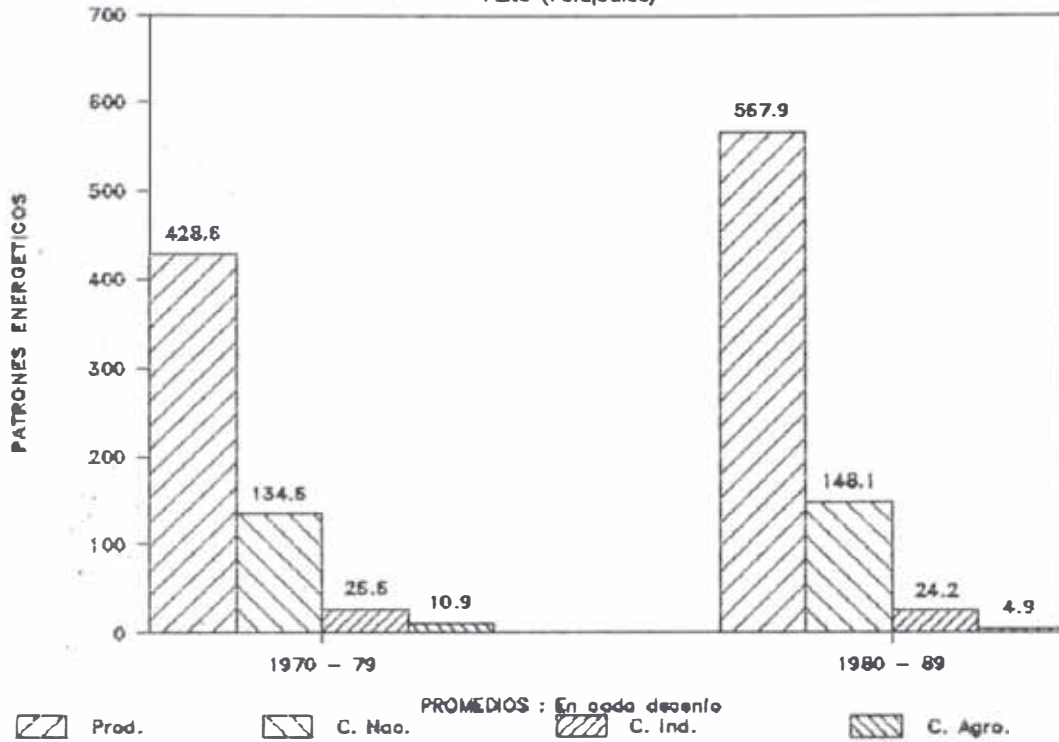
Consumo Sector Industrial Nacional

Consumo Sub-sector Agrícola Industrial

Consumo Sub-sector Agrícola Industrial

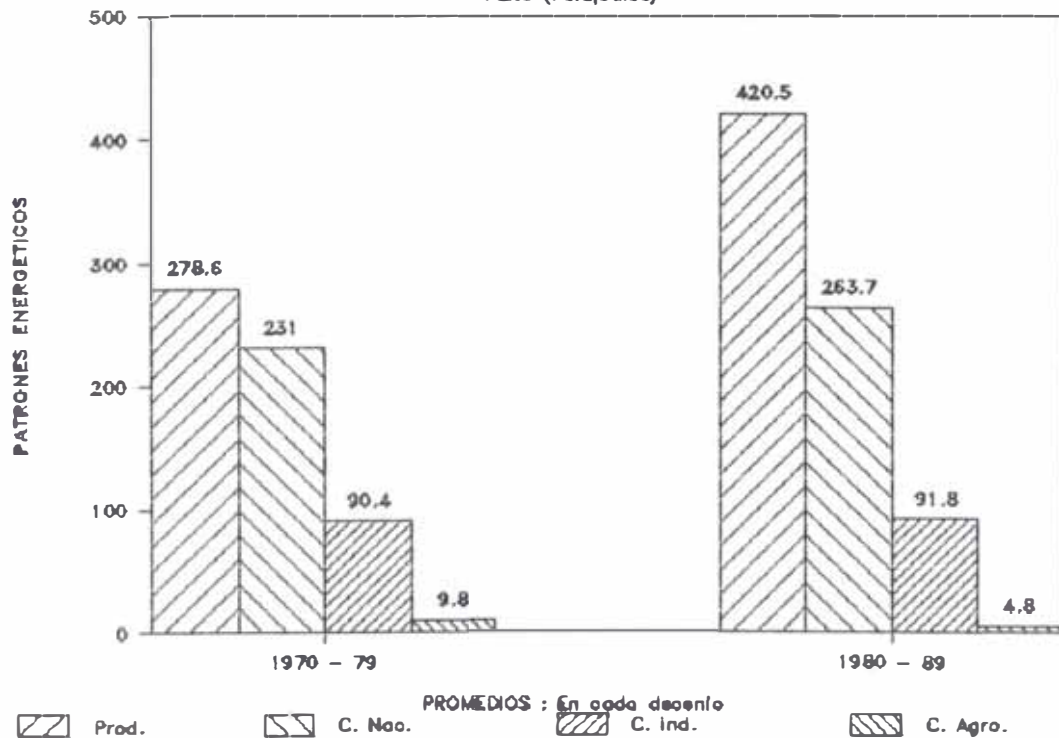
ENERGIA PRIMARIA

PERU (Petajoules)



ENERGIA SECUNDARIA

PERU (Petajoules)



(consumo de energía/PBI) en 56 MJ/I. Los valores en intis son referidos a 1979 y los índices per-cápita consideran la población económicamente activa en el rubro agro-pecuario.

El panorama agro-pecuario en la década de los '80 muestra un leve incremento del PBI per-capita a 190 I/Hab.; sin embargo el consumo energético per-capita sufre una fuerte contracción de más del 50 por ciento registrándose 4.6 GJ/Hab., lo cual señala un índice de (consumo energético/PBI) del orden de 25 MJ/I.

Bajo este contexto el decremento del índice (consumo de energía/PBI), sugiere el logro de un mejor aprovechamiento energético.

Los índices de PBI y consumo energético de un país muestran el crecimiento económico y el nivel de bienestar de su población. Si el PBI per-cápita se hubiese mantenido casi constante y se registrase asimismo un decremento del consumo energético per-cápita, sería evidente el consumo de menor cantidad de energía para la obtención de casi la misma producción. Tal situación se visualiza con el decrecimiento del índice (consumo energético/PBI).

Esto puede originarse en líneas generales por

el logro de un adecuado aprovechamiento energético (máquinas y procesos más eficientes), un aporte mayor de mano de obra agro-pecuaria (para sustituir la energía no utilizada), ó una mayor inversión de capital en contratos a terceros (para ejecutar labores que demanden algún consumo energético).

En Perú el PBI agro-pecuario registra en la década de los '80 un leve incremento del 1 por ciento con respecto a su similar anterior, mientras que el índice (consumo energético/PBI) sufre una contracción a 45 por ciento de su valor.

El sub-sector agro-pecuario interactúa en nuestra sociedad a través de muchos canales (no sólo el económico), por lo cual es importante impulsar su desarrollo. (Ver TABLA Nro. 3 y 4, GRAFICO Nro. 2)

2.3 Importancia del sector Agro-industria

El Perú está situado en la parte central occidental de América del Sur entre los $0^{\circ} 01'34.5''$ de Latitud Sur y los $68^{\circ} 39'27.0''$ y $81^{\circ} 19'34.5''$ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. La superficie del territorio peruano se estima en 1'285,216 Km².

TABLA No. 3

NIVEL NACIONAL

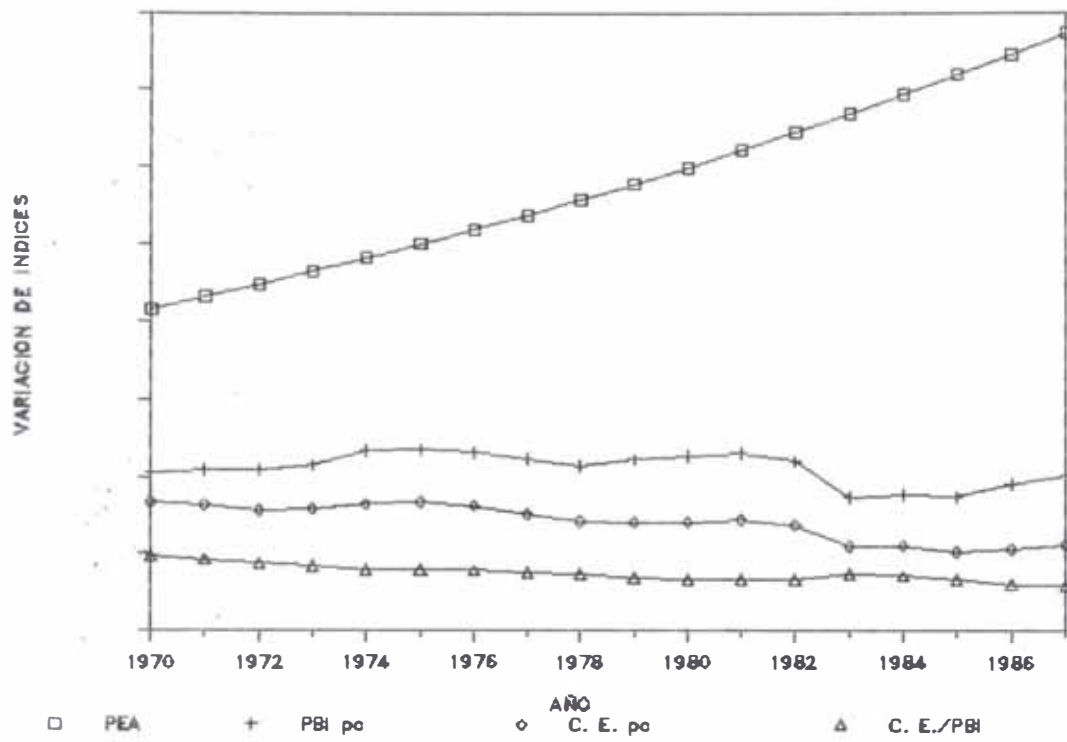
AÑO	PEA	TASA DE CRECIMIENTO	P.B.I. PER-CAPITA	TASA DE CRECIMIENTO	CONSUMO DE ENERGIA	TASA DE CRECIMIENTO	CONSUMO DE ENERGIA	TASA DE CRECIMIENTO	ENERGIA PER-CAPITA	TASA DE CRECIMIENTO	CONSUMO DE ENERGIA	TASA DE CRECIMIENTO
10 Hab	(%)	(%)	Intis /Hab	(%)	GJ/Hab	(%)	MJ /Intis	(%)	PBI	(%)	MJ /Intis	(%)
1970	4122.4		611.0		80.2		131.3					
1971	4249.8	3.09	617.4	1.05	79.0	-1.50	128.0	-2.52				
1972	4381.2	3.09	616.1	-0.21	76.9	-2.66	124.8	-2.45				
1973	4516.7	3.09	629.7	2.21	77.4	0.65	122.9	-1.52				
1974	4656.3	3.09	667.4	5.99	79.4	2.58	119.0	-3.21				
1975	4800.3	3.09	669.4	0.30	80.0	0.76	119.5	0.45				
1976	4948.7	3.09	662.0	-1.11	78.7	-1.62	118.9	-0.53				
1977	5101.7	3.09	644.8	-2.60	75.2	-4.45	116.6	-1.90				
1978	5259.4	3.09	627.2	-2.73	72.6	-3.46	115.8	-0.75				
1979	5422.0	3.09	643.7	2.63	72.2	-0.55	112.2	-3.10				
1980	5589.6	3.09	652.4	1.35	72.2	0.00	110.7	-1.33				
1981	5771.0	3.25	659.8	1.13	73.0	1.11	110.6	-0.03				
1982	5958.3	3.25	640.7	-2.89	71.1	-2.60	111.0	0.30				
1983	6151.6	3.24	544.0	-15.09	62.9	-11.53	115.6	4.19				
1984	6351.3	3.25	552.0	1.47	63.0	0.16	114.1	-1.29				
1985	6555.5	3.22	547.4	-0.83	60.8	-3.49	111.1	-2.68				
1986	6767.9	3.24	580.6	6.07	61.8	1.64	106.4	-4.17				
1987	6989.5	3.27	601.0	3.51	63.5	2.75	105.7	-0.74				
PROMEDIO		3.09	638.9	0.69	77.2	-1.02	120.9	-1.69				
DECADA '70												
PROMEDIO		3.24	597.2	-0.95	66.04	-1.71	110.65	-0.63				
DECADA '80												

TABLA No. 4

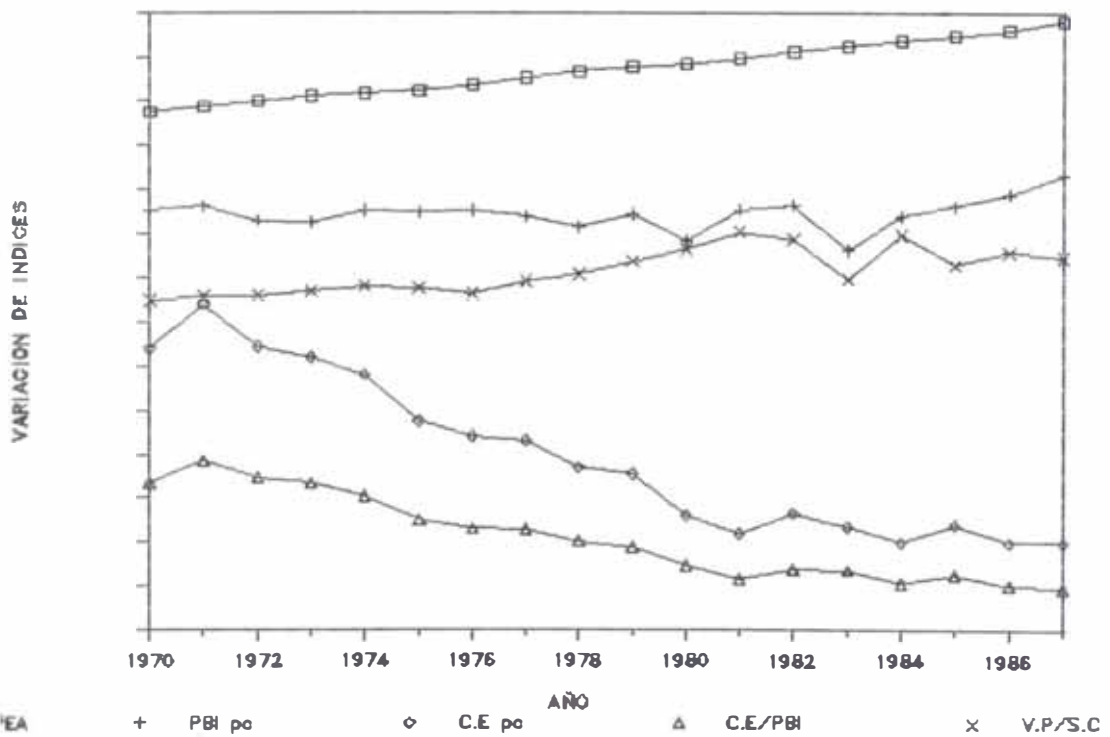
NIVEL AGROPECUARIO

AÑO	PEA	TASA DE CRECIMIENTO / PER-CAPITA	P.B.I.	TASA DE CRECIMIENTO / PER-CAPITA	CONSUMO DE ENERGIA / PER-CAPITA	TASA DE CRECIMIENTO / PER-CAPITA	CONSUMO DE ENERGIA / PER-CAPITA	TASA DE CRECIMIENTO / PER-CAPITA	VALOR DE LA PRODUCCION / SUP. COSECH.	TASA DE CRECIMIENTO / PER-CAPITA
		(%)	Intis / Hab	(%)	GJ/Hab	(%)	MJ / Intis	(%)	Intis / Ha	(%)
1970	1879.5		190.5		12.8		67.2		149.8	
1971	1900.8	1.13	192.2	0.89	14.8	15.63	77.0	14.60	151.7	1.27
1972	1919.1	0.96	185.8	-3.33	12.9	-12.84	69.4	-9.84	151.8	0.07
1973	1936.1	0.89	184.9	-0.48	12.4	-3.88	67.1	-3.41	153.8	1.32
1974	1948.6	0.65	190.5	3.03	11.6	-6.45	60.9	-9.20	156.2	1.56
1975	1955.9	0.37	189.7	-0.42	9.5	-18.10	50.1	-17.76	155.4	-0.51
1976	1977.3	1.09	190.5	0.42	8.8	-7.37	46.2	-7.76	152.9	-1.61
1977	2003.8	1.34	187.8	-1.42	8.6	-2.27	45.8	-0.87	158.4	3.60
1978	2026.0	1.11	182.9	-2.61	7.4	-13.95	40.5	-11.65	161.7	2.08
1979	2042.0	0.79	188.6	3.12	7.1	-4.05	37.6	-6.95	167.6	3.65
1980	2052.2	0.50	176.7	-6.31	5.2	-26.76	29.4	-21.83	173.1	3.28
1981	2072.7	1.00	190.8	7.98	4.4	-15.38	23.1	-21.64	180.7	4.39
1982	2097.2	1.18	192.7	1.00	5.3	20.45	27.5	19.27	177.3	-1.88
1983	2118.2	1.00	172.4	-10.53	4.7	-11.32	27.3	-0.88	159.3	-10.15
1984	2139.4	1.00	188.2	9.16	4.0	-14.89	21.3	-22.04	179.3	12.55
1985	2155.2	0.74	192.2	2.13	4.8	20.00	25.0	17.50	165.8	-7.53
1986	2175.8	0.96	197.7	2.86	4.0	-16.67	20.2	-18.98	171.5	3.44
1987	2209.3	1.54	206.5	4.45	4.0	0.00	19.4	-4.26	169.1	-1.40
PROMEDIO		0.88	188.3	-0.71	10.6	-8.01	56.2	-7.47	155.9	1.47
DECADA '70										
PROMEDIO		1.06	189.7	2.43	4.55	-2.54	24.14	-4.43	172.01	-0.08
DECADA '80										

NIVEL NACIONAL



NIVEL AGRO-PECUARIO



El territorio del país presenta un relieve extremadamente accidentado, originado por el recorrido longitudinal de Sur a Norte de la Cordillera de los Andes, generando las regiones naturales que reciben los nombres de Costa, Sierra y Selva.

La Costa tiene una extensión territorial (cerca de 140 mil Km²) que representa el 11 por ciento de la superficie total del país. Esta región es una estrecha faja longitudinal con relieve moderado y dos tipos de clima: entre Lambayeque y Tacna, el subtropical, con temperaturas entre 18^o y 21 C y Humedad relativa entre 90 y 98 por ciento; y entre Tumbes y Piura, el semitropical, con temperatura promedio de 24^o C.

La carencia de agua es un factor limitante para el intensivo aprovechamiento agrícola de los suelos de la costa, estimándose que sólo el 10 por ciento de su superficie (aprox. 14,100 Km²) es cultivable. En ésta se producen importantes especies entre las que destacan el algodón, azúcar y arroz, que además de satisfacer el mercado interno fortalece el comercio con el exterior.

La Sierra constituye un escarpado sistema montañoso, cuya extensión superficial (alrededor de los 410 mil Km²) representa casi la tercera parte del

territorio patrio. El clima es variado con temperaturas entre 6 y 16 ° C.

La Selva abarca más de la mitad del territorio nacional (57.6 %), la topografía de su superficie (aprox. 740 mil Km²) es predominantemente plana. El clima de la selva es cálido y húmedo. La zona mas lluviosa es la Selva Baja. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre los 16 ° y 35 ° C; registrándose las más bajas en la Selva Alta y las más altas en el Llano Amazónico.

Es importante anotar que la cuarta parte de la región natural denominada Mar Territorial (200 millas marinas), ocupa un area aprox. de 1'042,676 Km² (equivalente al 81 por ciento de la superficie total de Perú).

Alrededor del 3 por ciento de la superficie de Perú (alrededor de 3700 miles de Has) se emplean para fines agrícolas. A tal dedicación se encuentran el 5.3 por ciento de la Costa y el 6.3 por ciento de la Sierra; sin embargo el área de la Selva involucra en tal fin, es ínfimo (0.8 %).

El panorama nacional muestra que en 1987 se utilizó cerca del 3 por ciento del territorio patrio con fines agrícolas. La Costa aportó el 5.4 por ciento de su superficie mientras que la Selva

contribuyó con apenas 0.8 por ciento de su territorio. La Sierra hizo lo propio con el 6.3 por ciento de su extensión.

El 3.7 por ciento de la superficie total cosechada de los cultivos programados fué de caña de azúcar. Se cosecharon 47,500 Has, a partir de la cual se obtuvo la producción de 6099 mil T.M. de tallo fresco, 9.2 por ciento de los cuales corresponden al azúcar comercial; se exportó el 0.5 % de tal producción. La exportación de azúcar (15 millones de dólares), representó el 0.8 por ciento del total de exportaciones de productos tradicionales.

La superficie arada con préstamos aprobados por el Banco Agrario en el cultivo de caña de azúcar fué de 6 mil Has., aprox. el 0.6 por ciento del cultivo nacional total (1.035 millones de Has.). El monto de préstamos aprobados por el Banco Agrario en ese rubro fué de 105 millones de intis, alrededor del 6 por ciento del total agrícola (16,300 millones de intis) que a su vez es más del 80 por ciento del total de préstamos en el sector agro-pecuario.

En ese año la densidad demográfica de Perú, alcanzó los 16.1 Hab./Km². La distribución de tal índice en las Regiones Naturales del Perú es bastante heterogénea; la Costa agrupa a cerca de 80 personas en 1 Km², el índice en tal región (78.1 Hab/Km²) es

cuatro veces mayor al de la Sierra (18.9 Hab/Km²) y 25 veces mayor al de la Selva (3.11 Hab/Km²).

La población estimada del Perú para 1987 es del orden de 20.7 millones de habitantes; cerca de un tercio de la cual residen en zonas rurales. La población económicamente activa a nivel nacional para ese año bordea los 7 millones de peruanos; casi el 30 por ciento de dicha población residen en zonas rurales y más de 2.5 millones de peruanos se dedican a actividades agrícolas. (Ver GRAFICO Nro. 3)

Alrededor de 1.5 millones de habitantes dedicados a la agroindustria, se encuentran adecuadamente empleados; apenas 7 mil personas se encuentran desempleadas.

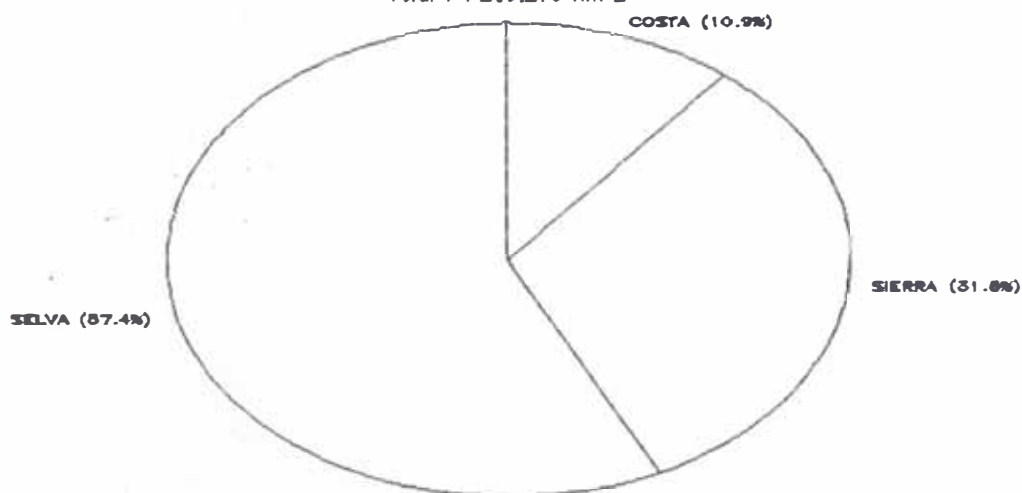
El PBI del Perú registró en 1987 los 4,201 millones de Intis (Intis constantes de 1979), correspondiendo al rubro agro-pecuario más del 10 por ciento.

En la década de los '70 la población de Perú crecía al 2.75 por ciento anual promedio, mientras que la fracción económicamente activa lo hacía al 3.09 por ciento, alcanzando en 1979 los 16.8 y 5.4 millones de habitantes, respectivamente; con respecto a esta última el PBI per-cápita experimentó un crecimiento al 0.63 por ciento anual, mientras que

GRAFICO No. 3

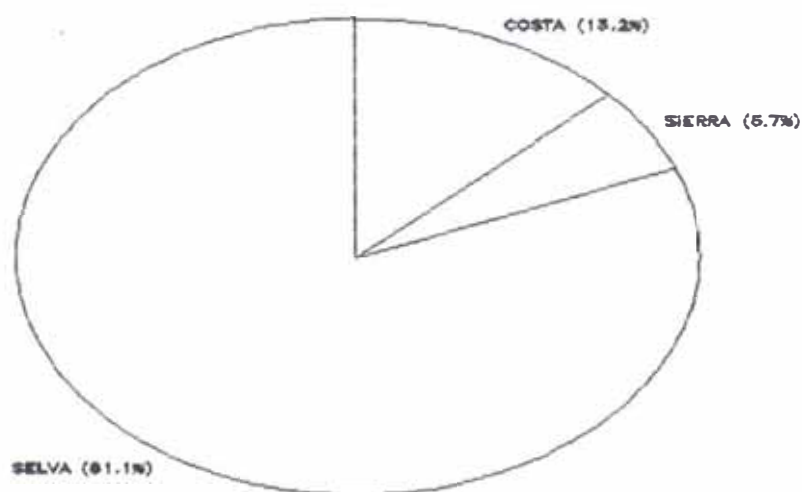
SUPERFICIE DEL TERRITORIO DE PERU

Total : 1'268,216 Km²



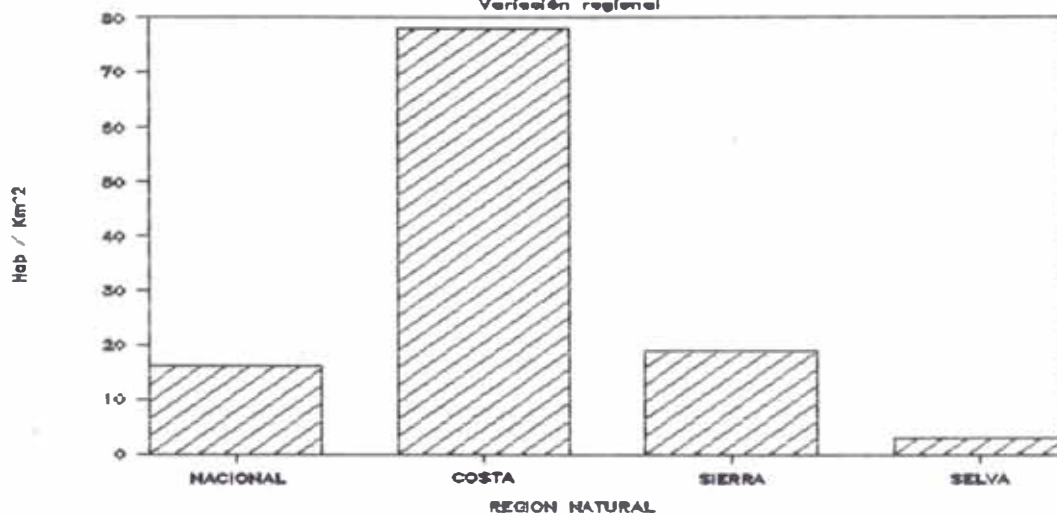
SUPERFICIE PARA FINES AGRICOLAS

Total : 3 % del Territorio Nacional



INDICE DEMOGRAFICO DE PERU

Variación regional



decrecía el consumo energético per-cápita a ritmo del 1.03 por ciento, registrándose en esta década 639 I/Hab. y 77 GJ/Hab., en cada caso. El índice (consumo energético/PBI) decreció al 1.69 por ciento por ciento anual alcanzando en promedio los 121 MJ/I, (Intis constantes de 1979).

En la década de los '80 se contrajo el crecimiento poblacional a razón de 2.62 por ciento anual, mientras que la fracción económicamente activa aceleró su crecimiento hasta el nivel del 3.25 por ciento, registrándose en 1987 los 20.7 y 7.0 millones de habitantes, respectivamente, con respecto a esta fracción poblacional el PBI per-cápita invierte su tendencia creciente; disminuye a razón del 0.95 por ciento anual, registrando en promedio 597 I/Hab.(Intis 1979). El consumo energético per-cápita referido a tal población acelera su decrecimiento ahora a razón del 1.71 por ciento, alcanzando en promedio 66 GJ/Hab. El índice(consumo energético/PBI) contrajo su decrecimiento a 0.63 por ciento, registrándose en promedio del 111 MJ/I. (Intis de 1979).

A nivel agro-pecuario, en la década de los '70 la población económicamente activa crecía a ritmo del 0.88 por ciento, siendo en 1979 del orden de 2 millones de habitantes. El PBI per-cápita referido a

esta población decrecía a razón del 0.71 por ciento, y el consumo energético per-cápita referido también a dicha población, descendía intensivamente a razón del 8 por ciento anual, registrándose 188 I/Hab y 10.6 GJ/Hab en promedio en cada caso. El índice (consumo energético/PBI), decreció intensamente al 7.41 por ciento, registrándose en promedio 56 MJ/I (Intis de 1979).

En la década de los '80 el panorama agro-pecuario muestra una población económicamente activa creciendo con mayor rapidez, ahora a razón del 1.6 por ciento, alcanzando en 1987 los 2.2 millones de habitantes. El PBI per-cápita invierte su tendencia y crece ahora a ritmo de 2.44 por ciento anual, mientras que el consumo energético per-cápita frena su tendencia decreciente hasta el 2.54 por ciento anual, registrándose 190 I/Hab. y 4.6 GJ/Hab. en promedio, en cada caso. El índice (consumo energético/PBI) contrajo ligeramente su decrecimiento a 5.03 por ciento anual, registrándose un promedio de 25 MJ/I (Intis de 1979). (Ver TABLA Nro. 5, GRAFICO Nro. 4)

2.4 Uso racional de la energía

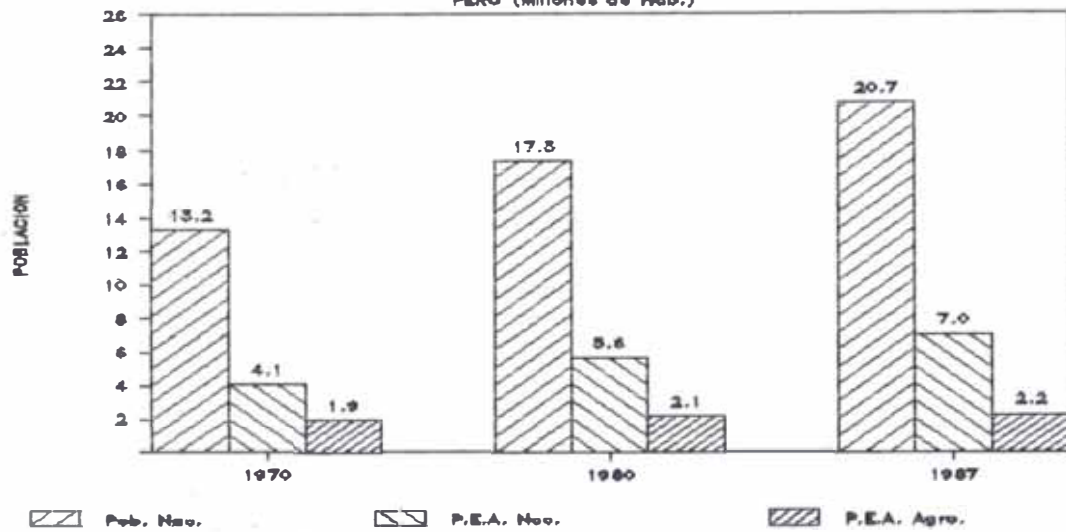
2.4.1 Importancia del uso racional de la energía

2.4.1.1 Generalidades

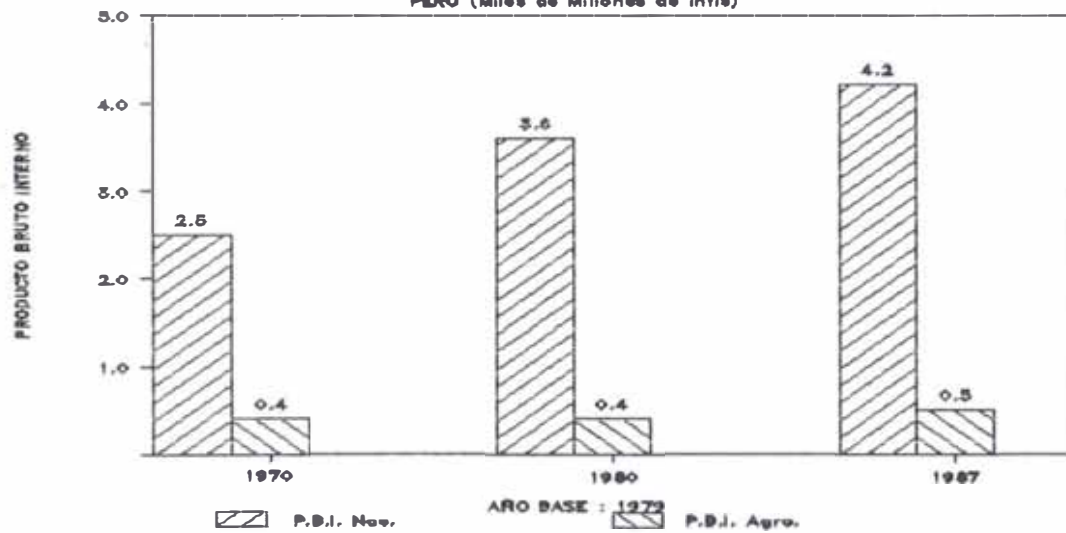
TABLA No. 5

NIVELES : NACIONAL Y AGRO-PECUARIO							
NACIONAL					AGRO-PECUARIO		
AÑO	POBLACION	P.E.A	PBI	CONSUMO	P.E.A	PBI	CONSUMO
	DE ENERGIA			DE ENERGIA			DE ENERGIA
	3	3	6	3	3	6	3
	10 Hab.	10 Hab.	10 Intis	10 TJ.	10 Hab.	10 Intis	10 TJ.
1970	13192.8	4122.4	2518.8	330.6	1879.5	358.0	24.1
1971	13568.3	4249.8	2623.8	335.7	1900.8	365.3	28.1
1972	13954.7	4381.2	2699.3	336.9	1919.1	356.6	24.8
1973	14350.3	4516.7	2844.2	349.6	1936.1	358.0	24.0
1974	14753.1	4656.3	3107.6	369.7	1948.6	371.2	22.6
1975	15161.2	4800.3	3213.3	384.0	1955.9	371.0	18.6
1976	15573.2	4948.7	3276.0	389.5	1977.3	376.7	17.4
1977	15990.1	5101.7	3289.6	383.6	2003.8	376.3	17.2
1978	16414.4	5259.4	3298.7	381.8	2026.0	370.6	15.0
1979	16848.7	5422.0	3490.1	391.5	2042.0	385.1	14.5
1980	17295.3	5589.6	3646.7	403.6	2052.2	362.6	10.7
1981	17754.8	5771.0	3807.7	421.3	2072.7	395.5	9.1
1982	18225.7	5958.3	3817.5	423.6	2097.2	404.1	11.1
1983	18707.0	6151.6	3346.5	386.9	2118.2	365.2	10.0
1984	19197.1	6351.3	3505.9	400.1	2139.4	402.6	8.6
1985	19697.5	6555.5	3588.5	398.6	2155.2	414.2	10.3
1986	20207.1	6767.9	3929.4	418.3	2175.8	430.2	8.7
1987	20727.1	6989.5	4200.7	443.8	2209.3	456.2	8.8
TASA PROMEDIO					TASA PROMEDIO		
DE CRECIMIENTO					DE CRECIMIENTO		
DECADA '70					DECADA '70		
TASA PROMEDIO					TASA PROMEDIO		
DE CRECIMIENTO					DE CRECIMIENTO		
DECADA '80					DECADA '80		

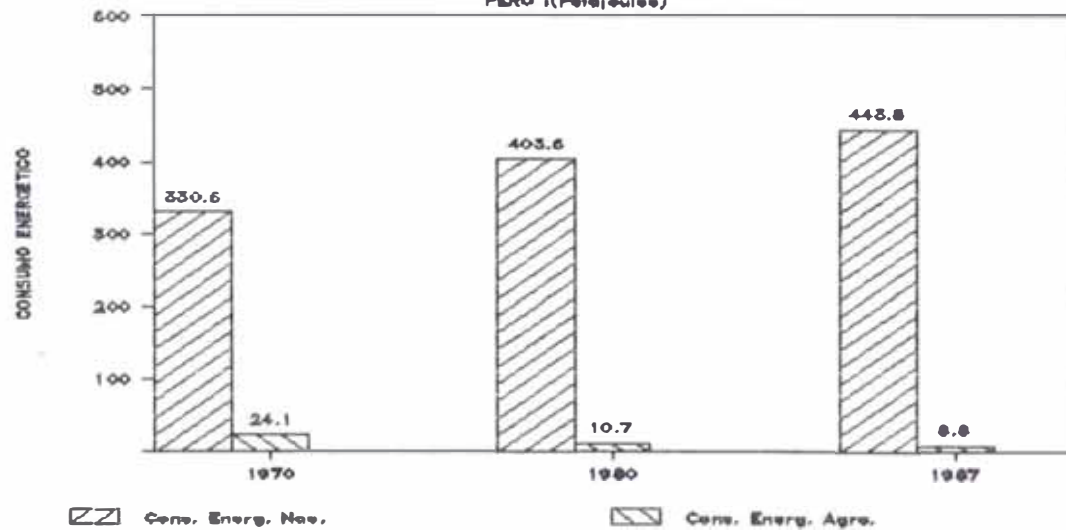
NIVELES : NACIONAL Y AGRÓ-PECUARIO
PERU (Millones de Hab.)



NIVELES : NACIONAL Y AGRÓ-PECUARIO
PERU (Miles de Millones de Intia)



NIVELES : NACIONAL Y AGRÓ-PECUARIO
PERU (Petajoules)



El uso racional de la energía enfatiza la necesidad de aumentar el rendimiento energético de los procedimientos y los equipos involucrados en ellos y al mismo tiempo, disminuir el uso innecesario o excesivo de las diversas formas de energía.

En estudios realizados sobre la evolución del PBI y del consumo energético en países desarrollados se observa que las medidas concernientes al uso racional de la energía practicadas en ellos, han producido un evidente desacople entre las tendencias de crecimiento económico y consumo energético. El PBI se incrementó constantemente mientras que las curvas de consumo energético presentan un mínimo en 1975, un máximo en 1978 y luego una tendencia decreciente; es decir un descenso del consumo de energía por unidad de producto bruto interno, resultado propio de un país desarrollado y moderno.

En países en vías de desarrollo como el nuestro, es esencial reconocer que es prioritario mantener el crecimiento del consumo energético per-cápita, el cual indica el nivel de bienestar de la población; sin embargo, debe enfatizarse la importancia de

ejecutar medidas de uso racional de la energía., que a la postre contribuirán en forma decisiva a incrementar el consumo de energía útil (producto de la energía neta por el rendimiento global de utilización) per cápita, el cual debe ser considerado como un parámetro fundamental en un análisis mas global del panorama energético de Perú.

2.4.1.2 Alcances del uso racional de la energía

En la concepción moderna de la Sociedad, la problemática energética es mas compleja que la mera satisfacción de una demanda al menor costo monetario posible, por lo que la energía toma la característica de un sistema profundamente insertado en la Sociedad con la cual interactúa a través de muchas formas y no sólo de la económica. Es por ello que una propuesta de uso racional de la energía debe tener en cuenta la energía en su forma mas global a fin de poder analizar los efectos que en el conjunto puede producir una medida específica en un sector dado (por ejemplo el sector industrial); esto es, deben tenerse en cuenta factores tales como los niveles y estructuras de la actividad económica, los equipamientos y cambios tecnológicos, las

variaciones de los precios relativos de fuentes energéticas alternativas, la estructura poblacional, la distribución de ingresos, etc.

Para programar eficazmente el uso racional de energía se necesita cuantificar el potencial de ahorro en cada sector productor y consumidor de energía. La estadística necesaria involucra, no sólo el conocimiento de los consumos energéticos sectoriales por fuentes y usos, sino también el de indicadores de eficiencia energética que permitan, a través de diagnósticos globales y sectoriales, evaluar los resultados obtenidos a fin de lograr una actuación continua de los objetivos y de las acciones en el área.

2.4.1.3 Implicancia los Diversos Sectores Productivos Nacionales

El objetivo principal de implementar el uso racional de energía es lograr una reducción de la demandas de energía originadas en los diversos sectores (industrial, transporte, residencial y comercial) mediante cambios permanentes en las formas o métodos de consumo. Esto conllevará, por una parte a un menor

requerimiento de ampliaciones del equipamiento en el sector productor de energía, lo cual es importante dado las limitadas disponibilidades de recursos financieros con que cuenta un país para la realización de inversiones públicas (principalmente aquellos en vías de desarrollo), y por otra en la prolongación de la vida útil de los recursos fósiles no renovables (la crisis generada por su escasez es latente).

Se espera que estas acciones permitirán reducir los costos energéticos de cada uno de los sectores económicos involucrados, reforzando la competitividad de la industria y su capacidad de exportación. La aplicación permanente de tales medidas de conservación de la energía, propulsará el desarrollo de nuevas actividades industriales para cubrir los requerimientos de equipamiento de las mismas, así como de servicios de mantenimiento y auditorías relacionadas con el uso más eficiente de la energía disponible.

Dentro del análisis global del sector energético antes mencionado, la optimización

del uso de la energía debe ir acompañada de la sustitución entre fuentes alternativas, en función de las disponibilidades energéticas del país. Asimismo el empleo de la cogeneración permitirá, además de sustituir productos petrolíferos, optimizar el consumo de la energía utilizada para la producción de calor y electricidad al perseguir la producción conjunta de ambas y logrará el empleo del calor residual en la industria para la generación de electricidad.

Si se analizan los flujos energéticos de países en vías de desarrollo, se puede observar que el uso racional de la energía debe orientarse principalmente a disminuir la pérdida de energía en las fuentes de producción, transformación y transporte, así como también a mejorar la utilización de energía a nivel de consumo final.

2.4.1.4 Fomento del ahorro de energía

Los programas diseñados para acelerar la conservación de energía en la industria pueden tomar la forma de incentivos financieros, regulaciones tributarias, investigación y desarrollo, reparto de información, y estímulos a programas

voluntarios de conservación energética industrial.

A. Investigación y desarrollo de tecnologías específicas

La introducción de nuevas tecnologías en el proceso de producción comprende varias etapas: (1) Identificación, (2) Investigación y desarrollo, (3) Demostración, y (4) Comercialización. En la primera etapa, un mercado o necesidad potencial para una nueva tecnología es identificado. Por ejemplo, si los precios de energía se incrementan, las empresas buscarán reducir los costos de la energía usadas en producción. Esto puede obtenerse mediante la introducción de equipos energéticamente más eficientes, en sus procesos de producción. El mercado potencial, para tecnologías basadas en la eficiencia energética, se incrementará por consiguiente a medida que aumenten los costos de energía.

Cuando el mercado potencial para las nuevas tecnologías energéticamente eficientes sea lo suficientemente grande, la segunda y tercera etapas -aquellas de

investigación y desarrollo y de demostración- son consideradas. Las nuevas tecnologías son desarrolladas primero y reitiradas en laboratorio en un modelo a escala. Las tecnologías que satisfacen las bases de estos 'tests' de laboratorio son evaluadas en una planta piloto a escala, frecuentemente componente por componente. Finalmente, las tecnologías satisfactorias son evaluadas en ambiente y escala comparables con las condiciones de producción real. Esta última etapa demuestra la factibilidad económica de una nueva tecnología y proporciona los datos de costo y operación requeridos por los fabricantes para decidir nuevas inversiones al respecto.

Una vez probada su operación en la producción normal, y recolectados los datos suficientes de costo y operación, una nueva tecnología esta expedita para ser vendida en el mercado; ésta es la etapa de la comercialización, de su introducción al proceso de producción. El éxito de esta etapa recae en varios factores, como la disponibilidad de información acerca de la nueva tecnología

para efectuar la decisión, la competitividad económica de la nueva tecnología con las otras, y el tamaño del mercado para el nuevo equipo. En algunos casos, las compañías pueden desarrollar nuevas tecnologías privadamente y pueden mantenerlas en propiedad, obteniendo una competitiva ventaja a causa de la disminución resultante de los costos de producción.

Una compañía que elige una nueva tecnología para su proceso de producción sigue un proceso similar al seguido para las compañías que evalúan el mercado para las nuevas tecnologías. La compañía identifica primero su necesidad de nuevo equipo de producción. Esta necesidad puede surgir de un incremento en los costos de operación, expansión de la producción, simplemente reemplazo de equipo antiguo.

La compañía identifica y evalúa las tecnologías alternativas disponibles en el mercado. Si ninguna de las alternativas es satisfactoria, la compañía puede intentar desarrollar por sí misma una nueva tecnología. Alternativamente, la compañía

puede diferir su decisión en la espera que nuevas y más atractivas tecnologías sean introducidas al mercado en pocos años.

Para acelerar el proceso de comercialización de tecnologías energéticamente eficientes, el gobierno puede implementar varios tipos de programas para proporcionar información acerca de tecnologías alternativas para todas las compañías. Una alternativa para el gobierno es actuar como una fuente central de información acerca de las tecnologías energéticamente más eficientes en el mercado. Otra forma es para el gobierno identificar y organizar expertos quienes puedan proporcionar a través de empresas individuales que brinden asesoramiento en los términos mas adecuados de disminución de consumo energético.

Cuando los programas de información sean insuficientes para estimular la adopción de nuevas tecnologías energéticamente mas eficientes, el gobierno puede contribuir a la investigación, desarrollo y demostración

de nuevas tecnologías. El gobierno puede apoyar el desarrollo de tecnologías que tienen mercados potenciales significativos pero -por una variedad de razones: aventuras tecnológicas demasiado grandes para empresas individuales, dificultad de obtener para las empresas el control propietario, grandes diferencias entre tiempo de servicio y período de recupero entre la sociedad y la empresa- que no serían desarrollados por las industrias mismas sin apoyo gubernamental. Además el gobierno puede acelerar el desarrollo de las tecnologías mas prometedoras para apresurar su introducción al mercado. Aparte de proporcionar información adicional, el gobierno puede ayudar a reducir el riesgo para que las compañías adopten nuevas tecnologías. Mediante el apoyo al desarrollo de las tecnologías más prometedoras, el gobierno asegura que estas tecnologías estarán disponibles a todas las compañías, no solo a las compañías comprometidas en la investigación.

B. Regulaciones o Controles Gubernamentales.

Como una alternativa para involucrar

directamente el desarrollo de tecnologías individuales, el gobierno puede requerir que las industrias adopten ciertas medidas de conservación de energía o alcancen metas específicas de conservación. Por ejemplo, el gobierno puede requerir auditorias energéticas anuales para determinar cuanta **energía** usan las compañías y para medir los cambios en la eficiencia energética con el transcurso del tiempo. El gobierno puede requerir un mínimo incremento de eficiencia basado en tales auditorias energéticas. Otras opciones incluyen limitar la disponibilidad de ciertos combustibles a ciertas industrias y requerir de la sustitución de combustibles en tipos específicos de equipo (como calderas). La necesidad de regulaciones es mayor cuando el control de precios crea distorsiones en el mercado. Hay menos necesidad de requerir que las compañías realicen medidas de conservación cuando los precios reflejan costos verdaderos.

C. Incentivos Financieros.

El gobierno puede usar varias formas de

incentivos financieros para estimular a las industrias el reducir su consumo energético. El incentivo mas directo afecta los precios de combustible; por ejemplo, el gobierno puede fijar un impuesto basado en el número de Joules de energía consumida por cada industria. Alternativamente el gobierno puede rechazar deducciones para costos de combustible en el cálculo de impuestos a los márgenes de ganancia. (Esto duplicaria en efecto el costo de combustible). Otros programas pueden encontrarse en el proceso de inversión. Por ejemplo, el gobierno puede acelerar la introducción de equipos y tecnologías energéticas más eficientes, al permitir una depreciación acelerada, al proporcionar mayor crédito de inversión, y al otorgar subsidios (préstamos a bajo interés) para ciertos tipos de inversiones. Cada una de estas medidas incrementa la conveniencia de realizar inversiones al disminuir el costo efectivo de capital. Finalmente, algunos incentivos pueden ser separados para inversiones solamente en equipos de conservación energética, mientras que otros pueden

estar disponibles para cualquier inversión realizada por una compañía.

D. Diseminación de Información.

Un programa de reparto gubernamental de información puede añadirse a cada tópico señalado anteriormente. Puede considerarse tres tipos de programas de información :

- (1) Programas que proporcionan información acerca de otros programas de conservación (tanto gubernamentales como privado).
- (2) Programas que proporcionen información acerca de tecnologías disponibles para el incremento de la eficiencia energética.
- (3) Programas para evaluar la eficiencia del uso actual de energía.

Seminarios, folletos y reportes técnicos, y expertos disponibles para consultas son formas típicas de diseminar la información. Los programas que involucran auditorias energéticas sirven para asegurar la confiabilidad de costos y patrones del uso energético.

2.4.1.5 Rol de las Instituciones Nacionales

Bajo el contexto precisado, es necesario la participación relevante de las instituciones de Perú que resulten más estrechamente comprometidos en el tema. Las auditorías energéticas han empezado a tomar cuerpo mediante la acción de CENERGIA, y otro tanto se viene realizando en CONERG en lo referente al análisis de los flujos energéticos nacionales; asimismo se espera a nivel universitario una mayor incidencia de la implicancia del uso racional de la energía a través de sus cursos de antegrado y postgrado, así como también la ejecución de programas concretos por parte de las empresas estatales de mayor relevancia (sean PETROPERU, ELECTROPERU, etc.) y en general de todo aquello que contribuya a la aceleración del conocimiento conciente y cabal del ahorro de energía.

2.4.2. Propuestas del uso racional de la energía

2.4.2.1 Aspecto Global

Un programa racional de conservación de energía puede asegurar el crecimiento económico y la mejora de la calidad de vida con una disminución relativa del consumo

energético, a un menor costo del que sería necesario para producir la energía que se ahorra. De igual modo, un no menos agresivo programa de sustitución de combustibles, que privilegie el uso de los recursos renovables, y de aquellos no renovables pero mas abundantes, que permita asegurar el abastecimiento adecuado para las futuras generaciones y generar saldos exportables sin poner en peligro esas reservas. Finalmente, el continuo desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de fuentes energéticas no convencionales, debe ser absorbido y adaptado a las condiciones locales, desarrollando los recursos humanos que lo hagan posible y promoviendo la fabricación local del equipamiento necesario.

Es evidente que los recursos financieros para ejecutar un programa (o programas) de tal naturaleza son escasos; sin embargo, en un inicio estos pueden provenir de los impuestos al consumo de los combustibles no renovables, toda vez que dicho programa estará encaminado a obtener una mejora en la eficiencia de su uso así como su reemplazo parcial por formas de energía renovable.

2.4.2.2 Métodos objetivos de ejecución

Todo lo expuesto puede parecer lógico, innovador pero tal vez un tanto abstracto y muy complejo (en realidad lo es); no obstante, es posible objetivizarlo a través de acciones concretas.

A. Conservación de la energía.

En lo referente a la conservación de la energía, podemos fijarnos metas de reducción (5 10 por ciento) en el consumo energético de los sectores: Industrial, Transporte, Comercial y residencial. Para lo cual podemos adoptar medidas generales como la educación masiva de la población consumidora de energía para uso Industrial, Transporte, Comercial y Residencial; y definir una política de precio de las formas de energía, que tenga en cuenta no sólo su costo actual sino el de una reposición en el largo plazo, otras acciones colaterales a la racionalización en el uso de la energía, la creación de subsectores en las empresas estatales que obtengan el uso racional de la energía en las mismas y la imposición de directivas en todo el área estatal destinadas a

lograr el uso racional de la energía. Un aspecto importante es la promoción del reciclado de productos con alto contenido energético reemplazando materia prima virgen a fin de lograr economía de energía, conservación de recursos agotables y disminución de la contaminación ambiental.

Ahora veamos las medidas a realizar en cada sector consumidor de energía.

En el rubro industrial debe incentivarse a las empresas cuyo consumo energético anual esté por encima de un mínimo fijado por la entidad gubernamental de energía pertinente, así como la realización de auditorias y proyectos de racionalización energética, especialmente en la pequeña y mediana industria. Es necesario insertar en los cursos a nivel universitario de antegrado y postgrado el concepto de uso racional de la energía a fin de contar con profesionales para su aplicación en la industria, mediante estudios que permitan establecer la situación actual de las empresas con respecto al uso racional de la energía y

la identificación de las medidas a realizar. Se sugiere además la generación de electricidad siempre que sea posible y conveniente.

En el sector transporte se debe promover el desarrollo y fabricación de vehículos con mayor eficiencia energética, fijar un impuesto que grave progresivamente la ineficiencia energética del modelo. Es conveniente también promover normas de tránsito que posibiliten el ahorro de combustibles, así como cambiar el estilo de transporte hacia las más energéticamente eficientes.

En cuanto al consumo energético residencial y comercial se deben incorporar codificaciones en las edificaciones orientadas a la conservación de la energía de acuerdo a la realidad climática de la zona.

Es fundamental promover el desarrollo y fabricación de artefactos para el hogar con mayor rendimiento energético, debiéndose simultáneamente gravar impositivamente a los equipos más ineficientes; es destacable también el uso

de sistemas de iluminación con mayor eficiencia energética.

En lo concerniente al sub-sector Agropecuario es preponderante la coordinación de acciones que desarrollen distintos organismos e instituciones con el objeto de lograr el uso racional de la energía, a la par que se promueva el desarrollo y fabricación de equipos para el Agro con mayor eficiencia energética. Se debe promover también al uso de otros medios de transporte más energéticamente eficientes, para el transporte de las cosechas.

B. Sustitución de Combustibles.

El propósito de sustitución de combustibles debe incidir principalmente en sustituir los líquidos derivados del petróleo por otros más abundantes, como el gas natural o renovables como la biomasa. Asimismo se debe intentar reemplazar los combustibles importados por los nacionales. Para tal fin debe sustituirse el empleo de derivados del petróleo en el transporte y en las centrales eléctricas de vapor, diesel, o turbinas a gas, en la

medida que sea posible. Esto debe hacerse extensivo a las destilerías de petróleo, industrias, edificaciones públicas y privadas.

C. Evaluación, Desarrollo y Aplicación de nuevas Fuentes de Energía.

El rol de evaluación, desarrollo y aplicación de nuevas fuentes de energía señala la importancia de proveer energía a regiones del país actualmente carenciadas mediante la aplicación de tecnologías probadas. Reemplazar cuando ello sea factible y conveniente, el uso de combustibles fósiles por fuentes energéticas no convencionales. Mejorar la recuperación de combustibles fósiles de yacimientos agotados según las técnicas convencionales.

Para ello es necesario la formación de centros especializados o la participación más intensa de los ahora existentes. En lo referente a la **energía** solar, principalmente para brindar asesoramiento y difusión técnica, continuar con los estudios realizados e incentivar el uso de instalaciones ya efectuadas; tanto en su

forma pasiva activa, así como una evaluación real de su empleo en generación eléctrica a pequeña escala. Lo propio debe realizarse hacia la energía eólica para dar a conocer su potencialidad, continuar con los estudios realizados y promover el uso de las instalaciones ya existentes. En cuanto a la biomasa debe difundirse el uso del biogas en sus distintas alternativas en aquellos lugares donde la concentración de materia prima sea suficiente y su utilización ventajosa económicamente. Un estudio que proporcione un conocimiento más preciso del gran potencial de estas formas de energía y su posibilidad de aplicación en Perú contribuirá a su pronto desarrollo. Tal es el caso también de las denominadas mini-centrales hidroeléctricas cuyo rol es trascendental en localizaciones rurales y con provisión energética. Se debe incentivar a la industria nacional para la fabricación de pequeñas turbinas y otros componentes de la mini-central con el objeto de disminuir el costo y viabilizar su inclusión al mercado.

Los estudios para desarrollar la

aplicación de energía nuclear, geotermal y de las ondas de mar, puede ser una etapa de esfuerzo colateral a lo expuesto anteriormente para conocer las zonas propicias en nuestro país para tal fin y a partir de ello estudiar su desarrollo.

Los lineamientos expuestos hasta aquí son aplicables y corresponden a la mayoría de países en vías de desarrollo; sin embargo como se ha visto la implementación de un uso racional de la energía es tan complejo que prácticamente compromete todo, y sólo a través de un conocimiento más preciso de la realidad energética nacional es posible ubicar las medidas más eficaces a efectuar.

CAP. 3
BALANCES DE ENERGIA

3.1 Definición.

3.1.1 Generalidades.

Los balances energéticos son visualizaciones de la estructura energética de un país que pueden abarcar las transformaciones que experimentan la energía desde su forma original (nivel primario e inclusive las reservas), hasta el consumo final (nivel secundario y de ser posible útil) de los diversos sectores; pudiendo ser presentadas en forma de cuadros estadísticos o diagramas de los flujos energéticos.

Tales balances sirven como instrumentos de análisis del comportamiento sectorial en relación con el comportamiento del conjunto de la economía y, si se dispone de una serie suficientemente extensa de ellas o de balances separados por períodos mas o menos largos de tiempo (5 10 años), es posible expresarlos a través de un modelo energético para determinar las tendencias de los cambios estructurales internos a fin de

emplearlos en las proyecciones hacia el futuro.

La estructura energética, a nivel regional o nacional, puede ser representada por un sistema energético referencial (en el cual se efectúa el balance energético y al cual se pretende modelar) por un período dado. Tal sistema energético referencial es una forma de representar las actividades e interacciones de un sistema de energía describiendo las demandas energéticas estimadas, tecnologías de conversión energética, mixtura y sustitución de combustibles, y los recursos requeridos para satisfacer las demandas.

Para cada recurso energético el sistema energético referencial especifica las tecnologías empleadas en las siguientes actividades: extracción, refinarias, conversión, transporte de recurso energético primario, conversión centralizada, utilización en un dispositivo de uso final. A partir de la cual e involucrando los conceptos de cadenas energéticas, balances energéticos y diagramas de flujo nacionales, se pretende clasificar la estadística de los datos energéticos e insertarlos en un sistema consistente.

Este esquema debe ser posible de aplicarse tanto en países desarrollados como en vías de

desarrollo para contribuir a una visión global y comprensiva de las principales características en sistemas energéticos nacionales y servir como una herramienta básica del planteamiento energético de un país.

3.1.2. Nociones de Planificación Energética.

Existe la necesidad de conceptualizar en forma integral la planificación energética nacional. La planificación energética en la mayoría de países desarrollados ha sido ya realizada, hasta hace más de una década en ciertos rubros energéticos como electricidad, hidrocarburos, carbón y gas, de forma relativamente independiente uno del otro. Cada rubro ha tratado de ganar adeptos y maximizar su importancia e influencia, y en términos comerciales, sus ventajas y eficiencias.

Luego de la primera explosión de precios del petróleo en 1973/74 y el peligro relativo de posible escasez del petróleo, los gobiernos nacionales han empezado a desarrollar políticas nacionales energéticas basadas en una visión integral de todo el sector de energía. Muchos expertos concuerdan hoy en día, que sólo mediante el uso de los recursos energéticos disponibles en forma óptima, se podrá afrontar la grave e inminente escasez de energía que afecta a gran

parte del mundo. Esta forma óptima de consumo energético puede ser encontrada mediante un planeamiento integral de la estructura energética.

Los conceptos de balances energéticos y nociones afines, han sido desarrollados y son ampliamente usados en países industrializados pero escasamente en países en vías de desarrollo como el nuestro.

3.1.3 Conceptos referidos a la Estructura Energética Nacional.

3.1.3.1 Sistema Energético Referencial.

Un sistema energético nacional proporciona energía en varias formas convenientes a varios sectores de la economía. Los sectores residencial y comercial requieren energía térmica para el "confort" y para la preparación de alimentos, y energía eléctrica para la operación de dispositivos electrónicos y motrices empleados en entretenimiento, comunicación, y otras funciones apropiadas. La energía mecánica es requerida para transporte público y privado. La industria tiene necesidades similares con requerimientos adicionales de energía térmica

y química para procesar materiales, refinerías, y la manufactura de materiales sintéticos ó bienes de consumo.

Se requiere de una secuencia de actividades en el sistema energético para producir y entregar **energía** en forma susceptible de ser usada. Los recursos energéticos pueden ser clasificados en dos grupos principales, renovables y no renovables, incluyendo combustibles fósiles y nucleares, se encuentran en el subsuelo en cantidades finitas y no son renovables en ningún grado, aunque en algunos casos las reservas probables sean elevadas. Los recursos renovables son suministrados continuamente a la biósfera durante un lapso de tiempo geológico muy considerable e incluye la energía geotermal y de las mareas, así como a la energía solar y sus formas derivadas; viento, hidroenergía, ondas.

En general, los recursos deben ser tratados para remover impurezas y convertirlos a una forma mas conveniente antes de ser entregado al consumidor. Mientras que un recurso energético puede considerarse que es consumido, su contenido

energético nunca lo es, y es finalmente disipado al medio ambiente como energía térmica, algo de esta energía se disipa en la conversión a consecuencia de ineficiencias en tal operación, mientras que el contenido energético del combustible entregado o formas de energía dada, es disipado en la utilización. El lugar de utilización es por lo general remoto del lugar donde el recurso energético es recolectado y hay múltiples posibilidades para situar las actividades de conversión intermedia. Es posible distinguir en el flujo energético entre conversión energética centralizada, donde los combustibles o recursos energéticos son convertidos en gran escala a otras formas de energía, usualmente eléctrica, para su distribución a usuarios múltiples; y una operación descentralizada donde los combustibles son entregados directamente al lugar de utilización final donde pueden ser convertidos en otras formas de energía antes de usarla.

Todas las actividades realizadas en el sector energético tienen efectos en el medio ambiente. Dependen de las formas de abastecimiento energético, los recursos

usados, y las tecnologías empleadas para la conversión. Consecuentemente, el control de estos impactos pueden involucrar sustitución de combustibles o purificación, y modificaciones técnicas a los sistemas de conversión.

El sistema energético referencial permite, a través de su representación, calcular la cantidad de un recurso energético en particular, por ejemplo, petróleo, usado para satisfacer una demanda particular como calefacción de un espacio determinado, tanto a través de una forma de energía intermedia particular, como la electricidad, o en forma directa. Finalmente la formulación de tal sistema referencial de energía posibilita la transposición de los combustibles requeridos para un escenario energético estimado, mediante flujos energéticos descritos en un diagrama espectral de energía.

3.1.3.2 Balance Energético.

En las economías nacionales, además de sectores como los de industrias, transporte, agricultura, residencial, etc., se define usualmente un sector energético el cual proporciona energía a otros sectores

económicos e incluye actividades como la extracción de recursos energéticos así como la transformación, distribución, importación y exportación de energía.

Generalmente los economistas asemejan a la energía como una comodidad la cual esta sujeta a la oferta y demanda. Es posible, sin embargo, considerar la energía como una forma de proporcionar un servicio. En efecto, quienes adquieren energía desean obtener un servicio: preparar alimentos, impulsar un vehículo ó iluminar una habitación. Sea como servicio o comodidad, en principio se puede medir a la energía en unidades monetarias. No obstante, es mucho más versátil medirla en unidades energéticas.

Cuando se establece un concepto integral de flujo energético en la economía es indispensable encontrar un método de determinación de varias formas de energía en unidades comunes de energía. Usualmente este método es el cálculo del equivalente calórico; sin embargo, esto aún no ha alcanzado una aceptación total. Se sugiere que la unidad energética no sea demasiado pequeña, de modo que los resultados

figurativos puedan ser memorizados.

La técnica de los balances energéticos se empezó a desarrollar con particular necesidad en Europa, en la década de los '50, y a esa época corresponde un conjunto de bibliografía que analiza, tanto los aspectos formales-estadísticos de los balances como las características estructurales-conceptuales de los mismos.

A partir de entonces la Comunidad Económica Europea los adopta como herramienta estadística energética y los organismos respectivos elaboran y publican sistemáticamente los balances correspondientes a los países miembros.

Posteriormente decae sustancialmente el interés de los investigadores y organismos sobre este tema y es sólo a partir de la crisis energética de 1973 que resurge, tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo (OLADE) y en los organismos internacionales (Banco Mundial) y (ONU).

Esta breve resena histórica explica algunas de las características formales y

estructurales de estos balances, los cuales se ven fuertemente influenciados por las características de los sistemas energéticos en la Europa de la década de los '50.

Si bien con posterioridad se han hecho modificaciones menores, la estructura general se ha mantenido y continua influenciando inclusive las normas o recomendaciones de la ONU, a pesar de que en muchos aspectos no se adecúa a las características específicas de los sistemas energéticos de los países en vías de desarrollo.

En un principio estos balances energéticos se desarrollaron como una herramienta orientada, básicamente, a la organización de las estadísticas energéticas; sin embargo, hoy en día, puede adaptarse un enfoque complementario de aquel y ver a los Balances Energéticos como representación de la estructura y funcionamiento del sistema energético considerado, sirviendo de base para la modelización del mismo.

Para establecer un balance energético es necesario distinguir entre tres categorías diferentes de energía:

- A. **Energía Primaria.**- Se refiere a la energía en la forma de recurso natural el cual normalmente debe transformarse en otras formas de energía para posibilitar su uso (a excepción por ejemplo del gas natural).
- B. **Energía Secundaria.**- (Algunas veces denominada energía intermedia) es una categoría correspondiente a la comodidad con la cual es adquirida por los consumidores. Para ser preciso, debe distinguirse entre energía secundaria como el producto final de procesos de conversión realizados (por ejemplo, en una planta de potencia o en una refinería); y energía final la cual es la **energía** entregada a los consumidores, sin considerar pérdidas en transporte y distribución, y el consumo del propio sector de energía. Aunque la diferencia es pequeña en cantidad, tiene que ser considerado cuando se manipulan datos estadísticos.
- C. **Energía de uso final.**- (Algunas veces denominada energía útil) corresponde a la energía requerida para el servicio que los consumidores deseen tener. Se puede distinguir tres formas de energía de uso

final de importancia, la energía mecánica (también denominada **energía** motriz), térmica y luminosa. Ejemplos de tal energía son la energía mecánica accionando una bomba de agua para irrigación las ruedas de un vehículo. Uso final térmico es por ejemplo el calor necesario para hervir agua para preparación de alimentos (son las pérdidas disipadas en el ambiente).

En estadísticas de **energía** química usada para propósitos no energéticos (por ejemplo en la industria química) son usualmente incluidas cuando son producidas a partir de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

Analizando la trayectoria desde la energía primaria a la secundaria y a la de uso final, es posible identificar un número determinado de procesos pertenecientes a la cadena energética. Hay procesos de refineries para trasladar la energía primaria en una forma más valiosa (por ejemplo, calor en electricidad, radiación solar en calor). Lo referido al transporte (por ejemplo mediante camiones,

trenes, barcos, oleoductos) pertenece a una cadena energética.

En una cadena energética se pierde algo de contenido energético. Hay pérdidas por conversión, transporte distribución y almacenamiento. Esto significa que en una cadena energética el uso final energético puede ser sustancialmente menor que el contenido de **energía** primaria. Sin embargo, de acuerdo a la ley de conservación de la energía, la energía total que atraviesa el medio ambiente debe ser exactamente igual al ingreso de **energía** primaria. En un dispositivo consumidor (vehículo, estufa) el uso final de energía (mecánica, térmica, luminosas) es convertido en energía disipada (generalmente en forma de calor de baja intensidad).

Algunos de los procesos de conversión en la cadena energética están ligadas a grandes pérdidas. Es bien conocido que a causa de la segunda ley de la termodinámica, la conversión de calor en energía mecánica es un proceso bastante ineficiente (turbinas de vapor, motores de

combustión interna). No obstante, quemar combustibles para cocinar puede también ser inadecuado. Por otro lado, hay varios procesos de conversión eficientes, como transformar electricidad en energía mecánica o en calor.

Esto nos fuerza a otra caracterización de la energía la cual desafortunadamente no puede realizarse en forma satisfactoria: podemos atribuir cierta calidad a la energía, la cual desempeña un rol importante en administración y planificación energética.

Primero, debe definirse la calidad respectiva a observarse. Puede considerarse un criterio ligado al potencial de convertibilidad en otras formas de energía, las propiedades de transporte y el potencial de almacenamiento. A partir de esto podemos señalar que la electricidad puede considerarse lejos la forma más valiosa de energía, mientras que el calor a baja temperatura es la forma de energía menos valorada. Es posible que en las últimas tres décadas en la parte industrializada

del mundo, la electricidad y los productos del petróleo a bajo costo, hayan sido una combinación ideal y en gran proporción tengan el mérito de la prosperidad desarrollada en estas regiones luego de la segunda guerra mundial.

Atribuir una calidad a las formas de energía primaria es aún más difícil. Un posible criterio, que ha sido importante en el pasado, es la densidad energética. Desde este punto de vista la energía nuclear (densidad energética del orden de los 10^4 Kw/m³) es el recurso líder lo cual ha despertado las grandes expectativas asociadas con la **energía** nuclear (que hasta ahora no han sido satisfechas por varias razones). Tal criterio también permite observar la perspectiva de algunas nuevas formas alternativas de energía como la solar; del viento y de las mareas.

Se conoce que la densidad de potencia de la radiación solar sin concentración es pequeña, cerca de 1 Kw / m², bajo condiciones de cielo despejado. El potencial termodinámico es suficientemente elevado (cerca de 6000 C^o), pero necesita

dispositivos de concentración para obtener una forma energética de alta calidad. Los dispositivos de concentración requieren materiales de mayor calidad e inversión de mayor capital. Esta es la principal razón por la cual la energía solar fue exitosa hasta ahora en la parte industrializada del mundo solamente para **energía** secundaria de baja calidad (por ejemplo suministro de agua a temperatura moderada para residencias e industrias, secado de alimentos). Sus perspectivas serán de gran importancia en los países en vías de desarrollo.

Este problema de calidad debe ser considerado cuidadosamente cuando se diseña un sistema energético eficiente. Por ejemplo, el uso de electricidad para producir calor a baja temperatura (por ejemplo para calefacción de un ambiente) es un proceso altamente ineficaz; producir tal calor con radiación solar no concentrado es un proceso eficiente desde el punto de vista de calidad energética (puede haber condiciones especiales donde otros criterios sean más importantes). Los procesos combinados usan este concepto

cualitativo, por ejemplo, la cogeneración de electricidad y calor.

C. Modelo Energético.- La superposición analítica de una serie de balances energéticos, posibilita estimar la tendencia de la variación del sistema energético referencial con respecto al tiempo, y expresarla a través de un modelo energético compresible y flexible.

La manera en que un modelo energético es construido en etapas o pasos detallados, facilita la introducción de nuevas tecnologías en el modelo y el computo de su efecto en el ingreso de energía, efectos ambientales, y costos.

El modelo puede estar ligado a alguna economía específica o modelo econométrico de la economía. Las características residenciales y comerciales, industriales, y de transporte para un año dado así como coeficientes tales como eficiencias, factores ambientales, y costos deben ser ingresados al modelo para cada año deseado, cada 5, 10 ó 15 años. La comparación de los cambios entre años claves, para los cuales el modelo es

evaluado, muestra la variación en demanda de los recursos y tecnologías utilizadas, para el objetivo determinado a ser optimizado.

Cálculos mas sofisticados, como la determinación de las características requeridas por una nueva tecnología para competir con las tecnologías existentes, pueden también ser realizadas a través del uso del modelo.

Modelar el sistema energético de un país tiene por objeto proporcionar una estructura para la evaluación y proyección de la tecnología y el planeamiento nacionales. El modelo debe considerar el sistema energético total y refleja el rango total factible de sustitución entre combustibles. Incluye tanto las formas de **energía** eléctrica y no-eléctrica, y resalta el enfoque hacia la economía técnica, características ambientales de conversión de energía, transporte, y dispositivos de utilización que describen el sistema energético.

El planteamiento analítico, en su forma general, considera "n" categorías

alternativas de suministro y un grupo de "m" categorías de demanda, proporciona n.m combinaciones o trayectorias posibles de suministro - demanda. Las soluciones obtenidas indican la configuración óptima de suministro-demanda del sistema energético para compromisos en recursos, demandas, e impactos ambientales que son especificados externamente. El modelo puede ser formulado a nivel regional o nacional para el planeamiento de un año futuro, especificando los requerimientos, coeficientes de costos, eficiencia de suministro, eficiencia de utilización, y un grupo de impactos ambientales para cada combinación factible de suministro-demanda. Las características de duración de carga, de las demandas eléctricas, pueden ser incorporadas también en el modelo. La optimización puede ser realizada con respecto al costo, o alternativamente, con respecto a un efecto ambiental o alguna combinación arbitraria de tales efectos.

El modelo energético que se proponga debe estar dirigido a la evaluación de

tecnologías y políticas e incluir el rango total de sustitución entre combustibles, incluyendo sustitución entre formas energéticas eléctricas y no-eléctricas. Asimismo debe considerar el sistema energético total incluyendo todos los recursos y sectores de demanda. Puesto que el rango de sustitución entre combustibles en factibilidad, depende de las tecnologías de suministro y utilización que estén disponibles, el modelo es elaborado alrededor de estas tecnologías. Los parámetros relacionados a la tecnología que aparecen explícitamente en el modelo son las eficiencias de conversión de energía, transporte, y dispositivos de utilización; las emisiones o efectos ambientales producidos; y su costo.

El análisis matemático del modelo se basa en el clásico problema de transporte que determina la ruta óptima de un producto, en este caso una forma intermedia de energía, desde un conjunto de "n" posibles suministros hacia "m" demandas alternativas donde un costo y un grupo de impactos ambientales son

identificados para una unidad de energía atravesando cada uno de las n.m posibles trayectorias. La típica representación del problema del transporte es modificado por la inclusión de coeficientes de eficiencia en los requerimientos de suministro y demanda, y es incrementada por ecuaciones de requerimientos adicionales que reflejan los factores ambientales así como las características técnicas del sistema energético.

Un modelo energético es lo suficientemente general que puede ser aplicado a planificación energética regional con importación y exportación de combustibles fijadas como categorías externas de suministro y demanda, o a planificación del sistema energético a nivel nacional. En algunos aspectos el modelo analítico puede ser cuantificado con costos más precisos y requerimientos ambientales a nivel regional, aunque requerimientos de recursos son definidos más fácilmente a nivel nacional. El área apropiada a ser direccionada en un estudio regional depende del objetivo de planificación. Para estudios en polución

del aire, la calidad del aire de la región será al área de interés mientras que para otros propósitos el cauce de un río, urbe o ciudad pueden ser regionales preferibles.

Ambos, horizontes de planificación a corto y largo plazo, pueden establecerse. A corto plazo el modelo sería aplicado para indicar la configuración óptima de los nuevos sistemas de suministro y utilización a instalarse por ejemplo en 5 años. La optimización sería realizada con respecto al costo total o costo anual en algún año dado. El crecimiento de las demandas y el reemplazo del equipo existente se considerarían al desarrollar los requerimientos de suministro y demanda que operaría en el año planeado. Para estrategias de planificación a largo plazo, el modelo puede ser aplicado al análisis de configuraciones óptimas del sistema energético, por decir del año 2010, donde se asuma que la mayoría de sistemas existentes sean obsoletos.

El nivel de detalle del modelo permitiría la evaluación de nuevas

tecnologías energéticas. Un caso base es establecer primero en que está limitada la introducción de nuevos recursos o tecnologías. Recursos alternativos, sistemas de conversión energética, dispositivo de utilización, y controles ambientales pueden ser introducidos en el modelo y el nivel de costo al cual serán competitivos determinado por un análisis de sensibilidad. Los beneficios de implementación total de una tecnología, disminución de la dependencia de costos, pueden determinarse asignando un coeficiente bajo de costos al sistema de modo que muestre la solución óptima a cada variación hasta el límite permitido por otros requerimientos. El consumo del recurso y efectos ambientales en esta solución sensitiva pueden entonces ser comparados con el caso básico indicando el efecto de la nueva tecnología.

Para otras evaluaciones o aplicaciones de planificación pueden requerirse detalles adicionales en categorías específicas. Petróleo o gas importado podría ser distinguido de recursos domésticos por costos o contenido

energético, por ejemplo, el análisis de políticas alternativas de energía pueden realizarse a través de su impacto en la demanda, suministro, efectos ambientales, o costo.

La necesidad de direccionar el análisis a categorías de uso final específicas, las tecnologías empleadas en ellas, y la posibilidad de sustituir otras formas de energía requieren la definición detallada de la estructura de duración de carga y la demanda en cada categoría. La mayoría de predicciones de demanda energética y estudio de utilidad de carga tratan con demandas agregadas de sectores como el residencial, comercial, industrial, y de transporte.

Consecuentemente los datos requeridos no se encuentran disponibles directamente, aunque algunas aproximaciones razonables puedan realizarse en la mayoría de los casos.

3.2 Tipos de Balance Energético e importancia los mismos.

3.2.1 Diversidad de Balances Energéticos

Los balances energéticos pueden variar en presentación y contenido; esto de acuerdo al motivo del análisis, el cual determina la conveniencia de un estilo u otro. De este modo algunos pueden ser totalmente satisfactorios desde el punto de vista estadístico para describir la compleja estructura de flujos energéticos; mientras que otros muestran en forma gráfica la situación general de los flujos energéticos en un país, conteniendo los mismos datos de un balance energético. Por ejemplo, puede ser importante para un estudio determinado que involucre una decisión gubernamental a adoptar, el determinar el predominio de la hidroenergía termoelectricidad para la generación de electricidad; en tal caso resulta conveniente un estilo de balance energético mas detallado en tal etapa de transformación energética. Si bien es cierto el concebir un balance energético extremadamente extenso, que sea capaz de absorber cualquier interrogante, es valioso; deja de serlo cuando los datos requeridos no pueden obtenerse o estimarse adecuando, imposibilitando el funcionamiento de tal modelo de balance energético y sin poder arribar a algún resultado (a mayor complejidad del tipo del balance energético mayor dificultad

en la obtención de los parámetros requeridos para su inicialización operativa).

Bajo las condiciones de diversidad planteadas analicemos las formas de balance energético que puedan realizarse.

3.2.2 Balance Energético de Consumo Aparente.

El tipo de balance más simplificado es el referente a la estadística del consumo aparente. Este consumo aparente resulta de la diferencia de dos subtotales. El primero que reúne la existencia inicial de recursos energéticos, la producción nacional energética en ese año y las importaciones de fuentes energéticas. El segundo totaliza las exportaciones de fuentes energéticas, consumos no energéticos, ventas de productos energéticos y la existencia final de recursos energéticos.

Este balance obviamente debe realizarse en una unidad común, por ejemplo la tonelada equivalente de petróleo (TEP) de 10500 Kcal/kg a un nivel mixto que incluye algunas de las principales transformaciones de **energía** primaria en secundaria (básicamente petróleo en derivados) y considera el resto a nivel de energía primaria.

Por sumatoria de cada uno de estos balances parciales se obtienen los valores totales correspondientes, en particular el consumo aparente de energía que es el valor estadístico que se utilizan para todos los análisis a nivel de energía total para el conjunto del país.

El principal inconveniente para este tipo de balance simplificado es que analiza exclusivamente la oferta de energía a nivel de producción, comercio exterior y algunas de las principales transformaciones, mezclando formas de energía primaria y secundaria, y sin entrar a considerar la distribución sectorial del consumo. Tiene la ventaja de poder realizarse rápidamente con información de fácil acceso.

3.2.3 Balances Energéticos Integrales.

3.2.3.1 Balance Energético de OLADE.

Un estilo de balance energético integral es el propuesto por OLADE; para divulgar su metodología desarrollada, OLADE realizó cursos sobre elaboración de balances energéticos en Perú (Lima, 1980), Grenada (Saint George, 1981) y reuniones de evaluación y seguimiento en Caracas (1980), Grenada (1980) y Montevideo (1981), en las

cuales se contó con la participación de representantes de los diferentes países de la región. En Perú se está procesando la estadística de la energía, por medio de CONERG, bajo esta metodología; se cuenta con una serie histórica de balances energéticos de 1970-87.

La estructura general del balance energético se compone de 4 partes: energía primaria, transformación, energía secundaria, consumo final de energía, expresadas en cuatro matrices.

Toda la energía primaria aparece en la matriz superior izquierda y se desagrega en oferta total de energía primaria, la cual incluye producción, importación y variación de inventarios; y oferta interna bruta de energía primaria, la cual se calcula como la oferta total menos las exportaciones y energía no aprovechada.

La oferta interna bruta es la energía primaria que pasa a los centros de transformación para satisfacer las necesidades del consumo final.

La segunda matriz que ocupa la zona

central del cuadro de balance energético se subdivide en dos: a la izquierda, se constituye la totalidad de energía primaria que entra en los centros de transformación con signo negativo en todos los casos; y a la derecha, es el resultado de estos procesos con sus pérdidas respectivas.

La matriz superior derecha, se muestran las relaciones de energía secundaria. Esta parte, como en la primera, se desagrega en oferta total de energía secundaria y oferta interna bruta de energía secundaria.

Por último en la matriz inferior se muestra el consumo final total. Al consumo final secundario, se agrega la parte de la energía primaria que se utiliza directamente en el consumo final, para llegar así al consumo final total.

Aspectos importantes de este tipo de balance son la posibilidad de obtener el consumo total de energía y la participación de cada fuente energética en tal consumo.

3.2.3.2 Balance Energético de IDEE.

Otro balance integral es el propuesto por el IDEE, el cual pretende ser un instrumento

estructurado de una forma lógica y de una manera que cubre a todo el sistema, desde las reservas energéticas hasta su utilización final. También tener características suficientemente generales como para poder ser empleado con las adaptaciones del caso, tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo.

Asimismo, dicha herramienta debería ser provechosa para presentar en forma organizada y sistemática la información energética, y para representar adecuadamente la estructura y funcionamiento del sistema en estudio cualquiera sea el nivel de desagregación utilizado.

Este tipo de balance energético es una representación completa de los flujos y existencias energéticas desde las reservas hasta la energía útil en un cuadro lógico y coherente y en una unidad física común, la tonelada equivalente de petróleo.

Se encuentra íntimamente vinculado a las metodologías para la elaboración del diagnóstico energético, previsión de necesidades y abastecimiento y para la sistematización de información energética.

Sirve de base a la matematización y programación de dichas metodologías ya que en la etapa de diagnóstico es factible reconocerlo a partir desde las reservas hasta la utilización final de la energía y la obtención de la energía útil por sector, por fuentes y por usos. Por el contrario, en la etapa de previsión de las necesidades y del abastecimiento se recorre el camino inverso a partir de la energía útil hasta la **energía** primaria pasando a través de la cadena: energía útil-energía final-sistemas de transformación-energía primaria, mediante un procedimiento que asegura la coherencia del sistema a partir de un conjunto de hipótesis fijadas por el escenario.

Agrega a los balances convencionales:

- a.- La consideración expresa del problema de las reservas de fuentes no renovables de energía y el potencial de las renovables;
- b.- La distribución del consumo de energía final por usos en cada sector de consumo y
- c.- La consideración expresa del consumo de energía útil por sectores, por fuentes y por usos.

Ofrece también una separación clara entre

fuentes primarias y secundarias de energía e introduce en forma explícita la distinción del consumo final por usos, lo cual permite a su vez estimar la energía útil.

Lo relevante en este tipo de balance energético es que se incorpora:

- a.- El balance de reservas;
- b.- El balance del consumo de energía útil por fuentes; y
- c.- Los balances del consumo neto y útil, por usos.

3.2.3.3 Balances Energéticos de BNL e IEJE.

Alrededor de 15 años atrás se desarrollaron simultáneamente en USA, por BNL y en Francia, por IEJE, diagramas de flujos gráficos para el análisis de sistemas de flujo energético nacionales que proporcionan una excelente visión de la estructura energética de su país, puesto que contienen los mismos datos del balance energético. Posteriormente se procedió a modelizarlos en ámbitos econométricos, y hoy en día son usados con gran frecuencia en los países industrializados. Su orientación a países en vías de desarrollo, esta en proceso de investigación y las primeras pruebas son

satisfactorias.

Para cada recurso energético, el balance energético especifica la tecnología empleada en las siguientes actividades:

- I. Extracción.
- II. Refinerías y/ó conversión.
- III. Transporte de energía primaria.
- IV. Conversión centralizada.
- V. Transporte o transmisión y almacenamiento de energía secundaria.
- VI. Conversión descentralizada.
- VII. Utilización en un dispositivo de uso final.

Incorpora asimismo valores de eficiencias, o efectividad relativa, de los procesos. La representación del balance en esta forma, permite el cálculo cuantitativo de un recurso energético en particular, por ejemplo petróleo, usado para satisfacer una demanda en particular como la calefacción de un ambiente, tanto a través de una forma particular intermedia del combustible, como la electricidad o directamente.

Los valores a la izquierda en estos diagramas, se encuentran bajo la denominación

de "extracción", que representa la cantidad de **energía** recolectada requerida para satisfacer las demandas básicas de energía. Los valores en el lado derecho bajo la denominación "categorías de demanda" representan las demandas energéticas básicas en términos de un grupo de categorías de uso-final. Estas demandas energéticas básicas deben distinguirse de las demandas de combustible mas familiarmente usadas. Representan la energía requerida para proporcionar un nivel de servicio determinado, por ejemplo mantener la temperatura de una habitación a 25oC y se define a partir de cantidad de combustible y la eficiencia de los dispositivos de utilización. Son de gran utilidad porque representan mas cercanamente el nivel de servicio entregado por el uso energético, y para propósitos de proyección puesto que están directamente relacionados con factores causales fundamentales, como el numero de viviendas a calefaccionar, distancia recorrida por vehículos, etc.

3.2.4 Relevancia de los Balances Energéticos.

Todos los tipos de balances energéticos son

importantes, el uso de uno u otro dependerá muchas a veces de la estadística energética disponible. Es útil para el análisis de un sistema energético nacional, el relacionar las figuras energéticas a otros parámetros como la población, producto bruto interno, ó producto sectorial interno para obtener conclusiones mas precisas.

A partir de un balance energético es posible evaluar el consumo energético primario por habitante y compararlo con diferentes continentes, el consumo eléctrico por habitante y evaluar la fracción del total energético que éste representa en ese país y compararlo con otras realidades. También pueden distinguirse estos registros en ámbitos rurales y urbanos en términos por habitante. Se puede comparar también el consumo eléctrico por habitante, ahora con respecto al total de energía secundaria. La relación entre el consumo energético y el crecimiento económico está intrínsecamente relacionado al nivel de desarrollo de un país.

3.3 La energía útil en los balances energéticos

Las fuentes de energía que se ponen a disposición del usuario, como energías finales, difícilmente pueden ser empleadas si no son sometidas previamente

a algún proceso que las adapte a las formas de utilización requeridas. Estas formas de utilización dependen del tipo de necesidades que debe satisfacer el usuario y de las características de los equipos. Por ejemplo: obtención de calor, realización de un trabajo, generación de alguna reacción química, o provocación de algún efecto físico determinado. Producido aquel proceso de adecuación queda a disposición del usuario en forma de energía denominada intermedia que, en la mayoría de los casos, cumple su función a través de determinados mecanismos o equipos, tales como las de transmisión de energía mecánica; las máquinas de vapor, los intercambiadores de calor. A estos equipos se los denomina sistema de uso de la energía.

Cabe señalar que tanto en la primera conversión de la energía (por ejemplo, una turbina a vapor) se detectan pérdidas de energía, las que determinan que los rendimientos en ambas etapas sean menores que la unidad.

Lo señalado hasta aquí se manifiesta en la existencia de dos tipos de rendimientos. Uno de ellos se vincula con el proceso de adaptación de la fuente de energía a su forma de utilización final de dicha forma de energía. Luego el rendimiento total será igual al producto de ambos rendimientos expresado

mediante la fórmula siguiente:

$$n_t = n_p \times n_u$$

donde:

n_t : rendimiento total.

n_p : rendimiento de adaptación.

n_u : rendimiento de uso.

La energía útil, que es efectivamente incorporada al producto elaborado, será entonces igual a la energía neta afectada por el rendimiento total (n_t), o sea:

$$E_u = E_N \times n_t$$

Por ejemplo, enfoquemos el caso de la utilización de vapor. La energía neta (petróleo) es transformada en una caldera en energía intermedia (vapor) y luego en una turbina de vapor a energía útil. Si estimamos la eficiencia de una caldera en 0.85 y del equipo de vapor en 0.80, se tiene lo siguiente: La eficiencia total es 0.68; la eficiencia de adaptación es igual a 0.85 y la eficiencia de uso es 0.80. Consecuentemente la energía útil producida, a partir de 1 KJ de energía neta consumida, es 0.68 KJ. La energía intermedia en tal caso será 0.85 KJ.

Por ello, para calcular la energía útil es necesario conocer ó estimar la eficiencia con que se

utiliza la energía neta. La determinación de las eficiencias de adaptación debe efectuarse mediante auditorías energéticas mientras que las eficiencias de uso pueden encontrarse en referencias bibliográficas sugiriéndose agenciarse de un banco de datos al respecto.

CAP. 4

CRITERIOS PARA EL CALCULO DE LA ENERGIA UTIL EN UN INGENIO AZUCARERO NACIONAL

4.1 Generalidades.

Para enfocar un Ingenio Azucarero Nacional actualmente operativo, citaremos la planta procesadora de azucar rubio y refinada (blanca) denominada CAAP Ltda., que se encuentra ubicada en la costa central del país a 192 Km. al norte de Lima, a 210 Km. de Huaraz, en la provincia de Barranca y distrito de Paramonga.

La materia prima utilizada en la elaboración del azucar es la cana, la cual es recolectada de sus propios campos de cultivo (85 a 95 por ciento) y otros adyacentes (5 a 15 por ciento).

La CAAP Ltda., labora durante todo el año, y su ritmo de producción depende básicamente de la cantidad de caña a moler.

El régimen de trabajo es de 3 turnos diarios de 8 horas cada uno y 6 días a la semana. Durante el año de 1987 se trabajó en promedio 6,912 horas, de las cuales 4,148 horas fueron de molienda neta.

En el proceso de elaboración del azúcar (rubia y refinada), se pueden distinguir las siguientes etapas:

1. Recepción y descarga de caña.
2. Limpieza y preparación de caña.
3. Molienda y Clarificado.
4. Calentamiento de jugo encalado.
5. Clarificado de jugo.
6. Calentamiento del jugo clarificado.
7. Pre-evaporación del jugo.
8. Evaporación.
9. Cristalización.
10. Centrifugación.
11. Refinación del azúcar.
12. Secado.
13. Envase y almacenamiento.

4.2 Descripción de un Ingenio Azucarero Nacional.

Se hará uso nuevamente de la CAAP Ltda. para describir objetivamente las instalaciones que requieren un proceso de elaboración de azúcar.

Se distinguen las siguientes etapas :

4.2.1 Recepción y descarga de caña.

Toda la caña es cargada mecánicamente mediante cargadores frontales y gruas, y transportada

mediante camiones de diferentes capacidades.

Los camiones al ingresar al ingenio son pesados en una balanza de plataforma electrónica; la caña es descargada en una mesa inclinada, mediante una grúa hilo.

4.2.2 Limpieza y preparación de la caña.

El proceso requiere de un sistema de lavado, separador de piedras y otras partículas extrañas al proceso.

Antes de la molienda, la caña es preparada en pequeños trozos, pasando en primer lugar por un juego de cuchillas giratorias que corta la caña, luego pasa por un defibrador en forma de molino de martillos que desfibra la caña sin extraer el jugo. Este equipo es movido por una turbina de vapor.

Para detectar los machetes rotos u otros elementos de acero se encuentra instalado un separador magnético además cumple la función de disminuir el espesor del colchón de caña para facilitar la labor del electroimán.

Luego la caña pasa por un defibrador con la finalidad de facilitar la extracción del jugo.

4.2.3 Molienda y Clarificado.

Para la molienda y extracción del jugo se utilizan molinos, los cuales son accionados por turbinas de vapor.

La cana desfibrada pasa a través de los molinos uno a continuación de otro y se le va agregando chorros de agua o de jugo pobre en azúcar, esto ayuda a la extracción por lixiviación. Con este procedimiento, se logra extraer en forma de jugo, más del 95 por ciento del azúcar que contiene la caña.

El bagazo final que sale por el último molino es utilizado como materia prima en la fabricación del papel en SPL (Compañía anexa a la CAAP Ltda).

El jugo mezclado así obtenido es pesado en una balanza automática; por cada pesada de jugo, automáticamente se adiciona lechada de cal regulada que mantiene el pH en un rango de 8.0 - 8.2 .

El jugo mezclado es recibido en dos tanques provistos de agitadores los que permiten un período de retención de 20 min. aprox., este período de retención es necesario para que la cal pueda reaccionar con el jugo completamente.

4.2.4 Calentamiento.

El calentamiento de jugo se realiza en tres etapas .

4.2.4.1 El jugo pasa a través de un calentador de superficie, que utiliza vapores del tercer cuerpo quintuple efecto del sistema de evaporación.

4.2.4.2 El segundo calentamiento se realiza en calentadores, que trabajan en paralelo y utilizan vapor proveniente del segundo cuerpo del sistema de evaporación.

4.2.4.3 El tercer calentamiento se realiza en calentadores iguales a los anteriores, pero utilizan vapor proveniente del primer cuerpo del quintuple.

4.2.5 Clarificado por jugo.

El jugo calentado pasa por un tanque **'flash'**, donde pierde temperatura, y el líquido alimenta a los clarificadores continuos que separan la albúmina coagulada y algunas de las grasas, caras y gomas; el vapor se ventea a la atmósfera.

La cachaza que se extrae del fondo de los clarificadores mediante bombas de diafragma pasa a un mezclador de cachaza donde se le adiciona bagacillo, como ayuda filtrante, pasando a

alimentar a los filtros rotatorios al vacío, donde la torta se lava con agua fría y el jugo filtrado es devuelto a los tanques de jugo mezclado.

4.2.6 Calentamiento del jugo Clarificado.

El jugo clarificado es calentado previamente a 121 °C en un calentador que usa vapor. provenientes de la reducción en trapiche o de la línea directa del SPL.

4.2.7 Pre-evaporación del Jugo.

El jugo clarificado de 15 Brix es alimentado al pre-evaporador 'Kestner' que también usa vapor, aquí la evaporación es instantánea por película ascendente y permite usar alta temperatura por el corto tiempo de contacto del jugo con los tubos de calandria. El jugo sale a 22 °Brix como promedio.

4.2.8 Evaporación.

El jugo es concentrado en un sistema de evaporación de cinco (05) efectos hasta una concentración final de 65 °Brix en promedio. El vapor de escape del primer cuerpo es utilizado en el tercer calentamiento del jugo, en los Clarificadores 'Jacobs' de la refinería de azúcar

y una parte a los Vacumpanes. Del segundo efecto se extrae vapor que se utiliza en el segundo calentamiento del jugo, y del tercer cuerpo se extrae vapores que es utilizado en el primer calentamiento del jugo. El cuarto y quinto efectos trabajan en vacío.

El jugo concentrado se almacena en tanques para alimentación de los vacumpanes.

4.2.9 Cristalización.

La cristalización se lleva a cabo en recipientes al vacío, de simple efecto, en los cuales se concentra el jarabe hasta quedar saturada de azúcar.

Se cuecen tres tipos de masa (cocimiento de tres templeas):

4.2.9.1 Masa A pura: Con una pureza promedio de 85 tomando como pie de templa, semilla de azúcar de tercera mezclada con jugo clarificado y adicionándola jarabe proveniente de los evaporadores se procede a cristalizar el azúcar.

4.2.9.2 Masa B o baja: Con una pureza promedio de 75, se toma como pie de templeas cortes de masa A y adicionándole miel A o pura proveniente de

la centrifugación de la masa A o puras.

4.2.9.3 Masa C o Tercera: Con pureza promedio de 60 se produce granulando por choque directamente con miel blanca final o en su defecto con jarabe.

Los distintos cocimientos se realizan en vacumpanes o tachos de calandria que usan vapor.

El tiempo promedio que dura el cocimiento de las diferentes masas es la siguiente:

- Masa A 4.0 Horas 6.0 Ciclos/día.
- Masa B 4.5 Horas 5.3 Ciclos/día.
- Masa C 6.0 Horas 4.0 Ciclos/día.

Para la recepción de la masa A y B se utilizan cristalizadores.

Para la masa C se tiene un sistema de enfriamiento continuo que consta de un recipiente receptor con una capacidad equivalente a una templa y cristalizadores con circulación de agua en contracorrientes.

La masa tercera es enfriada hasta 95 F y luego recalentadas a 118 F antes de la centrifugación.

4.2.10 Centrifugación.

Las masas A y B después de un periodo de

enfriamiento mínimo de dos (02) horas para la masa A y 4 horas (04) para la masa B, durante el cual recibe un lavado de agua caliente a 50 y 70 psig. de presión y 212 °F de temperatura durante 20-30 seg., resultando el azúcar lavada y mezclada. Esta es la materia prima que alimenta la refinaria.

La masa C o tercera antes de centrifugarla es calentada de 35 °C a 48 °C en una batidora mediante un serpentín con circulación de agua caliente. El azúcar C o tercera producto de la centrifugación de las masas terceras van a un mezclador donde se le agrega jugo clarificado caliente para formar una solución densa que es bombeada a un tambor y sirve como pie de cocido para las masas A y B.

4.2.11 Refinación del Azúcar.

El sistema utilizado en la actualidad es el de Fosfatación Continua que emplea Acido Fosfórico del 85 por ciento de grado alimenticio, adicionándose a los licores, que neutralizados con cal, producen fosfato de calcio insoluble, el cual precipita y son eliminadas mecánicamente. El jugo clarificado es almacenado en tanques para iniciar la cristalización en un tacho.

La centrifugación se realiza en máquinas

automáticas.

4.2.12 Secado.

El azúcar húmeda es pasada a través de un secador enfriador que tiene la extracción del aire por la parte intermedia o central. Utiliza aire calentado por vapor y aire enfriador calentado también por vapor.

4.2.13 Envase y Almacenamiento.

El azúcar es descargada sobre fajas transportadoras y conducidas a tolvas de almacenamiento.

El azúcar para el envase es mezclada previamente de acuerdo a la calidad deseada y posteriormente es pasada por zarandas vibratorias con tela de malla de 12 para separar la granza y conglomerados los que son refundidos y usados como agua dulce para la refundición del azúcar lavada.

Todo el sistema de carguío de los sacos a los, sistemas de transporte se realiza mediante fajas transportadoras.

4.3 Visión energética de un ingenio azucarero nacional

El proceso de elaboración de azúcar consta de 13

etapas, utilizándose cuatro fuentes en forma de energía final: Electricidad, Petróleo Diesel 2, Vapor (como calor de proceso) y Vapor (como fuerza motriz).

El equipamiento, en su forma desagregada, se muestra en el CUADRO Nro. 2.

De acuerdo a estimados estadísticos de consumo de energía relativa entre los procesos, el proceso de evaporación consume alrededor del 50 por ciento del total; mientras que el proceso de calentamiento participa con cerca del 15 por ciento. Asimismo entre los procesos de calentamiento de jugo clarificado, pre-evaporación y cristalización, se alcanza el 20 por ciento del consumo total de energía, destinándose el 15 por ciento restante a los otros ocho procesos.

De este modo, resulta el siguiente panorama energético del Ingenio, (ver CUADRO Nro. 3)

En donde :

$$EC1 = A8$$

$$EC2 = A4$$

$$EC3 = A6$$

$$EC4 = B6$$

$$EC5 = A7$$

$$EC6 = A9 + C9$$

$$EC7 = B9$$

$$EC8 = C1 + D1 + A2 + B2 + C2 + D2 + E2 + H2 + B3 + C3 + D3 + E3 + A5 + B5 + C5 + D5 + E5 + A10 +$$

CUADRO No. 3

CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS PROCESOS, SEGUN ETAPAS			
N	DEMANDA DE LA ETAPA	RECURSO ENERGÉTICO	CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA
I	EVAPORACION	Vapor (Calor)	EC1
II	CALENTAMIENTO	Vapor (calor)	EC2
III	CALENTAMIENTO DE JUGO	Electricidad	EC3
	CLARIFICADO	Vapor (Calor)	EC4
IV	PRE-EVAPORACION	Vapor (Calor)	EC5
V	CRISTALIZACION	Electricidad	EC6
		Vapor (Calor)	EC7
VI	RESTO DE PROCESOS	Electricidad	EC8
		Petroleo	EC9
		Vapor (Calor)	EC10
		Vapor (Fza. motriz)	EC11

$$\begin{aligned}
 & B10 + C10 + D10 + E10 + F10 + A11 + B11 + C11 \\
 & + D11 + E11 + G11 + H11 + I11 + K11 + L11 + \\
 & M11 + N11 + O11 + A12 + A13 + B13 + C13 + D13 \\
 & + E13
 \end{aligned}$$

$$EC9 = A1 + B1$$

$$EC10 = F11 + B12$$

$$EC11 = F2 + G2 + A3$$

A continuación se muestra el diagrama general del FLUJO ENERGETICO en el Ingenio (ver GRAFICO Nro. 5)

4.4 Criterios generales para el cálculo de la energía útil.

La energía útil que se consume en el Ingenio, puede evaluarse por los usos energéticos que ocurren y hacerse extensivo el análisis al consumo energético por fuentes de energía individuales, para determinar el consumo útil global del Ingenio, como SISTEMA ENERGETICO.

De esta forma será posible encontrar una eficiencia global de utilización en el Ingenio expresada como el cociente del consumo total de energía útil, determinado según lo señalado anteriormente, y el consumo de energía final.

Se han registrado cuatro formas de uso de la energía final en el Ingenio: Calor de proceso (vapor), Consumo de petróleo diesel, Fuerza motriz

(vapor); para los cuales se asignará una eficiencia de utilización de acuerdo al uso de la energía final.

A continuación se muestran las formas de uso energético: (ver CUADRO Nro 4)

Si expresamos los cuatro rubros de consumo energético para efectos contables, obtenemos una planilla energética básica a nivel de energía final y neta; en la cual distinguimos cinco fuentes, entre energía primaria y secundaria.

En seguida se muestra la planilla energética, a nivel de energía final (ver CUADRO Nro. 5).

en donde:

[PE1] y [BA1] representan la cantidad de petróleo y bagazo, respectivamente destinada a la producción de vapor (VA1), que será empleado como calor de proceso. DO2, es el Diesel oil que será consumido directamente sin transformación. [PE3] y [BA3] es el aporte de petróleo y bagazo, respectivamente, transformado en vapor ([VA4]) con el cual se genera (EE4), electricidad que será utilizada como fuerza motriz.

La última columna representa el consumo total de energía según el uso energético suscitado. Este consumo es obtenido sumando el aporte de las fuentes energéticas, destinadas a los usos energéticos correspondientes y las pérdidas de transformación

CUADRO No. 4

USOS ENERGETICOS EN EL INGENIO

USO ENERGETICO	SIMBOLO	EFICIENCIA DE UTILIZACION
Calor de proceso (Vapor)	CPR	n [VA -> CPR]
Consumo de petróleo diesel	CPE	n [DO -> CPE]
Fuerza motriz (electricidad)	FM (EE)	n [EE -> FM (EE)]
Fuerza motriz (Vapor)	FM (VA)	n [VA -> FM (VA)]

[VA] ; Vapor, [DO] : Diesel Oil, [EE] : Electricidad

CUADRO No. 5

PLANILLA ENERGETICA : ENERGIA FINAL

	RUBRO	PE	BA	DO	VA	EE	PERDIDAS	TOTAL
1	CPR	[PE1]	[BA1]	-	VA1	-	P1	T1
2	CPE	-	-	DO2	-	-	P2	T2
3	FM (VA)	[PE3]	[BA3]	-	VA3	-	P3	T3
4	FM (EE)	[PE4]	[BA4]	-	[VA4]	EE4	P4	T4
5	CONSUMO NETO	CN PE	CN BA	CN DO	CN VA	CN EE	CN PERD	T5
6	CONSUMO PROPIO	-	-	-	VA6	EE6	P6	T6
7	CONSUMO FINAL	CF PE	CF BA	CF DO	CF VA	CF EE	T PERD	T

acaecidas.

De este modo se verifica que:

$$\text{CPR} : T1 = VA1 + P1$$

$$\text{CPE} : T2 = DO$$

$$\text{FM (VA)} : T3 = VA3 + P3$$

$$\text{FM (EE)} : T4 = EE4 + P4$$

$$\text{CONSUMO} : T6 = VA6 + EE6 + P6$$

PROPIO

El consumo neto total, se obtiene mediante:

$$\text{CN}_{\text{TOTAL}} = (T1+T2+T3+T4) - \text{CN}_{\text{PERD}} = T5 - \text{CN}_{\text{PERD}}$$

y el consumo final total, se obtiene mediante:

$$\text{CF}_{\text{TOTAL}} = T - T_{\text{PERD}} = (T1+T2+T3+T4) - T6$$

En lo referente a las pérdidas de transformación, se evaluarán del siguiente modo:

$$P1 = (1 - n_{[PE,BA \rightarrow VA]}) \cdot ([PE1] + [BA1])$$

$$P2 = (1 - n_{[DO \rightarrow CPE]}) \cdot DO2$$

$$P3 = (1 - n_{[PE,BA \rightarrow VA]}) \cdot ([PE3] + [PE4])$$

$$P4 = (1 - n_{[PE,BA \rightarrow VA]}) \cdot ([PE4] + [BA4])$$

$$+ (1 - n_{[VA \rightarrow EE]}) \cdot VA4$$

$$P6 = (1 - n_{[VA \rightarrow VA]}) \cdot VA6 + (1 - n_{[EE \rightarrow EE]}) \cdot EE6$$

Verificándose que:

$$CN_{PERD} = P1 + P2 + P3 + P4, \quad y \quad T_{PERD} = CN_{PERD} - P6$$

Si se pretende obtener el consumo final total, a través de los consumos parciales de cada fuente, deben sumarse los consumos netos (sin tomar en cuenta los consumos intermedios) y descontar el consumo propio, es decir:

$$CFT = (DO2 + VA1 + VA3 + EE4) - (VA6 + EE6)$$

En cuanto a la evaluación de pérdidas, las eficiencias involucradas se refieren a:

- $n_{[PE,BA \rightarrow VA]}$: Transformación de petróleo y bagazo en vapor
- $n_{[VA \rightarrow CPR]}$: Aporte de calor al proceso, por parte del vapor
- $n_{[VA \rightarrow EE]}$: Generación de electricidad, por medio de vapor
- $n_{[VA \rightarrow FM (VA)]}$: Utilización de vapor como fuerza motriz
- $n_{[EE \rightarrow FM (EE)]}$: Utilización de electricidad como fuerza motriz
- $n_{[VA \rightarrow VA]}$: Utilización de vapor como consumo propio
- $n_{[EE \rightarrow EE]}$: Utilización de electricidad como consumo propio

Ahora se procederá elaborar la planilla energética básica a nivel de energía útil, para determinar eficiencias de utilización por uso energético y por fuentes de energía (ver CUADRO Nro. 6).

CUADRO Nro. 6

	RUBRO	PE	BA	DO	VA	EE	TOT.
1	CPR	[PE1*]	[BA1*]	-	VA1*	-	T1*
2	CPE	-	-	DO2*	-	-	T2*
3	FM (VA)	[PE3*]	[BA3*]	-	VA3*	-	T3*
4	FM (EE)	[PE4*]	[BA4*]	-	[VA4*]	EE4*	T4*
5	CONSUMO NETO	CU PE	CU BA	CU DO	CU VA	CU EE	T5*
6	CONSUMO PROPIO	-	-	-	VA6*	EE6*	T6*
7	CONSUMO FINAL	CF* PE	CF* BA	CF* DO	CF* VA	CF* EE	T*

El símbolo " * " , representa el valor correspondiente al consumo de energía útil referido a su similar en la planilla anterior, verificándose que:

$$PE1* = PE1.n \quad [PE, BS \rightarrow VA]$$

$$BA1* = BA1.n \quad [PE, BA \rightarrow VA]$$

$$VA1* = VA1.n \quad [VA \rightarrow CPR]$$

$$DO2* = DO2.n \quad [DO \rightarrow CPE]$$

$$PE3* = PE3.n \quad [PE, BA \rightarrow VA]$$

$$BA3* = BA3.n \\ [PE, BA \rightarrow VA]$$

$$VA3* = VA3.n \\ [VA \rightarrow FM (VA)]$$

$$PE4* = PE4.n \\ [PE, BA \rightarrow VA]$$

$$BA4* = BA4.n \\ [PE, BA \rightarrow VA]$$

$$VA4* = VA4.n \\ [VA \rightarrow EE]$$

$$EE4* = EE4.n \\ EE \rightarrow FM (EE)$$

$$VA5* = VA5.n \\ VA \rightarrow VA$$

$$EE6* = EE6.n \\ EE \rightarrow EE$$

Asimismo se cumple que:

$$T1* = VA1*$$

$$T2* = DO2*$$

$$T3* = VA3*$$

$$T4* = EE4*$$

$$T6* = VA6* + EE6*$$

$$T* = CU - T6* = (T1* + T2* + T3* + T4*) - T6*$$

Siendo CU_T , el consumo útil total. A través de los consumos útiles parciales por fuentes, se verifica que:

$$[5] = [1] + [2] + [3] + [4],$$

sin considerar los consumos intermedios.

La utilización en términos de eficiencia para cada

fuente, es por ejemplo:

$$n_{\text{utilización de PE}} = \frac{\text{CU}}{\text{PE}} \cdot \frac{\text{CN}}{\text{PE}}$$

y finalmente se evalúa el importante parámetro de utilización global mediante:

$$n_{\text{global de utilización}} = \frac{\text{CU}}{\text{T5} - \text{CN}} \cdot \frac{\text{T}}{\text{PERD}}$$

CAP. 5

MODELO PARA EL CALCULO DE LA ENERGIA UTIL EN UN INGENIO AZUCARERO NACIONAL

5.1 Alcance del modelo que se propone.

En principio se abarcará el sistema energético representativo de un Ingenio Azucarero Nacional, desde la etapa de fuentes de energía primaria (discriminándose al balance de reservas), hasta el nivel de energía útil.

Tal modelo podrá representarse mediante matrices agrupadas adecuadamente y relacionadas entre si mediante operaciones correspondientes a la contabilidad energética. También podrá expresarse a través de diagramas de flujos energéticos; en ambos casos será posible reflejar los balances de energía correspondientes a:

- La energía primaria
- Los centros de transformación primarios
- La energía secundaria
- Los centros de transformación secundarios
- El consumo de energía neta
- El consumo de energía útil

El modelo energético así definido, no considera los lineamientos de la economía de la energía, con los cuales se establecerían las interacciones del sub-sistema energético en el sistema socio-económico; sin embargo, el modelo podría complementarse con datos representativos del valor agregado y demanda, de la caña de azúcar, para relacionarlos con los índices de consumo energético inherentes al Ingenio, y esbozar luego las correspondientes proyecciones.

El modelo expuesto será susceptible de adecuarse a otros sistemas energéticos que representen procesos agro-industriales sin demasiada dificultad, prefiriéndose reducir la complejidad del sistema y sus interacciones socio-económicas para agilizar su funcionamiento y constituirlo en un elemento útil al alcance del rápido entendimiento. De este modo el modelo que a continuación se presenta, pretende contribuir al estudio de los modelos energéticos, como parte integrante del proceso de planificación energética, necesario en nuestro país. Tal intento en ningún caso pretende tener un carácter único o definitivo, sino mas bien ilustrativo de las múltiples opciones que puedan desarrollarse en el proceso de modelización de los sistemas energéticos.

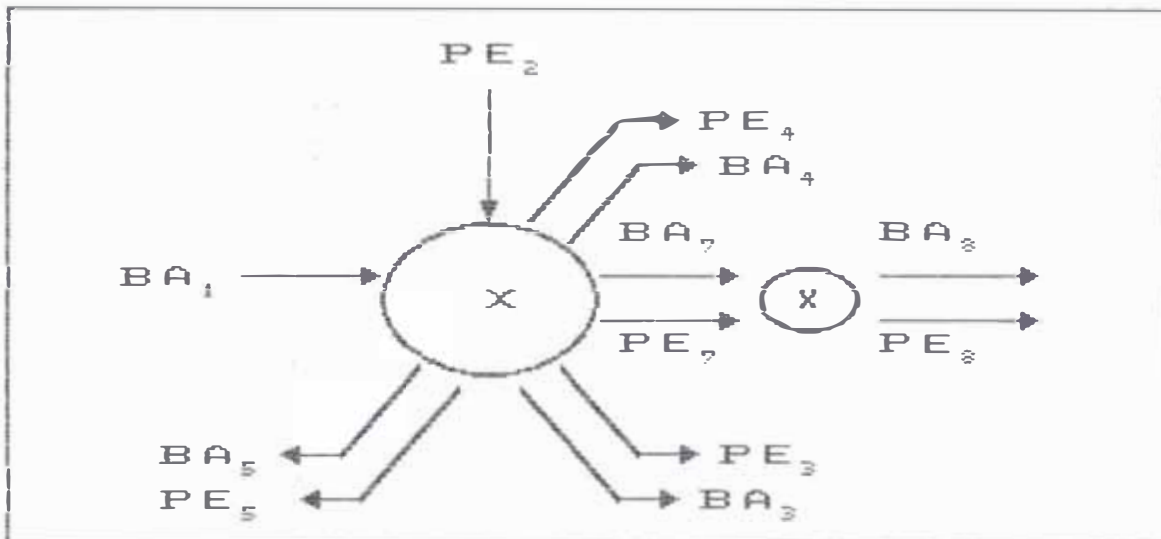
5.2 Diagramas representativos de los flujos energéticos ingenio azucarero nacional

Una fuente energética puede ser sometida a varios procesos desde su estado natural hasta su utilización final y pueden expresarse mediante representaciones de flujos energéticos. En lo referente a un Ingenio Azucarero Nacional, no es relevante el balance correspondiente a las reservas, que correspondería a las modificaciones sufridas por las reservas de cada una de las fuentes primarias comprometidas, durante el año en análisis.

La información acerca del sistema energético, puede presentarse mediante un conjunto de diagramas de flujo, en el cual los nodos indicarán balances para una fuente energética, los bloques representarán los centros de transformación, a los sectores de consumo y los usos, y las flechas muestran los flujos energéticos. Es posible realizar un diagrama para cada fuente o conjunto similar, o mas interesante aún, plasmar una superposición.

En lo referente al balance de **energías** primarias, se consideran los rubros de Producción, Importación, Exportación, No-utilizado, Pérdidas, Variación de existencias, Abastecimiento y Consumo intermedio. (Ver GRAFICO Nro. 6).

GRAFICO No. 6

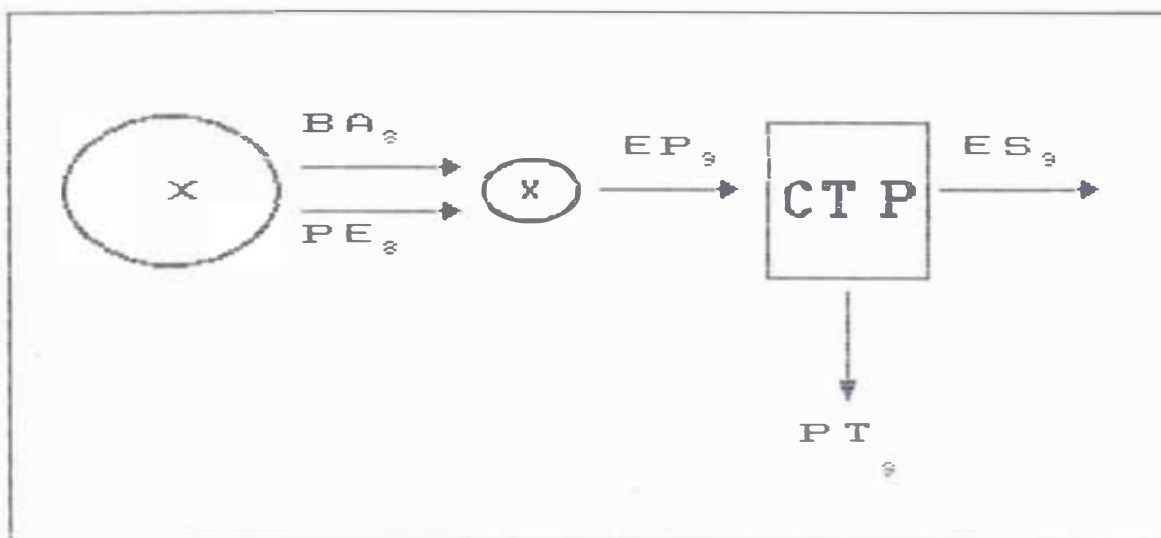


Donde los subíndices se refieren a:

- | | | | |
|---------------|----------------|----------------------------|-------------------------|
| 1:Producción | 3:Exportación | 5:Pérdidas | 7:Abastecimiento |
| 2:Importación | 4:No-utilizado | 6:Variación de existencias | 8:Consumo de intermedio |

En el centro de transformación primaria, no se considera la energía primaria destinada a centros de transformación secundarios (ver GRAFICO Nro. 7)

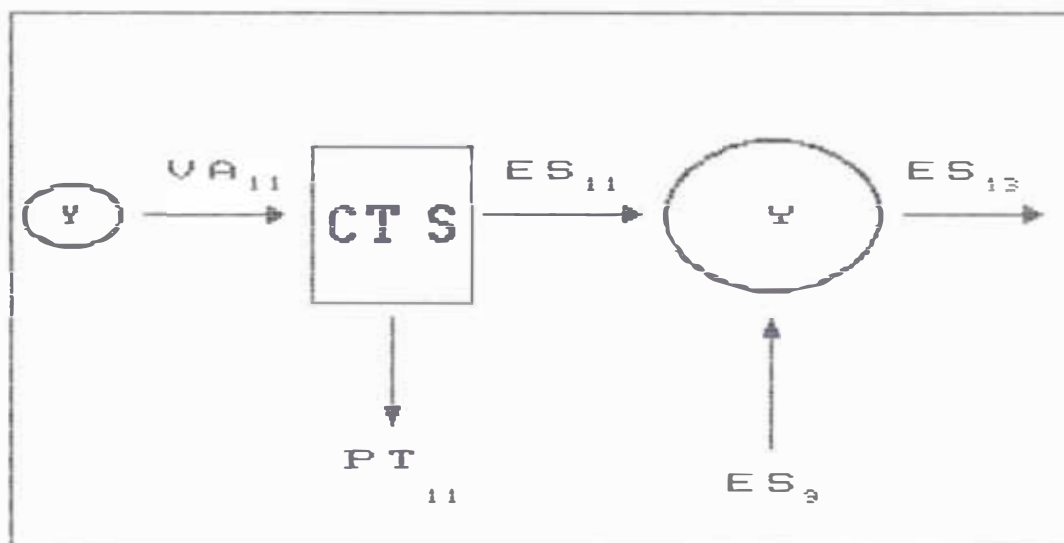
GRAFICO No. 7



Donde: BA8 y PE8, son los insumos de energía primaria (EP9) para el centro de transformación primario (CTP), en el cual se transforman en energía secundaria (ES9) con pérdidas de transformación (PT9).

En el centro de transformación secundario, no se consideran los insumos provenientes de fuentes de energía primaria para efectos de estudio en el Ingenio. (ver GRAFICO Nro. 8)

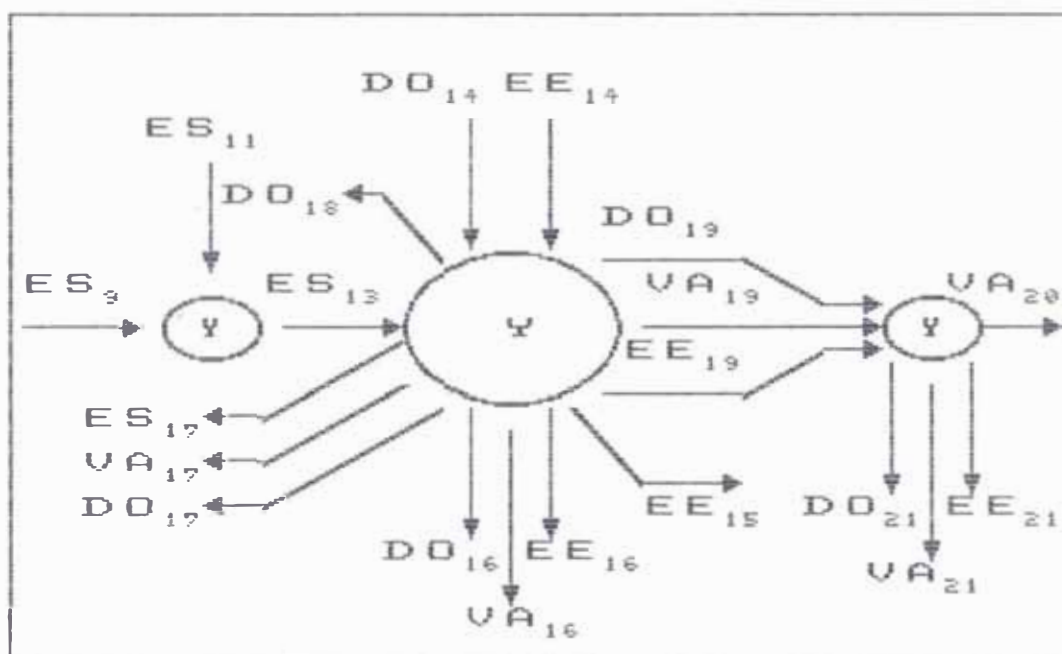
GRAFICO No. 8



donde: VA11 es el insumo de energía secundaria para el centro de transformación secundario (CTS), en el cual se transforma en otra forma de energía secundaria (ES11) con pérdidas de transformación (PT11). ES9 y ES11, es la energía secundaria producida (ES13), a partir de los centros de transformación primario y secundario.

En lo referente al balance de energía secundaria, se consideran los mismos rubros referentes al balance de energía primaria, además del consumo neto (ver GRAFICO Nro. 9).

GRAFICO No. 9

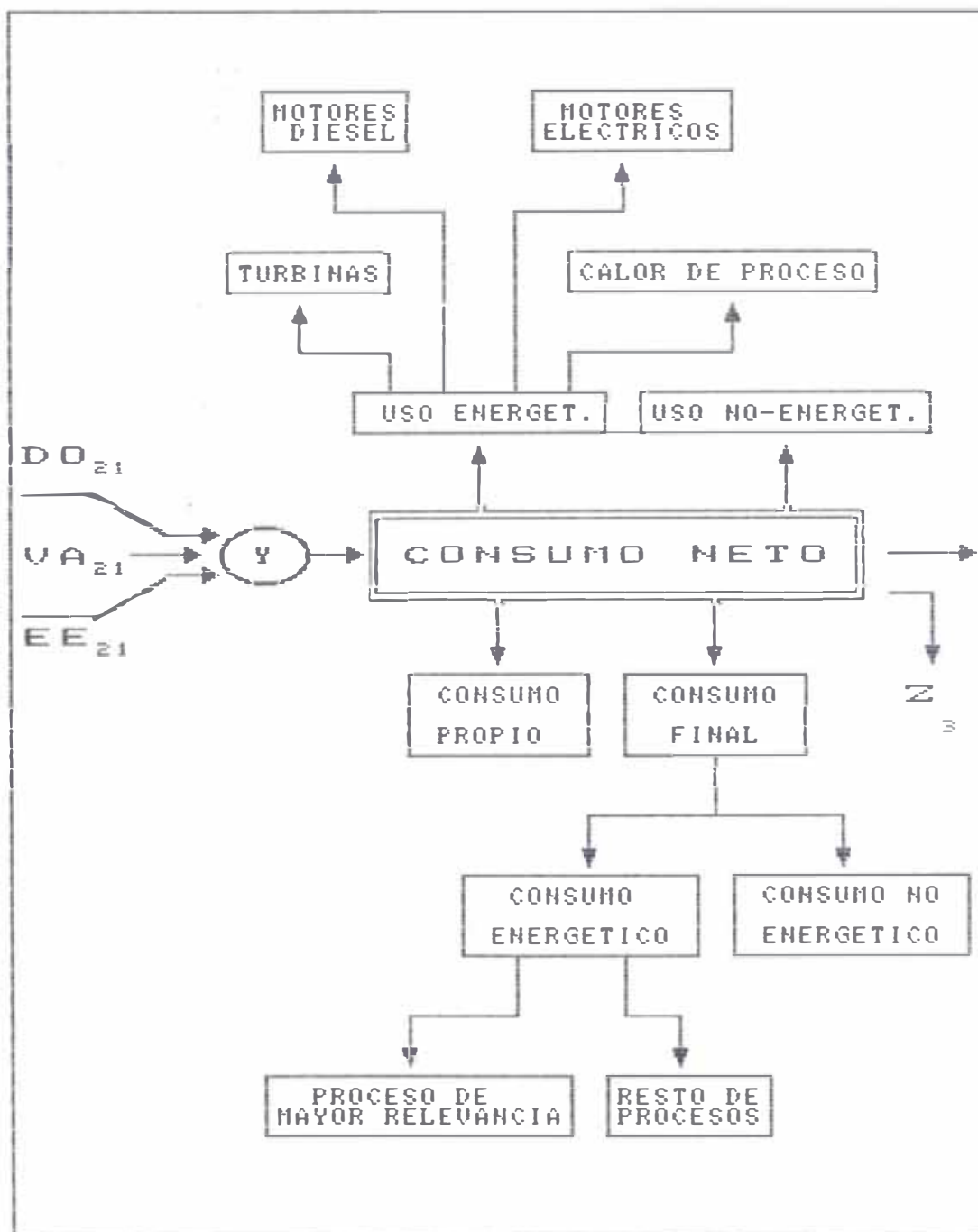


donde los subíndices se refieren a:

- | | |
|-------------------|-----------------------------|
| 13:Producción | 14:Importación |
| 15:Exportación | 16:No-utilizado |
| 17:Pérdidas | 18:Variación de existencias |
| 19:Abastecimiento | 20:Consumo intermedio |
| 21:Consumo neto | |

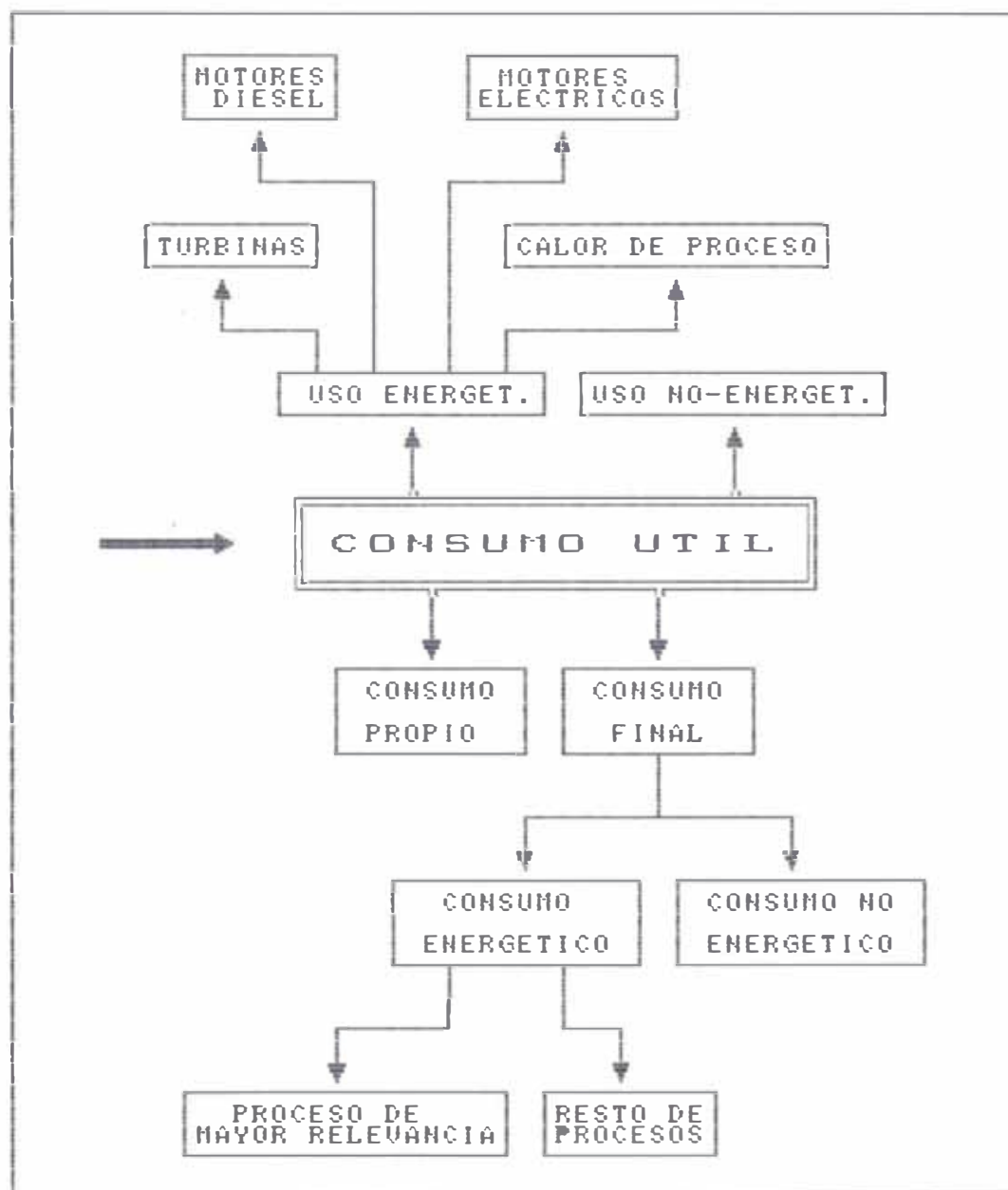
En cuanto al consumo de energía neta, se muestra el consumo de energía tanto por sectores como por usos (ver GRAFICO Nro. 10).

GRAFICO No. 10



El consumo a nivel de energía útil se muestra de forma similar al consumo de energía neta (ver GRAFICO Nro. 11)

GRAFICO No. 11



Si se reúnen las etapas mencionadas anteriormente acerca de las cadenas energéticas, se obtiene el diagrama de Balance Energético Integral (ver GRAFICO Nro. 12).

5.3 Procedimientos para el cálculo del consumo de energía neta y energía útil en un ingenio azucarero nacional.

En lo concerniente al balance de energías primarias se verifica que:

$$EP7 = EP1 + EP2 - EP3 - EP4 - EP5 - EP6 , y$$

$$EP8 = EP7 , \quad (EP \text{ es BA o PE})$$

Estas relaciones se verifican tanto para el bagazo, como para el petróleo, siendo EP_i datos de ingreso, con $i = 1,2,3,4,5$ y 6 . De este modo se obtienen los valores correspondientes a la MATRIZ II (la MATRIZ I, corresponde en realidad al balance de reservas, no considerado en el presente estudio) (ver CUADRO Nro. 7)

En la MATRIZ III, correspondiente al centro de transformación primario, se verifica que:

$$EP8 = X \rightarrow CTP = -EP9 , y$$

$$X \rightarrow CTP = -EP9 = ES9 + PT9$$

tanto para el bagazo como para el petróleo, además de:

$$EP9 = BA9 + PE9 , y$$

$$VA9 = -(BA9 + PE9) \cdot n_{BA,PE \rightarrow VA}$$

donde: $n_{[BA,PE \rightarrow VA]}$, es la eficiencia de transformación de las fuentes primarias de energía: petróleo y bagazo, en vapor.

|| BA | PE | EP | DO | VA | EE | ES | CT || U1 || U2 || U3 | U4 | U5 || U6 | UT ||

1	PRODUCCION													
2	IMPORTACION													
3	EXPORTACION													
4	NO-UTILIZADO													
5	PERDIDAS	I I												
6	VARIAC. EXIST.													
7	ABASTECIMIENTO													
8	CONS. INTERMED.													
9	GENERAC. VAPOR			I I I										
10	SUB-TOTAL			I I I										
11	GENERAC. ELECT.													
12	SUB-TOTAL			I U										
13	PRODUCCION													
14	IMPORTACION													
15	EXPORTACION													
16	NO-UTILIZADO													
17	PERDIDAS			U										
18	VARIAC. EXIST.													
19	ABASTECIMIENTO													
20	CONS. INTERMED.													
21	CONSUMO NETO													
22	ABAST. BRUTO F.													
23	AB. BRUTO TOT.													
24	CONS. BRUTO F.			U I										
25	CONS. BRUT. TOT.			U I										
26	CONS. NETO TOT.													
27	CONS. NETO TOT.													
28	CONS. PROPIO													
29	CONS. FINAL													
30	CONS. NO ENERG.			U I I										
31	CONS. ENERG. T.			U I I I										
32	PROC. RELEV.													
33	RESTO DE PROC.													
34	CONS. UTIL TOT.													
35	CONS. PROPIO													
36	CONS. FINAL													
37	CONS. NO ENERG.													
38	CONS. ENERG. T.			I X										
39	PROC. RELEV.			X										
40	RESTO DE PROC.													
41	PERD. UTILIZAC.													
42	RENDIMIENTO													

PT

22 n

También:

$$ES9 = VA9$$

En cuanto a los sub-totales se verifica que :

$$EP10 = EP9 , ES10 = ES9 , PT10=PT9$$

además de:

$$EE21 = EE19$$

En la MATRIZ VI, de abastecimiento y consumo, verifica que:

$$EP22 = EP4 + EPS + EP7 , y$$

$$EP22 = ES16 + ES17 + ES19$$

El Abastecimiento Bruto Total, se evalúa mediante:

$$ABT = EP22 + ES22 - ES13$$

Para el Consumo Bruto por fuentes se tiene:

$$EP24 = EP5 + EP7 , y$$

$$ES24 = ES17 + ES19$$

En cuanto al Consumo Bruto Total se cumple:

$$CBT = EP24 + ES24 - ES23$$

Finalmente se tiene la evaluación del Consumo Neto Total:

$$ES26 = ES21$$

$$CNT = ES26$$

En la MATRIZ VII, del Consumo Neto Sectorial por fuentes, se tiene:

$$ES27 = ES26$$

$$CT27 = ES27$$

También:

$$ES31 = ES32 + ES33$$

En lo concerniente a la MATRIZ VIII, del Consumo Neto Sectorial por Usos, se tiene:

$$U27 = U28 + U29, \quad U29 = U30 + U31, \quad U31 = U32 + U33$$

En la MATRIZ IX, del Consumo Util Sectorial por Fuentes, se verifica:

$$ES41 = ES27 - ES34$$

$$ES39 = ES32 \cdot n_{32}$$

$$ES40 = ES33 \cdot n_{33}$$

$$ES38 = ES39 + ES40$$

$$ES37 = ES30 \cdot n_{30}$$

$$ES36 = ES37 + ES38$$

$$ES34 = ES35 + ES36$$

donde n_i : eficiencia de utilización por fuente i

Finalmente en la MATRIZ 10, del Consumo Util Sectorial por Uso, se tiene:

$$U41 = U27 - U34$$

$$U39 = U32 \cdot n_{32}$$

$$U40 = U33 \cdot n_{33}$$

$$U38 = U39 + U40$$

$$U37 = U30 \cdot n_{30}$$

$$U36 = U37 + U38$$

$$U34 = U35 + U36$$

Además en las pérdidas de utilización se tiene:

$$D042 = D034 / D027$$

$$VA42 = VA34 / VA27$$

$$EE42 = EE34 / EE27$$

También:

$$Z2-34 = UT27 - UT34$$

$$Z2-35 = UT28 - UT35$$

$$Z2-36 = UT29 - UT36$$

$$Z2-37 = UT30 - UT37$$

$$Z2-38 = UT31 - UT38$$

(ver CUADRO Nro. 8).

5.4 Diagramas resultantes.

En un comienzo, será necesario realizar mediciones en la propia instalación a fin de suministrar los datos necesarios para las operaciones matriciales concernientes al balance energético. Estas evaluaciones pueden resultar tan complicadas como sea el grado de minuciosidad deseado para el modelo; sin embargo, por lo general será suficiente realizarlas una vez y luego de ser insertados en el modelo, este será susceptible de generar escenarios energéticos futuros.

En caso de extrema dificultad o elevado costo para realizar tales mediciones, se puede recurrir a eficiencias estadísticas referenciales.

	BA	PE	EP	DO	VA	EE	ES	CT	U1	U2	U3	U4	U5	U6	UT			
1	PRODUCCION	BA1	PE1	EP1														
2	IMPORTACION	BA2	PE2	EP2														
3	EXPORTACION	BA3	PE3	EP3														
4	NO-UTILIZADO	BA4	PE4	EP4														
5	PERDIDAS	BA5	PE5	EP5														
6	VARIAC. EXIST.	BA6	PE6	EP6														
7	ABASTECIMIENTO	BA7	PE7	EP7														
8	CONS.INTERMED.	BA8	PE8	EP8											PT			
9	GENERAC. VAPOR	BA9	PE9	EP9	-	VA9	-	ES9	PT9									
10	SUB-TOTAL	BA10	PE10	EP10	-	VA10	-	ES10	PT10									
11	GENERAC.ELECT.	-	-	-	-	VA11	EE11	ES11	PT11									
12	SUB-TOTAL	-	-	-	-	VA12	EE12	ES12	PT12									
13	PRODUCCION				-	VA13	EE13	ES13										
14	IMPORTACION				D014	-	EE14	ES14										
15	EXPORTACION				-	-	EE15	ES15										
16	NO-UTILIZADO				D016	VA16	EE16	ES16										
17	PERDIDAS				D017	VA17	EE17	ES17										
18	VARIAC. EXIST.				D018	-	-	ES18										
19	ABASTECIMIENTO				D019	VA19	EE19	ES19										
20	CONS.INTERMED.				-	VA20	-	ES20										
21	CONSUMO NETO				D021	VA21	EE21	ES21										
22	ABAST.BRUTO F.	BA22	PE22	EP22	D022	VA22	EE22	ES22										
23	AB. BRUTO TOT.														ABT			
24	CONS. BRUTO F.	BA24	PE24	EP24	D024	VA24	EE24	ES24										
25	CONS.BRUT.TOT.														CBT			
26	CONS.NETO TOT.	-	-	-	D026	VA26	EE26	ES26	CNT									
27	CONS.NETO TOT.	-	-	-	D027	VA27	EE27	ES27	CT27	U127	U227	U327	U427	U527	U627	UT27		
28	CONS. PROPIO	-	-	-	D028	VA28	EE28	ES28	CT28	U128	U228	U328	U428	U528	U628	UT28		
29	CONS. FINAL	-	-	-	D029	VA29	EE29	ES29	CT29	U129	U229	U329	U429	U529	U629	UT29		
30	CONS.NO ENERG.	-	-	-	D030	VA30	EE30	ES30	CT30	U130	U230	U330	U430	U530	U630	UT30		
31	CONS.ENERG.T.	-	-	-	D031	VA31	EE31	ES31	CT31	U131	U231	U331	U431	U531	U631	UT31		
32	PROC. RELEV.	-	-	-	D032	VA32	EE32	ES32	CT32	U132	U232	U332	U432	U532	U632	UT32		
33	RESTO DE PROC.	-	-	-	D033	VA33	EE33	ES33	CT33	U133	U233	U333	U433	U533	U633	UT33		
34	CONS.UTIL TOT.	-	-	-	D034	VA34	EE34	ES34	CT34	U134	U234	U334	U434	U534	U634	UT34	Z234	n34
35	CONS. PROPIO	-	-	-	D035	VA35	EE35	ES35	CT35	U135	U235	U335	U435	U535	U635	UT35	Z235	n35
36	CONS. FINAL	-	-	-	D036	VA36	EE36	ES36	CT36	U136	U236	U336	U436	U536	U636	UT36	Z236	n36
37	CONS.NO ENERG.	-	-	-	D037	VA37	EE37	ES37	CT37	U137	U237	U337	U437	U537	U637	UT37	Z237	n37
38	CONS.ENERG.T.	-	-	-	D038	VA38	EE38	ES38	CT38	U138	U238	U338	U438	U538	U638	UT38	Z238	n38
39	PROC. RELEV.	-	-	-	D039	VA39	EE39	ES39	CT39	U139	U239	U339	U439	U539	U639	UT39	Z239	n39
40	RESTO DE PROC.	-	-	-	D040	VA40	EE40	ES40	CT40	U140	U240	U340	U440	U540	U640	UT40	Z240	n40
41	PERD.UTILIZAC.	-	-	-	D041	VA41	EE41	ES41	CT41	U141	U241	U341	U441	U541	U641	UT41		
42	RENDIMIENTO	-	-	-	D042	VA42	EE42	ES42	CT42	U142	U242	U342	U442	U542	U642	UT42		

De esta forma y enfatizando el ánimo demostrativo que lo motiva, se presentará a continuación un resultado suscrito para datos estimados correspondientes a CAAP Paramonga.(ver TABLA Nro. 6 y 7).

Estos valores corresponden al consumo a nivel de energía neta. Para objetivizar el análisis y observar el consumo a nivel de energía útil y de fuentes de energía, estableceremos algunas consideraciones:

- El aporte energético del Bagazo igual a 25 por ciento del aporte energético del Petróleo.
- Energía eléctrica importada igual a 25 por ciento de la producida en el Ingenio.
- Eficiencia de conversión de Petróleo y Bagazo en vapor, igual a 60 por ciento.
- Eficiencia de conversión de vapor en electricidad igual a 75 por ciento.
- Eficiencias de utilización en motores diesel, motores eléctricos, turbinas a vapor y en calor de proceso, iguales a 30, 90, 50 y 40 por ciento respectivamente.

Luego de utilizar estas premisas, se obtiene el siguiente esquema de consumo energético, presentado en forma sucinta con el propósito de destacar la distribución porcentual a nivel de consumo de energía por fuentes neta y útil (ver TABLA Nro. 8)

TABLA No. 6

CONSUMO ENERGETICO REFERENCIAL DESAGREGADO PARA UN INGENIO AZUCARERO

N°	PROCESO	EQUIPO	RECURSO ENERGETICO	MAGNITUD	TIEMPO :(Fracción):(MJ/[TCH-Hr])	ENERGIA	%
1	RECEPCION Y DESCARGA DE CAÑA	Gruas y Cargadores frontales Camiones tipo Traylor Balanza de plataforma Grúa Hilo	Petroleo Petroleo Electricidad Electricidad	202.50 67.84 1.84 3.69	0.33 0.25 0.08 0.42	67.50 16.96 0.15 1.54	4.00% 1.00% 0.01% 0.09%
2	LIMPIEZA Y PREPARACION DE CAÑA	Conductor de mesa inclinada Regulador de caña Conductores de caña Bomba de agua Mecanismo separador Machete Desfibrador Separador magnético	Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad Vapor (Fuerza Motriz) Vapor (Fuerza Motriz) Electricidad	3.11 9.11 15.94 28.47 3.80 33.35 52.24 0.38	0.75 0.75 0.75 0.75 0.75 0.75 0.75 0.75	2.33 6.83 11.96 21.35 2.85 25.01 39.18 0.28	0.14% 0.40% 0.71% 1.26% 0.17% 1.48% 2.32% 0.02%
3	MOLIENDA Y CLARIFICADO	Molinos Bombas de jugo Faja transportadora Tanque de jugo encalado Bombas de jugo encalado	Vapor (Fuerza Motriz) Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad	42.79 15.58 0.77 1.56 12.69	0.75 1.00 0.75 1.00 1.00	32.09 15.58 0.58 1.56 12.69	1.90% 0.92% 0.03% 0.09% 0.75%
4	CALENTAMIENTO	Calentadores de jugo encalado	Vapor (Calor)	197.64	1.00	197.64	11.70%
5	CLARIFICADO DE JUGO	Clarificadores 'Rapidor' Bombas de diafragma Mezclador de cachaza-bagacillo Filtro rotatorio Bomba de vacío	Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad	0.81 0.50 0.44 1.69 5.01	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	0.81 0.50 0.44 1.69 5.01	0.05% 0.03% 0.03% 0.10% 0.30%
6	CALENTAMIENTO DE JUGO CLARIFICADO	Bomba de jugo clarificado Calentadores de jugo clarificado	Electricidad Vapor (Calor)	8.45 84.46	1.00 1.00	8.45 84.46	0.50% 5.00%
7	PRE-EVAPORACION	Pre-evaporador 'Kestner'	Vapor (Calor)	118.24	1.00	118.24	7.00%
8	EVAPORACION	Evaporadores	Vapor (Calor)	709.47	1.00	709.47	42.00%

TABLA No. 7

CONSUMO ENERGETICO REFERENCIAL CONSOLIDADO PARA UN INGENIO AZUCARERO

N°	PROCESO	RECURSO ENERGETICO	ENERGIA (MJ/[TCH-Hr])	%	TOTALES (MJ/[TCH-Hr])	%
1	RECEPCION Y DESCARGA DE CAÑA	Petroleo Electricidad	84.46 1.69	5.00% 0.10%	86.15	5.10%
2	LIMPIEZA Y PREPARACION DE CAÑA	Electricidad Vapor (Fuerza Motriz)	45.61 64.19	2.70% 3.80%	109.80	6.50%
3	MOLIENDA Y CLARIFICADO	Electricidad Vapor (Fuerza Motriz)	30.41 32.09	1.80% 1.90%	62.50	3.70%
4	CALENTAMIENTO	Vapor (Calor)	197.64	11.70%	197.64	11.70%
5	CLARIFICADO DE JUGO	Electricidad	8.45	0.50%	8.45	0.50%
6	CALENTAMIENTO DE JUGO CLARIFICADO	Electricidad Vapor (Calor)	8.45 84.46	0.50% 5.00%	92.91	5.50%
7	PRE-EVAPORACION	Vapor (Calor)	118.24	7.00%	118.24	7.00%
8	EVAPORACION	Vapor (Calor)	709.47	42.00%	709.47	42.00%
9	CRISTALIZACION	Electricidad Vapor (Calor)	6.76 101.35	0.40% 6.00%	108.11	6.40%
10	CENTRIFUGACION	Electricidad	47.30	2.80%	47.30	2.80%
11	REFINACION DE AZUCAR	Electricidad Vapor (Calor)	86.15 45.61	5.10% 2.70%	131.76	7.80%
12	SECADO	Electricidad Vapor (Calor)	1.69 11.82	0.10% 0.70%	13.51	0.80%
13	ENVASE Y ALMACENAMIENTO	Electricidad	3.38	0.20%	3.38	0.20%
			1689.21	100.00%	1689.21	100.00%

RESULTADOS

=====

(MJ/[TCH-Hr])

CONSUMO POR FUENTES	ELECTRICIDAD	239.87	14.20%
	PETROLEO	84.46	5.00%
	VAPOR (CALOR)	1268.60	75.10%
	VAPOR (FUERZA MOTRIZ)	96.28	5.70%
		1689.21	100.00%

TABLA Nro. 8

CONSUMO DE ENERGIA (%)				
Fuentes		Uso energético	Neta	Util
Petróleo	76.2	Calor de proceso	5.0	3.2
Bagazo	19.1	Fuerza motriz (vapor)	14.2	27.1
Electricidad	1.7	Fuerza motriz (electric.)	75.1	63.6
Diesel Oil	3.0	Motores Diesel	5.7	6.1

Del esquema mostrado se observa que cualquier estudio de diagnóstico o predicción referente al sistema energético en análisis, debería realizarse de ser posible, a nivel de consumo energético útil, puesto que es el aporte real de energía que se consume en cada caso (ver GRAFICO Nro. 13).

5.5 Generalización de resultados.

El balance de energía del sistema en estudio, puede superponerse a sus similares provenientes del Sector Agro-industria. Mas aun, en las matrices correspondientes, es posible añadir nuevas fuentes y procesos a medida que estos sean necesarios de acuerdo a los flujos energéticos de los procesos en otros sistemas. Luego de tal superposición se obtendría el **BALANCE ENERGETICO NACIONAL**, el cual al ser obtenido de esa forma, representaría con mayor exactitud el sistema energético nacional, permitiendo además analizar la interacción entre los subsectores

energéticos.

El aporte de energía estará supeditado a las relaciones del sub-sistema energético con el sistema socio-económico, manifestándose a través del precio de los combustibles y su disponibilidad en las cercanías de la instalación, principalmente.

Los resultados así obtenidos para un Ingenio en particular, pueden emplearse para definir índices de consumos energéticos para cada proceso y en función de las toneladas de caña que se producen. Tales índices pueden hacerse extensivos a los otros ingenios del país, si la tecnología con la que operan es similar al analizado. Nuevamente con afán demostrativo se presentarán índices referenciales, producto de estimados en el consumo de energía por tonelada de caña de azúcar para la CAAP, Paramonga (ver TABLA Nro. 9).

De este modo el desarrollo de modelos energéticos para sistemas homogéneos permitirá agilizar la toma de decisiones en los estudios de casos y por otro lado formarán parte integrante del sistema energético nacional posibilitando el desarrollo decisivo de la planificación energética.

Los sistemas energéticos señalados, pueden ser también los correspondientes al Sector Transporte y al Sector Doméstico. En este último, debido a las

TABLA Nro. 9

PROCESO	FUENTE ENERGETICA	CONSUMO ENERGETICO ESPECIFICO (MJ / Hr-TCH)
1	DO	84.46
	EE	1.60
2	EE	45.61
	VA (FM)	64.19
3	EE	30.41
	VA (FM)	32.09
4	VA (CA)	197.64
5	EE	8.45
6	EE	8.45
	VA (CA)	84.46
7	VA (CA)	118.24
8	VA (CA)	709.47
9	EE	6.76
	VA (CA)	101.35
10	EE	47.30
11	EE	86.15
	VA (CA)	45.61
12	EE	1.69
	VA (CA)	11.82
13	EE	3.38
TOTAL		1690.0

características de nuestro país, al desdoblarse en Urbano y Rural, cobra relevancia la participación de

las denominadas fuentes de energía no-convencionales, las cuales podrán añadirse en las matrices del balance energético presentado.

Sea en un sector ú otro, será posible definir donde es más conveniente ejecutar, entre otras cosas, medidas orientadas hacia la CONSERVACION DE LA ENERGIA.

CONCLUSIONES

El estudio de los sistemas energéticos en Perú, a través del Balance Energético Nacional, servirá de base para la modelización de los mismos.

- La elaboración de balances energéticos referidos a sistemas energéticos regionales, permite constituir por superposición un Balance Energetico Nacional, que refleje con mayor precisión las interacciones de nuestros sistemas energéticos.

La consideración de la energía útil en la estructura del consumo de energía, refleja con mayor precisión el aporte real de energía para la satisfacción de los diferentes requerimientos energéticos.

- La eficiencia del consumo energético en el Ingenio es de 59.7 por ciento en términos de energía final; si la referimos a nivel de energía útil es 28.2 por ciento.
- A partir de lo anterior se establece que para los 1,689.21 MJ/TCH-Hr que se estima consume el Ingenio, se requieren 2,831.12 MJ/TCH-Hr de energía primaria, de los cuales sólo 797.31 MJ/TCH-Hr es el aporte real de energía para la realización de los procesos de elaboración de azúcar.

- Los balances energéticos integrales, desarrollados en Grenoble (Francia), permiten introducir el uso de nuevas tecnologías en las diferentes matrices correspondientes.

Los balances de energía pueden interactuar con variables de carácter económico y dar principio a los modelos econométricos.

- El balance energético es un valioso elemento de ayuda para delinear acciones orientadas a la sustitución de combustibles y la conservación de la energía.
- Queda establecida la importancia de la Planificación energética y la Administración de la energía, en el estudio del Sistema Energético Nacional, como palanca de desarrollo para Perú.
- Resulta conveniente estructurar un banco de datos en **energía** a nivel nacional, capaz de suministrar información al Balance Energético Nacional y generar un modelo de energía para Perú, susceptible de interactuar con los modelos energéticos ya establecidos.
- Los estudios realizados sobre tópicos concernientes a la planificación energética han venido desarrollándose con mayor participación de profesionales del sector Economía; no obstante, es imprescindible y urgente el aporte de la Ingeniería en el estudio de esta problemática, a fin de plasmar en realidad las conclusiones a que se puedan

arribar, acerca del Sistema Energético de Perú.

- El estudio de la energía, a través de la Ingeniería, es gravitante en el afán de generar un nuevo concepto de Industria.

BIBLIOGRAFIA

1. "BALANCES ENERGETICOS", XVIII Curso Latinoamericano de economía y planificación energética.
Instituto de Economía Energética (IDEE)
(Asociado a Fundación Bariloche)
Argentina, San Carlos de Bariloche - 1988
2. 'JOINT PERU / UNITED STATES REPORT ON PERU / UNITED STATES COOPERATIVE - ENERGY ASSESSMENT'
Volumes numbers One & Three.
U.S. Department of Energy.
USA, Washington DC - August 1979
3. 'SOURCEBOOK FOR ENERGY ASSESSMENT'
Brookhaven National Laboratory (BNL)
USA, New York - December 1975
4. "ECONOMIA DE LA ENERGIA"
XVIII Curso Latinoamericano de economía y planificación energética.
IDEE
Argentina, San Carlos de Bariloche - 1988
5. 'THE ASSESSMENT OF INDUSTRIAL CONSERVATION POLICIES USING ALTERNATIVE MODELS OF INDUSTRIAL ENERGY USE'

BNL
USA, New York - January 1981

6. "MODELOS ENERGETICOS"

XVIII Curso latinoamericano de economía y planificación
energética.

IDEE

Argentina, San Carlos de Bariloche - 1988

7. 'THE UNITED STATES ENERGY SYSTEM - A UNIFIED PLANNING
FRAMEWORK'

Kenneth C. Hoffman

* Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.)

USA, Michigan - June 1972

8. "BALANCE NACIONAL DE ENERGIA"

Series 1970-1984 ; 1985-1987

Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Consejo Nacional de Energía (CONERG)

Perú, Lima - 1986 y 1989, respectivamente.

9. "ENERGY - A GUIDEBOOK"

Dr. Janet Ramage

Oxford University Press

England, Oxford - 1988

ANEXO

PAG.

Cuadro Nro.	1	· Clasificación de la Industria.	11
	2	· Equipamiento estándar de un proceso de elaboración de azúcar.	105
	3	: Consumo energético en los procesos	106
	4	: Usos energéticos en el Ingenio	110
	5	· Planilla energética-Energía Final	110
	6	: Planilla energética-Energía útil	113
	7	: Matrices del balance energético.	126
	8	: Balance energético en el Ingenio	130
Gráfico Nro.	1	· Energía Primaria y Secundaria-Perú.	19
	2	: Niveles Nacional y Agropecuario-Variación de índices.	24
	3	· Distribución de Superficie e índice Demográfico.	29
	4	: Niveles Nacional y Agropecuario	33
	5	· Diagrama general del flujo energético en el Ingenio	108
	6	· Balance de energía primaria	119
	7	: Centros de transformación primaria	119
	8	: Centros de transformación secundaria	120
	9	: Balance de energía secundaria	121
	10	: Consumo de energía neta	122
	11	: Consumo de energía útil	123

	12	- Balance energético Integral	124
	13	: Consumo de energía-Primaria, neta y útil.	135
Tabla Nro.	1	: Energía Primaria - Perú	15
	2	: Energía Secundaria - Perú	18
	3	: Nivel Nacional-Indices	22
	4	: Nivel Agropecuario-Indices	23
	5	: Niveles Nacional y Agropecuario- Indices.	32
	6	- Consumo energético referencial desagregado para un Ingenio Azucarero	132
	7	: Consumo energético referencial consolidado para un Ingenio Azucarero	133
	8	: Consumo de energía - Fuentes y usos	134
	9	: Consumos energéticos específicos referenciales.	137