

ADMINISTRACIÓN DE LA CARGA Y CONSERVACIÓN DE ENERGÍA DE LOS CONSUMIDORES DEL SECTOR INDUSTRIAL

Carlos Leonardo Nazareno Delgado ⁽¹⁾, José Miguel Veloz Arce ⁽²⁾, Luis Gregory Villacrés Landívar ⁽³⁾,
Cristóbal Mera Gencón, Ph.D. ⁽⁴⁾

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación-FIEC,
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

⁽¹⁾leito_ecu@hotmail.com, ⁽²⁾jose_veloz0916@hotmail.com, ⁽³⁾luiggivillacres@gmail.com,
⁽⁴⁾cmera@espol.edu.ec.

Resumen

Este informe trata sobre un estudio de factibilidad para llevar a cabo un programa de administración de carga y conservación de energía para el sector industrial de la ciudad de Guayaquil, adoptando una norma internacional (ISO 50001). Comprende de un análisis del entorno en el sector industrial, dando a conocer un perfil de las industrias de la ciudad, mostrando sus tipos, consumos de energía y porcentaje de energía que representa para la ciudad, logrando de esta manera destacar los tipos de industrias más representativas del sector. Luego de analizar el entorno, evaluamos la situación y los posibles inconvenientes que se suscitan en las industrias, para esto tomamos en cuenta una industria nacional y otra multinacional obteniendo así los equipos de mayor incidencia en el consumo eléctrico para ambas industrias. En base a un formato de encuestas profundizamos en cada una de ellas, revisando procesos, cargas significativas, horas de uso de las maquinarias, facturación mensual, entre otros, para así de esta manera, poder mostrar la situación real de las industrias. Este trabajo tiene como objetivo demostrar que la implementación de normas orientadas a la conservación y administración de la energía eléctrica en la industria tiene grandes beneficios tanto económicos, como ambientales.

Palabras Claves: Administración, Carga, Conservación, Energía, ISO 50001

Abstract

This report deals with a feasibility study to carry out a program of load management and energy conservation in the industrial sector of the city of Guayaquil, adopting an international standard (ISO 50001). It includes an analysis of the environment in the industrial sector, by providing a profile of the industries of the city, showing its rates, energy consumption and percentage of energy represents to the city, thus achieving highlight the types of industries representing the sector. After analyzing the environment, assess the situation and possible drawbacks that arise in industry, for this we consider a national industry and other multinational thus obtaining the equipment that has greater impact on electricity consumption for both industries. Based on a survey format delve into each of them, reviewing processes, significant loads, hours of use of machinery, monthly billing, among others, and in this way, to show the real situation of the industries. This paper aims to demonstrate that the implementation of regulations aimed at the conservation and management of electric power industry has great benefits both economic and environmental.

Key Words: Administration, Load, Conservation, Energy, ISO 50001

1. Introducción

La principal preocupación de la industria local es maximizar producción y minimizar costos (optimización de los procesos). Un uso adecuado de la energía eléctrica disminuirá los costos de producción (producto de igual calidad a menor precio). Esto se logra haciendo uso de programas o normas que permitan la reducción de la demanda de energía (equipos más eficientes); Por esto es necesario implementar un programa de ahorro energético en base a la norma ISO 50001 para las industrias de Guayaquil.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Determinar un programa de administración de carga y conservación de energía en el sector industrial en referencia a la norma ISO 50001.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Analizar las falencias e inconvenientes al momento de implementar un programa de administración de carga y conservación de energía para los consumidores del sector industrial de la ciudad de Guayaquil.
- ❖ Comprobar el ahorro luego de la implementación del programa de administración de carga y conservación de energía en una industria nacional y una industria multinacional.

3. Diagnostico del Sector

3.1. Consumo Eléctrico en el Sector Industrial a Nivel Nacional

En los últimos 13 años el sector industrial ha venido creciendo de manera ordenada, a excepción del 2001 y 2007 donde se produjeron disminuciones de energía.

La tendencia es creciente en los últimos 5 años, y para los siguientes 10 años, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla1. Tabla de Consumo Nacional del Sector Industrial en GWh y % [3].

CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL NACIONAL DEL SECTOR INDUSTRIAL (GWH)		
Año	Industrial GWh	Variación (%)
1999	2072.56	
2000	2218.43	7.04%
2001	2139.39	-3.56%
2002	2460.19	14.99%
2003	2589.59	5.26%
2004	2792.61	7.84%
2005	3052.41	9.30%
2006	3332.52	9.18%
2007	3332.07	-0.01%
2008	3418.36	2.59%
2009	4147.86	21.34%
2010	4416.76	6.48%
2011	4797.85	8.63%

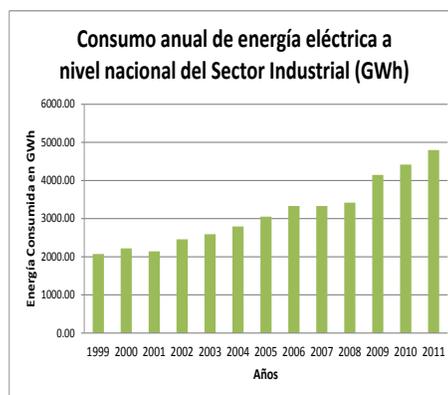


Figura 1. Consumo Nacional del Sector Industrial en GWh

3.2. Consumo Eléctrico en la Ciudad de Guayaquil Enero – Septiembre 2012.

Desde el 1 de Enero hasta el 30 de Septiembre del 2012, la variación con respecto al número de abonados industriales al 2011 no resulta significativa.

El sector industrial sigue siendo el sector de mayor consumo de energía eléctrica en la ciudad de Guayaquil, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Número de Abonados y Energía Consumida en GWh Ene. – Sep. 2012. [4]

SECTOR	NÚMERO DE ABONADOS	PORCENTAJE DE NÚMERO DE ABONADOS	ENERGÍA CONSUMIDA (GWh)	PORCENTAJE DE ENERGÍA CONSUMIDA
RESIDENCIAL	529.430	87,18%	923,03	29,56%
COMERCIAL	72.273	11,90%	742,91	23,79%
INDUSTRIAL	2.860	0,47%	1.113,25	35,65%
GOBIERNO	860	0,14%	123,64	3,96%
ALUMBRADO PUBLICO	40	0,01%	82,13	2,63%
OTROS	1.790	0,29%	137,50	4,40%
TOTAL	607.253	100,00%	3.122,46	100,00%



Figura 2. Porcentaje de Energía Consumida de Enero – Septiembre 2012

3.3. Consumo Eléctrico por tipo de Industria en la Ciudad de Guayaquil.

Consultando el Sistema de Datos del Sector Eléctrico – SISDAT en el mes de Diciembre del 2011, el sector industrial representó el mayor consumo eléctrico en la ciudad de Guayaquil, de los cuales el 50.87% de estos consumidores son suministrados en la categoría de alta tensión de acuerdo a la tabla 3.

Tabla 3. Consumo Eléctrico por tipo de Industria y Nivel de Tensión.

Consumidores Industriales	Consumo en GWh	Porcentaje (%)
Alta Tensión	65.6	50.87%
Media Tensión	39.86	30.91%
Baja Tensión	23.5	18.22%
TOTAL Sector Industrial Dic-2011	128.96	100.00%

Como el grupo de consumidores industriales que son suministrado a un nivel de tensión de 69 kV (alta tensión), representó un porcentaje mayor a los otros grupos, se tomó una muestra de 29 del mes de diciembre del año 2011, para analizar las industrias más importantes y el resultado de la muestra fue:

Tabla 4. Tabla de Consumo en GWh y % por tipo de Industria [5].

TIPO DE INDUSTRIA	Consumo por Tipo de Industria en GWh	Porcentaje de consumo por Tipo de Industria
ALIMENTOS Y BEBIDAS	11.06	16.86%
PLÁSTICO Y CAUCHO	8.13	12.40%
METALÚRGICA	10.53	16.05%
PAPELERA	2.32	3.54%
QUÍMICA	6.82	10.40%
CONSTRUCCIÓN	25.29	38.54%
OTROS	1.44	2.19%
TOTAL	65.60	100.00%



Figura 3. Porcentaje de Consumo por tipo de Industria.

La industria con mayor participación en consumo de energía eléctrica es la industria de Construcción, con un 38.54% del total. La industria de alimentos y bebidas le sigue con un 17% del consumo de energía eléctrica.

Las industrias Agrícola, Automotriz y Maderera, son considerados como ‘Otros’ debido a su baja participación en la industria guayaquileña.

4. Identificación y Análisis del Problema.

En el desarrollo de esta investigación, se realizaron visitas a algunas industrias donde obtuvimos información con el fin de tener una

idea de los problemas que acogen a la industria en general.

4.1. Identificación de una Industria Local

Se tomaron como ejemplo 2 industrias locales. La primera es una Industria Nacional que se dedica a la fabricación de alimentos para el consumo humano; la segunda es una Industria Multinacional cuyos productos son para el cuidado del hogar e higiene personal.

a. Industria Nacional

Problemas que se observaron:

- ❖ Falta de Control del consumo eléctrico de la Industria.
- ❖ Tiempo de uso de los equipos muy alto (hasta 25 años).
- ❖ No tiene conocimiento acerca de planes de eficiencia energética.

b. Industria Multinacional

Aspectos Importantes que se pudieron observar:

- ❖ Control de la energía que se consume en la Industria.
- ❖ Planificación del consumo de energía al cual se desea llegar.

Al igual que en la Industria Nacional la edad de algunos de los equipos es bastante avanzada.

4.2. Curvas Típicas de Demanda en una Industria Local

Las curvas típicas de Demanda de Potencia Activa y Reactiva de un día normal de jornada laboral para una Industria Local se muestran en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 5. Periodos de Registro de Demanda.

Periodo	Horas
1	8h00 - 18h00
2	18h00 - 22h00
3	22h00 - 8h00

Tabla 6. Demanda en KW y KVAR

Horas	0	10	16	24
KW	3.063,71	4.332,68	5.426,40	3.063,71
KVAR	933,96	1.320,80	1.654,22	933,96



Figura 4. Curva Típica de Demanda diaria de una Industria Local en KW.

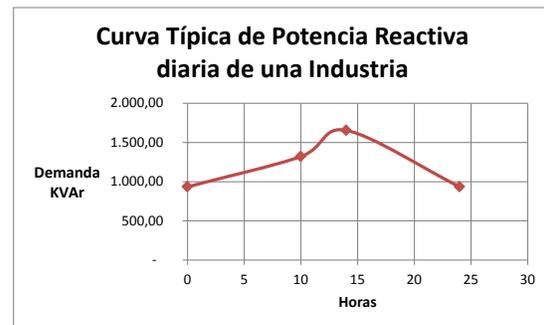


Figura 5. Curva Típica de Demanda de Reactivos diaria de una Industria Local KVAR

4.3. Identificación de Equipos Consumidores de Energía en Industrias Locales

En ambas industrias los equipos de mayor influencia en el consumo total de energía eléctrica son:

- ❖ Motores Eléctricos.
- ❖ Equipos de Climatización.
- ❖ Circuitos de Alumbrado.

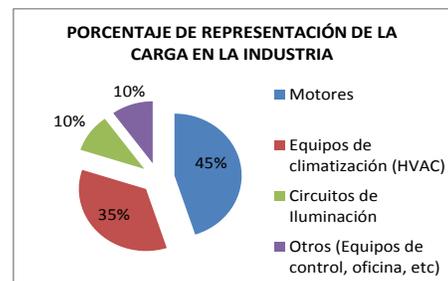


Figura 6. Porcentaje de Representación de la Carga en la Industria [6].

4.4. Factor de Potencia en la Industria Local

El factor de potencia promedio mensual compensado registrado en la industria nacional es de 0.96 y de 0.99 para la industria multinacional. Ambos valores se encuentran por encima del mínimo requerido por la ley (Pliego Tarifario) que es de 0.92.

5. Solución del problema

El propósito de esta solución es la de incentivar a la industria local a tomar un camino favorable para el manejo de procesos o sistemas de producción, elaboración o fabricación en su respectiva industria.

Para esto hacemos una breve descripción de la norma ISO 50001, la implementación de la norma analiza la reducción en el consumo de energía.

El desempeño energético incluye 4 factores importantes, los cuales son:

- ❖ Uso de energía eléctrica (Finalidad de la energía eléctrica).
- ❖ Consumo de energía eléctrica (Demanda de la energía eléctrica).
- ❖ Intensidad energética (Crecimiento de la demanda en la industria).
- ❖ Eficiencia Energética (En sistemas o procesos para equipos y dispositivos).

Para obtener beneficios, esta norma sugiere la siguiente estructura:



Figura 7. Modelo de Sistema de Gestión de Energía (SGEn) Norma ISO 50001 [7].

En las industrias locales, el 45% de la carga total instalada representa a los motores eléctricos, le sigue con un 35% los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación, 10% iluminación y un 10% para equipos de oficinas y sistemas de control pequeños que no demandan grandes

cantidades de energía con respecto a los sistemas descritos anteriormente.

5.1. Propuesta de solución para el mejoramiento del desempeño energético mediante la norma ISO 50001 en una industria local

En esta propuesta, se espera que cualquier industria de la ciudad de Guayaquil adopte esta norma ISO 50001, donde se establece un marco internacional para administrar la energía eléctrica.

Esta propuesta está basada en la estructura del Modelo del Sistema de Gestión de Energía (SGEn). Se observará cuanta energía se puede ahorrar en las industrias locales, ya sean estas nacionales o multinacionales.

Nuestra implementación estará basada en el reemplazo de los motores eléctricos existentes por unos de mayor eficiencia para ambas industrias, debido a su aportación aproximadamente del 45% de la carga total.

5.2. Política energética de la propuesta

La política a seguir para ambas industrias será tomada del “Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) 2009 – 2013” elaborada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES.

La política 4.3.1 del PNBV es “Aplicar un programa o programas, e implementar tecnologías e infraestructura orientadas al ahorro y a la eficiencia energética”.

5.3. Planificación energética de la propuesta

Para la industria nacional, se planifica cambiar los motores eléctricos actuales, por motores más eficientes, cuyo tiempo de uso sea superior a los 5 años de haber sido adquirido.

Así mismo, para la industria multinacional, se planea cambiar motores por unos de mayor eficiencia energética, cuyo tiempo de uso sea superior a los 5 años.

La meta para ambas industrias será reducir su consumo promedio mensual en kWh en un aproximado del 20% al momento de su implementación.

El cálculo del ahorro se lo realiza mediante un análisis económico, en el cual se hace una comparación de los valores de operación y mantenimiento que cada industria enfrentaría si continua operando con lo motores de eficiencia

estándar versus los valores que se tendrían si estos son reemplazados por motores de alta eficiencia, teniendo como inversión el costo de adquisición de los mismos.

Además se consideran los beneficios totales por industria, así como los costos anuales para ambas industrias.

5.4. Análisis Económico en una Industria Nacional.

La inversión necesaria para la implementación de motores de alta eficiencia en una industria nacional es de \$21,090.00.

Tabla 7. Tabla comparativa de Ahorro de Energía en Motores de alta eficiencia en la Industria Nacional (parte I).

Descripción	Hp	% Eficiencia a plena carga		KW Estándar	KW Alta eficiencia
		Motores de Industria Nacional	Motores con Alta eficiencia		
25 Motores auxiliares	6,25	70,00%	76,00%	6,66	6,13
2 Motores principales	82	91,00%	93,00%	67,22	65,78

Tabla 8. Tabla comparativa de Ahorro de Energía en Motores de alta eficiencia en la Industria Nacional (parte II).

Descripción	Ahorro mensual en kWh	Ahorro mensual en dólares	Ahorro anual en kWh	Ahorro anual en dólares
25 Motores auxiliares	823,83	\$ 38,31	9885,9	\$ 459,69
2 Motores principales	1.788,97	\$ 83,19	21467,66	\$ 998,25
TOTAL	2.612,80	\$ 121,50	31.353,57	\$ 1.457,94

Tabla 9. Beneficio Económico anual por ahorro de energía y emisiones de CO₂ – Industria Nacional

Beneficio económico por ahorro anual de Energía [\$]	Beneficio Económico anual por ahorro en emisiones de CO ₂ [\$]	Beneficio económico anual por ahorro de energía y emisiones de CO ₂ [\$]
\$ 1.457,94	\$ 99,09	\$ 1.557,03

Tabla 10. Costos Anuales en una Industria Nacional

Costos Anuales en una Industria Nacional	Total [\$]
2013	\$ 0
2014	\$ 0
2015	\$ 0
2016	\$ 0
2017	\$ 0
2018	\$ 0
2019	\$ 2.150
2020	\$ 2.158
2021	\$ 2.166
2022	\$ 2.175
2023	\$ 2.184

5.5. Análisis Económico en una Industria Multinacional.

La inversión necesaria para la implementación de motores de alta eficiencia en una industria multinacional es de \$21,008.00.

Tabla 11. Total Energía ahorrada en la Industria Multinacional (parte I).

INDUSTRIA MULTINACIONAL	Consumo mensual Motores de eficiencia estándar en kWh	Consumo mensual Motores de alta Eficiencia en kWh
Cuarto Piso	4.122,87	2.998,62
Sexto Piso	3.631,40	2.660,09
Auxiliares 1	9.667,55	7.097,92
Auxiliares 2	4.335,01	3.170,54
TOTAL	21.756,83	15.927,16

Tabla 12. Total Energía ahorrada en la Industria Multinacional (parte II).

INDUSTRIA MULTINACIONAL	Ahorro mensual en kWh	Ahorro mensual en dólares	Ahorro anual en kWh	Ahorro anual en dólares
Cuarto Piso	1.124,26	\$ 52,28	13491,07	\$ 627,33
Sexto Piso	971,31	\$ 45,17	11655,68	\$ 541,99
Auxiliares 1	2.569,63	\$ 119,49	30835,54	\$ 1.433,85
Auxiliares 2	1.164,48	\$ 54,15	13973,73	\$ 649,78
TOTAL	5.829,67	\$ 271,08	69956,02	\$ 3.252,95

Tabla 13. Beneficio Económico anual por ahorro de energía y emisiones de CO2 – Industria Multinacional

Beneficio económico por ahorro anual de Energía [\$]	Beneficio Económico anual por ahorro en emisiones de CO2 [\$]	Beneficio económico anual por ahorro de energía y emisiones de CO2 [\$]
\$ 3.252,95	\$ 221,10	\$ 3.474,05

Tabla 14. Costos Anuales en una Industria Multinacional

Costos Anuales en una Industria Multinacional	Total [\$]
2013	\$ 0
2014	\$ 0
2015	\$ 0
2016	\$ 0
2017	\$ 0
2018	\$ 0
2019	\$ 3.150
2020	\$ 3.158
2021	\$ 3.166
2022	\$ 3.175
2023	\$ 3.184

6. Análisis de los resultados

Con los datos calculados y obtenidos en las tablas de los análisis económicos de ambas industrias, se tienen los siguientes resultados:

6.1. Resultados de la implementación de la norma ISO 50001 en una industria nacional

- ❖ Se conseguirá un porcentaje de ahorro de energía en la industria local nacional del 27.84% anual.
- ❖ Se reducirán las emisiones de dióxido de carbono en 9.437,42 kg/año, debido al uso de motores más eficientes, obteniendo un beneficio económico de \$99,09 por ahorro en emisiones de CO2 al año.

Una vez realizado un flujo económico, podemos citar varios indicadores importantes que nos reflejarán la factibilidad de la implementación de la norma ISO 50001:

- ❖ El periodo de retorno de la inversión (PIR) es de 6 años lo cual indica que la implementación de la norma es rentable ya que la vida útil de los equipos adquiridos es de 10 años.
- ❖ La tasa interna de retorno (TIR) 20.54% es mayor que la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) 12% lo cual dará mayores retornos de los esperados y el valor actual neto (VAN) es de \$6.908,45 dólares al final de la vida útil de la inversión.
- ❖ Indicador costo-beneficio es 1.27 mayor que 1 se puede mencionar que los ingresos netos son superiores a los egresos netos.

6.2. Resultados de la implementación de la norma ISO 50001 en una industria multinacional

- ❖ Se conseguirá un porcentaje de ahorro de energía en la industria local multinacional del 26.8% anual.
- ❖ Se reducirán las emisiones de dióxido de carbono en 21056.76 kg/año, debido al uso de motores más eficientes, obteniendo un beneficio de \$221,10 por ahorro en emisiones de CO2 al año.

Una vez realizado un flujo económico, podemos citar varios indicadores importantes que nos reflejarán la factibilidad de la implementación de la norma ISO 50001:

- ❖ El periodo de retorno de la inversión (PIR) es de 4 años lo cual indica que la implementación de la norma es rentable ya que la vida útil de los equipos adquiridos es de 10 años.
- ❖ La tasa interna de retorno (TIR) 36.88% es mayor que la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) 12% lo cual señala que nos dará mayores retornos de los esperados y el valor actual neto (VAN) es de \$ 21426.8 dólares al final de la vida útil de la inversión.
- ❖ Indicador costo-beneficio es 1.78 mayor que 1 se puede mencionar que los ingresos netos son superiores a los egresos netos.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

Podemos concluir que la implementación de la norma ISO 50001 en las industrias locales ya sean estas nacionales o multinacionales es económicamente viable.

El ahorro de energía eléctrica permite a la industria producir la misma o mayor cantidad de productos de una manera más eficiente utilizando una menor cantidad de energía eléctrica, teniendo una estructura sólida y organizada, donde cada ingeniero y personal participante de esta implementación sea capaz de tomar decisiones y hacer correcciones para el beneficio de esta.

7.2. Recomendaciones

Realizar un compromiso total de parte de todos los departamentos que conformarán la implementación de cada una de las industrias. El éxito de la implementación de la norma dependerá del desempeño y esfuerzo realizado por cada miembro de la industria.

Efectuar un plan de mantenimiento preventivo a los motores que serán adquiridos en cada industria, luego planificar un plan de mantenimiento correctivo para el reemplazo de las partes en mal estado. Así mismo, realizar en forma correcta la conexión a tierra de los motores.

8. Bibliografía

- [1]CONELEC, Pliegos Tarifarios 2012, Ecuador, Año 2012.
- [2]CONELEC, “Cargos Tarifarios 2012”, Ecuador, Año 2012.
- [3]CONELEC, Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2012, <http://www.conelec.gob.ec/indicadores/>, fecha de consulta marzo del 2012.
- [4]JEEPG-EP, “Resumen y Detalle de Balance de Energía”, Departamento de Planeación, Ecuador, Año 2011-2012.
- [5]CONELEC, “Sistematización de Datos Eléctricos” – SISDAT, Ecuador, Año 2011.
- [6]MEER, “Dirección de Eficiencia Energética”, <http://www.energia.gob.ec/>, fecha de consulta julio del 2012.
- [7]NORMA INTERNACIONAL ISO 50001. “Sistemas de gestión de la energía —Requisitos con orientación para su uso”, Secretaría Central de ISO, Primera Edición, Suiza 2011.

[8]SENPLADES, PNBV Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013, Ecuador, Año 2009.

[9]IEA, CO2 emissions from fuel combustion HIGHLIGHTS Pg. 111, Quinta Edición, IEA 2011.

[10]SIEMENS, Tabla de motores trifásicos, <http://siemens.es/motores>, fecha de consulta Septiembre del 2012.

[11]INEC, Estadísticas Económicas, <http://inec.gob.ec/estadisticas/>, fecha de consulta, Septiembre del 2012.

[12]SENDECO, Sistema Electrónico de Derecho de Emisión de Dióxido de Carbono, Precios CO2, <http://www.sendeco2.com/>, fecha de consulta 22 de Octubre del 2012.