

Tecnologías Informáticas aplicadas a la Autogestión Energética en PyMEs

Leopoldo Nahuel¹, José Maccarone², Javier Marchesini¹, Rodrigo María García¹,
Gastón Andres¹, Javier Ciceri¹

¹ Grupo de I&D Aplicado a Sistemas Informáticos – GIDAS, Dpto. de Sistemas.
{Lnahuel, Jmarchesini, Rmariagarcia, Gandres, Jciceri}@frlp.utn.edu.ar

² Grupo de I&D en Energías Sustentables y E.E – GIESEE, Dpto. de Electrotecnia.
{Jmaccarone}@frlp.utn.edu.ar
Universidad Tecnológica Nacional – F.R. La Plata - Av. 60 esq. 124 s/n CP1900

Resumen. El presente trabajo tiene como finalidad exponer los avances sobre el desarrollo de tecnologías informáticas orientadas al ahorro energético, como parte de las actividades de investigación del Proyecto de Investigación & Desarrollo denominado “Desarrollo de instrumentos de relevamiento energético y de algoritmos necesarios para un software de gestión energética de organizaciones”, homologado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional. Se presentarán las líneas de trabajo en los distintos módulos de gestión energética, integrados en una misma herramienta software, capaces de ayudar a realizar una autogestión energética en PyMEs, contemplando los requisitos para en el futuro poder implementar y certificar la norma International Organization for Standardization (ISO) 50001 sobre Sistemas de Gestión de Energía (SGE). Las organizaciones pueden no tener planes para certificar, pero igualmente pueden utilizar estas herramientas para la toma de decisiones sobre el uso adecuado de energía. Se procura como objetivo primordial exponer el alcance y los avances de la herramienta software considerando las siguientes tres fuentes de energía facturables: electricidad, agua potable de red y gas natural. Como avance más significativo destacaremos su desarrollo sobre tecnologías basadas en la nube, describiendo las tecnologías utilizadas en esta nueva plataforma y la potencialidad de desarrollar bajo éste paradigma, con el fin de destacar la potencialidad de la herramienta software que posee dentro del ámbito de eficiencia energética en PyMEs.

1 Introducción

La situación energética en el mundo ha cambiado drásticamente en el último siglo. La evolución de los países en desarrollo en los últimos 20 años provocó que el consumo energético se duplicara a nivel global. Los estudios realizados indican que esta necesidad de energía continuará aumentando a un ritmo similar [1].

La energía juega un papel clave e importante dentro de las organizaciones, transformándose en un indicador clave. La Organización Internacional de Normalización (ISO), persiguiendo importantes aspectos de eficiencia energética, ha desarrollado una normativa denominada ISO 50001, en la cual se establecen los requisitos para la implementación de un SGE. Esta normativa puede adaptarse a todo tipo de industrias, empresas y organizaciones, planteando como principal objetivo la mejora continua en el desempeño energético.

La gestión de energía es un tema muy importante para el desarrollo estratégico de pequeñas, medianas y grandes empresas, teniendo en cuenta que un uso eficiente implica un ahorro de costos operativos y futuro sostenible. En la actualidad, una mala gestión de energía puede acarrear dos grandes problemas. Por un lado, frena el desarrollo industrial, provocando que su crecimiento no sea acorde a su capacidad, y por otro, el incremento de los costos energéticos debido al pago de multas económicas. Desde el punto de vista ambiental, toda actividad relacionada con la generación de energía eléctrica provoca un impacto [2].

Ante este panorama se hace imperioso establecer medidas de uso racional de la energía, lo cual lleva a elaborar productos con menor utilización de energía y a descarbonizar el sistema energético para descontaminar el medio ambiente que habitamos.

Desde hace varios años se están buscando soluciones para que las organizaciones puedan mejorar su gestión de energía [3]. Es aquí donde recurrimos a las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), ya que aportan un conjunto de herramientas, tanto software como hardware, de soporte al incremento de eficiencia energética a través de controles informáticos.

Recurriendo a las TIC, se propone el uso de tecnologías bien conocidas del campo de computación e informática para lograr una aplicación software llamada EnMa Tool (Energy Management Tool), con el propósito de brindar apoyo al auto-gestión energético de PyMEs, brindando información valiosa que ayude a la toma de decisiones. Con esto, se busca paliar los efectos del consumo energético ineficiente, dando lugar al buen uso de los recursos disponibles [4, 5].

Este trabajo incluyó el relevamiento de facturas de diferentes empresas, buscando obtener la información necesaria para su análisis y la posterior definición de los requerimientos que nos lleve al desarrollo de los diferentes módulos de la herramienta EnMa. Esta herramienta, intenta contribuir al cumplimiento de ciertos procesos para implementar un SGE en las empresas que lo deseen según el estándar ISO 50001.

2 EnMa Tool: Una propuesta tecnológica de soporte a la certificación ISO 50.001

La Organización Internacional de Normalización (ISO) [6], escribió en 2011, una norma para el gerenciamiento energético y la concientización del uso eficiente de la energía. Esta norma lleva el nombre de ISO 50001 Energy Management Systems y ha sido aceptada y aplicada en diversos sectores en varios países con buenos resultados [7]. El objetivo general de esta normativa es brindarle a las organizaciones los proce-

dimientos para que puedan obtener los sistemas y procesos adecuados para reducir el consumo energético así como para hacer un uso eficiente y mejorar el rendimiento de la energía utilizada.

Si bien la norma establece procedimientos sobre los tres niveles de una organización (táctico, operacional y estratégico), hace hincapié sobre el más alto, es decir, sobre la alta gerencia o nivel estratégico. De alguna manera esto da lugar a comprender que las buenas decisiones son claves para mejorar la eficiencia de los recursos y la alta gerencia debe contar con información de calidad para lograr buenas estrategias de alto nivel. Es en este punto que EnMa se hace relevante. La aplicación propuesta está diseñada para dar soporte a la normativa ISO 50001 en etapas concretas de los procesos que propone, de modo que su objetivo principal será brindar información relevante generada a partir de datos sobre el consumo energético de la organización. Esta información servirá como entrada para la toma de decisiones a nivel estratégico y operativo.

2.1 Organización y forma de trabajo de la norma ISO 50.001

La norma trabaja sobre un proceso PDCA (Plan, Do, Check, Act = planificar, hacer, verificar, actuar), a la vez que propone un ciclo de mejoramiento continuo en el cual se establece una realimentación constante en base a los datos relevados de la verificación (Fig. 1)

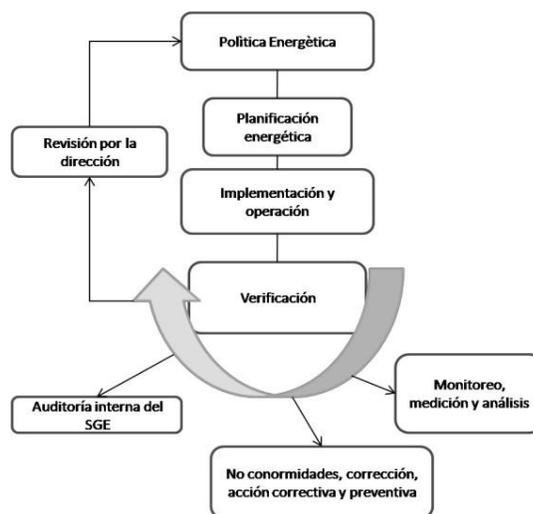


Fig. 1. Modelo del sistema de gestión energético propuesto para la ISO 50.001

Los pasos del proceso PDCA para el sistema de gestión energética de la ISO 50001 pueden describirse como sigue:

- **Planificar:** realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- **Hacer:** poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.
- **Verificar:** monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el sistema de gestión energética.

3 Aspectos Metodológicos

La investigación llevada a cabo es una investigación aplicada, se busca demostrar que la implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación en las PyMES apoya a la gestión energética contribuyendo a la eficiencia energética con los beneficios que esto acarrea. Es necesario conocer los aspectos más importantes con los que debe cumplir una herramienta de gestión energética.

El diseño metodológico de la presente investigación, para dar respuesta al problema y comprobar la hipótesis, es de carácter cuantitativo. El proyecto presenta diferentes tipos de estudios, algunos exploratorios, otros descriptivos y también explicativos:

- **Exploratorio:** dada la necesidad de examinar e indagar sobre ciertos temas correspondientes al proyecto. Es necesario familiarizarse con fenómenos desconocidos y obtener la información necesaria que ayuden a conocer y comprender los diversos temas en el campo energético.
- **Descriptivo:** en la investigación inicialmente es importante describir aquellos fenómenos que nos ayudarán a especificar las propiedades con las que debe contar una herramienta de Gestión Energética. Estas especificaciones deben estar sustentadas por los lineamientos que establece la Norma IRAM/ISO 50001.
- **Explicativo:** en la investigación debemos explicar cuál es el impacto de las TICs en la gestión energética en las organizaciones y la importancia que estas tienen para contribuir a la eficiencia energética en la PyMES.

4 Resultados obtenidos

Desde el punto de vista de validación de la herramienta, se han obtenido resultados favorables mediante la realización de casos de pruebas con personal idóneo del Departamento de Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.

Las funcionalidades desarrolladas hasta el momento cubren las funcionalidades básicas y fundamentales que un SGE necesita para facilitar el auto-gerenciamiento energético de una organización bajo los lineamientos de la norma ISO 50.001.

Esta herramienta permite a las organizaciones evaluar su estado en cuanto a eficiencia en el uso de la energía, analizar su situación, decidir cómo corregir, planificar mejoras, aplicarlas y evaluar los resultados de dichas correcciones. Esto tiene como resultado grandes ahorros económicos en multas y contratación del servicio adecuado, y una importante contribución a la reducción de contaminación al hacer un uso eficiente de la energía consumida.

Hemos podido incursionar exitosamente en el campo de la distribución de energía en el territorio nacional para comprender la problemática y sus tarifas, y buscar una solución acorde a los objetivos planteados. Además, hemos adquirido experiencia en el uso de tecnologías open source y computación basada en la nube.

Como se menciona anteriormente, la herramienta software en construcción llamada EnMa consta de tres grandes módulos desarrollados: electricidad, agua potable y gas natural, cubriendo las principales fuentes de energía facturable del mercado.

4.1 EnMa: Módulo de Gestión de Energía Eléctrica

Este módulo funciona básicamente computando los datos de consumo eléctrico. A medida que se vayan cargando las facturas del servicio se almacenan en una base de datos y estarán disponibles cada vez que se los requiera. En base a estos datos, la herramienta proporcionará informes y reportes estadísticos que asistirán al personal idóneo a tomar decisiones relevantes para el gerenciamiento energético. El uso básico implica cargar los datos que identifican a la empresa u organización sobre la cual se va a trabajar (nombre, dirección, rubro, etc.)

El sistema EnMa Tool incluye un módulo de gestión de cuadros tarifarios, donde se pueden administrar todos los cuadros tarifarios. Esto permite agilizar la carga de facturas y determinar los valores utilizados para el cálculo. Cada organización puede de esta manera conocer los cálculos de su tarifa según el cuadro tarifario vigente que le corresponde, según la empresa proveedora contratada. Así es posible alertar al usuario en tiempo real, al momento de cargar una factura, si su consumo en el período superó la capacidad contratada y por ende tendrá una multa económica por un determinado período de tiempo, y hacer seguimiento de dicha multa.

Las cuestiones impositivas se pueden manejar dinámicamente gracias al paradigma elegido para el desarrollo, y es modificable por el usuario, para dar soporte a la carga de datos impositivos correspondientes al usuario y su tipo de contratación de servicio (Fig. 2). Además de los impuestos fijos (que pueden ser configurados a nivel global en la aplicación) también se permite la carga de otros de carácter temporal o específicos de la situación fiscal de la empresa.

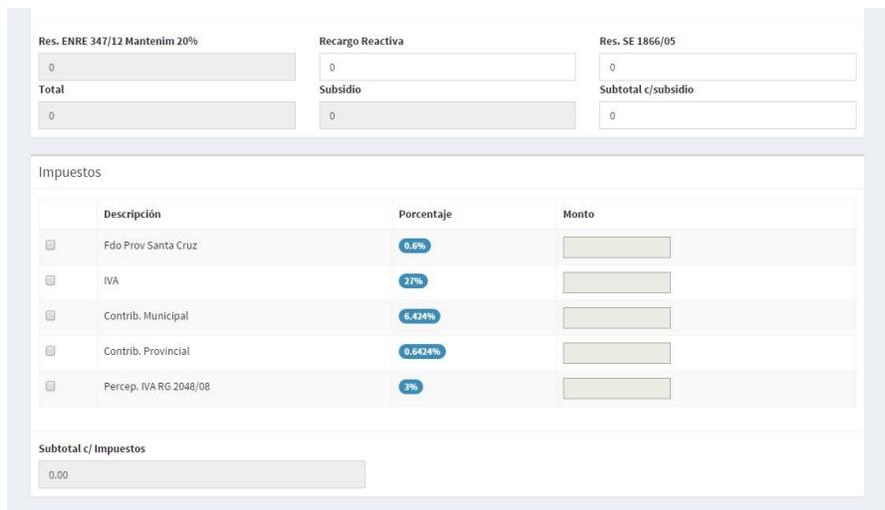


Fig. 2: Pantalla de detalle impositivo – GUI web de EnMa

La posibilidad de procesar la información de entrada para obtener reportes a medida es la función principal de EnMa. Estos reportes serán la entrada de otros procesos contemplados en la norma ISO 50.001 y servirán como información relevante para la toma de decisiones en aspectos de eficiencia energética (Fig. 3).



Fig. 3. Pantalla de reporte cuantitativo sobre el consumo – GUI web de EnMa

En este primer prototipo se realiza la carga de facturas de consumo energético, las cuales se almacenan y procesan en los servidores en la nube. El esquema de la base de

datos es tal que permite el almacenamiento de toda la información de una factura de consumo energético a la vez que se mantienen los datos de otras facturas históricas, de manera de poder usar la potencia de un motor relacional para lograr obtener consultas tan complejas como sean necesarias según el reporte solicitado. Esto permite agregar reportes a medida en versiones posteriores.

Además, EnMa Tool posee un tablero de control de las empresas, el cual permite visualizar la información correspondiente a los consumos de energía eléctrica. (Fig. 4)

Dependiendo de los diferentes cuadros tarifarios, los datos a mostrar en el tablero serán los siguientes:

- Potencia pico contratada a la fecha.
- Potencia fuera de pico.
- Potencia contratada.
- Máximo valor de potencia pico registrado.
- Máximo valor de potencia fuera de pico registrado.

A continuación, se muestra un boceto del tablero de control. Dependiendo del tipo de tarifa, se mostrarán unos conceptos u otros. En la siguiente imagen se observa el caso para una empresa que contrata T3.

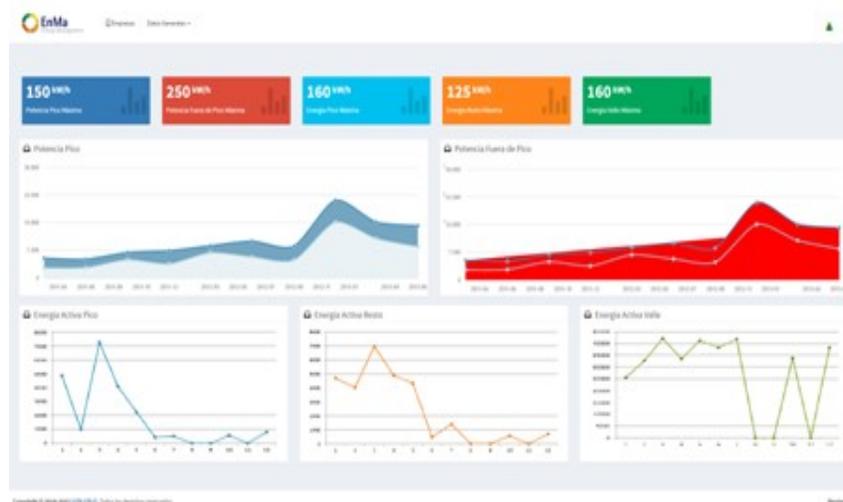


Fig. 4. Tablero de Control de EnMa Tool

4.2 EnMa: Módulo de Gestión de Agua

El módulo de agua ofrece la posibilidad a estas organizaciones de visualizar en forma gráfica y clara, lo consumido a lo largo de los meses, para regular aquellos períodos en los que tuvieron mayores costos de consumo y reducir el mismo para que se adecúe a su presupuesto. También se les permite comparar el consumo y los costos del año actual con los de años anteriores. (Fig. 5). Lo último mencionado, el sistema lo

lleva a cabo tomando los datos que ingresa el usuario, correspondientes al costo de lo consumido, los metros cúbicos y el período.

Esto les permite a las PyMes poder administrar el uso del agua, tomar consciencia de la importancia que tiene el buen uso de este recurso y así posibilitar la determinación de estrategias para lograr un consumo racional del mismo.

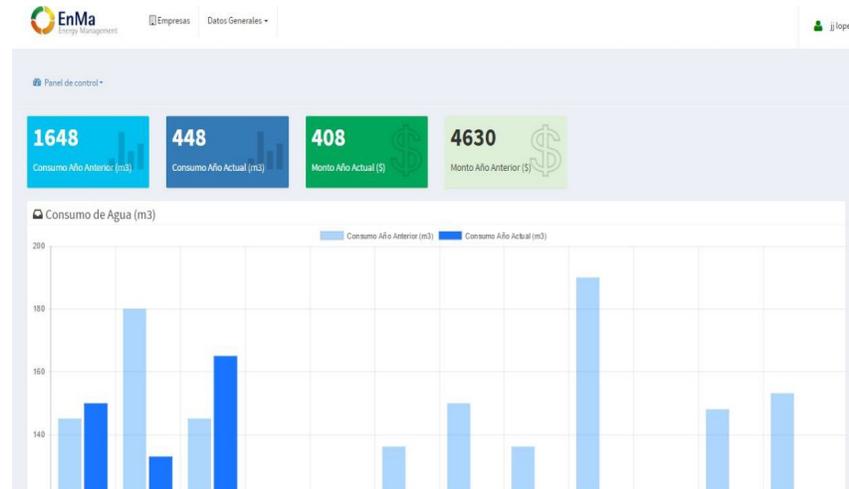


Fig. 5. Pantalla de reporte comparativo de consumos del año anterior y del actual

El módulo de gestión de consumo de agua permite gestionar empresas, medidores, facturas y consumos. De ésta manera se logra tener información completa sobre el consumo de éste bien y se procesa con el fin definir indicadores como el consumo anual. Con ello, podemos generar un tablero de mando que nos permita controlar dichos indicadores. (Fig. 6).



Fig. 6: Consumos en m³ de agua por mes

4.3 EnMa: Módulo de Gestión de Gas

El módulo de gas de EnMa permite a las PyMEs analizar, controlar y evaluar sus consumos, llevando un control de los mismos que le permita identificar posibles mejoras en el uso. EnMa Gas permite realizar un seguimiento y gestión del consumo de gas. La aplicación se basa en las facturas emitidas por las prestadoras, las cuales se utilizan como punto de partida para generar reportes de consumo anual, comparativo entre periodos similares, identificación de picos de consumo, entre otros. (Fig. 7)

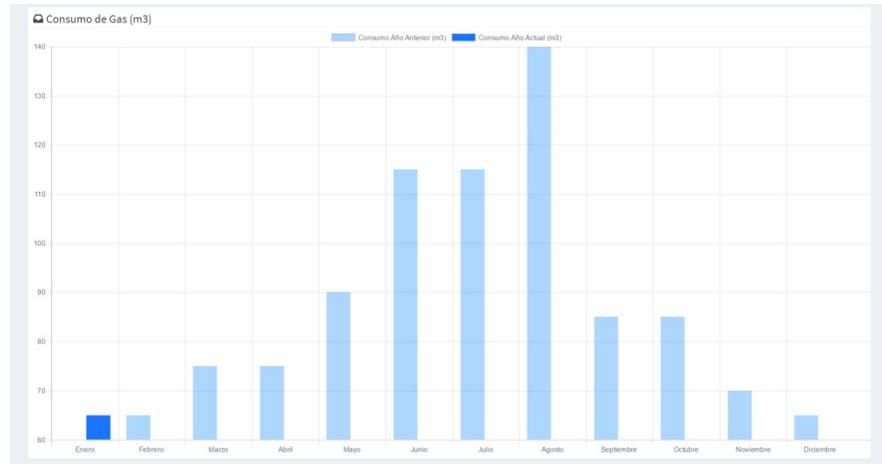


Fig. 7: Consumos en m³ de gas por mes, año a año – GUI web de EnMa

Para el desarrollo de éste módulo hubo una dificultad extra ya que fue necesario analizar la industria del gas natural en la Argentina, la cual está organizada en tres segmentos: producción, transporte y distribución.

Además, fue necesario interiorizarse sobre los distintos organismos reguladores de la industria a nivel nacional:

- El ENARGAS, Ente Nacional Regulador de Gas.
- La Secretaría de Energía.
- La ADIGAS, Asociación de Distribuidoras de Gas de la Argentina.

Como así también con las empresas prestadores del servicio:

- Camuzzi
- Gas Natural Fenosa
- Metrogas
- Gas nea
- Litoral Gas
- Gasnor
- EcoGas

4.4 Desarrollo experimental

En cuanto a los aspectos técnicos, podemos mencionar cuestiones de diseño, de implementación y la arquitectura de sustento. Como decisión general del equipo de desarrollo de éste proyecto, se eligieron todas tecnologías open source, debido a su gratuidad, gran potencial, y amplio soporte de la comunidad mundial de desarrolladores. En lo que respecta al diseño de la herramienta, se trabajó sobre el enfoque de Ingeniería de Software Basada en Modelos (ISBM) [8]: construyendo modelos y prototipos de mayor a menor nivel de abstracción hasta llegar a las definiciones requeridas para su implementación. Se utilizó el modelo arquitectónico de solución MVC (Modelo-Vista-Controlador) [9]. Por otro lado, todo el desarrollo opera bajo el paradigma Cloud Computing (computación en la nube), es decir, como un servicio que se brinda a través de servidores en Internet.

Finalmente, para el desarrollo y la implementación de EnMa Tool se eligieron las siguientes Tecnologías:

- **Backend:** CakePHP v2.7 (framework basado en MVC), MySQL (motor de base de datos).
- **Frontend:** HTML5, CSS3 (estilos), JavaScript, JQuery, Bootstrap.

5 Conclusiones

Los resultados positivos del trabajo llevado a cabo hasta el momento, sumado a la rica experiencia de sumergirnos en contenidos específicos de otras disciplinas, nos permite demostrar de forma positiva el gran impacto favorable que tienen las Tecnologías Informáticas para generar soluciones frente a los problemas que tienen las organizaciones, debido a una ineficiente gestión de la energía.

Desde lo desarrollado con recursos de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, se destaca el valioso desafío en I&D y potencial de EnMa Tool para fortalecer la adopción del estándar ISO 50001 en PyMEs, la cual ha sido desarrollada buscando cubrir las funcionalidades básicas que atañen al gerenciamiento energético pero que a su vez son las más reveladoras del desempeño energético de una organización, permitiendo un apoyo a la toma de decisiones que ha demostrado ser clave para la optimización del consumo energético y para la reducción inmediata de los costos aca-
reados.

Referencias

1. Ramiro Castiñeira: El retorno a una economía de mercado. Buenos Aires, Argentina. <http://www.econometrica.com.ar/attachments/article/299/Econom%C3%A9trica%20-%20Informe%20Macro%20-%20Ene%202016>. (2016)
2. Carretero Peña, A., García Sánchez, J. M.: Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. ISBN: 978-84-8143-752-2, España, (2012).

3. Abdelaziz, R. Saidur, S. Mekhilef. A review on energy saving strategies in industrial sector. (2010)
4. Energía Eléctrica y medio ambiente, Endesa Educa : http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente#energia%20electronica (2014)
5. Informes estadísticos del sector energético. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Argentina: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3728>. (2011)
6. International Organization for Standardization (ISO) - www.iso.org (2017)
7. Norma ISO 50001 – Energy Management Systems - <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm> (2017)
8. Pressman Roger S.: Ingeniería del Software, Un enfoque práctico. Séptima edición. McGraw-Hill. ISBN: 9786071503145 (2010)
9. Jason E. Sweat - PHP Architect's Guide to PHP Design Patterns (2005)