

## Sistema de software para la gestión energética enmarcado en la norma IRAM-ISO 50001

### Software system for energy management framing on norm IRAM-ISO 50001

Bifano, Lautaro; Maccarone, José Luis; Gil, Marcelo; Pascual, Héctor Osvaldo

#### Lautaro Bifano

bifanolautaro@frlp.utn.edu.ar

Centro CODAPLI (Codiseño Aplicado – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería en Sistemas), LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería Industrial), TSSE (Tratamiento de Sistemas de Señales Eléctricas – Ingeniería Eléctrica), Argentina

#### José Luis Maccarone

Centro CODAPLI (Codiseño Aplicado – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería en Sistemas), LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería Industrial), TSSE (Tratamiento de Sistemas de Señales Eléctricas – Ingeniería Eléctrica), Argentina

#### Marcelo Gil

Centro CODAPLI (Codiseño Aplicado – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería en Sistemas), LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería Industrial), TSSE (Tratamiento de Sistemas de Señales Eléctricas – Ingeniería Eléctrica), Argentina

#### Héctor Osvaldo Pascual

Centro CODAPLI (Codiseño Aplicado – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería en Sistemas), LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada – Ingeniería Eléctrica – Ingeniería Industrial), TSSE (Tratamiento de Sistemas de Señales Eléctricas – Ingeniería Eléctrica), Argentina

#### Ingenio Tecnológico

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

ISSN-e: 2618-4931

Periodicidad: Frecuencia continua

vol. 3, 2021

ingenio@frlp.utn.edu.ar

Recepción: 01 Abril 2021

Aprobación: 08 Abril 2021

**Resumen:** Para que las PyMEs no se vean obligadas a traspasar todos los incrementos energéticos a precio, es necesario aplicar herramientas de gestión enfocadas a mejorar el desempeño energético del conjunto, procurando un resultado de menor consumo a igual producción o igual consumo con mayor producción.}

El objetivo del presente proyecto es desarrollar un software para la implementación, seguimiento y control del sistema de gestión de la energía. Esto les permitiría a las PyMEs obtener un uso más racional del recurso energético y lograr los objetivos deseados en menor tiempo.

Para el desarrollo de la dinámica del software se utilizó la misma metodología aplicada en trabajos propios basados en Sistema de Gestión Energética, enmarcado en la norma IRAM 50001-2018. Por otro lado, los datos para las pruebas se obtuvieron de la experiencia adquirida a través de la participación del LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada) en análisis energético de procesos productivos de PyMEs de nuestra Región. Los avances del software se mostrarán a través de la utilización de datos de una PyME que ha certificado el SGE. Pretende ser una herramienta sencilla de utilizar, a la que podrá accederse a través del sitio web.

**Palabras clave:** PyMEs, SGE, Software.

**Abstract:** In order to not transfer the energy increases to prices, it is necessary for Pymes to use management tools focused on improving the whole energy development. This would result in a lower consumption with the same level of production or the same consumption with a higher level of production.

The aim of this project is to develop a software to implement and control the Energy Management System. This would allow PyMEs not only to obtain a more rational use of energetic resources, but also to achieve their desired goals in a shorter period of time.

The software dynamics has been developed following the same methodology used in our own projects about Management System based on IRAM 50001-18 Norm. On the other hand, the data for tests has been obtained by the AEEL (Applied Energy Efficiency Laboratory) experience in energy analysis of local PyMEs' productive processes.

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/266/2662024003/index.html>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

The software functional process will be shown through the data uploaded from a PyME that has obtained the Energy Management System certification. Its aim is to be a simple and intuitive interface which will be accessible on the website.

**Keywords:** SME, EMS, Software.

## INTRODUCCIÓN

Este desarrollo surge del trabajo de integración entre la secretaría de TIC's (Tecnología de la Información y Comunicación) el LEEA (Laboratorio de Eficiencia Energética Aplicada) perteneciente los Departamentos de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Industrial y, que a su vez forma parte del Centro CODAPLI (Codiseño Aplicado) e integra la RedTecNEE (Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética), tanto TIC's como el LEEA pertenecen a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata y aportan recursos humanos con perfiles específicos para llevar adelante este proyecto. El sistema, producto de este proyecto se encuentra disponible en el sitio <https://sge.frlp.utn.edu.ar/>.

La energía es un insumo esencial para las empresas, un insumo transversal a cualquier proceso de producción de bienes y servicios. La empresa adquiere el suministro de energía en función de la necesidad de este insumo a un precio, costo de suministro, que podrá ser transferido directamente a los costos del producto o servicio ó una segunda opción sería gestionar su consumo y su uso, de forma de reducir su impacto. En esta última forma es que la gestión de este insumo clave se convierte en una variable competitiva, a través de "La Gestión Energética".

Siguiendo con esta línea, el objetivo del presente proyecto es proveer a las organizaciones de los diferentes sectores, de una herramienta capaz de ayudarles en la gestión y la eficiencia energética mejorando así su nivel de competitividad.

El proyecto aborda como base la norma IRAM-ISO 50001:2018 (<https://iram.org.ar/>) y sus guías de referencia para la gestión de la energía en las organizaciones, siendo las mismas de alcance internacional (<http://www.iso.org/>); contemplando en un futuro los requisitos para poder implementarlas y/o certificarlas. El sistema desarrollado a raíz de este trabajo promueve políticas que ayudan a la empresa a reducir el consumo energético y cumplir con objetivos medioambientales.

Como apoyo al software y para encaminar a las PyMEs y otras organizaciones en el camino de la eficiencia energética también se brindan cursos sobre buenas prácticas y la utilización del software de gestión SGE-UTN.

## DESARROLLO

Para abordar el desarrollo del Sistema para implementación, seguimiento y control de un Sistema de Gestión Energética (SGE) basado en la norma IRAM-ISO 50001:2018 (en adelante la Norma), se van a relacionar las acciones reales de campo con el contenido del software en desarrollo (en adelante SGE-UTN).

Para el diseño y desarrollo de este sistema se utilizó una metodología ágil, particularmente Scrum (Álvarez García y Lasa Gómez, 2018), esta nos ofrece un mayor feedback con el usuario final del sistema y nos permite hacer entregas parciales para que éste pueda experimentar la dinámica realizando pruebas y en base a estas retroalimentar a los desarrolladores del sistema. Todas las herramientas que se utilizan para el desarrollo de este sistema tienen licencias de software libre (Open Source Initiative, 2020) con lo cual son de uso gratuito y soportadas por la comunidad; como framework de desarrollo PHP Laravel 5.8 (Laravel, 2018), este nos provee una serie de funcionalidades estandarizadas para el desarrollo web facilitando y agilizando la tarea de

los desarrolladores; y MySQL 8 (Oracle, 2018) como motor de base de datos, para el volumen y flujo de datos que se espera del sistema, este motor nos garantiza un funcionamiento consistente y robusto del mismo.

Partiendo de una revisión inicial sobre los consumos de energía de la organización se puede obtener una relación de los mismos en sus unidades originales o llevadas a una misma unidad equivalente (en este caso kWh). En este caso serán comparables y se visualizan a través de una matriz de consumos energéticos o a través de un gráfico tipo torta [Figura 1].

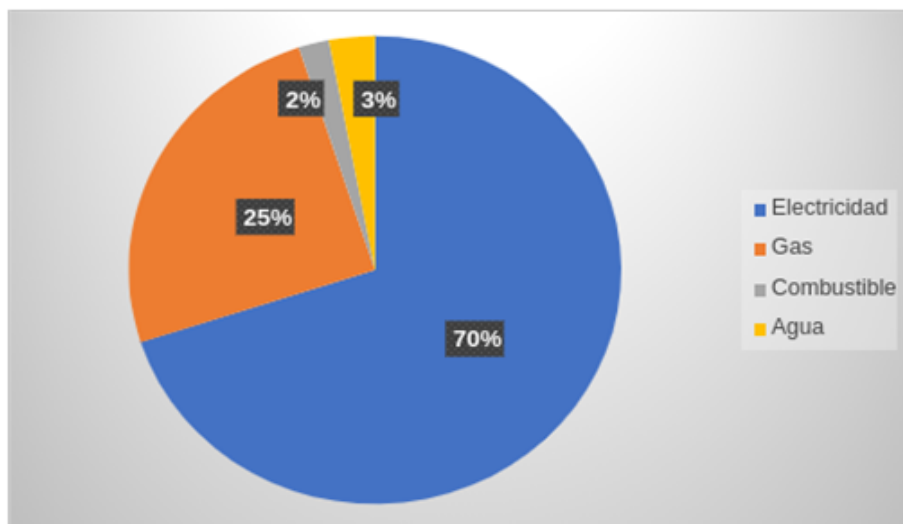


FIGURA 1  
Matriz de Consumos Energéticos

Un tratamiento particular tiene el caso del agua, si bien no es una fuente de energía (excepto algún caso muy específico), se lo toma como recurso esencial y por lo tanto es recomendable que se realice un seguimiento y control de manera tal de incluirlo en las acciones de uso responsable y racional de este recurso.

El SGE-UTN permite que se puedan cargar las facturas de todos los tipos de energía que consume la empresa en sus procesos productivos. De las facturas se especifica el periodo al cual pertenecen, el consumo en la unidad de medida que corresponda según el tipo de energía, el monto que se paga por dicha energía y datos particulares de cada tipo de facturación de la fuente energética. Todos datos relevantes para poder determinar el costo de la energía consumida y poder luego ser utilizados para analizar económicamente y financieramente los planes de mejora a ser implementados, se abordará más adelante el desarrollo de dichos planes.

El sistema nos brinda un panel de control integral que nos muestra el consumo energético de la organización. Aquí se puede observar el promedio de cada fuente de energía consumida y del agua, debajo muestra un indicador verde o rojo informando si el último periodo cargado tuvo un consumo de energía mayor o menor que el promedio antes mencionado [Figura 2].



FIGURA 2  
Panel de administración del SGE-UTN

Con la información de todas las facturas tenemos una estadística del consumo energético de la empresa de manera estacional por año, lo que permite una visualización inmediata para comparar y analizar similares periodos para la toma de decisiones o para el control luego de haber realizado ciertas acciones relacionadas a mejorar el desempeño energético, como se ve en las siguientes figuras [Figura 3] y [Figura 4].

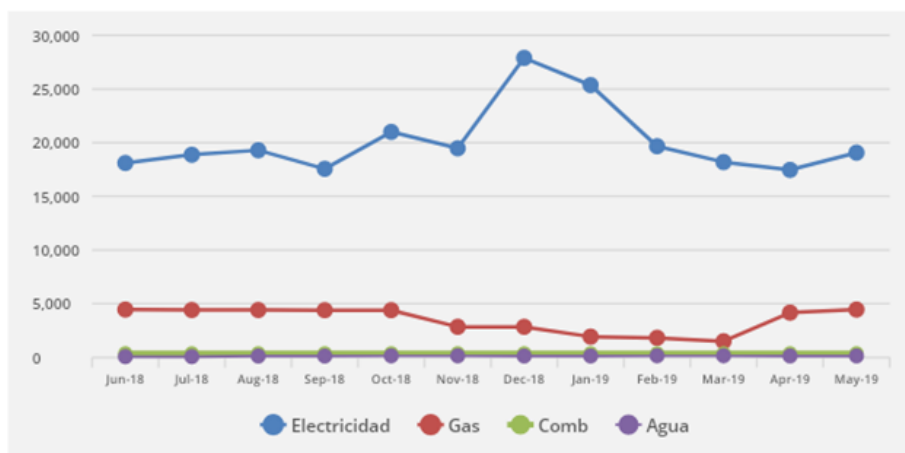


FIGURA 3  
Consumo por tipo de energía, por mes

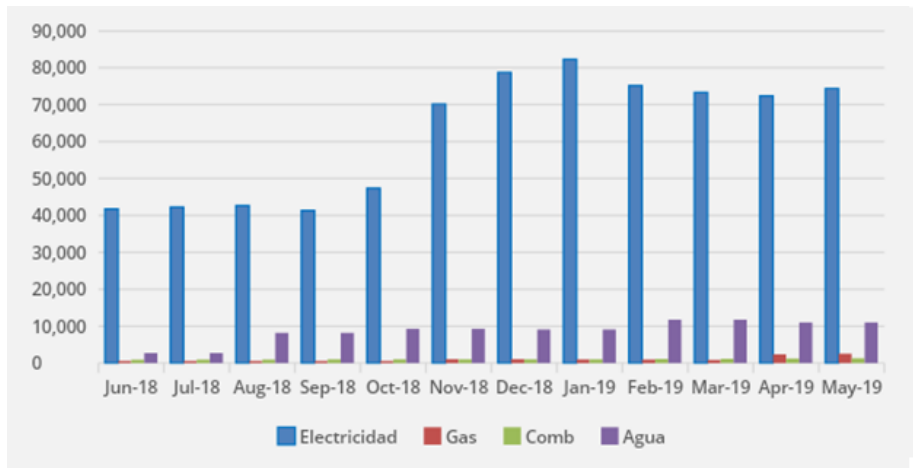


FIGURA 4  
Total \$ facturas por tipo de energía, por mes

Con esto obtenemos como resultado una visión de granularidad mensual, el sistema se está actualizando para poder reducir esa granularidad a diaria, basándose en medidores eléctricos inteligentes (Bustos *et al.*, 2020)

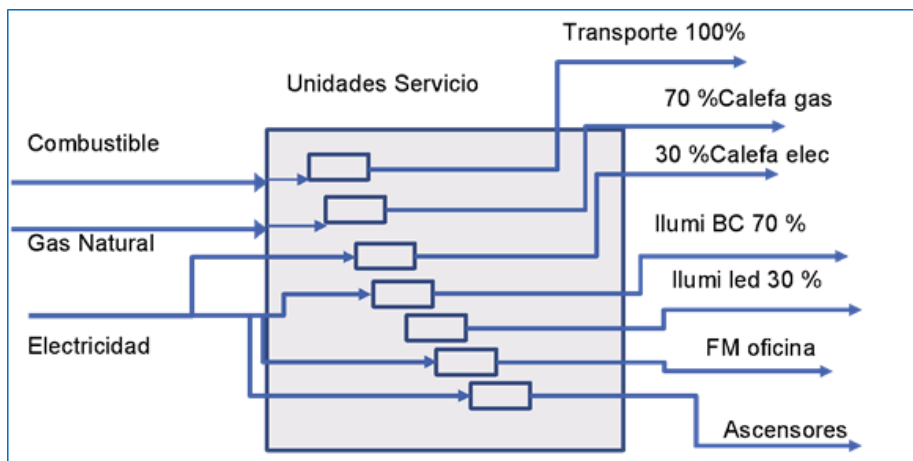


FIGURA 5  
Representación de las unidades de servicio en el gráfico de consumos/transformaciones/ usos

Del llamado relevamiento energético de la organización, el cual contiene el estudio de los consumos energéticos de cada proceso productivo, surge la necesidad de individualizarlos para el SGE-UTN y a cada una de estas partes del proceso productivo las llamamos “unidades de servicio” y a los productos terminados los llamamos “unidades de producción”.

Para el estudio de los usos energéticos denominados en la Norma como USEs (usos significativos de energía), se conforman grupos de usos de energía para lo cual en el SGE-UTN se las llaman líneas de producción de la empresa, esto estará determinado por el alcance del SGE, ellas contienen las unidades de servicio trabajando para obtener unidades de producción, las que pueden ser productos o servicios. Se ve representada en la imagen [Figura 5].

El SGE-UTN permite que se carguen mediciones del consumo de cada unidad de servicio. En el caso de no contar con mediciones, permite a través de datos tales como los tipos de energía que utiliza (electricidad, gas, combustibles líquidos, otros), potencia nominal, rendimiento, estado de carga, velocidad real (para los motores eléctricos), ciclo de funcionamiento y la cantidad de horas que trabaja al año, obtener una energía

equivalente por unidad de tiempo para cada línea de producción. De esta manera se puede conocer el peso que tiene cada línea de producción, la cual también se puede mostrar a través de una matriz de uso de energía o mostrarlo a través de un gráfico tipo torta. En el gráfico que sigue se muestra un ejemplo de usos de energía eléctrica [Figura 6] y gas [Figura 7]

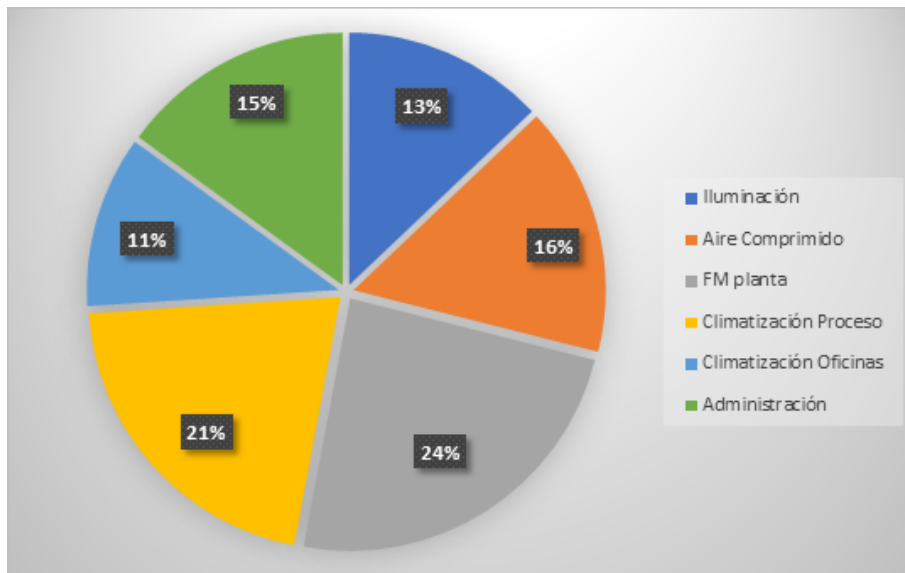


FIGURA 6  
Matriz de usos de energía eléctrica

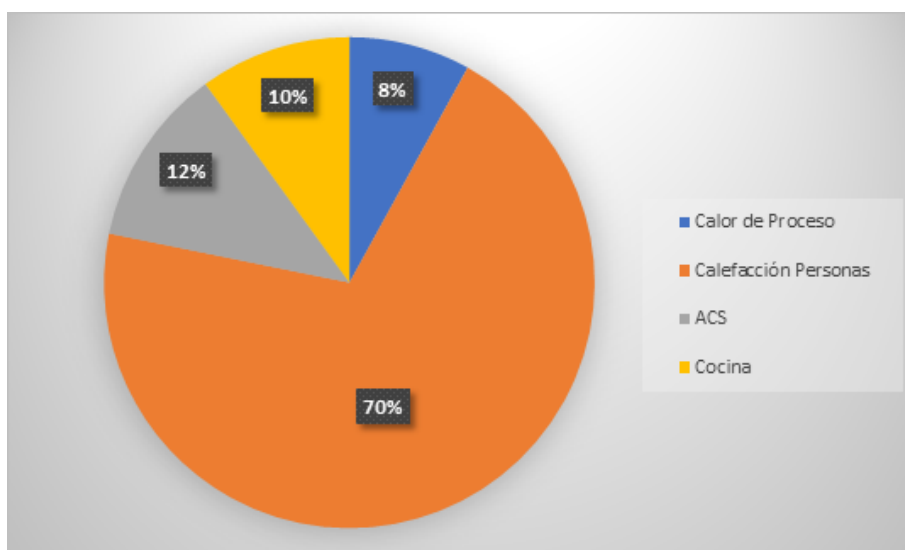


Figura 7  
Matriz de usos de energía gas

Un punto de control nos lo da el hecho que la sumatoria de los valores de energía utilizada (suma de usos de energía, llevados a la misma unidad) debe ser aproximadamente igual a la sumatoria de energías consumida (suma de los consumos de energía, llevados a la misma unidad). Si este análisis se realiza mensualmente la matriz de consumos es la suma de las cantidades que figuran en las facturas de electricidad, gas, agua, combustible y será aproximadamente igual a la Matriz de usos de energía total de un mes de producción de la PyME.

De las unidades de producción tenemos la cantidad de unidades que se producen por hora en cada *línea de producción*, y sabiendo cuántas horas anuales trabaja dicha *línea* sabemos cuántas unidades de producción por periodo de tiempo se obtienen.

Uniendo la información de las unidades de servicio, con la proveniente de las unidades de producción, se obtiene el Indicador de cuánta energía de cada tipo contiene una unidad de producción o producto. También se podría obtener la proyección de producción de la empresa y por ende la proyección de la energía que se consumirá para dicha producción. Dando lugar a un indicador clave como es el de productividad energética, cantidad de energía requerida por unida de producción.

Esta herramienta le brinda a la empresa la posibilidad de trasladar rápidamente a los costos de producción el costo de las energías consumidas para la producción. Ya que cuenta con información del precio de la energía y de la cantidad de energía requerida para producir en tiempo real.

Sabiendo la cantidad de energía que consume la empresa para obtener una unidad de producción se puede ir proponiendo una o varias Línea Base de Energía (LBEn), fotografía inicial o punto de partida que en conjunto con los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) permiten a la organización realizar un seguimiento y control de los planes de acción tendientes a la mejora del desempeño energético. En la [Figura 8] se muestra la LBEn de gas, m<sup>3</sup> consumidos en función de la temperatura, en este caso el consumo de gas no depende de los niveles de producción, sino que depende de la temperatura ambiente para poder mantener la temperatura de proceso, esta condición se puede analizar y deducir por varios caminos, pero a los fines prácticos se puede observar en la [Figura 7] que solo corresponde a proceso tan solo 8 % del consumo total de gas, el 70% corresponde a mantener el confort térmico de las personas que trabajan en la empresa y parte del 12 % corresponde al agua caliente sanitaria (ACS), tanto el confort térmico como el ACS dependen de la temperatura media ambiente.

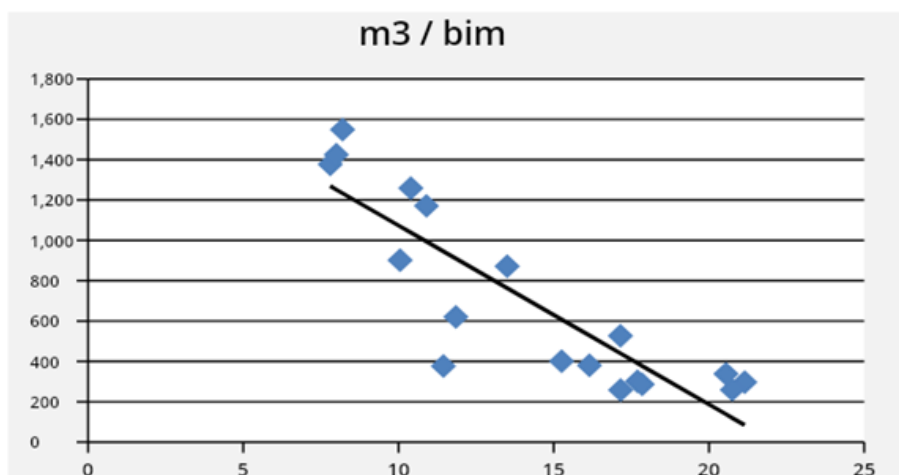


FIGURA 8  
LBEn gas, m<sup>3</sup> = f (temp ambiente)

En este punto del proceso la empresa conoce su consumo temporal (historial de no menos de 12 meses); conoce como usa cada unidad de energía también en forma temporal (anual) y cómo impacta en la producción. Por lo tanto, la organización está en condiciones de proponer objetivos y acciones tendientes a mejorar el desempeño energético (mayor eficiencia energética).

Por otro lado, el sistema también permite visualizar el rendimiento energético que tuvo la empresa mensualmente con respecto a la producción real [Figura 9], [Figura 10] y [Figura 11]. También se contempla que los planes de acción respondan a una iniciativa concreta de mejora del desempeño energético, como por ejemplo el reemplazo de los aires acondicionados de baja eficiencia por los de tecnología inverter; o pueden responder a las llamadas “no conformidades”, así llamados los hallazgos provenientes de auditorías internas

(realizadas por la propia empresa o un tercero) que indicaría desvíos con respecto a los requerimientos de la Norma o de sus propios requerimientos (Procedimientos propios de la Empresa).



FIGURA 9  
Grafico de producción real



FIGURA 10  
Grafico de energía acumulada por mes en kWh



FIGURA 11  
Rendimiento energético, relación entre energía y producción real

Para el seguimiento y control de los planes de acción se cuenta con fecha estimada de realización, y un responsable de ejecución. Si no se pudiera cumplir en tiempo y forma, el SGE-UTN permite emitir una “no conformidad” con el motivo por el cual no se pudo concretar el objetivo propuesto. Para lo cual el SGE-UTN cuenta con el motor necesario para que a través de datos se pueda obtener información valiosa para la toma de decisión y provee la documentación de respaldo necesaria para la planificación, seguimiento y control de un sistema de gestión de energía para una organización.

Todo este camino en busca del objetivo general de la organización de obtener una nueva línea base energética cuya característica principal sea obtener la misma cantidad de unidades de producción, con menos cantidad de energía consumida.



## RESULTADOS

Es posible afirmar que los resultados que se obtengan en el presente proyecto permitirán clarificar la problemática de la gestión de la energía en las organizaciones y de esta forma brindarles la posibilidad de un camino concreto a través del cual podrán generar incrementos reales en su competitividad en un entorno regional, nacional e internacional (RedTecNEE, 2014).

En particular, el sistema facilita la toma de decisiones en relación a las formas de proceder para hacer más eficiente el consumo energético en una empresa, promoviendo de esta manera a concientizar a la sociedad del derroche de energía, en favor de la recuperación de la crisis energética en la que se encuentra el país (Moragues, 2017).

El sistema está siendo actualizado para poder nutrirse automáticamente de la información de energía consumida por la organización en tiempo real, utilizando tecnologías de IoT, protocolos que apuntan a la reducción de consumo energético y especialmente enfocados en desarrollar productos económicamente alcanzables para las PyMEs. Estos medidores pueden acceder a nuestro sistema desde la red de datos a través de una API (interfaz de programación de aplicaciones), así sabremos exactamente cuánta energía consume cada Unidad de servicio en cada momento pudiendo así hacer conjeturas y conclusiones sobre usos estacionales de la energía en forma más eficiente y online.

## DISCUSIÓN

Este proyecto tiene por objetivo generar una herramienta facilitadora para la implementación de un sistema de gestión de la energía en Micro PyMes y PyMes. Sabemos de la importancia que tiene el recurso energético en cualquier proceso de producción de bienes y servicios, pero muchas veces las empresas más pequeñas por su gestión del día a día no dan lugar a procesos de mejora continua que busquen el uso racional de los recursos. Cuestión que no ocurre cuando se trata de empresa de cierta envergadura que cuenta con profesionales capacitados en estas temáticas. Es por ello que la herramienta desarrollada en el presente trabajo es clave, con procedimientos estandarizados, para alcanzar el objetivo tan ansiado de la gestión energética, la eficiencia energética y el ahorro energético que redundarán en la productividad y competitividad de las organizaciones que adhieran a la misma.

## CONCLUSIONES

El software generado tiene los elementos de un sistema de gestión de la energía integrados de forma de configurar un cuadro de mando que permita al responsable de la toma de decisiones conocer la situación en lo que respecta al consumo y uso de la energía en el proceso productivo de bienes y servicios. La experiencia de haber trabajado en sistemas de gestión de la energía en varias empresas permitió generar el modelo de implantación que mejor se ajusta a Micro PyMes y PyMes y que sirvió de base para la construcción del software desarrollado.

## REFERENCIAS

- Álvarez García, A., Lasa Gómez, L., de las Heras del Dedo, R. (2018). *Métodos Ágiles*. Scrum, Kanban, Lean
- Bustos, C.; Bifano, L.; Dorce, J.; Mazzeo, H.; Rapallini, J. (2020). *Sistema de Medición de Potencia para Carga Trifásica mediante red de sensores inalámbricos con protocolo LoRaWAN*
- Hernández, L.; Odobez, N; Fernandez, J.; Torres, J.; Pitman, J.; D'Angona, P.; Castro, J.; Maccarone, J. (2014). *Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética*. RedTecNEE. Presentado en CIDEL Argentina.

- IRAM-ISO 50001 (2018). *Sistemas de Gestión de la Energía - Requisitos con orientación para su uso*.
- Kozuli, R. (2016). *La crisis energética de la Argentina: orígenes y perspectivas*.
- Laravel 5.8 (2018). Installation. *Laravel. The PHP Framework For Web Artisans*. Recuperado de <https://laravel.com/docs/5.8>
- Maccarone, J. (2019). *Competitividad de las Industrias a través de la Gestión Energética*. 3° Foro Patagónico de Energías Sustentable. Villa Regina, Río Negro.
- Maccarone, J.; Gil, M. (2017). *Caracterización Energética de un Parque Industrial*. II Congreso de Investigación y Transferencia Tecnológica en Ingeniería Eléctrica (II° CITTIE). UTN Buenos Aires, Buenos Aires, 2017.
- Moragues, J. A. (2017). Evolución de las políticas nacionales en energías renovables en la Argentina en los últimos 40 años. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 40. Recuperado de <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/erma/article/view/1032>
- Oracle (2018). *MySQL 8.0 Reference Manual*. Recuperado de <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/introduction.html>
- Open Source Initiative (2020). *Licenses & Standards*. Recuperado de <https://opensource.org/licenses>
- Poder Ejecutivo Nacional (2007). *Decreto PEN 140/2007 – PRONUREE. Programa Nacional de Uso Racional y eficiente de la Energía*. Argentina.
- Simes, A.; Maccarone, J. (2018). *Diseño de las Líneas de base de consumo energético de la Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos*. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Clicap 2018. Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Mendoza, 2018