

9no Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente

Indicadores de eficiencia energética y ecológica de la fábrica de Sueros Parenterales de Santiago de Cuba.

Dr. René Lesme Jaén¹, Ing. Fernando Silva Jardines², Dr. Luis Oscar Oliva Ruiz³ and Ing. Juan Carlos Pozo Vega³

¹ Departamento, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, email

² Departamento, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, fernando.silva@uo.edu.cu

³ Departamento, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Abstract— In the present work is made a description of the productive process and technical-administrative structure of the Parenteral Solutions Plant of the Farmacéuticos Oriente Laboratories of Santiago de Cuba, as well as its energy characterization in the period 2013-2017. Based on fuel-oil and electricity consumption, the consumption indices were determined by production units and, through the comparison of the base and the goal line of the best behaviors, using ISO 50001 as a tool, fuel-oil and electricity and fuel savings potentials are estimated. As a result of the work it was obtained that the most consumed carrier is electricity with 80.00%, followed by fuel-oil with 18.00%, direct diesel with 2.00%. The real consumption indices of the plant were determined, as well as the standard consumption indices, resulting in 0.69 MWh / Thousands of liters and 0.14 Ton of fuel oil / Thousands of liters, 0.61 MWh / Thousands of liters and 0.12 Ton / Thousands of liters respectively. Based on these results, the energy efficiency of using these energy carriers of the plant was evaluated, obtaining 88.00% for Fuel Oil and 89.00% for Electric Energy. The ecological efficiency of the company was calculated from the CO2 emissions to the atmosphere by the consumption of these energy carriers, taking values of 85% for both cases.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética implica lograr un nivel de producción y/o servicios con los requisitos establecidos por el cliente con el menor consumo energético y la menor contaminación ambiental por éste concepto, sin embargo la experiencia indica que solo se podrán alcanzar resultados significativos y perdurables en la elevación de la eficiencia energética de una organización, cuando estos se obtienen como resultado de la implementación y el mejoramiento continuo de un sistema de gestión energética.

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que de otros sistemas como el de gestión de calidad, requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, para mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad.

En el año 2008 la ISO identificó la necesidad de desarrollar una Norma Internacional para los Sistemas de Gestión Energética, la ISO 50001 [1]. La norma se basa en el Ciclo de Mejora Continua: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA). Dentro del ciclo una etapa

importante es de la Revisión Energética donde se realiza un análisis del uso y consumo de energía, se identifican las áreas más significativas y oportunidades de mejoras.

En Cuba, la industria farmacéutica ha tenido un crecimiento paulatino, convirtiéndose en el 2012 en el segundo sector exportador del país, por lo que establecer un sistema de gestión energética en la empresa constituye una necesidad en aras de elevar la competitividad de la misma.

En el presente trabajo a partir de los niveles de consumo de portadores energéticos en el período del año 2013 al 2017 se evalúan los indicadores de eficiencia energética y ecológica de la fábrica de Sueros Parenterales de Santiago de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

En todo el proceso productivo, se consume energía eléctrica procedente de la red nacional y vapor generado en una caldera piro tubular. La matriz energética del consumo total de portadores energéticos de la fábrica en % del total, expresada en toneladas de petróleo equivalente para la producción de sueros parenterales se muestra en la figura 1, donde se puede apreciar que la electricidad y el fuel oil representan el 98 % portadores energéticos que consume la planta, siendo los equipos mayores consumidores las bombas centrifugas verticales multi-etapas, las bombas centrífugas sanitarias, Skit Ultrafiltración, Skit Osmosis Inversa, Water Chiller y los Generador Vapor Puro.

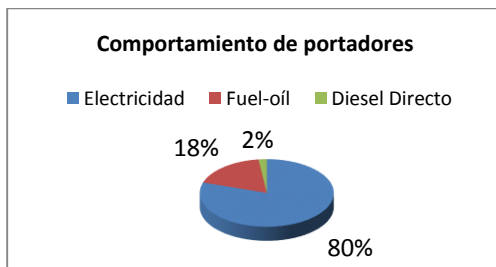


Figura 1. Consumo de portadores energéticos (% del Total).

Los niveles de consumo de Fuel Oil y electricidad para la producción se presentan en la tabla 1 y 2,

Tabla 1. Consumo de Fuel Oil vs. Producción.

Meses	Año 2013		Año 2014		Año 2015		Año 2016		Año 2017	
	Producción (ML)	Combustible (Ton)	Producción (ML)	Combustible (Ton)	Producción (ML)	Combustible (Ton)	Producción (ML)	Combustible (Ton)	Producción (ML)	Combustible (Ton)
Enero	320,42	59,58	79,68	17,15	410,75	57,70	524,12	76,58	399,85	57,83
Febrero	414,55	59,94	92,96	18,79	507,58	67,47	603,43	71,82	109,56	12,15
Marzo	617,24	50,55	86,32	17,27	658,81	86,25	509,67	65,48	132,80	44,83
Abril	408,36	43,62	56,44	9,89	882,49	60,84	763,40	76,72	536,24	78,07
Mayo	563,02	60,79	73,04	17,99	666,10	66,68	524,47	65,66	403,91	50,67
Junio	447,15	57,86	153,05	37,23	634,47	73,08	749,08	81,31	432,20	64,11
Julio	427,07	55,14	263,81	37,68	562,08	67,447	616,75	74,26	574,10	84,44
Agosto	562,06	50,46	419,97	49,74	695,20	74,82	739,35	81,71	643,09	83,68
Septiembre	568,77	70,04	476,75	56,32	175,17	26,56	640,33	83,38	543,22	63,79
Octubre	596,90	68,18	567,37	62,45	523,90	49,60	603,99	72,34	732,71	84,86
Noviembre	58,20	16,39	438,58	52,80	714,17	79,04	684,65	88,23	636,46	78,61
Diciembre	89,64	13,39	438,58	46,25	454,39	61,46	545,17	69,73	537,44	76,94
Promedio	422,78	50,49	262,22	35,29	573,75	64,24	625,36	75,60	473,46	64,99

Tabla 2. Consumo de Electricidad vs. Producción.

Meses	Año 2013		Año 2014		Año 2015		Año 2016		Año 2017	
	Producción (ML)	Electricidad (MWh)	Producción (ML)	Electricidad (MWh)	Producción (ML)	Electricidad (MWh)	Producción (ML)	Electricidad (MWh)	Producción (ML)	Electricidad (MWh)
Enero	320,42	273,6	79,68	103,9	410,75	284,9	524,12	306,5	399,85	188,6

Febrero	414,55	241,0	92,96	92,5	507,58	279,8	603,43	280,1	109,56	89,3
Marzo	617,24	254,3	86,32	99,8	658,81	326,9	509,67	280,2	132,80	205,8
Abril	408,36	237,3	56,44	86,5	882,49	316,4	763,40	281,9	536,24	281,7
Mayo	563,02	278,8	73,04	121,1	666,10	323,2	524,47	302,7	403,91	237,7
Junio	447,15	291,0	153,05	219,1	634,47	344,6	749,08	351,6	432,20	295,1
Julio	427,07	209,6	263,81	330,5	562,08	321,0	616,75	335,9	574,10	318,4
Agosto	562,06	244,5	419,97	335,7	695,20	342,6	739,35	304,3	643,09	342,9
Septiembre	568,77	304,7	476,75	323,6	175,17	159,9	640,33	285,7	543,22	280,2
Octubre	596,90	336,8	567,37	335,4	523,90	266,0	603,99	260,8	732,71	329,3
Noviembre	58,20	107,4	438,58	288,7	714,17	327,3	684,65	283,6	636,46	307,6
Diciembre	89,64	87,3	438,58	266,8	454,39	273,0	545,17	236,1	537,44	272,4
Promedio	422,78	238,85	262,22	216,96	573,75	297,13	625,36	292,45	473,46	262,41

Índices de Consumo

Los índices de consumo se obtienen dividiendo el consumo del portador energético entre la producción realizada. Los índices de consumos reales son determinados a partir de todos los puntos que conforman la línea base (Tablas 1 y 2) y los índices de consumo patrones son determinados a partir de la línea de meta.

Indicadores de eficiencia energética.

Para evaluar la eficiencia del uso de los portadores energéticos de la Fábrica se utilizaron el índice de consumo (IC), índice de eficiencia energética (IE), eficiencia ecológica EE y índice de emisiones (IES). [4,5]

$$IC = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Producción realizada}} \quad (1)$$

$$IE = \frac{\text{Energía teórica, línea de meta}}{\text{Energía real, línea base}} \quad (2)$$

$$IES = \frac{\text{Emisiones de } CO_2 (V_{CO_2}^o)}{\text{Producción realizada}} \quad (3)$$

$$V_{CO_2}^o = \frac{1,866}{100} C^P \quad (4)$$

$$EE = \frac{Co_{electr} \text{ lineameta} X E_E + Co_{comb} \text{ lineameta} X V_{CO_2}^o}{Co_{electr} \text{ real} X E_E + Co_{comb} \text{ real} X V_{CO_2}^o} \quad (5)$$

Donde:

- V_{CO_2} , Volumen de CO2 emitido, m³N/Kg de combustible.
- C^P , Por ciento de carbono en el combustible, 83,7% [6]
- Co_{elect} , Consumo de electricidad
- Co_{comb} , Consumo de combustible
- EE, índices de emisiones específicas de la generación de electricidad en Cuba, 1127kg de CO2/kWh [7]

I. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ISO 50001 plantea el establecimiento de la línea base y meta del consumo de portadores energéticos contra producción realizada en el período de tiempo analizado [1,3]. Estos gráficos muestran la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada. A partir del establecimiento de la línea base se puede determinar la línea meta con los datos de menores consumos, que son los puntos que se ubican por debajo de la línea de meta (Figura 2 y 3)

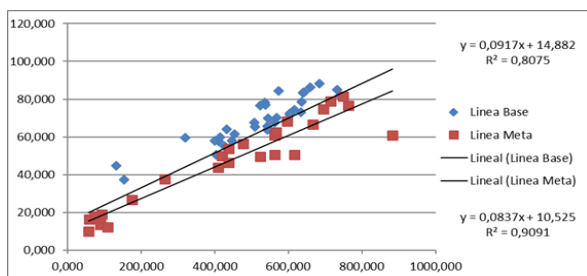


Figura 2. Línea base y meta consumo de fuel oil vs producción.

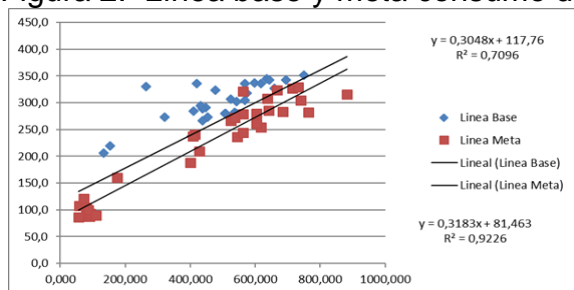


Figura 4. Línea base y meta consumo de Energía Eléctrica vs producción.

La figura 3 muestra que hay un consumo de fuel oil no asociado a la producción de 14,88 toneladas de petróleo (línea base), pudiendo ser reducido a 10,52 toneladas (línea meta), lo cual representa un potencial de ahorro de un 29%

La figura 4 muestra que hay un consumo de electricidad no asociado a la producción de 117,7 MWh (línea base), pudiendo ser reducido a 81,46 MWh, lo cual representa un potencial de ahorro de un 31%.

Índice de Consumos.

En las tablas 3-6 se presentan los resultados para los índices de consumo.

Tabla 3. Índices de consumo Reales (Fuel oil).

Meses	Índice de consumo (Ton/ML)				
	Año	Año	Año	Año	Año
	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	0,19	0,22	0,14	0,15	0,14
Febrero	0,14	0,20	0,13	0,12	0,11
Marzo	0,08	0,20	0,13	0,13	0,34
Abril	0,11	0,18	0,07	0,10	0,15
Mayo	0,11	0,25	0,10	0,13	0,13
Junio	0,13	0,24	0,12	0,11	0,15
Julio	0,13	0,14	0,12	0,12	0,15
Agosto	0,09	0,12	0,11	0,11	0,13
Septiembre	0,12	0,12	0,15	0,13	0,12
Octubre	0,11	0,11	0,09	0,12	0,12
Noviembre	0,28	0,12	0,11	0,13	0,12
Diciembre	0,15	0,11	0,14	0,13	0,14
Promedio	0,14	0,17	0,12	0,12	0,15

Tabla 4. Índices de consumo Reales (Electricidad).

Meses	Índice de consumo (MWh/ML)				
	Año	Año	Año	Año	Año
	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	0,85	1,30	0,69	0,59	0,47
Febrero	0,58	1,00	0,55	0,46	0,82
Marzo	0,41	1,16	0,50	0,55	1,55
Abril	0,58	1,53	0,36	0,37	0,53

Mayo	0,50	1,66	0,49	0,58	0,59
Junio	0,65	1,43	0,54	0,47	0,68
Julio	0,49	1,25	0,57	0,55	0,56
Agosto	0,44	0,80	0,49	0,41	0,53
Septiembre	0,54	0,68	0,91	0,45	0,52
Octubre	0,56	0,59	0,51	0,43	0,45
Noviembre	1,85	0,66	0,46	0,41	0,48
Diciembre	0,97	0,61	0,60	0,43	0,51
Promedio	0,70	1,06	0,56	0,48	0,64

Tabla 5. Índices de consumo Patrones para Fuel oil.

Meses	Índice patrón (Ton/ML)				
	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Enero	0,12	0,22	0,11	0,10	0,11
Febrero	0,11	0,20	0,10	0,10	0,18
Marzo	0,10	0,21	0,10	0,10	0,16
Abril	0,11	0,27	0,10	0,10	0,10
Mayo	0,10	0,23	0,10	0,10	0,11
Junio	0,11	0,15	0,10	0,10	0,11
Julio	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10
Agosto	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10
Septiembre	0,10	0,11	0,14	0,10	0,10
Octubre	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Noviembre	0,27	0,11	0,10	0,10	0,10
Diciembre	0,20	0,11	0,11	0,10	0,10
Promedio	0,13	0,16	0,11	0,10	0,12

Tabla 6. Índices de consumo Patrones para Energía eléctrica.

Meses	Índice de patrón (MWh/ML)				
	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017
Enero	0,57	1,34	0,52	0,47	0,52
Febrero	0,52	1,20	0,48	0,45	1,06
Marzo	0,45	1,26	0,44	0,48	0,93
Abril	0,52	1,76	0,41	0,43	0,47
Mayo	0,46	1,43	0,44	0,47	0,52
Junio	0,50	0,85	0,45	0,43	0,51
Julio	0,51	0,63	0,46	0,45	0,46
Agosto	0,46	0,51	0,44	0,43	0,45
Septiembre	0,46	0,49	0,78	0,45	0,47
Octubre	0,46	0,46	0,47	0,45	0,43

Noviembre	1,72	0,50	0,43	0,44	0,45
Diciembre	1,23	0,50	0,50	0,47	0,47
Promedio	0,65	0,91	0,49	0,45	0,56

Los valores indican que es posible reducir los índices de consumo de fuel oíl de 0,14 hasta 0,12 Ton/ML lo cual significa un ahorro de combustible de 0,02 Ton/ML. En el caso de la electricidad de 0,68 MWh/ML hasta 0,61 MWh/ML, con un ahorro de 0,07 MWh/ML.

En la tabla 7 se presentan los resultados para los indicadores de Eficiencia Energética.

Tabla 7. Indicadores de Eficiencia Energética

Indicadores de eficiencia energética	Fuel oil	Energía eléctrica
Índice de consumo (IC)	0,12 Ton/ML	0,61 MWh/ML
Índice de eficiencia energética (IE)	88,00%	89,00%
Eficiencia ecológica (EE)	85,00%	85,00%
Índice de emisiones (IES)	13,85 CO ₂ /ML	Ton de

CONCLUSIONES

1. Como resultado del trabajo se obtuvo que el portador que más se consume es la electricidad con un 80,00%, seguida del fuel-oíl con 18,00%, el diesel directo con 2,00%. Se determinaron los índices de consumo reales de la planta, así como los índices de consumo patrones, teniendo como resultados 0,69 MWh/Miles de litros y 0,14 Ton de fuel oíl/Miles de litros, 0,61 MWh/Miles de litros y 0,12 Ton/Miles de litros respectivamente.
2. A partir de estos resultados se evaluó la eficiencia energética del uso de eso de estos portadores energéticos de la planta obteniendo como resultados con 88,00% para el Fuel oíl y 89,00% para la Energía Eléctrica.
3. Se calculó la eficiencia Ecológica de la empresa a partir de las emisiones de CO₂ a la atmosfera por el consumo de estos portadores energéticos, tomando valores del 85% para ambos casos.

AGRADECIMIENTOS

Las secciones de agradecimientos y referencias no llevan enumeración en su encabezado. Cualquier agradecimiento a personas u órganos de apoyo financiero deben ser colocados en esta sección.

REFERENCIAS

1. Norma internacional ISO 50001. Sistema de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Año 2011.
2. Datos reportados por el Departamento de Estadística de la Empresa.
3. Borroto Nordelo Aníbal. Año 2013. Recomendaciones metodológicas para la Implementación de sistemas de gestión energética basada en la norma ISO 50001. Cienfuegos, Cuba. Editorial Sur.
4. René Lesme Jaén, Luis Oscar Oliva Ruiz, Leandro Alexei Rodriguez Ortiz. Indices de eficiencia energética de la Fábrica de Conservas Ponupo del municipio Songo-La Maya. Evento Provincial 11 Congreso Internacional de Educación Superior: Universidad 2018. ISBN 978-959-207-586-3.
5. Colectivo de Autores. Año 2006. Gestión energética en el sector productivo y los servicios. Cienfuegos, Cuba. Editorial Sur.
6. Despaigne Wilson, Husseing. Factibilidad del empleo de la energía solar para el calentamiento de agua en la lavandería del hospital Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso de Santiago de Cuba. Tesis presentada en opción al Título de Master en Eficiencia Energética. Universidad de Oriente, Año 2013.
7. Mario Alberto Arrastía Avila. Electricidad y emisiones de CO2. www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia70/HTML/Articulo05.htm.