

Análisis de consumos y costos eléctricos de producción por producto en una industria licorera¹

Rosa Estefany Portillo Ramos², Juan Manuel Segura³, Juan Fernando Flórez Marulanda⁴

Resumen.

Introducción. Este artículo desarrolla un método para estimar costos eléctricos por unidades de producción en una industria, basada en la norma ISO 50002 y estándares ISA 5.1 e ISA 88.1. **Objetivo.** Encontrar indicadores que relacionen el consumo de energía con los niveles de producción. **Materiales y métodos.** El método consta de ocho pasos: definición de objetivos, recolección de datos históricos, definición de áreas de interés, realización del censo de carga, ejecución de medición, trabajo de campo, cálculos y resultados y análisis. Siendo aplicada en una industria licorera en Popayán Colombia, dónde se estimaba el

costo eléctrico por producto asignando el 80% del total consumido al área de producción. **Resultados.** Con la aplicación del método se encontró la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de aguardiente en distintas presentaciones; en el área de producción el consumo de energía es fluctuante cada mes, pero su promedio es del 22% del total facturado durante el periodo estudiado. **Conclusiones.** La estimación de energía teórica tiene un error del 2,4% en comparación con los equipos de medición, por lo que el método desarrollado es apropiado para la implementación práctica.

Palabras clave: ISO 50002, industria eléctrica, recursos energéticos, ISA 5.1, ISA 88.1.

1 Artículo original del trabajo de investigación “Cuantificación del consumo eléctrico de producción por producto con técnicas de modelado de procesos y de auditoría energética. Industria Licorera del Cauca” realizado entre el 4 de Julio de 2018 y el 1 de febrero de 2019 en el Departamento del Cauca financiado por la Universidad del Cauca y la Industria Licorera del Cauca.

2 Ingeniera en automática industrial de la Universidad del Cauca. Correo: pestefany@unicauca.edu.co
ORCID: 0000-0002-8348-9424.

3 Ingeniero en automática industrial de la Universidad del Cauca. Jefe de mantenimiento de la industria licorera del Cauca y Docente de la Fundación Universitaria de Popayán. Correo: juan.segura@docente.fup.edu.co. ORCID: 0000-0002-8648-7635.

4 Mg. en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones; Especialista en Informática Industrial; Especialista en Redes y Servicios Telemáticos; docente de planta en el departamento de electrónica, instrumentación y control de la facultad de ingeniería electrónica y telecomunicaciones de la Universidad del Cauca. Correo: jflorez@unicauca.edu.co. ORCID: 0000-0003-1646-4419

Autor para correspondencia: Juan Fernando Flórez Marulanda, correo: jflorez@unicauca.edu.co
Recibido: 20/11/2019 Aceptado: 21/07/2020

Analysis of consumption and electric cost of production for product in a liquor industry

Abstract

Introduction. This article develops a method to estimate electricity costs per production units in an industry, based on ISO 50002 and ISA 5.1 and ISA 88.1 standards. **Objective.** Finding indicators to relate energy consumption with production levels. **Materials and methods.** The method consists of eight steps: definition of objectives, collection of historical data, definition of areas of interest, performance of the census of load, execution of measurement, fieldwork, calculations and results and analysis. It was applied in a liquor industry in Popayán Colombia, where the electricity cost per product was estimated assigning 80% of the total consumed to the production area. **Results.** With the application of the method the amount of energy needed to produce a brandy unit in different presentations was found; in the production area, energy consumption is fluctuating every month, but its average is 22% of the total invoiced during the period studied. **Conclusions.** The theoretical energy estimation has an error of 2.4% compared to the measuring equipment, so the method developed is appropriate for practical implementation.

Keywords: ISO 50002, Electrical industry, Energy resources, ISA 5.1, ISA 88.1.

Análise do consumo e custo elétrico de produção de produto em uma indústria de licor

Resumo

Introdução. Este artigo desenvolve um método para estimar os custos de eletricidade por unidades de produção em um setor, com base nos padrões ISO 50002 e ISA 5.1 e ISA 88.1. **Objetivo.** Encontrar indicadores para relacionar o consumo de energia com os níveis de produção. **Materiais e métodos.** O método consiste em oito etapas: definição de objetivos, coleta de dados históricos, definição de áreas de interesse, desempenho do censo de carga, execução de medição, trabalho de campo, cálculos e resultados e análise. Foi aplicado em uma indústria de bebidas em Popayán Colômbia, onde o custo de eletricidade por produto foi estimado atribuindo 80% do total consumido à área de produção. **Resultados.** Com a aplicação do método, foi encontrada a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de conhaque em diferentes apresentações; na área de produção, o consumo de energia está flutuando todos os meses, mas sua média é de 22% do total faturado no período estudado. **Conclusões.** A estimativa teórica de energia apresenta um erro de 2,4% em relação ao equipamento de medição, portanto o método desenvolvido é adequado para implementação prática.

Palavras-chave: ISO 50002, indústria elétrica, recursos energéticos, ISA 5.1, ISA 88.1.

Introducción

La energía desempeña un papel fundamental en el desarrollo de los sectores productivos cuya utilización debería realizarse con elevada eficiencia, bajo impacto medioambiental y menor costo posible; esto es cada vez más importante, ya que el consumo energético se ha incrementado con la producción de bienes y servicios (Larraz, 2011). Un uso eficiente de la energía reduce los costos asociados y las emisiones de CO₂ (Boharb et al., 2017). Sin embargo, se presenta una tendencia en la alta gerencia de que la relación costo – beneficio de las inversiones en eficiencia energética, afectan la productividad y la rentabilidad de la empresa (Trianni et al., 2013). En la actualidad, la exigencia del mercado obliga a las empresas a precisar y medir los requerimientos de los usuarios, bajar los costos, reducir tiempos de producción y mejorar la calidad de sus productos (Tinoco, 2018). Así mismo, si una organización conoce el consumo de energía y los equipos usados en su proceso productivo, realizará una mejor gestión integral en todas las áreas; logrando conocer la eficiencia energética del proceso en sus diferentes etapas, brindando una visión del compromiso ambiental mediante el indicador de huella de carbón de la empresa (Estévez, 2012); entre otros para realizar una evaluación integral de procesos (Galarza, 2012). La implementación de un sistema de gestión integral de energía (SGIE–ISO 50001) en una organización brinda una mejora continua de la eficiencia energética con un enfoque sistemático, en particular cuando se abordan auditorías energéticas soportadas en ISO 50002 (International Organization for Standardization, 2011). Actualmente los costos de producción en una empresa se calculan mediante la suma de los costos fijos más los costos variables (Mowen, 2006), estos cálculos son de carácter global para toda organización; sin una discriminación detallada por áreas, siendo esto importante ya que una industria debe considerar las variaciones

del precio de la energía eléctrica mes a mes y como afecta a los costos totales de producción.

Existen métodos para determinar el uso de la energía en una industria realizando auditorías energéticas. En (Casals, 2014) se analiza el consumo eléctrico utilizando ISO 50002 en una estación de metro en España, tomando acciones en la gestión energética de los equipos y sistemas. En (Fresner et al., 2016) se realiza una serie de auditorías energéticas a 280 PYME en Europa, para conocer el tipo de consumo energético y mejorar su eficiencia energética. En (Dongellini, Marinosci, & Morini, 2014) se efectúa una auditoría energética en ocho edificios de una industria automotriz italiana, para realizar: análisis energético completo, identificación del desperdicio de energía, definición del plan de adaptación para reducir consumos, implementación del plan sistemático de proyectos de ahorro de energía y monitoreo de resultados. Así mismo, en (A. Aranda-Usón, 2012) se proporciona información cuantitativa del consumo energético de cuatro sectores industriales (Alimento y bebida, Textil, Químico y Minerales no metálicos) en España, con un análisis de energía resultante de auditorías energéticas en los sitios e información complementaria. Auditorías realizadas en Taiwan (Ma, Chen, & Gui-Bing, 2012), (Su et al, 2013), describen el potencial ahorro energético de 76 empresas y una auditoría energética a la industria del cemento, siguiendo una metodología basada en las tendencias históricas de consumo de energía y la información tecnológica de la planta. Igualmente, en (Boharb et al, 2016), se realiza una auditoría energética a una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimentos para ganado en Marruecos, analizando el uso de la energía por parte de la empresa, realizando recomendaciones correspondientes. En la literatura (Lin et al, 2014), se resume el potencial de ahorro de energía entre 168.3–762.1 Tera julios de 118 empresas de Pulpa y

Papel en Taiwán. Finalmente, en (Kong et al, 2013), se describe una auditoría energética de una fábrica de papel en China, para identificar oportunidades de conservación de energía y mitigación de CO₂, con un potencial de ahorro de energía de 967,8 Tera julios y de 93.453 toneladas de CO₂.

Los métodos descritos buscan determinar el consumo de energía a nivel global de un sector productivo, y no discriminan por áreas de una industria. Esto es, no determinan la influencia del consumo de energía en los costos, fijos y variables, que se presentan en las industrias respecto a los niveles de producción. Por esta razón en el presente artículo, se desarrolla un método basado en la norma ISO 50002 y

estándares ISA para determinar el consumo de energía por unidad producida, y cómo se distribuye esta energía en las diferentes células que conforman el área de producción de una industria.

Materiales y Métodos

En el desarrollo de un producto participan diferentes células del área de producción que emplean energía eléctrica (EE) transformando la materia prima hasta obtener el producto final. Cada célula generará una cantidad de unidades de salida, para relacionar la producción con el consumo eléctrico se definen indicadores como consumo eléctrico por unidad (Ec. 1):

$$\text{Consumo Eléctrico por Unidad} = \frac{\text{Consumo eléctrico de la sección de producción}}{\# \text{unidades de producto elaborados}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Partiendo de la norma ISO 50002 (International Organization for Standardization, 2011) (García, 2019) y los estándares ISA 5.1 (America National Standard, 1992) (Trippel, 2017) e ISA 88.1 (International Society of Automation, 2006) (Hawkins, 2010), se propone un método de ocho fases para cuantificar el consumo eléctrico por unidad de producto en una industria:

Definición de Objetivos: Determina la problemática a solucionar, fijando los límites y fronteras de solución. Para el caso de estudio, se pretende conocer la cantidad de EE para producir Aguardiente (tradicional -T y sin azúcar -SAz), en sus presentaciones de media botella (M)(375cc.), botella (B)(750cc.), y garrafa (G)(1750cc), y determinar el consumo de EE real en producción y los costos por unidades producidas.

Recolección de Datos históricos: Registra el consumo de EE del proceso como referencia. En este caso, se recolectó la información de producción y consumo energético de enero del 2017 a agosto del 2018.

Definición de áreas de interés: Identifica las áreas y equipos del proceso productivo. En este caso, se centró en el área de producción, conformada por las células preparación y envasado, levantando el modelo físico del área de producción (Tabla 1). Siendo relevantes los motores en el proceso productivo, por su alto consumo energético a nivel industrial (Mantilla, 2005); en las dos células hay 45 motores eléctricos trifásicos, 10 motores en la célula de preparación y 35 en envasado.

Tabla 1. Modelo físico Industria Licorera del Cauca–ILC.

Área	Célula	Unidad	Módulo equipo	Módulo control
Producción	Preparación	Unidad Tratamiento de agua		
		Unidad Almacenamiento de alcohol	33 módulos de equipo	221 módulos de control
		Unidad preparación de aguardiente		
		Unidad almacenamiento de aguardiente		
	Envasado	Unidad Línea de envasado	6 módulos de equipo	40 módulos de control
		Unidad Aire para equipos		

Fuente: Elaborado por los autores.

Realización del Censo de carga: Se recolecta la información que presentan los equipos en sus placas y los tiempos de utilización para establecer el consumo eléctrico (Ec. 2):

$$\text{Consumo Eléctrico} = I * V * \sqrt{3} * FP * h \quad (\text{Ecuación 2})$$

Ejecución de Medición: Se calcula consumos eléctricos, y variables relevantes para conocer la cantidad de EE usada por unidad producida. En este caso el consumo energético y el nivel de producción.

Cálculos y Resultados: Se propone el indicador deseado para relacionar el consumo eléctrico con la producción. La EE total para obtener un producto será igual a la suma de la EE de las diferentes células donde se transforma la materia prima (Ec. 3):

$$EE \text{ por unidad} = EE \text{ célula } 1 + \dots + EE \text{ célula } n \quad (\text{Ecuación 3})$$

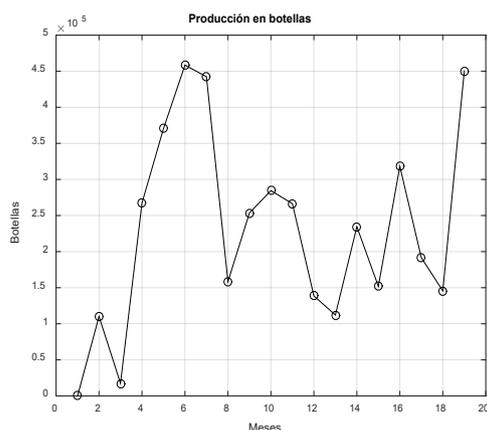
Análisis: Verifica que la información obtenida dentro del proceso de censo de carga y de medición sea lógica y de calidad. Con ello se analiza el consumo de EE en las diferentes células que conforman el área de producción, y se relaciona con las demás áreas de la empresa.

Resultados

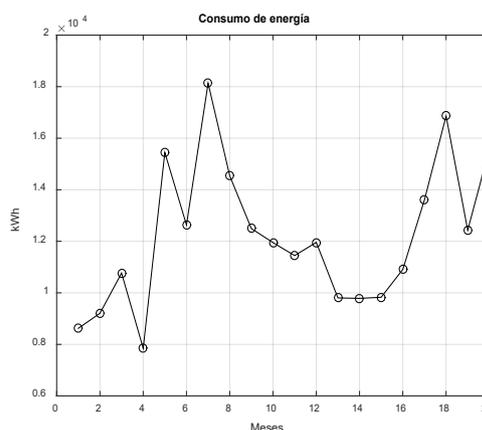
Recolección de datos Históricos

En enero de 2017 el consumo de EE fue de 8.623 kWh con una producción de 0 botellas, además en abril del mismo año el consumo de EE fue de 7.844 kWh y una producción de 17.484 botellas, esto permite inferir posibles consumos externos al área de producción, con consumo de EE considerable (Figura 1).

Figura 1. Comportamiento histórico de variables relevantes.



Nivel de producción en botellas.



Consumo de EE ILC.

Fuente: elaborado por los autores.

Realización del censo de carga

En la célula de preparación se producen lotes de 10.000 L de aguardiente (para 13.333,33 botellas, 26.666,66 medias o 5.714,28 garrafas), utilizando 3.000 litros de alcohol y 7.000

litros de agua, involucrando 8 equipos (Tabla 2). Con esto se estima el consumo de EE para una preparación de 10.000 L de aguardiente, sumando la multiplicación de la potencia de cada equipo por las horas de utilización; empleando un total de 13,68 kWh.

Tabla 2. Censo de carga de los 8 equipos de la célula de preparación.

Área\Equipos	Equipo	Volt. [V]	Corr. [I]	Pot. [kW]	Utilización [horas]	Consumo [kWh]
EE de descarga y almacenamiento de alcohol	B-102	230	25	5,59	0,075 (3.000 L alcohol)	0,42
	B-101	230	20,4	7,45	0,11 (3.000 L alcohol)	0,84
Adecuación de agua y almacenamiento de alcohol	B-001	220	6,80	0,75	1,50 (7.000 L agua)	1,12
	B-003	220	8,50	1,78	0,67 (7.000 L agua)	1,19
	B-103	230	13,60	3,72	0,25 (3.000 L alcohol)	0,93
EE Preparación y almacenamiento de Aguardiente	B-301	220	11,50	3	0,83 (10.000 L Aguardiente)	2,49
	M-201	230	8,60	2,23	1,5 (5.000 L Aguardiente)	3,34
	M-202	230	8,60	2,23	1,5 (5.000 L Aguardiente)	3,34
Potencia Instalada				32,29	Consumo total	13,68

Fuente: elaborado por los autores.

Para la célula de envasado se recolectó información de 35 equipos, de los cuales se tiene una potencia instalada de 45,23 kW; el equipo de mayor consumo es el compresor de la unidad aire para equipos, con un 49 % de la potencia total instalada. En la línea de envasado están 34 de los 35 equipos, dónde la operación de los motores no es continua, generando errores en la medición del tiempo.

Ejecución de medición

Para obtener datos reales de consumo de EE se instalan medidores en las células de producción tomando como guía la norma ISO 50002 (Tabla 3).

Tabla 3. Características de medición en el área de producción.

Célula	Medición			
	Punto	Equipo	Tiempo recolección	Horas de adquisición
Preparación	Tablero de distribución	Medidor analógico METER	7 días	6:00 am 7:00 pm
Envasado	Medición directa	Medidor digital ELSTER A1800	15 días	6:00 am 7:00 pm
Periodo representativo 01/07/2018–31/12/2018				

Fuente: elaborado por los autores.

En el tablero de distribución de EE se instalan equipos de sub-mediación, adicionalmente se calcula el consumo de EE de la luminaria del área de producción. El periodo de estudio es amplio, porque el cronograma de producción de la ILC depende de las características del mercado.

Recolección de variables relevantes

En la célula de preparación la producción se asocia al número de preparaciones de aguardiente, y en envasado a la cantidad de cajas producidas. En la primera se realizan dos procesos, la descarga de alcohol cada tres o cuatro meses y la preparación de aguardiente diaria (Tabla 4).

Tabla 4. Consumo de EE y niveles de producción célula de preparación.

Día	Consumo [kWh]	Nº Preparación	Consumo/Nº Preparación
1	25,10	2	12,55
2	24,30	2	12,15
3	33,32	3	11,10
4	23,90	2	11,95
5	22,40	2	11,20
6	14,9	1	14,90
7	21	2	10,50
Promedio	23,56	2	12,05

Fuente: elaborado por los autores.

Se registró cinco descargas de 40.000 litros de alcohol utilizando 86,8 kWh (17,36 kWh/descarga), cada una se utiliza en 13,33 preparaciones (1,30 kWh/lote de aguardiente). Siendo el consumo energético real para una preparación la suma de la EE de preparación

y de descarga de alcohol 13,35 kWh. Respecto a cada presentación (Ec. 1), hay un consumo de 0,5006 Wh/Media, 1,0012 Wh/Botella, y 2,34 Wh/Garrafa. El medidor instalado en la célula de envasado es para la unidad línea de envasado (Tabla 5).

Tabla 5. Consumo EE en la línea de envasado y producción de aguardiente.

	Día	Consumo [Wh]	Unidades	Consumo/Producción
Botella tradicional	1	73.405,50	31.620	2,32
	2	59.068,50	21.840	2,70
	3	70.533	30.924	2,28
	4	61.044	20.076	3,04
	5	60.672	24.996	2,42
	Promedio	64.944,60	25.891,20	2,55
Media sin Azúcar	1	68.106	35.688	1,90
	2	53.329,50	28.488	1,87
	3	50.670	23.064	2,19
	4	52.749	27.864	1,89
	5	47.143,50	23.112	2,03
	Promedio	54.399,60	27.643,20	1,98
Garrafa sin azúcar	1	31.335	7.104	4,41
	2	49.378,50	5.976	8,26
	3	50.667	6.096	8,31
	4	57.139,50	12.588	4,53
	Promedio	47.130	7.941	6,38

Fuente: elaborado por los autores.

En la unidad de aire para equipos se encuentra un compresor marca INGERSOLL RAND con un voltaje de 230 V y un factor de potencia de 0.86, con dos estados de operación (consumos de corriente diferentes): carga (19,56 A) y normal (40,66 A). Para encontrar la EE total consumida por el compresor (Ec. 2), se recolectó el número de horas de ambos estados durante 4 días para obtener un promedio respecto al total de horas de funcionamiento (Tabla 6) (Carga 35.182,55 Wh y Normal 97.510,71 Wh). El compresor por unidad producida consume: 5,12 Wh/ Botella T, 4,8 Wh/ Media SAz y 16,70 Wh/ Garrafa SAz.

Tabla 6. Registro horas de funcionamiento del Compresor.

Día	Horas de carga	Horas normales	Total
1	6	7	13
2	5	8	13
3	4	7	11
4	6	6	12
Promedio	5,25	7	12,25

Fuente: elaborado por los autores.

Para la luminaria se estimó la EE con los consumos eléctricos de las luces instaladas, obteniendo que en una jornada laboral de 12,25 horas se consumen 28,602 kWh. La luminarias por unidad producida consume: 1,10 Wh/ Botella T, 1,03 Wh/ Media SAz y 3,60 Wh/ Garrafa SAz.

Trabajo de Campo

El trabajo de campo se desarrolló durante 8 días en la unidad de envasado, en la cual se encuentra la mayoría de equipos utilizados dentro del proceso productivo, obteniendo como resultados que:

- Existen fallas continuas en los equipos que hacen que el proceso productivo se detenga.
- El tiempo para el cambio de presentación es de máximo 3 horas.
- En el momento en que hay paradas por fallas técnicas, el sistema de transporte sigue funcionando EE sin que se realice trabajo alguno.

Cálculos y Resultados

Con los valores de consumos energéticos por unidad producida encontrados en las unidades del área de producción, se obtiene la EE total para producir una unidad de aguardiente (Ec. 3):

- » EE Botella de Aguardiente Tradicional (EBT)=9,75 Wh/ Botellas T.
- » EE Media de Aguardiente Sin Azúcar (EMSA)=8,3 Wh/Media SAz.
- » EE garrafa de Aguardiente Sin Azúcar (EGSA)= 29,48 Wh/Garrafa SAz.

Actualmente en la unidad de línea de envasado el rendimiento de producción (unidades envasadas) es un 10% mayor en aguardiente Tradicional respecto al aguardiente Sin azúcar, ya que el envase del aguardiente sin azúcar tiene un tratamiento de opalizado, presentándose más fallas en toda la línea, con esta información se realizan los cálculos de consumos eléctricos y producción en la célula de envasado (en la célula de preparación no hay dependencia del tipo de producto), obteniendo:

- » EE Botella de Aguardiente Sin Azúcar (EBSA)= 10,96 Wh/Botella SAz.
- » EE Media de Aguardiente Tradicional (EMT)= 7,49 Wh/ Media T.
- » EE garrafa de Aguardiente Tradicional (EGT)= 26,42 Wh/Garrafa T.

Discusión

Análisis

Con el estudio realizado, se logró comprobar que los valores obtenidos mediante la estimación de consumo energético con censo de carga (13,68 kWh) y el método desarrollado en la célula de preparación (13,35 kWh) son cercanos, con un error de 2,4% entre los dos valores, es decir, que la estimación realizada se encuentra entre el rango de referencia (García, 2016). Además se comprobó con el censo de carga, que el equipo de mayor consumo de EE en la célula de preparación es el compresor. Se resalta que:

- De las dos células involucradas en el proceso productivo para la preparación de aguardiente, la de mayor relevancia es la célula de envasado con 91,6% del consumo energético (Tabla 7).

Tabla 7. Consumo de EE en las células de producción por presentación.

Producto	Consumo kWh Preparación	Consumo kWh Envasado	Porcentaje preparación [%]	Porcentaje envasado [%]
BT	0,98	8,77	10	90
MT	0,49	7	7	93
GT	2,28	24,14	9	91
BSAz	0,98	9,98	9	91
MSAz	0,49	7,81	6	94
GSAz	2,80	26,68	9	91
Promedio			8,33	91,66

Fuente: Elaborado por los autores.

- El compresor al momento de realizar la estimación de consumo eléctrico mediante las horas de uso, es el valor más representativo en la célula de envasado, con un porcentaje de 61% (Tabla 8).

Tabla 8. Consumo de EE unidad línea de envasado.

Producto	Consumo kWh línea	Consumo kWh Compresor	Consumo kWh Luminaria	Porcentaje Línea	Porcentaje Compresor	Porcentaje Luminaria
BT	2,55	5,12	1,10	29	58	13
MT	1,70	4,36	0,94	24	62	14
GT	5,74	15,19	3,21	24	63	13
BSAz	2,80	5,60	1,22	29	58	13
MSAz	1,98	4,80	1,030	25	62	13
GSAz	6,38	16,70	3,60	24	63	13
Promedio				25,83	61	13,16

Fuente: Elaborado por los autores.

-Con el valor de consumo energético por unidad producida se procedió a encontrar el costo de producción, con la tarifa de kWh al cual compró la EE la ILC, desde enero de 2017 hasta agosto de 2018, encontrando el costo asignado a producción, y su porcentaje respecto al total facturado (Tabla 9).

Tabla 9. Consumo EE área de producción.

Mes/ año	Consumo kWh Producción	Precio \$ kWh/ mes	Total \$ Producción	Total \$ Facturado	Porcentaje Producción %
Ene/17	0	344,41	0	3.218.753	0
Feb/17	1.168,72	346,36	404.796,26	3.538.745	11,44
Mar/17	2.959,51	347,02	1.027.010,69	4.167.565	24,64

Mes/ año	Consumo kWh Producción	Precio \$ kWh/ mes	Total \$ Producción	Total \$ Facturado	Porcentaje Producción %
Abr/17	176,57	387,07	68.343,06	3.036.198	2,25
May/17	3.284,74	387,07	1.271.424,62	5.994.768	21,21
Jun/17	3.284,74	388,14	1.274.939,29	4.839.401	26,34
Jul/17	5.459,40	395,74	2.160.503,15	7.313.733	29,54
Ago/17	5.736,99	403,34	2.313.956,92	5.976.072	38,72
Sep/17	2.371,93	411,07	975.030,58	4.720.942	20,65
Oct/17	2.459,42	377,86	929.314,77	4.530.801	20,51
Nov/17	2.768,93	379,18	1.049.921,03	4.389.271	23,92
Dic/17	3.990,67	383,48	1.530.342,90	4.141.525	36,95
Ene/18	2.314,79	346,37	801.775,40	3.396.325	23,61
Feb/18	1.597,37	346,37	553.280,35	3.467.373	15,96
Mar/18	3.221,00	354,32	1.141.263,42	3.632.703	31,42
Abr/18	1.767,74	369,53	653.232,84	3.924.457	16,65
May/18	3.389,73	355,22	1.204.098,44	4.833.532	24,91
Jun/18	2.758,53	412,80	1.138.721,98	6.959.322	16,36
Jul/18	1.625,41	414,26	673.342,87	5.150.889	13,07
Ago/18	5.648,49	414,29	2.340.114,71	5.550.722	42,16
Promedio	2.799,23	378,20	1.075.570,66	4.639.154,85	22,016

Fuente: elaborado por los autores.

- El promedio de consumo de EE en el área de producción es de 2.799,23 durante el periodo estudiado, con una desviación estándar de 1.590,47 (ya que en algunos meses la producción es alta y en otros es 0); pero no supera el 43% del total de la factura.

- Los precios por unidad disminuyen de acuerdo con la presentación, garrafa mayor precio, media menor precio, ya que se está utilizando un mismo nivel de EE en la unidad de aire para equipos independientemente del tipo de presentación, pero el nivel de producción en garrafa es bajo y el nivel de producción en media es el más alto respecto a los otros productos.

- Del consumo energético fijo necesario para producir una unidad de aguardiente en cualquiera de las presentaciones, es posible encontrar el costo por unidad producida, por lo que la estructura de costos actual de la ILC debería modificarse.

Conclusiones

- En la presente investigación se desarrolló un método con ocho fases para la cuantificación de consumo eléctrico por producto en cualquier empresa. El método inicia con la identificación de los productos y áreas involucradas junto con la adquisición de datos históricos del consumo energético en la empresa, hasta la descripción detallada de la energía empleada por producto. Esto se logra con la implementación de indicadores, las mediciones en campo, y cálculos de consumo eléctrico de toda la maquinaria involucrada.

-El método implementado permitió observar que los valores teóricos de la aplicación del censo de carga y los valores con la medición tienen un error del 2,4%, lo que sustenta que su aplicación es confiable; pero es necesario un sistema de medición eléctrica fija instalado en los puntos de interés de la empresa.

-Se comprobó que el indicador energético actual de ILC para el área de producción (80% del total facturado) no es adecuado, ya que en el análisis de los datos encontrados se observa que dicho consumo no excede el 43% del consumo total, sin embargo, por la variación de valor del kWh por mes, no es factible asignar un precio fijo, pero es posible hacer un seguimiento a su costo.

Referencias

- A. Aranda-Usón, G. F.-T. (2012). Energy consumption analysis of Spanish food and drink, textile, chemical and non-metallic mineral products sectors. *Energy*, 42, 477-485.
- America National Standard. (1992). ANSI/ISA-5.1-1984 (R1992). 72.
- Boharb, A., Allouhi, A., Saidur, R., Kousksou, T., & Jamil, A. (2016). Auditing and analysis of energy consumption of an industrial site in Morocco. *ENERGY*, 101, 332-342.
- Boharb, A., Allouhi, A., Saidur, R., Kousksou, T., & Jamil, A. (2017). Energy conservation potential of an energy audit within the pulp and paper industry in Morocco. *Journal of Cleaner Production*, 149, 569-581.
- Casals, M., Gangoellisa, M., Forcada, N., Macarulla, M., & Giretti, A. (2014). A breakdown of energy consumption in an underground station. *Energy and Buildings*, 78, 89-97.
- Dongellini, M., Marinosci, C., & Morini, G. (2014). Energy audit of an industrial site: a case study. *Energy Procedia*, 45, 424-433.
- Estévez, R. (2012). La huella de carbono como indicador de competitividad. (ECO Inteligencia) Recuperado el 14 de 5 de 2018, de <https://www.ecointeligencia.com/2012/05/huella-de-carbono-indicador-de-competitividad/>
- Fresner, J., Morea, F., Krenn, C., Uson, J., & Tomasi, F. (2016). Energy efficiency in small and medium enterprises: Lessons learned from 280 energy audits across Europe. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1650-1660.
- Galarza, C. (2012). Certificación Ambiental: Oportunidad De Negocios Sustentables. (sustentator) Recuperado el 14 de 05 de 2018, de <http://www.sustentator.com/blog-es/2012/10/certificacion-ambiental-oportunidad-de-negocios-sustentables/>
- García-Fajardo, M. I. (2016). Guía De Estudio Del Potencial De Ahorro Eléctrico NTC ISO 50001. *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 42, 15.
- García-Fajardo, M. I., Caicedo-Cuchimba, J. M., Tobar-Escobar, V., & Flórez-Marulanda, J. F. (2019). Energy audit proposal for industry applied to a case study in the plastics sector. *DYNA*, 86(210), 345-354.
- Hawkins, W., Brandl, D., & Boyes, W. (Eds.). (2010). *ISA-88 Implementation Experiences (Vol. 1)*. Momentum Press.
- International Organization for Standardization. (2011). *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50002*. Bogotá: ICONTEC.
- International Society of Automation. (2006). *ISA-88.01-1995 (R2006)*. North Carolina: ISA.
- Kong, L., Price, L., Hasanbeigi, A., Liu, H., & Li, J. (2013). Potential for reducing paper mill energy use and carbon dioxide emissions through plant-wide energy audits: A case study in China. *Applied Energy*, 102, 1334-1342.

- Larraz, P. (2011). Buenas prácticas para el ahorro de energía en la empresa. (<http://www.optimagrid.eu>) Recuperado el 05 de 02 de 2018, de <http://4.interreg-sudoe.eu/ESP/f/138/70/OPTIMAGRID/Los-proyectos-aprobados/>
- Lin, H.-C., Chan, D., Lin, W.-C., & Hsu, C.-H. (2014). Status of energy conservation in Taiwan's pulp and paper industry. *Energy*, 73, 680-685.
- Ma, C.-M., Chen, M.-H., & Gui-Bing, H. (2012). Energy conservation status in Taiwanese food industry. *Energy Policy*, 50, 458-463.
- Mantilla Peñalba Luis Fernando, C. P. (2005). *Gestión Energética de los motores eléctricos: mejora de la eficiencia de los accionamientos con el uso de variadores de velocidad*. Santander, España: E.T.S.I.I. y T., Universidad de Cantabria .
- Mowen, H. (2006). Administración de Costos contabilidad y control. Mexico DF: CENGAGE Learning.
- Su, T.-L., Chan, D., Hung, C.-Y., & Hong, G.-B. (2013). The status of energy conservation in Taiwan's cement industry. *Energy Policy*, 60, 481-486.
- Tinoco, A. (2018). Integración Empresarial, una Posición. Recuperado el 14 de 05 de 2018, de bpicenter: <http://www.bpicenter.com/eBPublicacion/Integraci%F3n%20empresarial%20u>
- Trianni, A., Cagno, E., Thollander, P., & Backlund, S. (2013). Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a European comparison. *Journal of Cleaner Production*, 28, 161-176.
- Trippel, C., Manerkar, Y. A., Lustig, D., Pellauer, M., & Martonosi, M. (2017). TriCheck: Memory model verification at the trisection of software, hardware, and ISA. *ACM SIGPLAN Notices*, 52(4), 119-133.