



Universidad de Cienfuegos  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Departamento de Ingeniería Industrial

Mejora de la Gestión Energética Municipal de Cienfuegos.

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Autor:  
Ing. Marlon Díaz La Hoz

Tutores:  
DrC. Eduardo René Concepción Morales  
MSc. Jenny Correa Soto

Cienfuegos  
2019

# *Pensamiento*

*It doesn't matter where you are coming from.*

*All that matters is where you are going.*

*- Brian Tracy*

## Agradecimientos

A mi familia por todo el apoyo brindado durante todo este tiempo.

A Jenny Correa por todo el apoyo y dedicación a este proyecto. Por todas las recomendaciones y consejos dados para que éste fuera posible. Sin ti, nada de esto sería posible. ¡Y lo sabes!!!!

A Jose por su gran apoyo cuando más lo necesité. ¡Muchas gracias mi hermano!!!

A Daylin por apoyarme en todo momento y brindarme su ayuda incondicional en un momento tan crucial como este.

A todos los que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este proyecto. ¡Muchas gracias!!!

Marlon Díaz La Hoz

## Resumen

La presente investigación titulada “Mejora del proceso de Gestión Energética Municipal de Cienfuegos” tiene como objetivo general: Mejorar la GEL del municipio de Cienfuegos, mediante la integración de sus elementos principales: la planificación, el uso de los recursos energéticos y la incidencia en la sociedad.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto que aborda la temática de la gestión energética, desarrollo de software, modelos matemáticos-computacionales en el tema de la predicción de la energía y gobierno electrónico en Cuba y algunas regiones del mundo. Se utilizan técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, diagrama causa-efecto, análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC) y Casa de Calidad (QFD) para el análisis e implementación de mejoras para la plataforma informática. También fueron usados softwares como Statgraphics y MatLab para el procesamiento de información y Visual Studio 2017 para el desarrollo de la plataforma informática.

**Palabras claves:** software, redes neuronales, gestión energética municipal, gobierno local, municipio, gobierno.

## Summary

The present research entitled "Improvement of the Municipal Energy Management Process of Cienfuegos" has as its general objective: To improve the GEL of the municipality of Cienfuegos, by integrating its main elements: planning, the use of energy resources and the impact on the society.

In the development of the research, the impact literature review is carried out that addresses the subject of energy management, software development, mathematical-computational models in the subject of energy prediction and electronic government in Cuba and some regions of the world. Techniques and tools are used such as: interviews, document review, work with experts, brainstorming, cause-effect diagram, Failure Effect and Criticality Mode analysis (FMEAC) and Quality House (QFD) for the analysis and implementation of improvements for the computer platform. We also used software such as Statgraphics and MatLab for information processing and Visual Studio 2017 for the development of the computer platform.

**Keywords:** software, neural networks, municipal energy management, local government, municipality, government.

Índice	
Pensamiento	
Agradecimientos	
Resumen	
Summary	
Introducción	
Capítulo I: Marco teórico-referencial .....	12
1. 1 Gestión de la energía .....	12
1.1.1 Norma Internacional ISO 50001: 2011 .....	13
1.1.2 Norma Internacional ISO 50006: 2014.....	14
1.2 Gestión Energética Local.....	16
1.2.1 Concepción de la GEL .....	17
1.3 Planificación de la energía.....	18
1.3.1 Concepción de la planificación de la energía .....	18
1.3.2 Elementos que considera la planificación de la energía .....	19
1.3.3 Modelos matemáticos para la planificación de la energía .....	21
1.3.4 Modelos de oferta de energía .....	21
1.3.5 Modelos de demanda de energía.....	22
1.4 Uso del software en la gestión de la energía .....	24
1.5 Redes neuronales en la gestión de la energía.....	24
1.5.1 Aplicaciones de las redes neuronales artificiales .....	25
1.6 Fundamentación de la metodología, lenguajes y tecnologías web .....	26
1.7 Las TICs en la Gestión Pública .....	31
1.8 Conclusiones parciales.....	34
Capítulo II: Análisis de la gestión de la energía del municipio Cienfuegos. ....	35
2.1 Caracterización del municipio de Cienfuegos .....	35
2.2 Generación de energía en el municipio de Cienfuegos.....	37
2.2.1 Consumo de energía en el municipio de Cienfuegos .....	39
2.3 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos.....	39
2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica de las 5 sucursales del municipio.....	40
2.4 Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos .....	43
2.4.1 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio.....	45
2.4.2 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio .....	46
2.4.3 Indicadores para el sector residencial municipal .....	50

2.4.4 Herramientas para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la Gestión Energética Municipal .....	55
2.5 Análisis situacional actual de la Gestión Energética Local en Cienfuegos .....	56
2.6 Conclusiones parciales.....	59
Capítulo III: Plataforma para integración de los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos. ....	61
3.1 Introducción.....	61
3.2 Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial .....	61
3.2.1 Definición y análisis del problema .....	62
3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución .....	63
3.2.3 Implementación.....	63
3.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas.....	63
3.3.1 Definición y análisis del problema .....	63
3.4 Implementación de la Herramienta de Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC) para la priorización de las acciones de mejora .....	65
3.5 Aplicación del QFD para la mejora de la planificación energética del municipio de Cienfuegos.....	67
3.6 Mejoras a la gestión energética municipal mediante el e-gobierno .....	84
3.7 Conclusiones parciales .....	86
Conclusiones Generales: .....	87
Recomendaciones: .....	88
Bibliografía	
Anexos	

# *Introducción*

## Introducción

La gestión energética local o gestión energética municipal (GEL o GEM) como la define Jaccard, et\_al., (1997): es la planeación estratégica de las necesidades y usos de energía en la localidad a corto, mediano y largo plazo; de manera que resulten en la implementación de un sistema energético eficiente, económico y amigable con el medio ambiente. Además a nivel local puede ser implementado a escala regional, en municipios y vecindarios (Genevieve & et\_al., 2009).

Entre los elementos que integran la GEL se encuentra la planificación, el uso de recursos y su incidencia en la sociedad (Correa et al, 2018). La planificación a menudo se realiza dentro de las organizaciones gubernamentales, pero también puede ser llevada a cabo por grandes empresas de energía, tales como centrales eléctricas o de petróleo y gas, esta puede llevarse a cabo con la colaboración de las diferentes partes interesadas, procedentes de organismos gubernamentales, empresas de servicios públicos, locales, instituciones académicas y otros grupos de interés. (Alpha, 2014)

Según Barranchina et al. (1993) la planificación energética debe considerar, durante su elaboración, cuáles son las directrices de política energética que se plantean en ese momento, este punto hace que la planificación energética esté directamente influenciada por las variaciones en el gobierno de la zona donde se quiera aplicar. Por tanto, está sujeta a continuas revisiones que se suman a aquellas que son necesarias en toda planificación. En la planificación energética los factores más relevantes son el fomento del ahorro y eficiencia energéticos, la mejora de las condiciones medioambientales y el cambio de tendencia hacia el aumento gradual de la tasa de autoabastecimiento mediante el uso de energías renovables (FRE).

En la planificación de la energía se utilizan modelos matemáticos tanto de ofertas como de demanda de energía (Marcos, 1984; Chalacan y Masapanta, 2011). Algunos de estos modelos están soportados en aplicaciones de software relacionados con el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs), las cuales pueden proporcionar un seguimiento de la factura de la electricidad, mediciones en tiempo real, sistemas de control sobre la iluminación, la calefacción y la ventilación. Estos tipos de software a menudo proveen

# Introducción

herramientas para reducir los costos y los consumos energéticos; además de recolectar información sobre el consumo energético y se utiliza para tres propósitos principales: crear reportes, monitoreo y la realización de sus funciones (Edward, 2012).

En el ámbito de la planificación energética como elemento de la GEL, el gobierno municipal debe tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía en el territorio (Corre et al, 2018). En la actualidad la gestión pública está soportado en el empleo de las TICs, posibilitando lo que se conoce como gobierno electrónico (Campos, 2010). En Cuba la GEL no ha logrado integrar los tres elementos aún cuando existen varios productos informáticos que permiten gestionar energía, pero son utilizados a nivel de empresas, estos son: Celador S2C (Desoft), GesPort, Sistema Automatizado para la Gestión y Control de los Combustibles (SAGCC) (Cuevas, 2016).

La gestión de la energía en el país es un tema de importancia considerando que en el año 2011 se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social, aprobándose en el marco del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba los lineamientos de la Política económica y social del Partido y la Revolución (Cuba, 2011). En el 2014 se aprobó la política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía, donde se enfatizó en la necesidad de elevar la eficiencia energética a través del cambio de la estructura de la matriz energética actual y su relación con la competitividad de la economía nacional; al disminuir la dependencia a los combustibles fósiles importados, los costos energéticos y la contaminación del medio ambiente (Puig Meneses, 2014) (Rodríguez, 2016); y por último en el 2016 la declaración la protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030 (Correa et al., 2017).

A lo anterior se le suma la adopción por el país de la ISO 50001: 2011 "Sistema de Gestión de la Energía" con referencia Norma Cubana (NC), donde se considera la planificación de la energía como un plan minuciosamente diseñado que sirve de guía durante un período de tiempo determinado, constituyendo una herramienta muy útil para cualquier organización que decida mejorar su modelo de consumo energético y que desee hacerlo conforme a un plan correctamente elaborado. (Correa et al., 2014)

Todo lo anterior representa la situación problemática de investigación de ahí que se enuncie el siguiente **Problema Científico**:

# Introducción

¿Cómo mejorar la gestión energética local del municipio de Cienfuegos?

En correspondencia al problema declarado se plantea como **Hipótesis** que: Es posible mejorar la GEL mediante la integración de la planificación, el uso de recursos energéticos e incidencia en la sociedad.

Se comprueba la hipótesis si se logra integrar los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos.

Variable independiente: integración de la planificación, uso de recursos energéticos e incidencia en la sociedad.

Variable dependiente: mejora de la GEL.

Definiendo como **Objetivo general de la investigación** integrar los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto se proponen los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir un marco teórico-referencial de la investigación relacionado con la gestión, modelos y softwares relacionados con la energía.
2. Analizar la gestión de la energía del municipio de Cienfuegos.
3. Desarrollar una plataforma que permita la integración de los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos.

La justificación de la investigación esta dada por la necesidad del país de gestionar sus recursos energéticos desde el ámbito de los municipios donde los gobiernos locales sean capaces de tomar decisiones de los recursos energéticos existentes en el territorio, además de contribuir al Desarrollo Local a través de la gestión del gobierno en función del cumplimiento de la Política Energética del país y al Eje Estratégico, recursos naturales y medio ambiente, aprobados en las bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y social hasta el 2030, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas hasta el 2030.

## Alcance de la investigación

El estudio y sus resultados se enmarcan en la integración de los elementos de la GEL mediante

# *Introducción*

una plataforma para favorecer la toma de decisiones del gobierno local y su interacción con los públicos en el municipio de Cienfuegos.

## **Estructura capitular:**

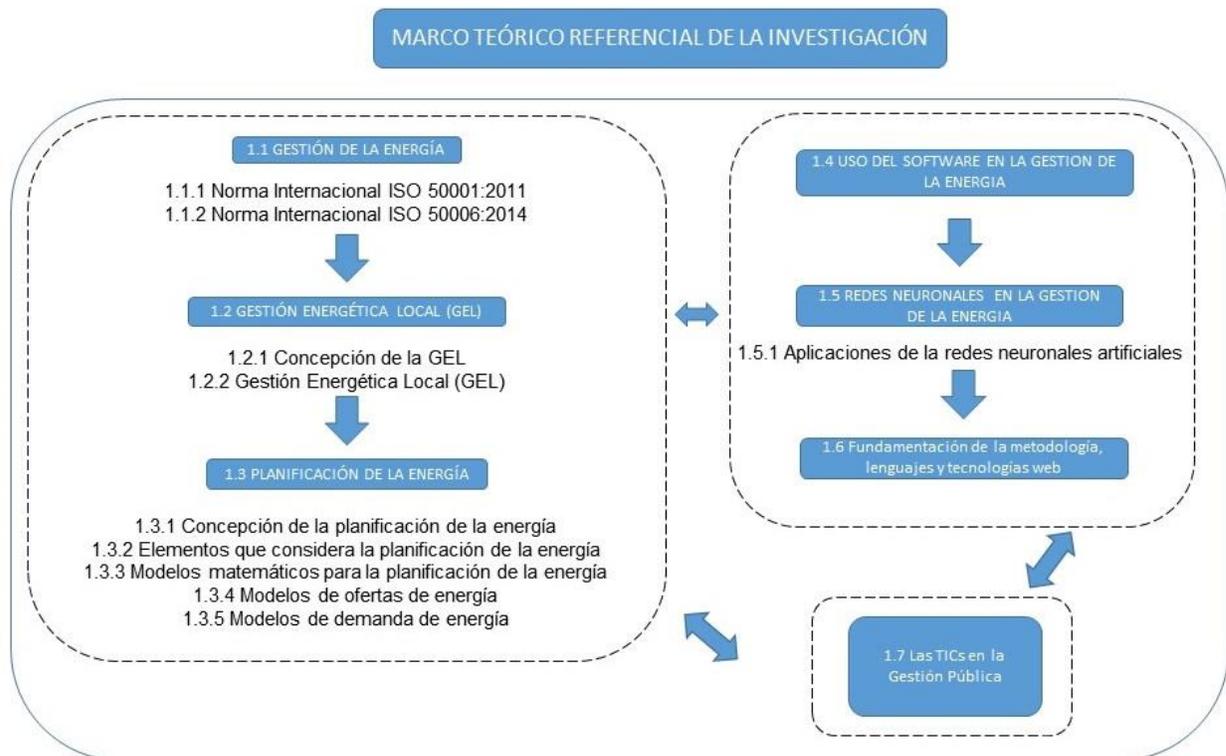
Capítulo I: En este primer capítulo se realiza un estudio sobre GEL, planificación energética, Modelos matemáticos, computacionales y softwares vinculados a la energía.

Capítulo II: Se realiza una caracterización energética del municipio de Cienfuegos con el análisis de sus potencialidades.

Capítulo III: Se desarrolla el producto GEM basado en los estudios realizados.

## Capítulo I: Marco teórico-referencial

En este capítulo se presenta una panorámica conceptual y descriptiva sobre la gestión de la energía, las normas internacionales ISO 50001: 2011 e ISO 50006: 2014, la gestión energética local, la planificación de la energía, los modelos matemáticos para su planificación. Se realiza un abordaje a la gestión de la calidad con énfasis en la ISO 9001: 2015, en el acápite referido al diseño y desarrollo de productos y servicios, describiéndose finalmente la metodología Despliegue de la Función Calidad (QFD) como herramienta fiable para el diseño de productos y servicios. Para su comprensión se presenta en la figura 1.1 el hilo conductor para la elaboración del capítulo.



**Figura 1.1:** Estrategia para la construcción del marco teórico referencial de la investigación.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.1 Gestión de la energía

La gestión energética (GE) es parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implementar su política energética. La GE o administración de la energía es un subsistema de la gestión organizacional que abarca las actividades de administración y aseguramiento que le confieren a la organización la aptitud para satisfacer de forma eficiente sus necesidades energéticas (Borroto, 2006).

## Capítulo 7

Con la aprobación de la norma ISO 50 001: 2011 "*Energy Management Systems – Requirements with guidance for use.*" por la Organización Internacional de Normalización (ISO), como resultado de normas técnicas desarrolladas por países como Dinamarca en el año 2001, Suecia en el 2003, Estados Unidos e Irlanda en el 2005, España en el 2007 y la Unión Europea en el 2009 (Correa & et\_al, 2014); ha traído como consecuencia el aumento del interés internacional en la GE. Por este motivo para muchas organizaciones la GE se ha convertido en una prioridad por lo que se esfuerzan en reducir los costos de energía, ajustándose a los requisitos reglamentarios y por ende a mejorar su imagen corporativa (Antunes, Carreira & da Silva, 2014; Jovanovic & Filipovic, 2016).

### 1.1.1 Norma Internacional ISO 50001: 2011

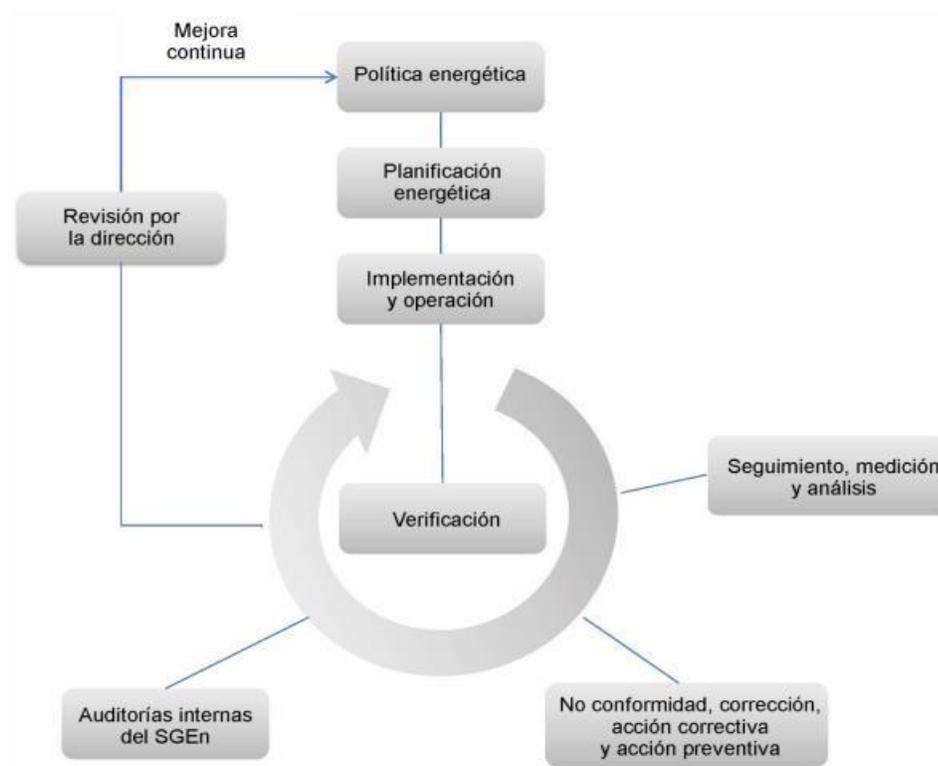
La solicitud para el desarrollo de la norma internacional ISO 50001: 2011 de gestión de la energía provino de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien reconoció que la industria necesitaba plantear una respuesta efectiva al cambio climático. Para la ISO la gestión energética fue uno de los cinco campos principales dignos para el desarrollo de Normas Internacionales. La gestión eficaz de la energía es una prioridad, ya que cuenta con un potencial significativo en cuanto al ahorro de energía y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo (ISO, 2011).

El objetivo de este estándar internacional es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento en el uso de la energía. El estándar lleva a reducciones de costo, emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales por medio de la gestión sistemática de la energía. Es aplicable a todo tipo de organizaciones independientemente de su ubicación geográfica, condiciones culturales o sociales. La implementación acertada depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y sobre todo de la dirección superior (ISO, 2011; Sánchez, 2013).

En la norma se definen los requisitos para un sistema de gestión energética (SGE), para desarrollar e implantar una política energética, establecer objetivos, metas y planes de acción, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información pertinente al uso significativo de energía. Donde el SGE permite a una organización alcanzar sus compromisos de política, tomar las acciones que sean necesarias para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. La norma se basa en el ciclo de mejora continua Planear-Hacer-Verificar-Actuar e incorpora la gestión energética en las prácticas organizacionales diarias (Correa & et\_al, 2014; Sánchez, 2013).

# Capítulo 7

La aplicación global de esta norma contribuye a lograr un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, incrementar la competitividad y reducir el impacto ambiental asociado al uso de la energía, al establecer un marco internacional para la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición, por parte de las instalaciones industriales y comerciales, o de las compañías en su totalidad. La norma sugiere a las organizaciones las estrategias y herramientas de gestión, como los indicadores energéticos, para incrementar su eficiencia energética, reducir costos y mejorar su desempeño ambiental. Las bases de este enfoque se muestran a continuación en la figura 1.2 (Campillo, 2018)



**Figura 1.2:** Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50 001: 2011. **Fuente:** (ISO, 2011)

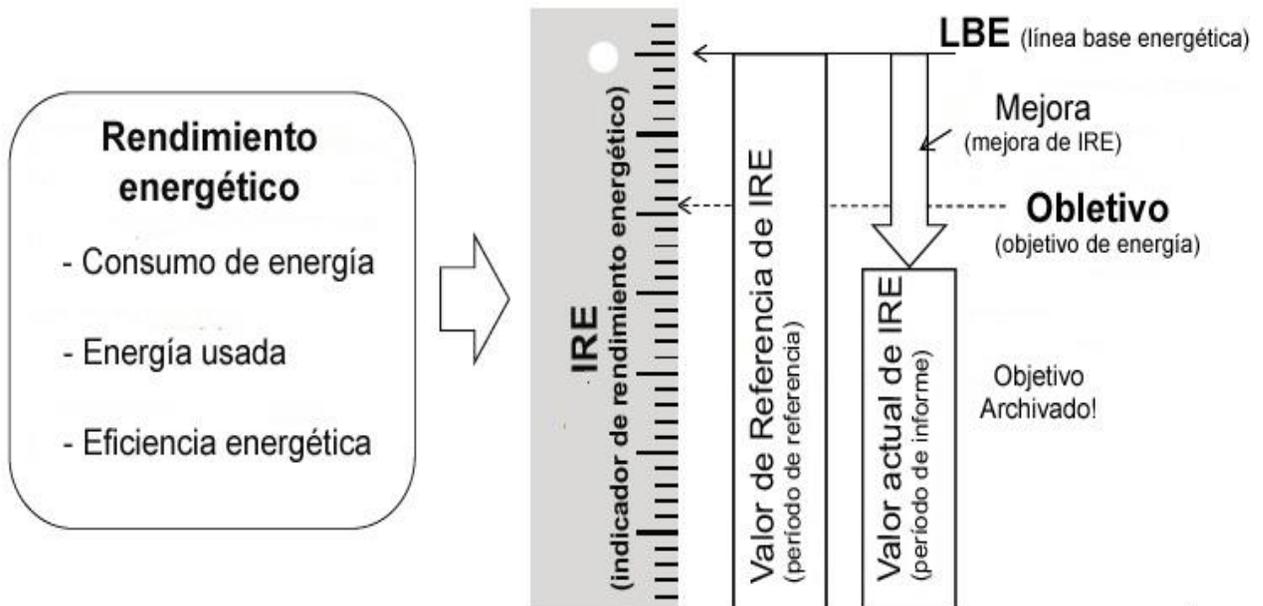
## 1.1.2 Norma Internacional ISO 50006: 2014

La Norma Internacional ISO 50006: 2014 proporciona a las organizaciones orientación práctica sobre cómo cumplir los requisitos de la ISO 50001:2011 relacionados con el establecimiento, uso y mantenimiento de indicadores de rendimiento energético (IRE) y líneas base de energía (LBE) para medir el rendimiento energético y los cambios en el rendimiento energético. Los IRE y LBE son dos elementos interrelacionados claves de ISO 50001 que permiten la medición, y por lo tanto la gestión del rendimiento energético en una organización. El rendimiento energético es un concepto amplio que está relacionado con el consumo de energía, el uso de la energía y la

eficiencia energética. Con el fin de gestionar eficazmente el rendimiento energético de sus instalaciones, sistemas, procesos y equipos, las organizaciones necesitan saber cómo se utiliza la energía y cuánto se consume con el tiempo (ISO, 2014).

Un IRE es un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con la eficiencia energética, el uso y el consumo en instalaciones, sistemas, procesos y equipos. Las organizaciones utilizan los IRE como una medida de su rendimiento energético. Por otra parte, una LBE es una referencia que caracteriza y cuantifica el rendimiento energético de una organización durante un período de tiempo especificado. Las LBE permiten a una organización evaluar los cambios en el rendimiento energético entre periodos seleccionados y calcular los ahorros de energía, como referencia antes y después de la implementación de las acciones de mejora del rendimiento energético (ISO, 2014).

Las organizaciones definen metas para el desempeño energético como parte del proceso de planificación energética en sus sistemas de administración de energía (SAE), considerando los objetivos específicos de rendimiento energético al identificar y diseñar los IRE y LBE. La relación entre el rendimiento energético, los IRE, Las LBE y objetivos de energía se ilustra en la (Figura 1.3). (ISO, 2014)



**Figura 1.3:** Relación entre rendimiento energético, IRE, LBS y objetivos energéticos. **Fuente:** (ISO, 2014)

## 1.2 Gestión Energética Local

Desde la crisis energética de los años 70 del pasado siglo los gobiernos han adoptado políticas y programas para incrementar la eficiencia energética en la economía y la sociedad en general, lo que ha permitido: reducir la dependencia de recursos escasos y finitos, mejorar la economía de los consumidores y reducir el impacto ambiental (Wilson, 2008).

La GEL se contempla como una línea estratégica de actuación en el marco del Mercado Interior de la Energía en el mundo. Este hecho, unido al creciente interés por cumplir los compromisos de la Cumbre de Kioto, así como por promover junto a la contención de la demanda energética, la diversificación y la seguridad del abastecimiento energético, colocan la gestión de la energía a nivel local en una situación reforzada respecto a otros ámbitos (Campillo, 2018).

Las políticas, los planes energéticos nacionales y regionales otorgan un papel importante a las administraciones locales en la consecución de sus objetivos debido a que éstas son las entidades más próximas a los ciudadanos y, por tanto, las idóneas para la puesta en práctica de acciones que reduzcan el consumo de energía y fomenten el uso de energías renovables (Rodríguez, 2019).

Varias son las formas en las que las administraciones locales pueden incidir en el consumo energético local, como se muestra en la Tabla 1.1.

La diversidad, complejidad y transversalidad de las acciones que un municipio puede llevar a cabo con el objetivo de ahorrar energía, promover las energías renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como los diferentes niveles sobre los que puede actuar (normativo, ejecutivo, de educación y sensibilización, etc.), obligan a elaborar una buena planificación que integre todos estos elementos y establezca compromisos firmes (Agüero, 2016; Rodríguez, 2016).

Para la elaboración y coordinación de los temas energéticos en general, ya desde 1990 se promueve la creación de las Agencias Locales de Energía, organismos autónomos que tienen como función la planificación energética, la información y el asesoramiento a los consumidores, la ayuda al montaje, la financiación, el seguimiento y la evaluación de proyectos de gestión de la energía (Agüero, 2016; Rodríguez, 2016).

**Tabla 1.1:** Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local.

**Fuente:** (Agüero, 2016; Rodríguez, 2016)

Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local	
La administración local como consumidora, proveedora de servicios y productora.	Las administraciones locales son grandes consumidoras de energía en el desarrollo de su actividad diaria, utilizan muchas dependencias (oficinas, instalaciones deportivas, etc.) y gestionan servicios como el alumbrado público o flotas de vehículos. También pueden ser productoras de energía utilizando las energías renovables en sus instalaciones, fomentando así su propio autoabastecimiento energético.
La administración local como motivadora y ejemplo a seguir.	Las administraciones locales pueden ayudar a informar y motivar sobre el ahorro de energía y el uso de las energías renovables, desarrollando programas de educación ambiental, campañas de sensibilización y también dando ejemplo con sus acciones.
La administración local como planificadora y reguladora.	Las administraciones locales tienen competencias de ordenación territorial y ordenación del tráfico que afectan directamente al consumo energético de los ciudadanos. Como reguladora también pueden elaborar ordenanzas que disminuyan el consumo de energía o fomenten el uso de las energías renovables.

## 1.2.1 Concepción de la GEL

La importancia de que los gobiernos locales se impliquen en el fomento de la eficiencia energética y de la energía limpia, está dada porque ellos tienen influencia sobre los sectores de la sociedad, así como promueven políticas y programas para el uso de la energía (Erario, 2010).

La gestión energética local o gestión energética municipal (GEL o GEM) como la define Jaccard, et al., (1997) es la planeación estratégica de las necesidades y usos de energía en la localidad a corto, mediano y largo plazo, de manera que resulten en la implementación de un sistema energético eficiente, económico y amigable con el medio ambiente. Además a nivel local puede ser implementado a escala regional, en municipios y vecindarios (Genevieve & et al., 2009).

De ahí que se pueda definir como el conjunto de acciones que se realizan para obtener el mayor rendimiento posible de la energía consumida, incluyendo el conocimiento y control de los consumos energéticos de todo el municipio considerando el tratamiento del agua y los residuos,

# Capítulo 7

pues intenta coordinar los esfuerzos que se realizan de forma independiente, estableciendo una asociación municipal de acciones y comunicación. Por lo que constituye una de las medidas más productivas en la mejora de la GEL en los municipios (Draw, 2012).

Otro de los conceptos de la GEL está basado en el diseño flexible del uso de las TIC, donde los centros de mini datos puedan trazar una red que contengan información de las fuentes de energía con inclusión de las renovables (Bird & et\_al., 2014).

La GEL está compuesta por tres actores importantes estos son: los usuarios de la energía local que brindan la información relacionada con el crecimiento de la demanda a nivel local y su satisfacción; las autoridades que son las encargadas del tratamiento, la asistencia técnica, la implementación de políticas energéticas locales y regionales, el monitoreo de estas y del cumplimiento de las normas, sirviendo como un catalizador en el cambio institucional del gobierno local y la Administración Pública; y por último los actores comerciales que se encargan de facilitar el intercambio de experiencias, la creación y socialización de ideas innovadoras (ICLEI, 2011).

Los beneficios de una GEL eficiente incluyen la reducción del costo de la energía municipal, de las emisiones de gases de efecto invernadero, del uso de los sistemas eléctricos tradicionales y la dependencia de la importación de petróleo (Van & et\_al., 2003).

## 1.3 Planificación de la energía

La planificación energética tiene una serie de significados diferentes, sin embargo, un sentido común del término es el proceso de desarrollo de políticas de largo plazo para ayudar a guiar el futuro de una organización, de un país, región o incluso el sistema energético mundial.

Una de las herramientas que más ha contribuido en el campo de la planificación energética es el empleo de modelos matemáticos, cada vez más complejos, debido al desarrollo alcanzado por los ordenadores, que permiten el tratamiento automático de la información, la cual puede llegar ser mucha y variada. (Mintegui y López, 1990; Zambrano y Maiquiza, 2011).

### 1.3.1 Concepción de la planificación de la energía

La planificación de la energía a menudo se realiza dentro de las organizaciones gubernamentales, pero también puede ser llevada a cabo por grandes empresas de energía, tales como centrales eléctricas o de petróleo y gas, esta puede llevarse a cabo con la colaboración de las diferentes partes interesadas procedentes de organismos gubernamentales, empresas de servicios públicos, locales, instituciones académicas y otros grupos de interés. (Alpha, 2014)

Los enfoques integrados que tengan en cuenta tanto la provisión de los suministros de energía y el papel de la eficiencia energética en la reducción de las demandas son a menudo utilizados en

## Capítulo 7

la planeación de la energía. En esta debe reflejar siempre los resultados de crecimiento de la población, además tradicionalmente ha desempeñado un papel importante en establecer el marco de las regulaciones en el sector de la energía.

Una nueva tendencia en la planificación de la energía se conoce como Planificación de la Energía Sostenible, que tiene un enfoque más integral al problema de la planificación de las necesidades futuras de energía; se basa en un proceso de toma de decisión formulado en siete pasos claves, que se muestran a continuación (Alpha, 2014):

1. Exploración del contexto de la situación actual y futura.
2. La formulación de problemas y oportunidades que deben ser abordados como parte del proceso de Planificación Energética Sostenible. Esto podría incluir temas tales como "PeakOil" o "Económico recesión / depresión".
3. Crear una gama de modelos para predecir el posible impacto de diferentes escenarios. Esto tradicionalmente consiste en modelos matemáticos, pero está evolucionando para incluir "Metodologías para Sistemas Blandos", tales como grupos de enfoque, la investigación entorno gráfica entre pares de escenarios lógicos posibles.
4. Sobre la base de la salida de una amplia gama de ejercicios de modernización, análisis de documentación, foro de discusión abierta, los resultados son analizados y estructurados en un formato fácil de interpretar.
5. Los resultados se interpretan con el fin de determinar el alcance, la escala y los métodos posibles de ejecución que serían necesarios para garantizar una implementación exitosa.
6. Esta etapa es un proceso de garantía de calidad que activa interroga a cada etapa del proceso de Planificación Energética Sostenible y comprueba si se ha llevado a cabo con rigor, sin ningún prejuicio y que avanza las metas de desarrollo sostenible y no actúa en contra de ellos.
7. La última etapa del proceso consiste en tomar medidas. Esto puede consistir en el desarrollo, publicación y aplicación de una serie de políticas, reglamentos, procedimientos o tareas que en conjunto contribuyan a lograr los objetivos del Plan de Energía Sostenible.

La planificación energética sostenible es particularmente apropiada para las comunidades que deseen desarrollar su propia seguridad energética, al tiempo que emplean las mejores prácticas disponibles en sus procesos de planificación.

### 1.3.2 Elementos que considera la planificación de la energía

Con objeto de desarrollar las actividades económicas y sociales de un país o región es necesario conocer la evolución del sector energético; esto se debe a que la energía condiciona los sectores

## Capítulo 7

productivos y de consumo. La conveniencia de examinar conjuntamente los suministros de energía y agruparlos en un sector económico surgió a partir de las crisis del petróleo de los años setenta del siglo XX y deriva de la necesidad que tienen las diferentes regiones de asegurar el abastecimiento energético de sus sectores (García, 2004; Zambrano y Maiquiza, 2011).

La importancia de las decisiones de los gobiernos en lo relativo a la política energética ha generalizado la elaboración de planes energéticos, según Ortega (1983) un plan energético debe ser un documento que resuma las acciones de la política energética, parametrizada en sus principales dimensiones físicas y económicas. Para la elaboración del plan energético se hacen necesarios estudios, reuniones y consultas entre el Gobierno, las empresas, los sindicatos, las administraciones locales y las organizaciones de usuarios. Por otra parte, Barranchina *et al.* (1993) denominan plan energético a la previsión de futuro para reducir incertidumbres, en la cual se estima la demanda energética para el año horizonte del plan y se articulan los medios para satisfacer esa demanda.

Los planes se basan en la trayectoria que han tenido los consumos y las ofertas energéticas, apoyándose en la situación actual y en las perspectivas, para proyectarse hacia el futuro. Esto significa que deben estar incluidos dentro de uno o varios planes económicos a medio plazo, permitiendo mantener unas líneas de actuaciones claras y concretas, sobre las inversiones que es necesario realizar.

Según Barranchina *et al.* (1993) un plan energético debe considerar, durante su elaboración, cuáles son las directrices de política energética que se plantean en ese momento, este punto hace que la planificación energética esté directamente influida por las variaciones en el gobierno de la zona donde se quiera aplicar. Por tanto, está sujeta a continuas revisiones que se suman a aquellas que son necesarias en toda planificación. En el plan energético los factores más relevantes son el fomento del ahorro y eficiencia energéticos, la mejora de las condiciones medioambientales y el cambio de tendencia hacia el aumento gradual de la tasa de autoabastecimiento mediante el uso de energías renovables.

Los principales parámetros que entran en el esquema de la planificación según Ortega (1983) son los siguientes:

1. Magnitud de la demanda energética previsible. Estructura y demanda insustituible.
2. Evolución de los precios de los recursos energéticos nacionales e internacionales.
3. Evolución del coste del dinero.
4. Volumen de importaciones exigidas.

5. Limitaciones en el uso de las tecnologías.
6. Incidencia en el medio ambiente.

Una buena previsión de la demanda de energía debe apoyarse en un modelo econométrico general que sintetice la evolución, a medio o largo plazo de la región considerada. Si no es posible la formulación de un modelo económico, o si las incertidumbres de evolución son muy grandes, la previsión de la demanda se planteará en términos más simples. En este caso se utilizarán hipótesis del crecimiento demográfico, estructura de población y nivel de ingreso. (García, 2004; Leyva *et al.*, 2014)

Uno de los conceptos básicos que más importante en este momento es la denominada "intensidad energética", este concepto representa la participación de la energía en la producción de un bien. La previsión de la demanda de energía debe matizarse precisando los suministros de carácter insustituible, de hecho, esta partida puede suponer un límite importante respecto de las actuaciones que se pretendan realizar.

El objeto final de la planificación energética es establecer los balances de energía en cada una de las situaciones futuras a que haga referencia el plan. Éstos se presentan en forma simplificada como el equilibrio entre la demanda prevista y la oferta obtenida a través de los distintos medios de abastecimiento elegidos en la planificación. Otro punto a considerar es la evolución del consumo de energía por sectores económicos, ello permitirá detectar cómo influyen en la demanda de energía primaria los cambios en los distintos sectores y actuar en consecuencia.

### 1.3.3 Modelos matemáticos para la planificación de la energía

El modelo energético de una región es el flujo de las distintas energías; desde donde se extraen o compran, hasta el punto donde se consumen, indicando todas y cada una de las transformaciones sufridas; su transporte y distribución, señalando rendimientos y pérdidas, así como los residuos provocados en el proceso (Marcos, 1984; Chalacan y Masapanta, 2011).

Pages (1981) por su parte considera que modelo matemático en la planificación de la energía no es más que un instrumento, una representación manejable de la realidad, construida a partir de un cuerpo de hipótesis bien definidas, y procurando que los resultados tengan significación en relación con los pronósticos de uso y consumo energético.

### 1.3.4 Modelos de oferta de energía

La planificación de la generación de energía a largo plazo conlleva múltiples conflictos, objetivos, incertidumbres y riesgos. García (2004) citando a Evans, Morin y Moskowitz (1982) define el

## Capítulo 7

problema de planificación de la generación a largo plazo en su aceptación en idioma inglés "Long-range generation planning problem" (LRGPP) para una empresa eléctrica pública, como el problema de determinar, las cantidades de unidades de generación que se deben construir y cuando deben entrar en la red en un horizonte de planificación a largo plazo. El criterio utilizado en planificación puede englobar varios objetivos, por ejemplo: minimización del coste y maximización de la confianza, considerados de forma simultánea.

Para la formulación de un modelo general de generación energética a largo plazo hay que contar con la diversidad de métodos para generar energía. Estos métodos darán lugar a varias unidades de generación que deben considerarse en el sistema energético. Para lograr una proyección fiable debe dividirse el horizonte de proyección en períodos más pequeños que den lugar a resultados parciales. La decisión básica es la elección del número de unidades de generación de cada tipo que se deben incluir en cada período del horizonte de planificación (sumar una unidad a un período significa que entrará a funcionar al principio del periodo). (García, 2004; Zambrano y Maiquiza, 2011)

Entre los modelos de oferta de energía se encuentran:

- Modelo MARK (Market Allocation). (García, 2004; Benítez et al., 2014)
- Energy Flow Optimization Model, EFO (Marcos ,1984; García, 2004; Chalacan y Masapanta, 2011)
- Modelo ARIES (Schweppe y Merrill, 1987, Morón y Gómez, 1992; García, 2004; Zambrano y Maiquiza, 2011)
- Modelo Electric Generation Expansión Analysis System, EGEAS (Bloom, 1985; García, 2004)

### 1.3.5 Modelos de demanda de energía

Los consumos eficaces de energía (consumo por unidad monetaria) durante el período de las crisis del petróleo 1973-1979 tuvieron un crecimiento muy pequeño (debido a la subida de precios de la energía), esto hizo que se desestimase los métodos econométricos clásicos para hacer estimaciones de consumo energético. No podían considerarse los distintos productos energéticos por separado, ya que todo el sector energético estaba y está relacionado. Lo expuesto significaba que la variación de uno de los productos energéticos influía en todos los demás de forma importante. A partir de 1973 los nuevos modelos de demanda adquieren su importancia, pues el ratio consumo futuro/consumo actual debía de ser pequeño, el mantenimiento este ratio a niveles

## Capítulo 7

aceptables fue conseguido por países como Estados Unidos o Alemania. (Fischer and Kaysen, 1962; Espey, 2004)

Los modelos de previsión de demanda energética se construyen considerando, tanto las nuevas tecnologías energéticas que se van desarrollando o se desarrollarán, como la demanda final debida a los consumidores. Por tanto, deben considerarse características sociales como variaciones en el estilo de vida, preferencias de los usuarios, situaciones políticas nacionales e internacionales, etc.

Con los estudios de los flujos energéticos se puede desarrollar el modelo deseado, que se clasifican de la siguiente forma (Espey, 2004):

1. Históricos: Se basa en realizar un estudio histórico (bibliográfico o encuestas) que relaciona parámetros macroeconómicos como el Producto Interno Bruto (PIB) y Valor Añadido Neto (VAN) con energéticos. A continuación, se estudia la previsión del parámetro macroeconómico y de él se induce la demanda energética.
2. Inductivos: Realiza un proceso inductivo puro. Se utiliza cuando existen lagunas en las series de datos consultados. En el proceso inductivo se consideran parámetros como el PIB, los ingresos y gastos de los particulares, etc. Con ellos se determina la demanda energética.
3. Prospectivos: Son proyecciones de demanda a muy largo plazo que dependen de los escenarios que se construyan, tienen carácter especulativo y admiten cambios de mentalidad, políticos, de hábitos y de innovación tecnológica notable.
4. Directos: En análisis sectoriales a muy corto plazo, los métodos directos de encuesta al consumidor y vendedor se consideran los más útiles.

Estos flujos permiten determinar modelos de demanda de energía entre los que pueden mencionarse:

- Modelo INGA (López, 1981; García, 2004; Chalacan y Masapanta, 2011)
- Modelo Proyección de los Consumos Energéticos Representativos (PROCER) (Ortega, 1983, Marcos, 1984; Leyva et al., 2014)
- Modelo MEDEE (Chateau, B., Lapillonne, B., 1977; Chateau, B., Lapillonne, B., 1979; García, 200 ; Bhattacharyya y Timilsina, 2009)
- Modelo ENCA (García, 2004)
- Modelo MULTIMOD (Delkelver, 1994; Suganthi y Samuel, 2011)

## 1.4 Uso del software en la gestión de la energía

El Diccionario de la lengua española (2017) define al software como al equipo lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos que son llamados hardware. Los componentes lógicos incluyen, entre muchos otros, las aplicaciones informáticas, tales como el procesador de texto, que permite al usuario realizar todas las tareas concernientes a la edición de textos; el llamado software de sistema, tal como el sistema operativo, que básicamente permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando también la interacción entre los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, y proporcionando una interfaz con el usuario.

El término de Software de Gestión Energética (SGE) es una categoría que se refiere a la variedad de aplicaciones de software relacionadas con la energía, las cuales pueden proporcionar un seguimiento de la factura de la electricidad, mediciones en tiempo real, sistemas de control sobre la iluminación, la calefacción y la ventilación, etc... Además de modelos de información de construcción o simulaciones del uso de energía, reportes sobre emisiones de carbono o sobre la sostenibilidad de una organización, gestión de equipo de tecnología de la información, respuesta a la demanda o auditorías energéticas. La gestión energética puede requerir un abordaje que utilice un sistema de sistemas. Estos tipos de software a menudo proveen herramientas para reducir los costos y consumos energéticos; además de recolectar información sobre el consumo energético y se utiliza para tres propósitos principales: crear reportes, monitoreo y la realización de sus funciones (Edward, 2012).

Un método para la realización de funciones es a través de aplicaciones web proporcionando la visualización del consumo en tiempo real de la energía. Estos programas recopilan información ya sea de medidas realizadas en intervalos anteriores o en tiempo real, con los intervalos de tiempo variando desde el manejo de la información por estados de cuenta trimestrales hasta lecturas de los medidores inteligentes que se actualizan minuto a minuto. La información es recolectada por cada medida de intervalo de tiempo, a través de sistemas automatizados (Edward, 2012).

## 1.5 Redes neuronales en la gestión de la energía

Las redes neuronales, también denominadas sistemas neuronales artificiales o Artificial Neural Systems (ANS) son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples

## Capítulo 7

(usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico (Matich, 2001).

Un sistema neuronal artificial tiene la estructura jerárquica donde el elemento esencial de partida será la neurona artificial, que se organizará en capas; varias capas construirán una red neuronal. Una red neuronal (o un conjunto de ellas), junto con las interfaces de entrada y salida, más los módulos convencionales adicionales necesarios, constituirán el sistema global de proceso. (Martín y Sanz; 2002)

Surgen por la citada dificultad para resolver con la eficiencia deseada problemas como los de visión o aprendizaje, y debido a los altos requerimientos computacionales de este tipo de tareas. Los sistemas neuronales artificiales constituyen en la actualidad un activo campo multidisciplinar, en el que confluyen investigadores procedentes de muy diferentes áreas, como la electrónica, física, matemáticas, ingeniería, biología o psicología.

El estudio de los ANS puede orientarse en dos direcciones, bien como modelos del sistema nervioso y los fenómenos cognitivos, bien como herramientas para la resolución de problemas prácticos; en este último caso se considera que las redes neuronales artificiales son sistemas, hardware o software, de procesamiento, que copian esquemáticamente la estructura neuronal del cerebro para tratar de reproducir sus capacidades. Los ANS son capaces así de aprender de la experiencia a partir de las señales o datos provenientes del exterior, dentro de un marco de computación paralela y distribuida, fácilmente implementable en dispositivos hardware específicos.

### 1.5.1 Aplicaciones de las redes neuronales artificiales

Según Matich (2001) las redes neuronales pueden utilizarse en un gran número y variedad de aplicaciones, tanto comerciales como en la previsión del consumo eléctrico. Los más habituales son los relacionados con clasificación, estimación funcional y optimización; en general, el del reconocimiento de patrones suele considerarse como un denominador común.

Se pueden señalar las siguientes áreas de aplicación de los sistemas neuronales: reconocimiento del habla, reconocimiento de caracteres, visión, robótica, control, procesamiento de señal, predicción, economía, defensa, bioingeniería, etc. Asimismo, se están aplicando ANS para incorporar aprendizaje en los sistemas borrosos y a la confección de sistemas expertos conexionistas. (Martín y Sanz; 2002)

# Capítulo 7

Una serie de aplicaciones de los usos de las redes neuronales artificiales se enumeran a continuación (Martín y Sanz; 2002):

1. Telecomunicaciones: es en este campo donde los ANS han conseguido la aplicación industrial más significativa en la actualidad; se han utilizado para construir ecualizadores lineales y canceladores de ecos, que son empleados en los módems que trabajan con transmisión de alta velocidad. En ambos casos se emplea una red neuronal de una sola neurona. Así, millones de módems en todo el mundo contienen una adalina.
2. Fallos en motores eléctricos: la empresa de constitución alemana Siemens, dirigida a la electrónica e ingeniería eléctrica; ha desarrollado un sistema neuronal capaz de predecir, con mucha fiabilidad y bajo coste, los fallos de grandes motores de inducción. El porcentaje de aciertos en dicha predicción resulta ser de un 80% a un 90%, frente al 30% obtenido anteriormente con otras técnicas.
3. Aplicaciones biomédicas: se aplica ANS al estudio de secuencias de aminoácidos en proteínas, nucleótidos en ADN y ARN, clasificación de señales electrocardiográficas y electroencefalográficas, predicción de la reacción de paciente ante determinados tratamientos, predicción de accidentes relacionados con anestesia, detección de arritmias, predicción de mortandad de pacientes, identificación de cáncer de pecho a partir de mamografías, modelización de la esquizofrenia, clasificación de imágenes médicas, etc.
4. Predicción: es un campo en el que las redes neuronales proporcionan excelentes resultados, ejemplo de ello es en la predicción de la demanda del consumo eléctrico. El interés de esta previsión radica en que las empresas eléctricas deben conocer con antelación las necesidades de su mercado para poder planear la generación y distribución futura de la energía eléctrica (por una parte, la electricidad producida en exceso se pierde o puede ocasionar inestabilidades en la red; por otra, no producir la electricidad suficiente para cubrir las necesidades contribuy a un déficit de planificación).

## 1.6 Fundamentación de la metodología, lenguajes y tecnologías web

Actualmente son varios los lenguajes que se utilizan en la creación de sitios Web, y los servidores que soportan e interpretan a estos también son diversos. Las metodologías para el desarrollo también son diversas y juegan un papel importante en la terminación de un proyecto con buenos estándares de calidad.

Ante las dificultades para utilizar metodologías tradicionales como RUP, por sus restricciones de tiempo y flexibilidad, se optó por la metodología de desarrollo de software: Programación Extrema (XP) por sus siglas en ingles Extreme Programming.

## Capítulo 7

XP es una metodología ágil para el desarrollo de software y consiste básicamente en ajustarse estrictamente a una serie de reglas que se centran en las necesidades del cliente para lograr un producto de buena calidad en poco tiempo, centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito del desarrollo de software. Está diseñada para el desarrollo de aplicaciones que requieran un grupo de programadores pequeño, dónde la comunicación sea más factible que en grupos de desarrollo grandes. La comunicación es un punto importante y debe realizarse entre los programadores, los jefes de proyecto y los clientes. (Kent y Fowler, 2004)

Un proyecto XP tiene éxito cuando el cliente selecciona el valor de negocio a implementar basado en la habilidad del equipo para medir la funcionalidad que puede entregar a través del tiempo. El ciclo de desarrollo se basa en las siguientes fases (Kent y Fowler, 2004):

1. Fase de Exploración: En esta fase, los clientes plantean a grandes rasgos las historias de usuario que son de interés para la primera entrega del producto. Al mismo tiempo el equipo de desarrollo se familiariza con las herramientas, tecnologías y prácticas que se utilizarán en el proyecto. Se prueba la tecnología y se exploran las posibilidades de la arquitectura del sistema construyendo un prototipo. La fase de exploración toma de pocas semanas a pocos meses, dependiendo del tamaño y familiaridad que tengan los programadores con la tecnología.
2. Fase de Planificación: En esta fase el cliente establece la prioridad de cada historia de usuario, y correspondientemente, los programadores realizan una estimación del esfuerzo necesario de cada una de ellas. Se toman acuerdos sobre el contenido de la primera entrega y se determina un cronograma en conjunto con el cliente. Una entrega debería obtenerse en no más de tres meses. Esta fase dura unos pocos días. El resultado de esta fase es un Plan de Entregas, o "Release Plan".
3. Fase de Iteraciones: Esta fase incluye varias iteraciones sobre el sistema antes de ser entregado. El Plan de Entrega está compuesto por iteraciones de no más de tres semanas. En la primera iteración se puede intentar establecer una arquitectura del sistema que pueda ser utilizada durante el resto del proyecto. Esto se logra escogiendo las historias que fueren la creación de esta arquitectura, sin embargo, esto no siempre es posible ya que es el cliente quien decide qué historias se implementarán en cada iteración (para maximizar el valor de negocio). Al final de la última iteración el sistema estará listo para entrar en producción.

## Capítulo 7

4. Fase de Producción: La fase de producción requiere de pruebas adicionales y revisiones de rendimiento antes de que el sistema sea trasladado al entorno del cliente. Al mismo tiempo, se deben tomar decisiones sobre la inclusión de nuevas características a la versión actual, debido a cambios durante esta fase. Es posible que se rebaje el tiempo que toma cada iteración, de tres a una semana. Las ideas que han sido propuestas y las sugerencias son documentadas para su posterior implementación (por ejemplo, durante la fase de mantenimiento). En esta fase no se realizan más desarrollos funcionales, pero pueden ser necesarias tareas de ajuste ("fine tuning").
5. Fase de Mantenimiento: Mientras la primera versión se encuentra en producción, el proyecto XP debe mantener el sistema en funcionamiento al mismo tiempo que desarrolla nuevas iteraciones. Para realizar esto se requiere de tareas de soporte para el cliente. De esta forma, la velocidad de desarrollo puede bajar después de la puesta del sistema en producción. La fase de mantenimiento puede requerir nuevo personal dentro del equipo y cambios en su estructura.
6. Fase de Muerte del proceso: Es cuando el cliente no tiene más historias para ser incluidas en el sistema. Esto requiere que se satisfagan las necesidades del cliente en otros aspectos como rendimiento y confiabilidad del sistema. Se genera la documentación final del sistema y no se realizan más cambios en la arquitectura. La muerte del proyecto también ocurre cuando el sistema no genera los beneficios esperados por el cliente o cuando no hay presupuesto para mantenerlo.

Además, se analiza la Arquitectura de N Capas (MVC) que según Mesa (2014) el Modelo Vista Controlador (MVC) es un estilo de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos. El estilo de llamada y retorno MVC, se ve frecuentemente en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El modelo es el Sistema de Gestión de Base de Datos y la Lógica de negocio, y el controlador es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista.

El Modelo es el objeto que representa los datos del programa. Maneja los datos y controla todas sus transformaciones. El modelo no tiene conocimiento específico de los Controladores o de las Vistas, ni siquiera contiene referencias a ellos. Es el propio sistema el que tiene encomendada la responsabilidad de mantener enlaces entre el Modelo y sus Vistas, y notificar a las Vistas cuando cambia el Modelo.

## Capítulo 7

La Vista es el objeto que maneja la presentación visual de los datos representados por el Modelo. Genera una representación visual del Modelo y muestra los datos al usuario. Interactúa con el Modelo a través de una referencia al propio Modelo.

El Controlador es el objeto que proporciona significado a las órdenes del usuario, actuando sobre los datos representados por el Modelo. Cuando se realiza algún cambio, entra en acción, bien sea por cambios en la información del Modelo o por alteraciones de la Vista. Interactúa con el Modelo a través de una referencia al propio.

Entre las técnicas utilizadas para la creación y mantenimientos de sitios Web, están las que funcionan del lado del cliente y las del lado del servidor (Mesa, 2014):

### 1. Del lado del cliente:

HTML: Hyper Text MarkupLanguage, es el lenguaje con el que se escriben las páginas web. Es un lenguaje de hipertexto, es decir, un lenguaje que permite escribir texto de forma estructurada, y que está compuesto por etiquetas, que marcan el inicio y el fin de cada elemento del documento. Un documento hipertexto no sólo se compone de texto, puede contener imagen, sonido, video, etc., por lo que el resultado puede considerarse como un documento multimedia. Los documentos HTML deben tener la extensión html o htm, para que puedan ser visualizados en los navegadores (programas que permiten visualizar las páginas web).

CSS: Hojas de Estilo en Cascada (Cascading Style Sheets), es un mecanismo simple que describe cómo se va a mostrar un documento en la pantalla, o cómo se va a imprimir, o incluso cómo va a ser pronunciada la información presente en ese documento a través de un dispositivo de lectura. Esta forma de descripción de estilos ofrece a los desarrolladores el control total sobre estilo y formato de sus documentos. CSS se utiliza para dar estilo a documentos HTML y XML, separando el contenido de la presentación. Los Estilos define la forma de mostrar los elementos HTML y XML. CSS permite a los desarrolladores Web controlar el estilo y e format de múltiples páginas Web al mismo tiempo. Cualquier cambio en el estilo marcado para un elemento en la CSS afectará a todas las páginas vinculadas a esa CSS en las que aparezca ese elemento.

# Capítulo 7

JavaScript: Lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas, aunque existe una forma de JavaScript del lado del servidor (Server-side JavaScript o SSJS). Su uso en aplicaciones externas a la web, por ejemplo, en documentos PDF, aplicaciones de escritorio (mayoritariamente widgets) es también significativo.

JavaScript se diseñó con una sintaxis similar al C, aunque adopta nombres y convenciones del lenguaje de programación Java. Sin embargo, Java y JavaScript no están relacionados y tienen semánticas y propósitos diferentes. Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado en las páginas web. Para interactuar con una página web se provee al lenguaje JavaScript de una implementación del Document Object Model (DOM). Tradicionalmente se venía utilizando en páginas web HTML para realizar operaciones y únicamente en el marco de la aplicación cliente, sin acceso a funciones del servidor. JavaScript se interpreta en el agente de usuario, al mismo tiempo que las sentencias van descargándose junto con el código HTML.

Su correcta funcionalidad depende del soporte de la versión del navegador a ser utilizado por el usuario visitante.

## 2. Del lado del servidor

MySQL: Es la base de datos de código abierto más popular del mundo. De hecho, actualmente es un competidor viable a los costosos colosos como Oracle y SQL Server de Microsoft. Al igual que PHP MySQL ofrece un excelente rendimiento, portabilidad y confiabilidad con una moderada curva de aprendizaje y poco o ningún costo. (Sarango, 2015)

Python: es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un soporte orientado a objetos, programación funcional. Es imperativa y, un lenguaje interpretado, ya en que menor usa tipado dinámico y es multiplataforma.

Es administrado por la Python Software Foundation. Posee una licencia de código abierto, denominada Python Software Foundation License, que es compatible con la Licencia pública general de GNU a partir de la versión 2.1.1, e incompatible en ciertas versiones anteriores (Sarango, 2015).

### 1.7 Las TICs en la Gestión Pública

En la actualidad, la introducción de las *nuevas* TICs (debido a su carácter computacional) en la Planificación Estratégica de los servicios públicos, está produciendo cambios en diversas áreas: justicia, educación, salud, economía, impuestos, entre muchos otros. El significativo desarrollo de las TICs abre nuevos e interesantes horizontes, tanto para la provisión de servicios para la sociedad, como para mejorar la calidad, cantidad y oportunidad de la información a la que los ciudadanos pueden acceder, sin embargo, otros actores de la sociedad como organizaciones no gubernamentales, empresas del sector privado y estatal también son beneficiadas con su uso (Sandoval, 2008). También dentro de las grandes ventajas que ofrece el uso de las TICs se encuentra la posibilidad de administrar la información proveniente de diferentes sectores públicos con el objetivo de mejorar la toma de decisiones por parte de los gobiernos. Lo cual permite una mejor gestión de los asuntos locales, provinciales e incluso nacionales en cualquier ámbito de una nación, puesto que las nuevas TICs contribuyen a desarrollar procesos de manera más eficiente y eficaz para la consecución de tales objetivos y mejoras (Sandoval, 2008).

Para acercar los conceptos de gestión pública y Estado, decimos que este es el conjunto de instituciones que poseen la autoridad y potestad para establecer las normas que regulan una sociedad, teniendo soberanía interna y externa sobre un territorio determinado (Zafra, 1990). La relación entre poder y función marca la esencia de la administración pública, donde a través de ésta se pone en práctica el ejercicio del poder, mediante un gobierno en beneficio de la sociedad. El funcionamiento del Estado, se origina en el cumplimiento de sus funciones, del cual se desprenden un conjunto de actividades, operaciones, tareas para actuar: jurídica, política y técnicamente (Zafra, 1990). Estas actividades las asume como persona jurídica de derecho público y lo realiza por medio de los órganos que integran la Administración Pública, tanto Nacional, como regional y local. El Estado en su doble carácter de gobierno y administrador cumple sus fines, competencias y funciones en sus órganos jurídicos que forman una estructura especial y un conjunto de técnicas y procedimientos que lo ponen en marcha (Naser, 2016).

En la actualidad, diversas iniciativas bajo el nombre de "Gobierno Electrónico" están llevándose a cabo en gran parte del mundo, siendo en muchos países tratado desde ciertos puntos de vistas como e-government, administración electrónica, online o e-administration y muy vinculado al

## Capítulo 7

término Administración Pública (Soler, 2013); Según Proença (2005) podemos definir gobierno electrónico como un proceso de prestación de servicios públicos centrado tanto en el servicio prestado al ciudadano como en la calidad de éste. Este proceso se basa en las nuevas tecnologías, especialmente en internet. El e-government trata de situar a ciudadanos y empresas en un lugar central del proceso y mejorar la calidad y comodidad de los servicios públicos, satisfaciendo las necesidades de los ciudadanos y empresas rápidamente y en cualquier momento (Soler, 2013). Como propósito final y definitivo Marcelo (2015) plantea que los gobiernos electrónicos persiguen la optimización de los recursos para perfeccionar todos los procedimientos administrativos internos, mejorar la calidad de gestión e incrementar los canales de comunicación con su sociedad. En este sentido, se busca reducir la burocracia, sistematizar procesos, aumentar la eficacia y eficiencia, fomentar la participación ciudadana y brindarle mayor transparencia y claridad a la rendición de cuentas gubernamentales.

Los constantes cambios en el contexto social mundial, junto con la implementación de los TICs, nos llevan a buscar nuevas formas para comunicarnos. El Gobierno Electrónico, se desarrolla mediante un sitio electrónico de gobierno, cuya función sería la de generar procesos de participación con mayor transparencia. Además, éste permitiría acceder más fácilmente a la información de las instituciones y organismos de gobierno, realizar trámites, tener conocimiento sobre las nuevas políticas públicas, así como también, poder detectar falencias y necesidades, etc. Llevar adelante este gran proyecto, depende principalmente de la posibilidad de acceder al mismo (Naser, 2016). En Cuba, la mayor preocupación se debe a la realidad económica y la brecha tecnológica existente. Contar con un Gobierno Electrónico es un paso significativo, su importancia y su valor, crean ciudadanos con muchas más posibilidades de intervenir en su propio contexto socioeconómico. Claro, siempre y cuando estos puedan acceder a esas tecnologías. Y no solo se trata ya de poder acceder a estos medios, sino también estar capacitados para utilizarlos.

A su vez algunos países de América Latina están iniciando su experiencia, con mayor o menor empeño, con mayor o menor desarrollo. México, Perú, Chile, Venezuela, Uruguay y Brasil, por nombrar sólo algunos, están comprometidos en procesos de modernización, puesta en red y acceso online de sus administraciones en función del desarrollo social y económico, aunque en la mayoría de ellos el proceso está sin madurar. Paralelamente aparecen, de un modo desparejo, emprendimientos que van de la mano de la instalación de centros de acceso público gratuito a Internet —llamados telecentros o ciberquioscos— y de la capacitación para su uso (Naser, 2016).

## Capítulo 7

Entre los beneficios de un gobierno electrónico al ciudadano están los siguientes:

1. Facilitar información sobre los principales trámites y servicios que puedan realizar los ciudadanos en las entidades estatales.
2. Informar acerca de los principales temas de actualidad a través de la publicación de noticias.
3. Proporcionar información sobre los eventos culturales y deportivos del territorio.
4. Proveer un sistema de avisos sobre informaciones de carácter inmediato.
5. Propiciar la facilitación social mediante la publicación de anuncios clasificados.
6. Informar sobre los principales resultados de las diferentes entidades estatales relacionadas con la población.
7. Transparencia sobre el trabajo que realiza el Gobierno en la provincia y los programas sociales.
8. Propiciar la participación del ciudadano y el intercambio con el Gobierno sobre diversos temas.
9. Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.
10. Optimización del tiempo del ciudadano
11. Abre nuevos espacios y formas de participación del ciudadano.
12. Comunicación con el Gobierno desde cualquier lugar, en cualquier momento y desde cualquier dispositivo.

Entre los beneficios que ofrece un gobierno electrónico al Gobierno y sus entidades se encuentran:

1. Nueva forma de comunicación con la población.
2. Recepción de inquietudes, dudas, opiniones o sugerencias de los ciudadanos de forma directa.
3. Acceso y flujo continuo de información entre ciudadanos y la administración.
4. La desburocratización de la administración pública.
5. Aumento de la eficiencia y eficacia en la gestión del Gobierno. La administración podrá disponer mejor de los recursos que posee logrando los efectos que pretende dentro de la población.
6. Reducción de los costos de la administración y sus dependencias internas.
7. Afianza la gobernabilidad.
8. Acercamiento de la administración pública con el ciudadano.
9. Transparencia en la gestión pública.

10. Descentralización de la gestión de contenidos.
11. Seguridad y control de acceso.
12. Facilidad en la administración, viabiliza la actualización del día a día del portal.
13. Posibilidad de integrarse con otras soluciones de cara al ciudadano y a la gestión de entidades y de las dependencias de los gobiernos (interoperabilidad).

### 1.8 Conclusiones parciales

1. El uso de las TICs en la Administración Pública ofrece sin lugar a dudas beneficios potenciales al Desarrollo Local, permitiendo mejorar el uso y el intercambio de información con los diferentes sectores de la sociedad entre ellos: ciudadanos, empresas estatales y privadas.
2. El uso del software en la gestión energética permite de manera significativa la mejora de los procesos principales vinculados al mismo, ahorrando tiempo, dinero y recursos a mediano y largo plazo en las instituciones, estados, gobiernos y países que los desarrollan y emplean.
3. El uso de modelos matemáticos y computacionales son muy útiles y ventajosos en su aplicación en los temas de energía. Entre ellos, las Redes Neuronales Artificiales han sido eficazmente implementadas para su uso en la predicción de pronósticos energéticos, obteniendo excelentes resultados en dicho campo a nivel internacional.

## Capítulo II: Análisis de la gestión de la energía del municipio Cienfuegos.

Se realiza la caracterización energética del municipio de Cienfuegos, considerando el uso de la energía como objeto de estudio práctico el municipio de Cienfuegos para la planificación energética de los municipios cubanos.

### 2.1 Caracterización del municipio de Cienfuegos

El municipio de Cienfuegos tiene una extensión territorial de 355.63 Km<sup>2</sup>. El territorio se encuentra situado en el centro-sur de la provincia, a los 220 7' y 30" de latitud Norte y 180 18' de longitud Oeste, sobre la península de Majagua. Limita al Norte con los municipios de Palmira y Rodas, al Sur con el Mar Caribe, al Este con el municipio de Cumanayagua y al Oeste con el municipio de Abreus (ONEI, 2016).

La Ciudad de Cienfuegos es el asentamiento principal del municipio de Cienfuegos declarada por la UNESCO Patrimonio Cultural de la Humanidad en el 2005. En el municipio se tienen Monumentos Nacionales como son: el Museo Naval Cayo Loco, el Cementerio Tomás Acea, el Cementerio de Reina y la zona de La Punta en el barrio Punta Gorda y otros monumentos locales como el Jardín Botánico, el asentamiento Pepito Tey, las ruinas del Ingenio Carolina y la Fortaleza de Nuestra Señora de los Ángeles de Jagua.

Las características ambientales del municipio están determinadas por los indicadores de clima que representan una lluvia total anual de 963,8 mm, que abarcaron 121 días del 2016, una temperatura media anual 30.8°C para la máxima y 20.8°C para la mínima, dirección y rapidez de viento predominante 16 rumbos NE a 7.2 km/h, humedad relativa del 77% y una nubosidad media de 3 octavos. (ONEI, 2017).

Los principales ríos del municipio son el Caonao, Arimao con vertiente Sur y una extensión de 84 y 82 km respectivamente, no obstante, los ríos el Damují, y Salado atraviesan o recorren parte del territorio y desembocan en la bahía Cienfuegos la cual tiene una extensión de largo de 18,5 km y 6,4 km de ancho, con profundidad máxima de 13,1m en el canal de entrada 12,8 m en los fondeadores y 9,1m en los muelles. El territorio presenta diversidad en el potencial natural, tanto para el desarrollo de la actividad humana: residencial, industrial, marítimo-portuaria, agropecuaria, forestal, minera, pesquera, turístico-recreativa y otros; así como para la conservación de ecosistemas irrepetibles en el municipio con gran valor florístico y faunístico como los que agrupa el área protegida Guanaroca. (ONEI, 2017).

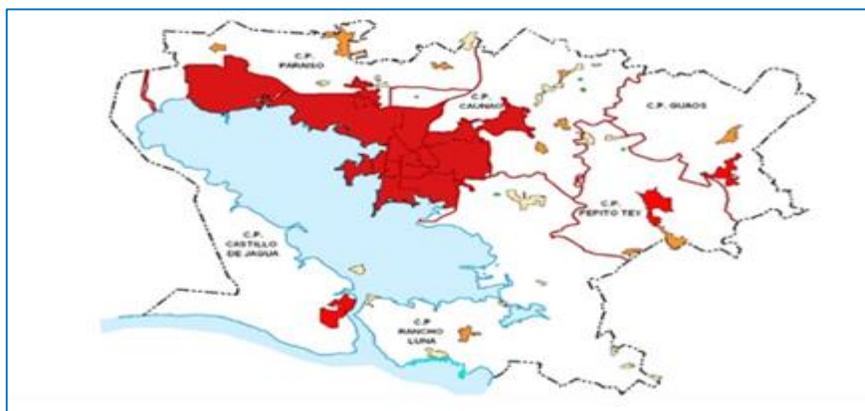
## Capítulo 22

Las características físico geográficas municipales propician la vulnerabilidad del territorio ante la ocurrencia de fenómenos como las inundaciones por intensas lluvias, las penetraciones marinas y las afectaciones por fuertes vientos, dado por los ríos y arroyos y en el caso de la ciudad se incrementan las inundaciones por los problemas de drenajes generados por la urbanización. Las penetraciones marinas ponen en peligro a las costas bajas y acumulativas, manifestándose de manera diferente en el interior y exterior de la bahía. La exposición a los fuertes vientos se hace mayor en las áreas de llanuras al no contar con barreras naturales que las protejan frente a este peligro (ONEI, 2017).

El municipio de Cienfuegos cuenta con 19 Consejos Populares (CP) de ellos 11 urbanos y 8 mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político – administrativas y son utilizados como base para el control territorial, a los cuales se refiere en la Tabla 2.1 y Figura 2.1.

**Tabla 2.1:** Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Correa *et.al*, 2016.

Municipio	CONSEJOS POPULARES
Cienfuegos	Reina, Centro Histórico, Pastorita, Junco Sur, La Juanita, Juanita II, Pueblo Griffo, Caonao, La Gloria, Tulipán, La Barrera, Buenavista, San Lázaro, Paraíso, Rancho Luna, Punta Gorda, Guaos, Pepito Tey, Castillo CEN.



**Figura 2.1:** Mapa Consejos Populares Municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Dirección Provincial de Planificación Física.

El municipio tiene una población residente de 174478 habitantes, con 88 179 mujeres y 86 299 hombres, los menores de 15 años representan el 24.3 % de la población, las edades entre 15 y 59 años el 64.1% y los mayores de 60 años son 34 521 representando el 19.1% de toda la

población cienfueguera, el Índice de Rocet es de 17.5% por lo que se clasifica como una población muy envejecida y la esperanza de vida al nacer para los hombres es de 76 años y las mujeres 79.6 años. El municipio tiene una tasa anual de crecimiento de 5,9 y una relación de masculinidad 979 y un total de 56946 viviendas. (ONEI, 2017).

La base económica del municipio es fundamentalmente industrial y de servicios. El territorio cuenta con 3 zonas industriales y otra más pequeña en Guabairo con la Fábrica de Cemento como su principal representante, 3 zonas portuarias, una red de almacenes, talleres y pequeñas industrias dispersas dentro de la trama urbana. En la actividad agropecuaria se destacan la producción de alimentos como: cultivos varios, frutales y ganadería. Una actividad con futuro es el turismo, que cuenta con 9 hoteles, se desarrolla la actividad inmobiliaria en Punta Gorda y su ampliación en el Centro Histórico y proyecciones de desarrollo hasta el 2030, existe una base de campismo y cabañas de recreación (Correa et.al, 2016).

De los 112 672 habitantes del municipio en edad laboral 58 720 están empleados en el sector estatal con un salario promedio de 645 pesos, donde este sector en el año 2014 generó 2 627 939,7 miles de pesos en ventas netas. El sector estatal está conformado en el municipio por 133 organismos (71 empresas, 49 unidades presupuestas, 10 cooperativas y 3 empresas mixtas), estos organismos para el cumplimiento de su objeto social consumen energía que se desglosa en energía eléctrica, el gas, la gasolina motor, el combustible diésel, los aceites, grasas y lubricantes, petróleo crudo, petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL (ONEI, 2016; Correa et.al, 2017; Santanay Cabrizas, 2017).

Por otra parte, el sector residencial compuesto por las 56946 viviendas consume energía eléctrica, gas, queroseno, alcohol, donde el portador de mayor significancia es la energía eléctrica siendo el Consejo Popular Centro Histórico el de mayor consumo y Guaos el de menor. Así como la generación de energía eléctrica a través de la Termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes" (ETE) y la inserción de fuentes renovables de energía (FRE), como parque fotovoltaico (Cantarrana), biodigestores, calentadores solares, paneles solares, arietes hidráulicos. (Campillo, 2018; Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

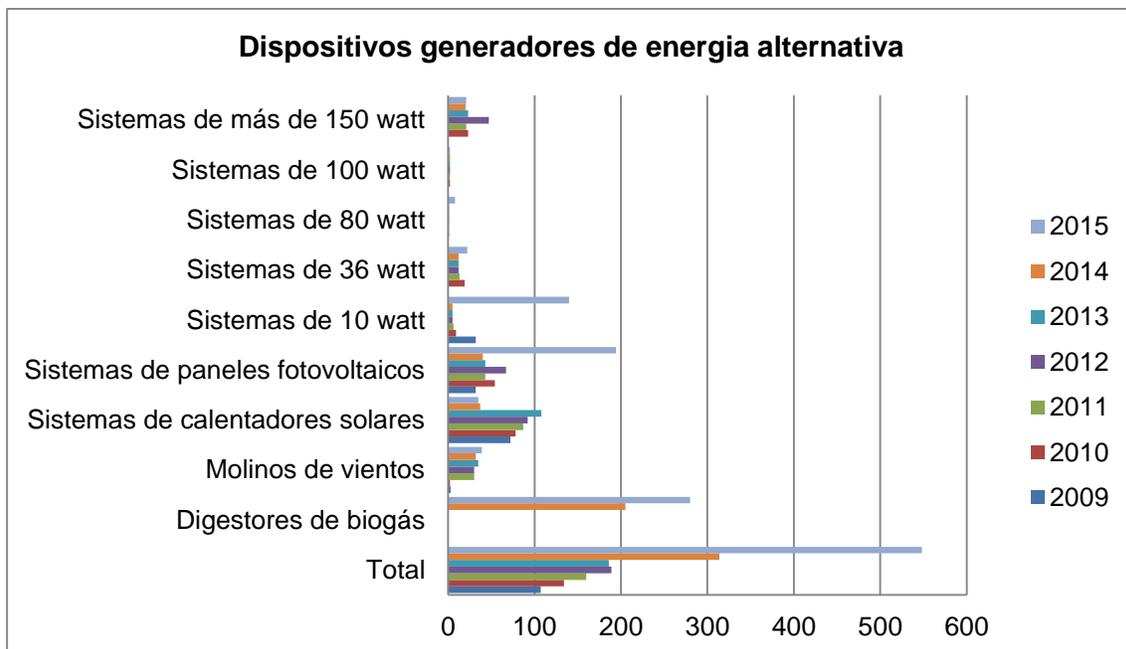
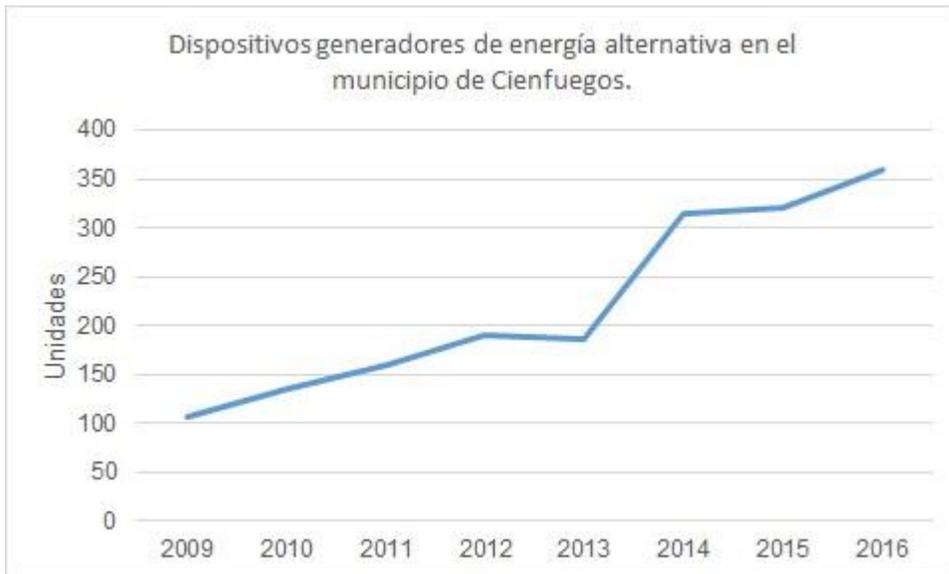
### 2.2 Generación de energía en el municipio de Cienfuegos

En el municipio Cienfuegos la información estadística sobre la generación se basa en los dispositivos generadores de energía alternativa, la cual se clasifica por tipo de dispositivo en el período 2009 – 2015, se evidencia un crecimiento por la puesta en marcha en el 2014 de 205

digestores de biogás, aumentando en el 2015 en 75 digestores biogás, se muestra en la tabla 2.2 y figura 2.2.

**Figura 2.2:** Dispositivos generadores de energía alternativa en el municipio de Cienfuegos.

**Fuente:** (ONEI, 2016; Campillo, 2018)



**Figura 2.3:** Estructura de dispositivos generadores de energía alternativa en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Campillo, 2018)

### 2.2.1 Consumo de energía en el municipio de Cienfuegos

En el municipio de Cienfuegos se registra la estadística e información del consumo de energía eléctrica por organismos y actividades económicas, a través del Anuario Estadístico Municipal, registrada por la Oficina Municipal de Estadística e Información (OMEI) de las siguientes energéticos:

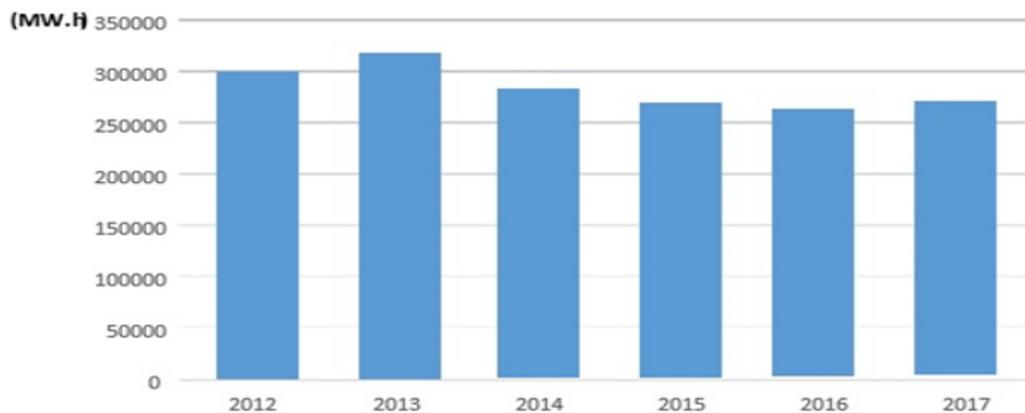
- Energía eléctrica
- Diesel
- Gasolina
- Gas licuado
- Petróleo crudo y derivados
- Fuel oil
- Solventes
- Asfalto de petróleo

Sin embargo, en la información estadística del municipio de Cienfuegos no se evidencian los consumos de energía eléctrica por la población.

Uno de los análisis de importancia en la caracterización energética del municipio está dada por el consumo de energía eléctrica con la aplicación del procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba propuesto por (Correa et.al, 2016) y cuyos resultados se obtuvieron con (Campillo, 2018).

### 2.3 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos

En el municipio de Cienfuegos se registra la estadística e información del consumo de energía eléctrica por organismos y actividades económicas, a través del Anuario Estadístico Municipal. En la Figura 2.4 se muestra el consumo total de este portador energético en el periodo 2010-2017, denotándose una disminución del consumo de energía eléctrica a partir del año 2013, sin embargo, se muestra una estabilidad en los siguientes años.



**Figura 2.4:** Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos periodo 2012-2017.

Fuente: (Rodríguez, 2019)

Uno de los análisis de importancia en la caracterización energética del municipio está dada por el consumo de energía eléctrica con la aplicación parcial del procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba propuesto por (Correa *et.al*, 2016) y cuyos primeros resultados se obtuvieran con Campillo (2018).

### 2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica de las 5 sucursales del municipio

Con la investigación de Campillo (2018) se obtuvo que los consumos de energía eléctrica a nivel municipal se llevaban sin tener en cuenta las características de los CP que permitan tomar decisiones al gobierno local en cuanto a los consumos energéticos y el fomento de la utilización de las fuentes renovables de energía.

En este estudio inicial se considera la energía eléctrica demandada por el sector estatal y residencial para un período de nueve años que comprende desde el año 2007 al año 2015, en el municipio de Cienfuegos. Los datos provienen de la Organización Básica Eléctrica (OBE), donde los consumos de energía eléctrica para el sector estatal y el privado se registran a través de las cinco sucursales en el municipio de Cienfuegos, siendo estas:

- Sucursal Bahía
- Sucursal Caonao
- Sucursal Centro
- Sucursal Gloria o Calzada
- Sucursal CEN

De forma general el del sector estatal en el periodo 2007- 2015 tuvo la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presenta un consumo de energía eléctrica irregular tiene una

tendencia creciente en este período. A modo de conclusión se puede afirmar que el sector privado para todas las sucursales tiene una tendencia a aumentar debido a que en el mismo se encuentran las cooperativas y el sector residencial donde confluyen no solo los hogares sino una gran inserción del sector no estatal como casas de renta, restaurantes y otras actividades autorizadas que demandan energía eléctrica.

Por tanto, el análisis de consumo de energía eléctrica en el sector privado realizado por (Campillo, 2018) es de vital importancia, para ello utilizaron datos del 2015 con sus rutas correspondientes a cada Consejo Popular (CP), solo se utilizan datos del 2015 porque a partir de ese año la OBE comienza a registrarlos como información. Haciéndose necesario determinar los CP por cada Sucursal, para esto se realizó el análisis de las 243 rutas (trayectoria por la que se hacen las lecturas de los metrocontadores de los consumidores residenciales). En el análisis del consumo de energía eléctrica por CP se realizaron análisis de variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico de consumo para el periodo siguiente (año). Los resultados se describen a continuación:

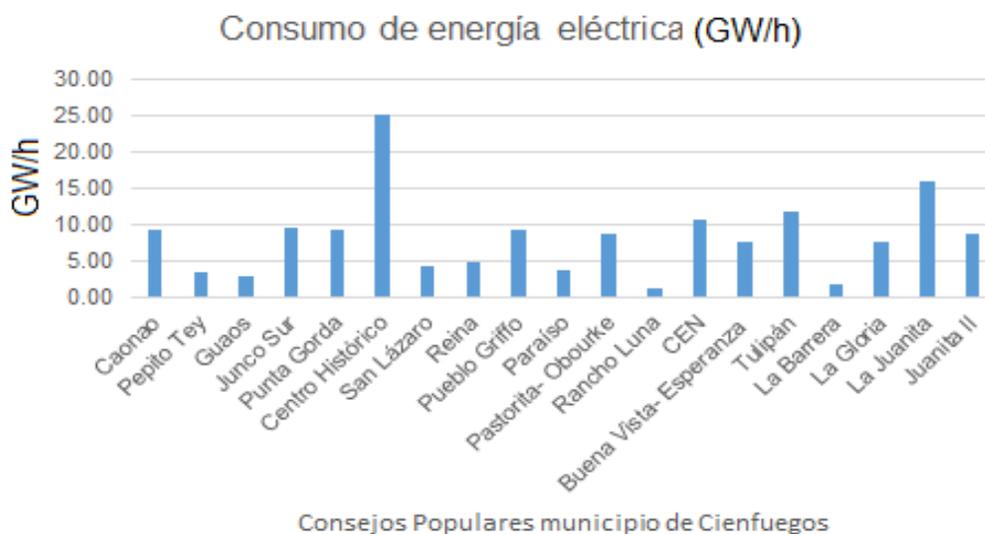
- Variabilidad: describe el comportamiento del consumo de energía eléctrica (kW/h) por CP, según los meses, en este análisis los CP como Juanita II, Punta Gorda, La Barrera y Centro Histórico tienen una variabilidad baja, es decir sus consumos se concentran en altos, medios o bajos consumos según las características de cada CP; para los CP Reina, Buena Vista-Esperanza, La Gloria y Juanita la variabilidad es media, por los que sus consumos de energía se concentran en valores medios, en el caso de los CP Paraíso, Pastorita-Obourke, Pueblo Griffó, Caonao, Pepito Tey, Guaos, San Lázaro, Junco Sur, Tulipán, Castillo CEN y Rancho Luna, la variabilidad es alta dado a que los consumos de energía eléctrica tienen valores muy bajos como muy altos.
- Estabilidad: describe si los patrones de consumo de energía eléctrica se mantienen en el periodo de análisis, para los CP Caonao, Guaos, Buena Vista-Esperanza y La Barrera se evidencia una buena estabilidad, no siendo así para los 15 restantes CP del municipio de Cienfuegos.
- Tendencia: describe el comportamiento a crecer, mantenerse o decrecer en el consumo de energía eléctrica, donde se pueden evidenciar ciclos (crecer y decrecer y viceversa en el tiempo), en el análisis se obtuvo que los CP Pueblo Griffó, Guaos, Buena Vista-Esperanza, Tulipán y La Barrera presentan ciclos, aumentando el consumo de febrero a julio y disminuyendo de agosto a enero, los CP Centro Histórico y San Lázaro tienen la

tendencia a disminuir el consumo de energía eléctrica, y los restantes 12 CP a aumentar el consumo de energía eléctrica.

- Pronóstico: pronostica valores futuros de consumo de energía eléctrica para los CP, para los CP Pueblo Griffo, Buena Vista – Esperanza y La Barrera el consumo de energía eléctrica tendrán un comportamiento similar al año base (2015), sin embargo, para los otros 16 CP se pronostica un aumento en el consumo de electricidad.

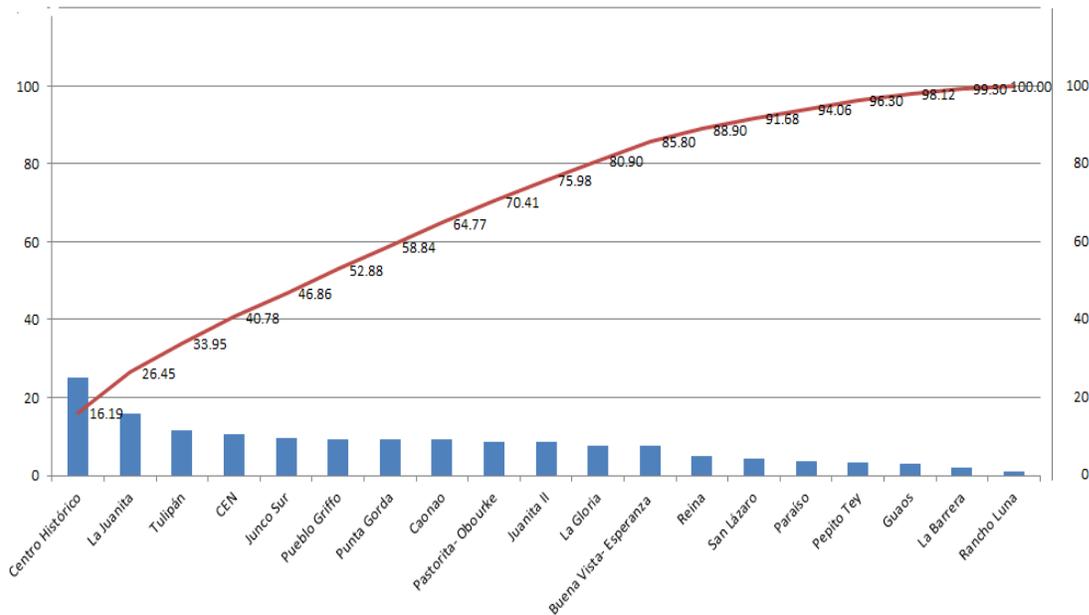
En el análisis realizado se obtuvo que en todos los CP del municipio de Cienfuegos el mes de febrero constituye el de menor consumo de energía eléctrica y el mes de julio el de mayor consumo en el año.

En las Figuras 2.5 y 2.6 se muestran los consumos de energía eléctrica por CP y su significación en el consumo municipal. Aquí se utiliza como unidad de medida el Giga Watt/hora (GW/h) que representa 1000 Mega Watt/hora (Mw/h) y a su vez 1000 000 de kilowatt/hora (kW/h). Evidenciándose que los CP de mayor consumo de energía eléctrica son Centro Histórico, Juanita y Tulipán, siendo los de menor consumo Rancho Luna, La Barrera y Guaos.



**Figura 2.5:** Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016).

Fuente: Correa et.al, 2016.



**Figura 2.6:** Estratificación del consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Correa et.al, 2016.

#### 2.4 Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos

En el período 2016-2017 con los resultados del diagnóstico energético realizada por Campillo (2018) se detectaron una serie de deficiencias en la GEL en el municipio de Cienfuegos, entre las que se encuentran:

- No se consideraban los consumos de energía eléctrica por Consejos Populares.
- La información de generación y consumo de energía estaba dispersa entre diferentes actores.

En el año 2017 se detectaron las causas principales y se proponen acciones de mejoras al respecto (Blanco y Santana, 2017).

**Tabla 2.2:** Verificación de las causas y acciones de mejora. **Fuente:**(Blanco y Santana, 2017).

Causas potenciales	Verificación de la causa	Acción de mejora
	Actores identificados como: CUPET, GEYSEL, EMGEF, CUBASOLAR, ONURE, OBE, CITMA,	

<p>Interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio</p>	<p>MIAGRI y otros registran y controlan información sobre la energía tanto por Fuentes Convencionales como por FRE, que no son registradas en la ONEI y solo se analizan en los Consejos Energéticos Municipales los consumos cuando existe un incumplimiento y no en función de la planificación</p>	<p>Realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan a través de Diagnóstico Energético Municipal</p>
<p>No se consideran los consumos de energía por Consejos Populares</p>	<p>En la planificación de la energía eléctrica en el municipio la estructura de consumo por Consejos Populares no es considerada</p> <p>No se considera en la GE el consumo de todos los portadores energéticos en el sector residencial</p>	<p>Realizar el Diagnóstico Energético Municipal</p>
<p>Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal</p>	<p>En el consumo de electricidad solo se considera las lecturas de los metrocontadores eléctricos instalados en el sector residencial, en estas lecturas se evidencia que en este sector el menor consumo se registra para el mes de</p>	<p>Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial que</p>

	febrero y el mayor para el mes de julio (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016)	favorezcan la propuesta de indicadores para medir el desempeño de la GEL
Desconocimiento de la influencia de la GEL en la sociedad para el ahorro de la energía	En la Estrategia de Comunicación del gobierno municipal no se considera la socialización de la GEL como elemento de desarrollo que componen las Estrategias de Desarrollo de un municipio, no se utilizan las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) para visualizar las GEL en el municipio	Diseñar una herramienta sustentada en la TICs (producto informático) que permita al gobierno local gestionar la energía y su socialización contribuyendo a la educación energética en el municipio

## 2.4.1 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio

Con las investigaciones de Blanco y Santana (2017); Hurtado (2017) y Campillo (2018); se identifican los actores que gestionan la energía en el municipio.

**Tabla 2.3:** Actores que gestionan la información referente a las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Blanco y Santana ,2017; Hurtado ,2017 y Campillo ,2018)

No.	Actor	Información
1		Generación para energía solar fotovoltaica (parques fotovoltaicos), donde aparecen todos

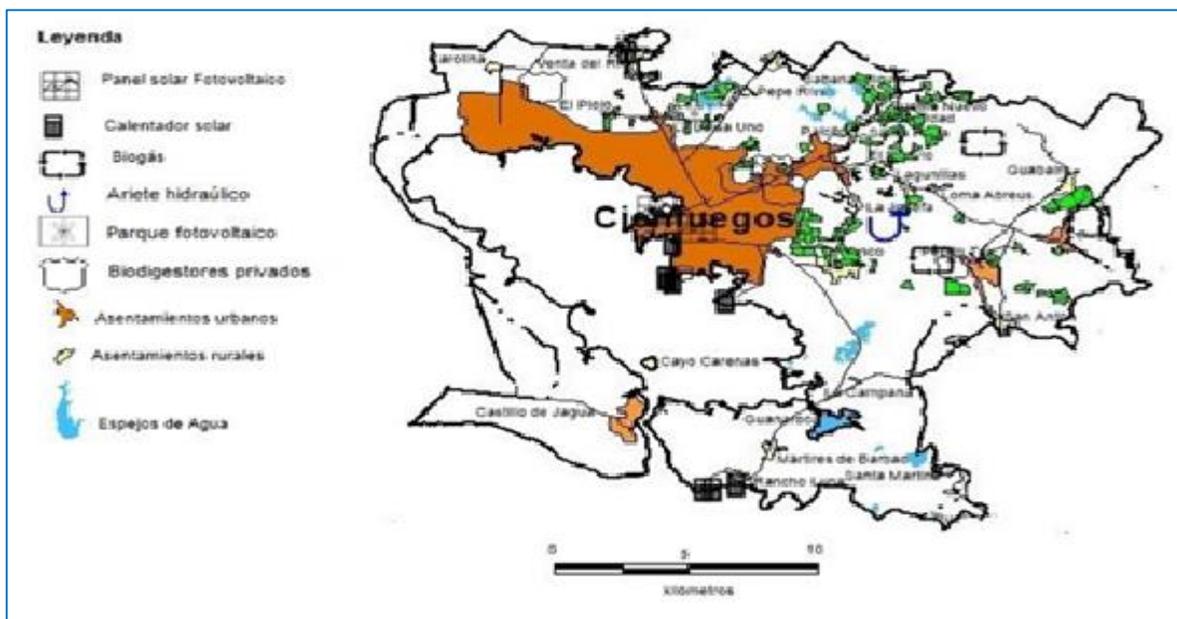
	Organización Básica Eléctrica (OBE)	los parques fotovoltaicos de la provincia en el período 2013-2017.
2	Cubasolar	Estado de las FRE en la provincia de Cienfuegos. Relación digestores de biogás por municipios.
3	Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)	Anuario Estadístico Municipal
4	Ministerio del Turismo (MINTUR)	Ubicación de los calentadores solares en los hoteles del municipio.
5	Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF)	Georeferenciación de las FRE del municipio de Cienfuegos a través de la herramienta informática MapInfo.
6	Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE)	Resumen de la facturación de energía eléctrica en el sector estatal.
7	Cuba Petróleo (CUPET)	Resumen de la distribución de la cuota y de la reserva del gas licuado, el queroseno y el alcohol.
8	Dirección Provincial de Vivienda	Evaluación de fondo habitacional (viviendas por consejos populares)

### 2.4.2 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio

Así como la propuesta de la Matriz FRE y potencialidades de desarrollo de las FRE en el municipio (Campillo, 2018). Estas propuestas se muestran a continuación:

La Figura 2.7 muestra la Matriz FRE referenciadas a través del MAPINFO las FRE tales como:

1. Solar fotovoltaica (paneles solares)
2. Solar térmica (calentadores solares)
3. Parque solar (Cantarrana)
4. Biogás (biodigestores estatales y privados)
5. Arietes hidráulicos



**Figura 2.7:** Matriz FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Nfumu, 2017.

La ubicación de estas FRE se muestra en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3:** Ubicación de las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Campillo, 2018).

Concepto	Cantidad	Ubicación	Consejo Popular	Organismo
Solar fotovoltaica	2	ETECSA	La Gloria	Ministerio de las Comunicaciones
		Geocuba	Reina	Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Solar térmica	9	Centro Recreativo Costa Sur (Palmares)	Centro Histórico	MINTUR

## Capítulo 11

		Hotel Encanto Palacio Azul	Punta Gorda	MINTUR
		Casa Verde (Hotel Jagua)	Punta Gorda	MINTUR
		Club Cienfuegos (Palmares)	Punta Gorda	MINTUR
		Hotel Punta la Cueva	Junco Sur	MINTUR
		Hotel Faro Luna	Rancho Luna	MINTUR
		Delfinario	Rancho Luna	MINTUR
		Casa Visita	Rancho Luna	Poder Popular Provincial
		Vivienda	Paraíso ( Venta del Rio)	Particular- CCS
Parque solar	1	Cantarrana	Paraíso (Cantarrana)	Ministerio de Energía y Minas
Biogás	30	Genético Porcino  (1)	Paraíso	Ministerio de la Agricultura
		Viviendas (29)	Buena Vista, Caonao,  Guaos, Pueblo Griffo,	Particular

			Paraíso, Pepito Tey, Punta Gorda y Tulipán	
Ariete hidráulico	1	Tierra usufructuario	Pepito Tey	Particular- Agricultura

Donde se puede observar que a excepción del biogás las FRE en el municipio se encuentran en el sector estatal. Por otra parte, la potencialidad de desarrollo en el municipio está dado por las características de la Matriz FRE del municipio y el criterio de los expertos donde el Gobierno local debe incidir en el desarrollo de biodigestores de gas y los paneles fotovoltaicos, sobre la base del ganado porcino para la primera y la utilización de paneles solares en el sector residencial.

La Tabla 2.4 muestra el cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal, la clasificación de edad de la población porcina, el total de biogás al año, el total de energía eléctrica por día y por año respectivamente.

**Tabla 2.4:** Potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal. **Fuente:** (Campillo, 2018).

Clasificación por edad de la población porcina	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica año (kWh)
Menos 8 semanas	2137972.90	3570414.74
Entre 2-4 meses	3863622.46	6452249.50
Sementales	42759.46	71408.29
Vientres grandes	1175885.10	1963728.11
Mayores 6 meses	320695.94	535562.21
Total	7540935.84	12593362.86

En cuanto a la masa porcina existen te en el municipio en el sector estatal se puede obtener 7540935.84m<sup>3</sup>de biogás al año, lo cual representa en energía eléctrica un total de 12593362.86 kWh/año, dejando de emitir al medio ambiente 8500.52 ton de CO<sub>2</sub> al año.

En el sector residencial según la Matriz FRE existen 29 biodigestores en determinados CP. La Tabla 2.5 muestra la potencialidad de generación anual de biogás y de energía eléctrica a partir de los diferentes CP.

**Tabla 2.5:** Potencialidad de producción de energía eléctrica desde biodigestores. **Fuente:** (Campillo, 2018).

Consejo Popular	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica año (kWh)
Buena Vista	839.50	1401.97
Caonao	5134.31	8574.30
Guaos	365.00	609.55
Pueblo Griño	4818.00	8046.06
Paraíso	9752.07	16285.96
Pepito Tey	620.50	1036.24
Punta Gorda	109.50	182.87
Tulipán	5584.50	9326.12
Total municipio biogas instalado	27223.38	45463.04

En la investigación de Campillo (2018) también se propuso como potencialidad la utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial dando solución con Rodríguez (2019), además de considerar los residuos sólidos urbanos (RSU) como potencialidad energética del municipio.

### 2.4.3 Indicadores para el sector residencial municipal

En la investigación desarrollada por Blanco y Santana, 2017 se propone la metodología para el diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba la cual se aplica de forma parcial y Cabello (2018) completa la aplicación donde se identifican variables relevantes para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial y se diseñaron indicadores energéticos teniendo en cuenta las características de los 19 CP.

En la Tabla 2.6 se muestra la captación de los datos e información por las fuentes identificadas.

**Tabla 2.6:** Captación de los datos e información por las fuentes identificadas. **Fuente:** (Blanco y Santana, 2017).

No.	Variables relevantes	Tipo de variable	Descripción
	Consumo de energía eléctrica	Respuesta	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se realiza la captación de datos del consumo de energía eléctrica facilitado por la OBE.</li> <li>2. Creación de una base de datos a partir de la extracción de la base de datos del SIGECO de la Unión Eléctrica (UNE), con las siguientes características: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Clasificación por rango de consumo definido por la UNE.</li> <li>b. Clasificación por tipo de clientes considerando rango de consumo.</li> <li>c. Clasificación por Consejo Popular (19).</li> </ol> </li> </ol>
1	Temperatura seca del aire	Independiente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se realiza la captación de datos en la página web WeatherUnderground que contiene el registro histórico de la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González perteneciente al Instituto de Meteorología por su proximidad a la ciudad de Cienfuegos, siendo los valores más representativos para el municipio.</li> <li>2. Se crea una base de datos del período.</li> </ol>
2	Humedad relativa	Independiente	2002-2017 que contiene las siguientes variables: temperatura, punto de rocío, humedad, presión al nivel del mar, visibilidad, viento, precipitaciones.

3	Temperatura de bochorno	Independiente	Calculado a partir de la relación, de los valores, contenida en la tabla definida en la página web Meteomurcia de temperatura y humedad relativa proporcionados por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González
4	Días grado (DGE)	Independiente	<p>Para la determinación de DGE se utiliza el EnergySignatureMethod, que requiere de una alta resolución de datos, y el Performance Line Method (PLM), (Krese, Prek, &amp; Butala, 2012; Cabello &amp; et_al, 2015).</p> <p>Según Krese, Prek, &amp; Butala (2012) y Cabello &amp; et_al. (2015) el PLM es más práctico. Para el cálculo de DGE se hace necesario la construcción de un año climático (Yang &amp; et_al., 2011; Cabello &amp; et_al., 2015) con periodos continuos de 12 meses para completar el ciclo anual (Haller et_al., 2013; Cabello &amp; et_al, 2015), para la construcción del año climático según Yang &amp; et_al., (2011) se requieren datos diarios de 30 años, sin embargo, en este estudio se considera el período 2002-2016, 15 años, según la información facilitada por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González en el municipio de Cienfuegos.</p>
5	Hogares que usan cocción eléctrica	Independiente	Utilizando el porcentaje provincial de hogares que usan cocción eléctrica se realiza una estimación para el municipio de Cienfuegos en su conjunto y por Consejos Populares.
6	Población	Independiente	Se determinó a partir de los datos suministrados por la ONEI.

7	Ubicación - Urbano - Rural	Independiente	Se realiza la clasificación a través del Plan General de Ordenamiento Territorial.
---	----------------------------------	---------------	--

En el diseño de indicadores energéticos en el sector residencial se utilizó el Modelo de Regresión Lineal Múltiple, que predice una única variable respuesta (consumo de energía eléctrica), pues considera todas las posibles regresiones que implican diferentes combinaciones de las variables independientes (temperatura seca del aire, temperatura de bochorno, humedad relativa, población y hogares que usan cocción eléctrica); no se incluyó en el análisis la variable DGE, debido a que esta tiene un comportamiento anual. Además, compara los modelos obtenidos con base en la R-Cuadrada ajustada, la estadística Cp de Mallows y el cuadrado medio del error (CEM), determinándose el mejor por número de variables independientes, según el procedimiento definido por Kialashaki & Reise (2013). Para el procesamiento de los datos en el software estadístico Statgraphics se utilizó la leyenda que se muestra a continuación:

**Tabla 2.7:** Leyenda de variables independientes utilizadas en el Modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Variables	Leyenda
Temperatura seca del aire	X <sub>1</sub>
Humedad	X <sub>2</sub>
Temperatura de bochorno	X <sub>3</sub>
Población	P
Hogares que usan cocción eléctrica	H
Consumo por Consejos Populares	Y

Quedando determinadas las rectas de regresión para cada CP las cuales se muestran en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8:** Rectas de regresión lineal múltiple para cada CP. **Fuente:** Blanco y Santana (2017).

No.	CP	Rectas de Regresión Lineal Múltiple
1	Caonao	$Y_1 = 33381.7 - 6823.75 \cdot X_1 + 11929.6 \cdot X_3 + 539.837 \cdot H_1$
2	Pepito Tey	$Y_2 = 260344 + 382.554 \cdot X_2 + 2120.11 \cdot X_3 - 94.144 \cdot P_2 + 311.686 \cdot H_2$

3	Guaos	$Y_3 = -190772 + 544.823*X2 + 1778.56*X3 + 43.1587*P3 + 196.214*H3$
4	Junco Sur	$Y_4 = -72481.0 + 2643.43*X2 + 6399.3*X3 + 128.259*H4$
5	Punta Gorda	$Y_5 = -56110.7 + 3357.48*X2 + 8396.31*X3 + 4.56825*P5 + 245.148*H5$
6	Centro Histórico	$Y_6 = -7.06625E6 + 3375.66*X2 + 10669.5*X3 + 814.784*P6$
7	San Lázaro	$Y_7 = -63407.4 + 1371.74*X2 + 3551.75*X3 + 105.235*H7$
8	Reina	$Y_8 = -59095.4 + 1420.33*X2 + 2870.71*X3 + 64.8991*H8$
9	Pueblo Griffo	$Y_9 = 487936. + 1130.99*X2 + 6983.91*X3 - 26.6067*P9 + 64.4438*H9$
10	Paraiso	$Y_{10} = 29921.1 + 1617.53*X2 + 3327.75*X3 + 10.6466*P10 + 59.2676*H10$
11	Pastorita-Obourke	$Y_{11} = 101010. - 1556.32*X2 + 7358.93*X3 + 28.4635*P11$
12	Rancho Luna	$Y_{12} = -57286.7 - 130.406*X2 + 906.129*X3 + 26.8721*P12 + 89.1507*H12$
13	Castillo-CEN	$Y_{13} = -304453 + 22324.4*X1 - 2220.19*X2 - 7099.51*X3 + 37.0097*P13 + 127.253*H13$
14	Buena Vista	$Y_{14} = 469187 - 2460.11*X2 + 9491.62*X3 - 25.0777*P14 + 126.762*H14$
15	Tulipán	$Y_{15} = -67098.9 + 29404.6*X1 - 3355.5*X2 - 6557.17*X3 + 325.671*H15$
16	La Barrera	$Y_{16} = 62460.6 - 476.497*X2 + 2265.46*X3 - 3.25476*P16 + 38.9227*H16$
17	La Gloria	$Y_{17} = -7992.61 + 1.28993*P17 - 447.81*X2 + 2297.72*X3 + 45.6078*H17$
18	La Juanita	$Y_{18} = 17393.5 - 706.764*X2 + 8835.02*X3 + 255.735*H18$
19	Juanita II	$Y_{19} = 8981.92 + 223.972*H19 - 656.741*X2 + 7577.25*X3$

Estas rectas de regresión permiten determinar las líneas bases energéticas para los CP y del municipio por lo que se propuso los siguientes indicadores por Blanco y Santana, 2017. Se propone como indicadores energéticos para el sector residencial por CP ( $EnPI_{Cpi}$ ) y para el municipio ( $EnPI_m$ ) los siguientes:

- Indicador energético sector residencial por CP

donde:

$$EnPI_{Cpi} = \frac{\text{Consumo real}_{Cpi \text{ períodoj}}}{\text{Consumo LB}_{Cpi \text{ períodoj}}}$$

$EnPI_{Cpi}$ : Indicador energético para el Consejo Popular  $i$ ,  $i \in [1; 19]$ .

$Consumo\ real_{Cpi\ per\ iodoj}$ : consumo real del Consejo Popular  $i$  en el período  $j$ ,  $j \in [1; n]$

$Consumo\ LB_{Cpi\ per\ iodoj}$ : consumo planificado para el período  $j$  determinado por la LBCPi (Línea base determinada para los CP a partir de las rectas e regresión obtenidas para los 19 CP en el municipio de Cienfuegos)

- Indicador energético sector residencial municipal

$$EnPI_m = \sum_{i=1}^{19} \left( \frac{Consumo\ real_{Cpi\ per\ iodoj}}{Consumo\ LB_{Cpi\ per\ iodoj}} \right)$$

donde:

$EnPI_m$ : índice energético municipal

El rango de decisión de  $EnPI_{Cpi}$  y  $EnPI_m$  según sus resultados, se muestra en la tabla 2.9:

**Tabla 2.9:** Rango de decisión de  $EnPI_{Cpi}$  y  $EnPI_m$ . **Fuente:** Santana y Blanco (2017)

Rango de decisión	
$EnPI_{Cpi} \circ EnPI_m < 1$	Óptimo
$EnPI_{Cpi} \circ EnPI_m = 1$	Adecuado
$EnPI_{Cpi} \circ EnPI_m > 1$	Deficiente

## 2.4.4 Herramientas para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la Gestión Energética Municipal

Para el diseño de la herramienta basada en las TICs se utilizó parte del Método de Despliegue de la Función Calidad (QFD) donde se identificaron las necesidades y expectativas de los usuarios finales del producto. Además, se realizó la propuesta del producto informático mediante las fases de desarrollo de software por la metodología XP y la aplicación de modelos matemáticos en una de sus interfaces.

El producto informático tiene una construcción estática y muy sencilla, destacándose inicialmente el logo de identificación donde se muestra el nombre de la página web. Además, se enfatiza en la energía renovable en el banner a través de una imagen donde se capta de forma natural las fuentes de energías. Sujeto a ello se visualiza los ítems de menú que contiene la misma para poder acceder a los distintos links que hacen referencia a las páginas relacionadas con la gestión de la energía en Cuba; así como los propios de ella. Contiene tres apartados relacionados con la

temática: (1) Educación, (2) Socialización y por último (3) Operacional. Accediendo a cada apartado se obtiene mucha información sobre el tema que se trata de comunicar.

## 2.5 Análisis situacional actual de la Gestión Energética Local en Cienfuegos

Para el análisis situacional actual de la GEL en el municipio de Cienfuegos se utiliza el método de experto, el cálculo del número de expertos se realiza a través de la siguiente expresión:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

donde:

k: constante que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

i: precisión del experimento. ( $i \leq 12$ )

Los criterios a utilizar para la selección de los miembros del equipo de trabajo son:

- Años de experiencia.
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Conocimiento del tema a tratar.

$1 - \alpha$	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Después de realizar los cálculos para determinar el número de expertos se obtiene que deben ser once la cantidad de expertos, integrantes del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, profesores del Departamentos de Ingeniería Informática (DIF), Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM), representantes de la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) y del Gobierno municipal de Cienfuegos, siendo estos:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- DraC. Margarita Lapidó Rodríguez (CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)

- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- DrC. Eduardo René Concepción Morales (FIUCF)
- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

Para el cálculo del coeficiente de competencia se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005), la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto cuyo método se muestra en el Anexo 1. A continuación, se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos según se muestra en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración Propia.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	de Coeficiente de Competencia (Kcomp=Kc+Ka/2)	Nivel
1	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
2	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
3	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.$	0.88	Alto
4	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
5	0.80	$0.2+0.5+2(0.03)+2(0.04)=0.84$	0.82	Alto
6	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
7	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.$	0.88	Alto
8	0.70	$0.3+0.4+0.03+4(0.03)=0.79$	0.76	Medio
9	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
10	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
11	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio

El análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos a través del diagrama Causa- Efecto que se muestra en el Anexo No. 2. Se procede a listar las causas potenciales que inciden en la deficiente GEL en Cuba tomando como caso de estudio en municipio de Cienfuegos, en el consenso se obtuvo índice de concordancia igual a 0.85 (W de Kendall). Rodríguez (2019) le da solución a las causas 3,6 y 7 por lo que el presente trabajo se enfoca en dar solución a las causas 1, 2, 4 y 5.

Lista de causas potenciales que afectan la GEL en los Gobiernos municipales:

1. Línea base energética municipal (LBEM) sin validar.
2. Consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.
3. Existen pocos proyectos de Desarrollo Local (DL) que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local.
4. Indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal (*EnPI<sub>m</sub>*) sin validar.
5. Medios de socialización y comunicación sin retroalimentación entre las partes.
6. Necesidad de definir en la Estrategia de Desarrollo Económica Social Municipal (EDES) de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local.
7. No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por residuos sólidos urbanos (RSU) y la GEL.

De esta forma queda plasmado en el Anexo No.2 el Diagrama Causa-Efecto de la GEL en Cuba y a continuación se procede a realizar la verificación de las causas y las acciones de mejora en la tabla 2.11 de la investigación:

**Tabla 2.11:** Verificación de las causas y acciones de mejora propuestas. **Fuente:** Elaboración propia.

Causas potenciales	Verificación de la causa	Acción de mejora
Línea base energética municipal (LBEM) sin validar.	Se determinaron las LBE de los 19 CP el municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, pero no	Realizar la aplicación de las restantes etapas de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para

	se aplicó hasta la etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial (Santana y Blanco, 2017).	el sector residencial en Cuba.
Consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.	La planificación de la energía eléctrica municipal no se realiza sobre bases matemáticas de pronóstico donde se consideren las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial.	Validación de las LBEM e indicadores energéticos en el municipio para el sector residencial.
Indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal ( $EnPI_m$ ) sin validar.	Se determinaron los Indicadores energético por Consejo Popular de y del municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, pero no se aplicó hasta la etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial (Santana y Blanco, 2017).	Validación de los $EnPI_{CP}$ y $EnPI_m$ para el sector residencial municipal.
Medios de socialización y comunicación sin retroalimentación entre las partes.	Se desarrolló el producto informático GEM ( Hurtado, 2017) sin embargo este no ha propiciado la interacción entre las partes e incidir en la planeación energética del municipio.	Mejora de la Planificación energética municipal a través del rediseño del producto informático GEM.

### 2.6 Conclusiones parciales

1. Se realiza un diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos donde se obtienen una serie de deficiencias que afectan la GEL, siendo estas: consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real, y que los medios de comunicación y socialización carecen de retroalimentación entre las partes.

## *Capítulo 11*

2. Se realiza un análisis del consumo de energía eléctrica por Consejo Popular a través del uso de las Rectas de Regresión Lineal Múltiples con el objetivo de definir las Líneas Bases Energéticas del municipio y predecir el consumo energético futuro de cada Consejo Popular, siendo los resultados no favorables y distantes a los consumos reales.

Capítulo III: Plataforma para integración de los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos.

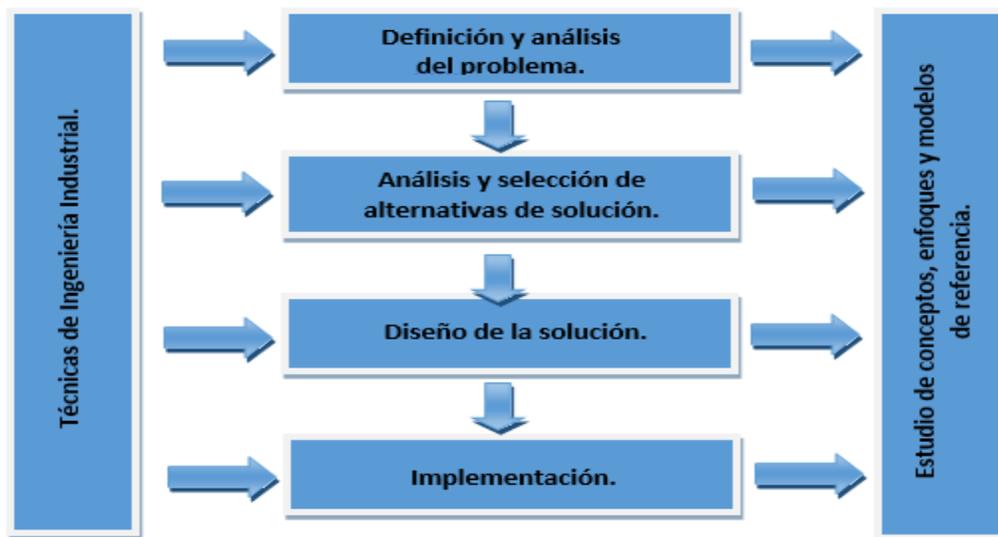
## 3.1 Introducción

En este capítulo se aplica la metodología de solución de problemas del ingeniero industrial así como el empleo de la herramienta Análisis de Modo de Fallo y Efecto y Criticabilidad (AMFEC) para evaluar las deficiencias que puede ocasionar un mal funcionamiento en el producto GEM y el despliegue de la función calidad para la mejora de la planificación de la energía en el sector residencial del municipio de Cienfuegos, con la utilización de los pronósticos a través de las Rectas de Regresión Lineal Múltiples(ERLM) y el empleo de Redes Neuronales(RN) y su integración en el producto informático GEM, facilitando la integración de los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos.

## 3.2 Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial

En el desarrollo de la investigación se utiliza para el análisis, la metodología para la solución de problemas como se muestra en la Figura 3.1.

En la aplicación de la metodología para la solución de problemas en las etapas generales de las mismas se realizan las siguientes tareas:



**Figura 3.1:** Etapas generales de la solución de problemas en Ingeniería Industrial. **Fuente:** (Alonso et al., 2005).

## 3.2.1 Definición y análisis del problema

En esta etapa se procede a describir el problema de la organización objeto de estudio, se realiza el análisis del proceso, para ello se proponen la utilización de técnicas y herramientas tales como:

- Mapa de procesos.
  - Mapa general de procesos.
  - SIPOC.
  - Flujogramas.
- Aplicación de listas de chequeo.
- Cuestionarios.
- Priorización de causas.
- Análisis estadísticos.
  - Análisis de distribuciones.
  - Capacidad de cumplir las especificaciones.
- Observación directa.
- Revisión de documentos.
- Métodos de expertos.

Se utilizará el método de expertos, el trabajo con expertos permite conocer las opiniones de los especialistas que tienen mayor dominio del tema y así poder realizar una investigación con mayor profundidad. Se realizará el cálculo del número de expertos a través de la siguiente expresión:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

Dónde:

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

i: precisión del experimento. ( $i \leq 12$ )

1 - $\alpha$	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Los criterios a utilizar para la selección de los miembros del equipo de trabajo son:

- Años de experiencia.
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Conocimiento del tema a tratar.

## 3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución

Se une el paso de análisis y selección de la alternativa de solución con el paso de diseño de la solución, debido a que en la etapa anterior se realiza el análisis del problema, las causas y su priorización. En esta etapa se utilizará la metodología de la 5 Ws y 2 Hs o 5 Ws y 1 H que tiene como finalidad establecer el plan de mejora para lograr el objetivo de la investigación.

## 3.2.3 Implementación

En esta etapa se implementan las acciones de mejoras, dando seguimiento a la mejora del proceso de calibración a través de los indicadores establecidos en el proceso.

## 3.3 Aplicación de la metodología para la solución de problemas

En el siguiente epígrafe se aplican las etapas de la metodología de solución de problemas que permitirán mejorar la gestión energética del gobierno del municipio de Cienfuegos.

### 3.3.1 Definición y análisis del problema

Para realizar el análisis del problema se hace necesario la determinación del grupo de expertos. Después de realizar los cálculos se determinó que el número de expertos debe ser un total de 11 como se detalla en el epígrafe 2.5.

Los expertos analizan la Planificación energética del municipio de Cienfuegos, dando como resultado:

- Las Líneas Bases Energéticas Municipales no han sido validadas: Su diseño se basa en el uso de las rectas de regresión lineal múltiples, sin embargo, estas aun no han mostrado su veracidad.
- Los indicadores energéticos para el sector residencial no se han validado: fueron prouestos por CP, pero no se ha demostrado su veracidad.
- Producto GEM: Es un producto que integra los elementos de la planificación energética, sin embargo, en el análisis de su diseño se encontraron las siguientes deficiencias:
  1. El diseño del sitio se puede mejorar mucho, utilizando herramientas disponibles más actuales. Porque una interfaz intuitiva y la interacción con el usuario es muy

## Capítulo III

importante, esto se puede lograr usando filosofías de diseño que permiten hacer un trabajo de excelente calidad y con una buena organización, posibilitando que el trabajo se haga más fácil y pueda mejorarse constantemente en el tiempo.

2. Necesita mejorar las funcionalidades que posee. Las mejoras de las funcionalidades del sitio son muy importantes y es lo que evita incompatibilidades con los sistemas donde se van a implementar, ya que todo el tiempo las tecnologías y las comunicaciones avanzan a diario y es muy importante estar al tanto del mercado y las exigencias de los clientes. Mejorarlas e implementarlas nuevamente puede resultar beneficioso, evitando futuros errores que dejen fuera de servicio la aplicación.
3. Es poco escalable en el tiempo. La aplicación no tiene una organización requerida que le permita agregar funcionalidades de manera fácil y entendible para cualquier persona que asuma el cargo de atender la aplicación; por lo que entender el código poco organizado puede resultar fatal en tiempo, en búsqueda de errores que se presenten, en mejorar las funcionalidades que tiene sobre esa misma aplicación y también agregarlas puede ser costoso en caso que surja algún error durante su despliegue.
4. Es poco mantenible en el tiempo. Al ser poco escalable en el tiempo también se hace poco mantenible debido al gran esfuerzo que puede costar mantener esta aplicación sin conocer la filosofía de trabajo que emplearon sus programadores, ya que al conocer poco de ella podría costar caro hacer mejoras constantes a la aplicación, lo cual requiere de un intenso estudio para conocer como está escrito todo el código, y aun así la probabilidad de errores durante su mantenimiento, escalabilidad y mejora puede resultar costoso en tiempo de estudio y en tiempo del tratamiento de errores.
5. Su implementación no tiene documentación alguna del código, por lo que hace más difícil su continuidad en el mismo proyecto. No tiene documentación alguna por lo que su estudio se hace "de manera forzada" sin guía alguna, a interpretación pura del código escrito, sin tener un manual de ayuda oficial que explique exactamente que hace cada parte de la aplicación.
6. Necesita una sesión de interacción más directa con los usuarios. La planificación de una sesión de interacción con los usuarios es muy importante porque de esta manera se estaría asegurando que el usuario final o cliente sea partícipe del proceso de desarrollo de la aplicación. Teniendo en cuenta que realmente se hace para las personas, su criterio como cliente es muy importante. De esta forma el trabajo realizado puede tener siempre una meta o una guía de "que hacer" y "que no hacer".

## Capítulo III

7. Está basado en python 2.7 y es necesario trabajar con una versión mayor a python 3.0. Una versión mayor de python puede simplificar muchas funcionalidades a la hora de trabajar en la construcción de una aplicación y tener en cuenta que es necesario, siempre que se pueda, trabajar con las ultimas herramientas del mercado que estén disponibles o al alcance de los desarrolladores y python 3.0 puede ser la herramienta fundamental para funciones específicas de la aplicación, como el análisis de datos.
8. Existen mejores herramientas de implementación que contienen mayor número de bibliotecas, que pueden correr en cualquier plataforma (Windows, Mac, Linux). Más actualizadas, con una comunidad para desarrolladores mucho más amplia, con mayor documentación disponible y que están en constante mejora. Lo que hace muy lógico el empleo de tecnologías que cumplan estos requisitos.
9. Su base de datos no está bien organizada e implementada por lo que se pueden utilizar otros gestores base de datos más potentes y con mejores herramientas, ya que poseen incluso mejor seguridad (lo cual pasaría a ser un punto crítico en la estructura de la aplicación) y que son compatibles con los intereses del proyecto. Ejemplo de ello es SQL Server 2014.
10. Web2py es un framework competente, pero las necesidades indican que para el trabajo deseado es requerible otras herramientas, que permitan con el tiempo, que el proyecto crezca según vayan apareciendo nuevos requisitos y funcionalidades y que contenga una estructura segura, flexible, adaptable y fácil de mantener.

Es necesario destacar que estas deficiencias encontradas en el producto GEM dificulta la planificación energética municipal y la interacción con los públicos y la toma de desiciones con el gobierno local.

### 3.4 Implementación de la Herramienta de Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC) para la priorización de las acciones de mejora

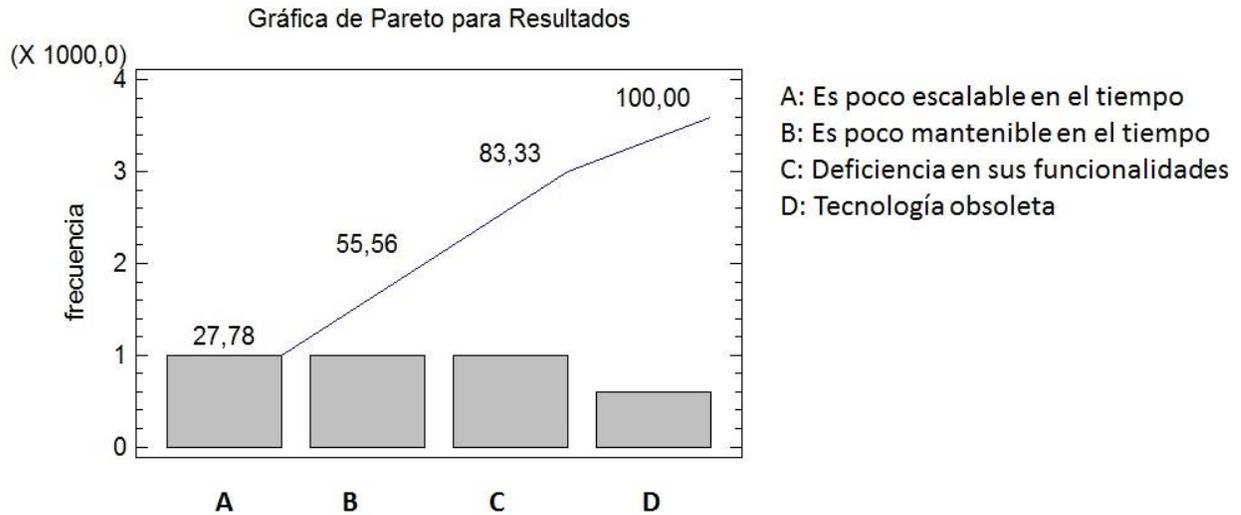
Para la priorización de las acciones de mejora se utiliza la herramienta Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC), cuyos resultados se muestran en las tablas 3.2 y figura 3.2.

**Tabla 3.1:** Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC). **Fuente:** Elaboración Propia.

Producto	Fallos			Controles Actuales	Índices				
	Función	Modo	Efecto		Causas	G	O	D	NPR

## Capítulo III

GEM	Lograr la interacción de directa con los usuarios	No existe una retroalimentación entre actores	Insatisfacción social	Tecnología obsoleta	Ninguno	6	10	10	600	
				Desestimación del producto	Es poco escalable en el tiempo	Ninguno	10	10	10	1000
					Es poco mantenible en el tiempo	Ninguno	10	10	10	1000
	Evidenciar una gestión efectiva	Módulo operaciones disfuncional	No se puede tomar decisiones	Deficiencia en sus funcionalidades	Ninguno	10	10	10	1000	



**Figura 3.2:** Modos de fallo en el diseño del producto GEM. **Fuente:** Elaboración propia.

La poca mantenibilidad, la poca escalabilidad y las deficiencias en sus funcionalidades son las acciones de mejora a priorizar porque abarcan el 83.33% del total estudiado para la Planificación energética municipal a través del rediseño del producto informático GEM incluyendo también la Validación de las LBEM e indicadores energéticos en el municipio para el sector residencial.

### 3.5 Aplicación del QFD para la mejora de la planificación energética del municipio de Cienfuegos

En el siguiente epígrafe se ponen en práctica los elementos conceptuales de la metodología QFD con el objetivo de mejorar el producto implementado por Hurtado 2017, para mejorar la planificación energética municipal. Se desarrollan técnicas como la Casa de Calidad, producto del trabajo del grupo de expertos que analizan el nivel de significancia de cada solicitud, así como las vías óptimas de resolución.

A continuación, se desglosan los pasos del proceso:

Paso 1: Requerimientos del cliente: Vector de "Qués" afinidad del vector de "Qués".

La pregunta a contestar es: ¿Qué características son importantes para los expertos para la mejora de la planificación energética municipal?

Respuestas de la lluvia de ideas para la generación de los QUÉ.

1. Qué permita tomar decisiones a nivel municipal.
2. Qué logre una interacción directa con los usuarios.
3. Qué evidencie una gestión efectiva
4. Qué sea fácil la toma de decisiones.
5. Qué sean confiables los datos e información.

6. Qué se proteja la información.
7. Qué sea actualizable.
8. Qué visualice la gestión del gobierno en materia energética.
9. Qué se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal.
10. Qué facilite la educación energética a diferentes públicos.
11. Qué sea accesible para todos los públicos.
12. Qué tenga un lenguaje entendible para todos los públicos.
13. Qué tenga identidad.
14. Qué sea atractivo a los usuarios.
15. Qué sea capaz de funcionar en cualquier soporte.

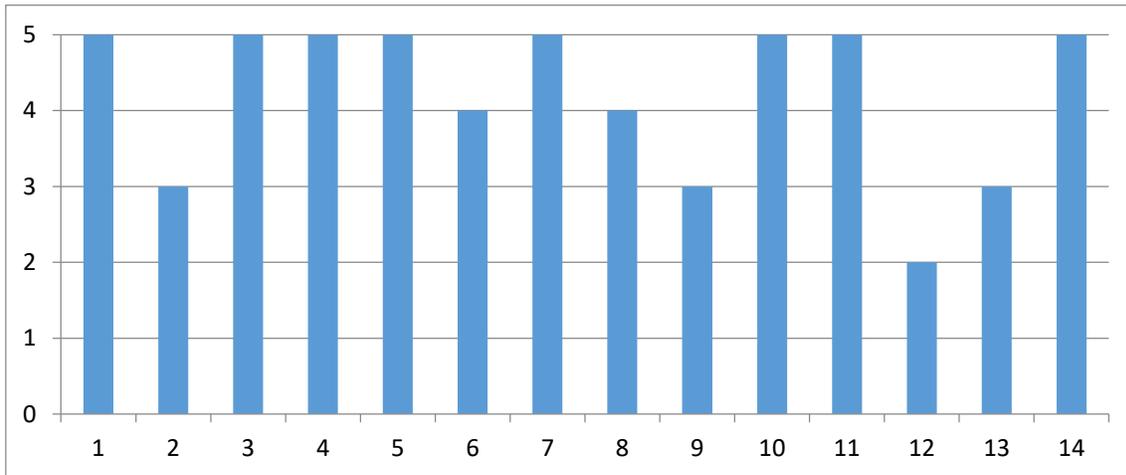
Paso 2: Análisis de los QUÉ.

En este paso se clasifican por importancia los QUÉ, estableciendo la escala del 1 a 5 donde (1= no es importante; 5= muy importante) a través del consenso entre expertos se obtiene con un nivel de concordancia (WKendall) de 0.89.

**Tabla 3.2:** Clasificación del nivel de importancia de los QUÉ por los usuarios. **Fuente:** Elaboración propia.

QUÉ	Nivel de importancia para el usuario
1. Que permita tomar decisiones a nivel municipal.	5
2. Que logre una interacción directa con los usuarios.	3
3. Que evidencie una gestión efectiva.	5
4. Qué sea fácil la toma de decisiones.	5
5. Que sean confiables los datos e información.	5
6. Que se proteja la información.	4
7. Que sea actualizable.	5
8. Que visualice la gestión del gobierno en materia energética.	4
9. Que tenga identidad.	3
10. Que facilite la educación energética a diferentes públicos.	5
11. Que tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	5

12. Que tenga identidad	2
13. Que sea atractivo a los usuarios.	3
14. Que sea capaz de funcionar en cualquier soporte	5



**Figura 3.3:** Clasificación del nivel de importancia de los QUÉ por los usuarios. **Fuente:** Elaboración propia.

Paso 3: Requerimientos del diseño: Vector de "CÓMO".

En este paso se definen los requisitos técnicos necesarios para cumplir con las necesidades de los usuarios, quedando definidos como se muestra en la tabla 3.4.

**Tabla 3.3:** Estableciendo objetivos para los requerimientos de diseño: Vector de "CÓMO".

**Fuente:** Elaboración propia.

Lista de los CÓMO	Escala de medida	
	1. Apartado operacional	No=0
2. Seguridad	No=0	Si=1
3. Apartado socialización	No=0	Si=1
4. Apartado educación	No=0	Si=1
5. Accesibilidad	No=0	Si=1
6. Ambiente	No=0	Si=1
7. Logo de identificación	No=0	Si=1
8. Software	Windows=0	Linux=1
9. Hardware	120Mb de RAM Min	Red=100Mbps

Paso 4: Relación de los CÓMO.

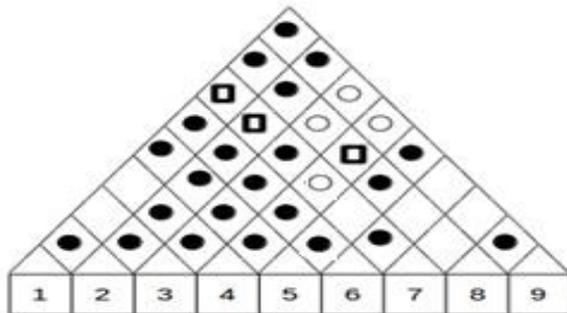
## Capítulo III

En este paso se establece las interrelaciones entre los CÓMO previamente definidos en la tabla 3.5, se define la simbología a utilizar para las interrelaciones y así construir la matriz o tejado de la Casa de la Calidad.

**Tabla 3.4:** Simbología para el establecimiento de las interrelaciones de los CÓMO. **Fuente:** Elaboración propia.

Símbolo	Significado
●	Interrelación fuerte
○	Interrelación normal
◻	Interrelación débil
□	Sin interrelación

En la figura 3.4 se muestra la matriz de relación de los CÓMO; puesto que cada requerimiento se interrelaciona entre ellos (si es que existe relación, ya sean positivas o negativas). Los resultados se muestran en una matriz triangular.



**Figura 3.4:** Matriz de interrelación de los CÓMO. **Fuente:** Elaboración propia.

Paso 5: Relación entre los QUÉ y los CÓMO.

Se relacionan los QUÉ definidos en el paso 1 con los CÓMO definidos del paso 3, con ello se construye la matriz central del QFD traduciendo los valores de la lista de las QUÉ en características medibles de la lista de los CÓMO, estableciéndose una escala para esta relación entre 0 – 10 donde 0= sin relación y 10 = relación muy fuerte. En la figura 3.5 se muestra la matriz de relación de los QUÉ y los CÓMO.

# Capítulo III

	Apartado Operacional (0-1)	Seguridad (0-1)	Apartado Socialización (0-1)	Apartado Educación (0-1)	Accesibilidad(0-1)	Ambiente (0-1)	Logo de identificación (0-1)	Software (0-1)	Hardware (120MB de RAM mín., req=100Mbps)
que permita tomar decisiones a nivel municipal	10	0	0	0	0	0	0	0	5
que logre una interacción directa con los usuarios	10	10	10	10	10	10	0	10	5
que evidencie una gestión efectiva	10	0	0	0	10	0	0	10	5
que sea fácil la toma de decisiones	10	0	0	0	9	0	0	10	8
que sean confiables los datos e información	10	10	8	8	8	0	0	10	7
que se proteja la información	10	10	10	10	9	1	0	10	5
que sea actualizable	10	8	7	7	6	0	0	9	8
que visualice la gestión del gobierno en materia energética	3	5	10	3	10	0	3	6	3
que se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal	9	2	6	4	9	0	3	7	4
que facilite la educación energética a diferentes públicos	2	4	0	10	9	7	5	8	8
que sea accesible para todos los públicos	4	6	9	8	10	8	5	6	3
que tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	5	0	8	0	9	6	2	6	5
que tenga identidad	2	0	5	8	0	8	9	2	0
que sea atractivo a los usuarios	0	0	9	8	8	10	8	5	4
que sea capaz de funcionar en cualquier soporte	4	0	6	6	10	3	0	10	10

**Figura 3.5:** Matriz Central del QFD (Relación de los QUÉ y los CÓMO). **Fuente:** Elaboración propia.

## Capítulo III

Paso 6: Análisis de los CÓMO.

En este paso se calculan los objetivos técnicos para cumplir con las especificaciones de la mejora, se fija la orientación de cuanto más es mejor.

Procediendo a calcular la ponderación absoluta y relativa de cada CÓMO, es necesario destacar que para el análisis de la competencia se realizara para el producto GEM diseñado por Hurtado (2017); teniendo en cuenta que no logra la interacción directa con el usuario, y no se evidencia una gestión efectiva desde esta solución.

Además, se fijan para la mejora los enteros que deben cumplir con la notación de 1-5 donde 1= mínimo y 5= máximo. En la figura 3.6 se muestra la matriz resultado en la parte izquierda y en la parte inferior la solución de este paso.

# Capítulo III

	Apartado Operacional (0-1)	Seguridad (0-1)	Apartado Socialización (0-1)	Apartado Educación (0-1)	Accesibilidad(0-1)	Ambiente (0-1)	Logo de identificación (0-1)	Software (0-1)	Hardware (120MB de RAM mín., red=100Mbps)	Importancia para el usuario (1 a 5)	Producto Mejorado (1 a 5)	GEM (1 a 5)	objetivo (1 a 5) mucho = es importante	ratio de mejora = (7)/(8)	ponderacion absoluta = (1)*(8)	ponderación relativa (%)	orden de importancia
que permita tomar decisiones a nivel municipal	10	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	2	5	1	5	8.06	
que logre una interacción directa con los usuarios	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	1	5	1	5	8.06	
que evidencie una gestión efectiva	10	0	0	0	10	0	0	10	5	5	5	1	5	1	5	8.06	
que sea fácil la toma de decisiones	10	0	0	0	9	0	0	10	8	3	5	4	5	1	3	4.84	
que sean confiables los datos e información	10	10	8	8	8	0	0	10	7	5	5	5	5	1	5	8.06	
que se proteja la información	10	10	10	10	9	1	0	10	5	5	5	2	5	1	5	8.06	
que sea actualizable	10	8	7	7	6	0	0	9	8	5	5	1	5	1	5	8.06	
que visualice la gestión del gobierno en materia energética	3	5	10	3	10	0	3	6	3	4	5	4	5	1	4	6.45	
que se integren los diferentes actores que gestionan la información energética municipal	9	2	6	4	9	0	3	7	4	5	5	5	5	1	5	8.06	
que facilite la educación energética a diferentes públicos	2	4	0	10	9	7	5	8	8	4	5	1	5	1	4	6.45	
que sea accesible para todos los públicos	4	6	9	8	10	8	5	6	3	2	5	4	5	1	2	3.23	
que tenga un lenguaje entendible para todos los públicos	5	0	8	0	9	6	2	6	5	5	5	5	5	1	5	8.06	
que tenga identidad	2	0	5	8	0	8	9	2	0	2	5	5	5	1	2	3.23	
que sea atractivo a los usuarios	0	0	9	8	8	10	8	5	4	2	5	5	5	1	2	3.23	
que sea capaz de funcionar en cualquier soporte	4	0	6	6	10	3	0	10	10	5	5	1	5	1	5	8.06	
x															62.00	100	
Orientacion deseada	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑								
Ponderación absoluta	729.032	319.355	501.613	443.548	635.484	209.677	162.903	600	487.097		4088.71						
Ponderación relativa	17.8304	7.81065	12.2682	10.8481	15.5424	5.12821	3.98422	14.6746	11.9132		100						
Orden de importancia	1	7	4	6	2	8	9	3	5								
Valoracion tecnica	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	si/no	120MB de RAM mín, red=100 Mbp							
Producto Mejorado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	cumple							
GEM	0	0	0	1	0	1	1	1	0	cumple							
Objetivo tecnico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	120MB de RAM mín, red=100 Mbp							

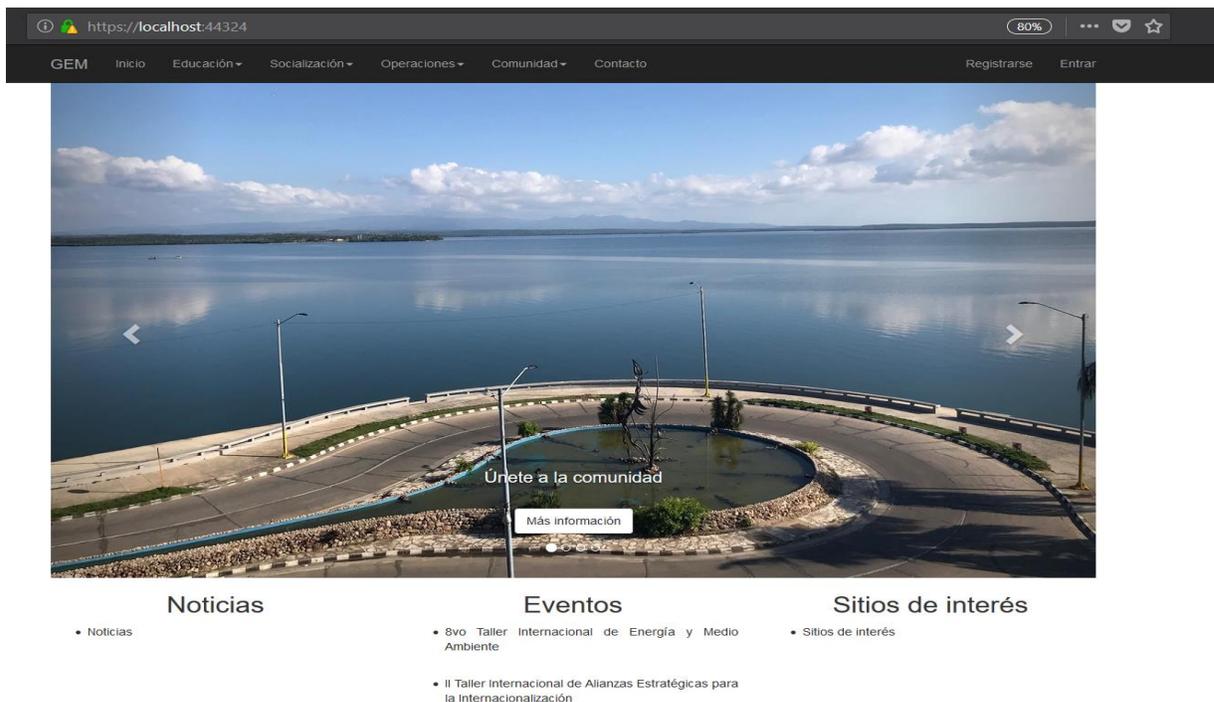
**Figura 3.6:** Matriz Central del QFD (ponderación absoluta y relativa de cada CÓMO). **Fuente:** Elaboración propia.

La matriz QDF o Casa de la Calidad desarrollada para la mejora del producto GEM según muestra en el Anexo No.3. Donde se expusieron cuáles son los aspectos esenciales que necesita el producto, además de las características técnicas que debe poseer para satisfacer al cliente y superar a los competidores.

Con los resultados obtenidos al aplicar la matriz QFD se procede a traducir las características técnicas para trabajar en el desarrollo del producto final o producto GEM que es la plataforma para la integración de los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos.

# Capítulo III

La portada de producto GEM para la mejora de la planificación de la energía, se elabora con un ambiente acogedor, que está representado por la idiosincrasia del cienfueguero, contiene el nombre del producto, los apartados: Educación, Socialización y Operaciones, Contacto que facilita la comunicación con las personas que hicieron posible este proyecto y Comunidad que se encarga de mostrar todos los sitios referentes a la energía en Cuba. Registrarse y Entrar permite tener un mayor control de los usuarios que visiten el producto GEM, Noticias, Eventos y Sitios de Interés (ver figura 3.7).



**Figura 3.7:** Portada de producto GEM para la mejora de la planificación de la energía. **Fuente:** Elaboración propia

En la figura 3.8 se muestra el apartado Educación, desde el que se puede acceder a los demás apartados y funciones del nuevo producto de forma rápida..

<a href="#">GEM</a> <a href="#">Inicio</a> <a href="#">Educación</a> <a href="#">Socialización</a> <a href="#">Operaciones</a> <a href="#">Comunidad</a> <a href="#">Contacto</a> <a href="#">Registrarse</a> <a href="#">Entrar</a>	
<b>Contenido para Niños y Adolescentes</b>	
Artículos	0
Investigación	0
Capacitación	0
Libros	3
Legislación	0
Videos	7

© GEM - 2018. Universidad de Cienfuegos

**Figura 3.8:** Contenido para Niños y Adolescentes **Fuente:** Elaboración Propia

En la figura 3.9 se aprecia el nuevo formato para la descarga de libros y documentos que permite además de descargar los mismos, abrirlos previamente para revisar el contenido existente.

<a href="#">GEM</a> <a href="#">Inicio</a> <a href="#">Educación</a> <a href="#">Socialización</a> <a href="#">Operaciones</a> <a href="#">Comunidad</a> <a href="#">Contacto</a> <a href="#">Registrarse</a> <a href="#">Entrar</a>			
<b>Libros</b>			
<p>Libro de energía renovable y eficiencia energética.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Análisis y simulación de procesos de refinación de petróleo.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Energías renovables para todos.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>
<p>El petróleo y su proceso de refinación.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>El Gas Natural.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Mejora de la eficiencia energética en la empresa cereales Cienfuegos.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Inyección de Agua y Gas en Yacimientos Petrolíferos.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>
<p>Libro de Energías Renovables.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Libro de Gestión Energética Empresarial.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Manual de Biocombustibles.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>	<p>Petróleo y Derivados.</p> <p><a href="#">Descargar</a></p>

**Figura 3.9:** Libros **Fuente:** Elaboración Propia

En la figura 3.10 se muestra todo el contenido para Jóvenes y Adultos y todas las diferentes funciones del nuevo producto GEM, lo que facilita ir desde este ambiente a cualquier otro de forma rápida.

GEM	Inicio	Educación ▾	Socialización ▾	Operaciones ▾	Comunidad ▾	Contacto	Registrarse	Entrar
-----	--------	-------------	-----------------	---------------	-------------	----------	-------------	--------

## Contenido para Jóvenes y Adultos

Artículos	6
Investigación	1
Capacitación	9
Libros	34
Legislación	1
Videos	13

© GEM - 2018. Universidad de Cienfuegos

**Figura 3.10:** Contenido para Jóvenes y Adultos **Fuente:** Elaboración Propia

En la figura 3.11 se muestran los Eventos manteniendo las características expuestas en la figura 3.11.

GEM	Inicio	Educación ▾	Socialización ▾	Operaciones ▾	Comunidad ▾	Contacto	Registrarse	Entrar
-----	--------	-------------	-----------------	---------------	-------------	----------	-------------	--------

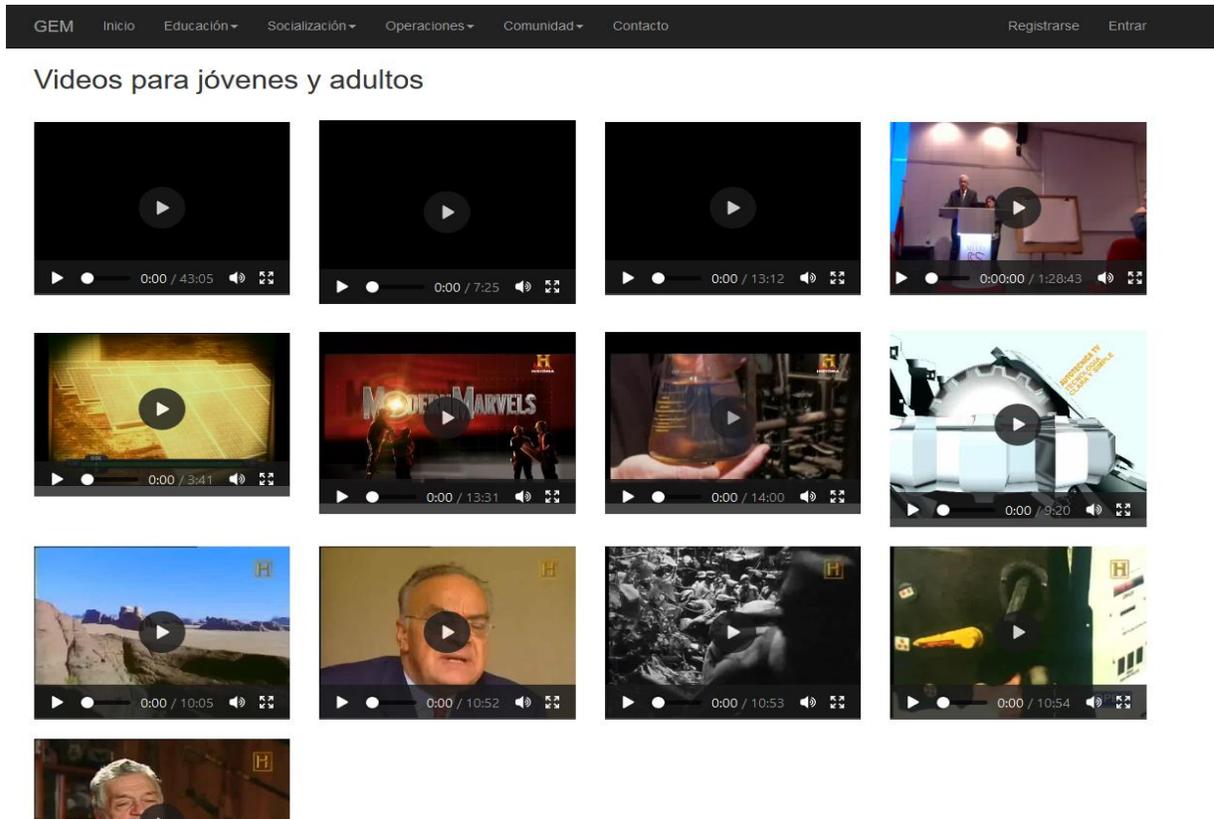
## Eventos

Artículos	0
Investigación	9
Capacitación	0
Libros	0
Legislación	0
Videos	0

© GEM - 2018. Universidad de Cienfuegos

**Figura 3.11:** Eventos **Fuente:** Elaboración Propia

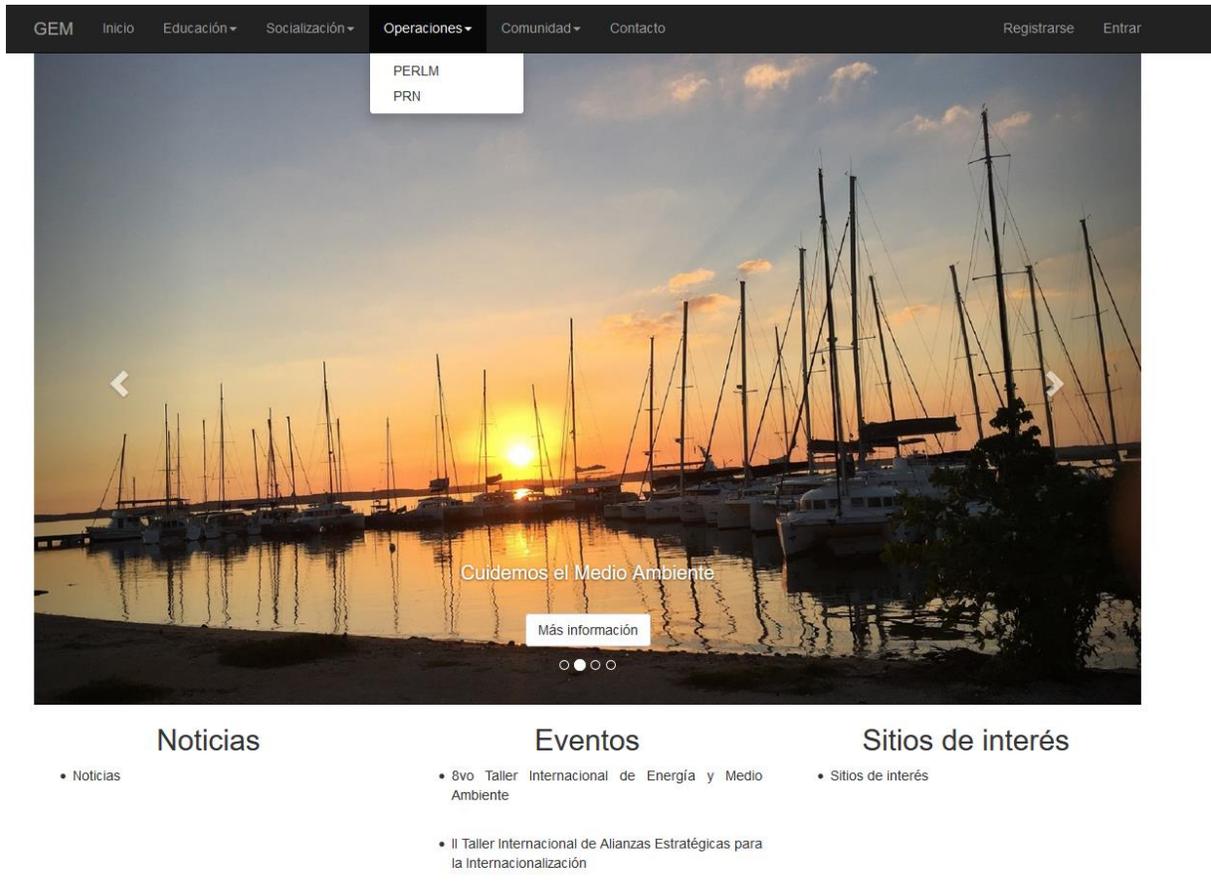
En la figura 3.12 se muestran todos los vídeos que contiene el nuevo producto GEM con la diferencia que ahora no solo se pueden descargar, sino que también los usuarios pueden verlos directamente desde cualquier lugar en el que se encuentren, con solo acceder a los Videos.



**Figura 3.12:** Videos Fuente: Elaboración Propia

Apartado Socialización: Están los enlaces a páginas sociales como Facebook, Twitter, Youtube, Instagram, permitiendo la interacción con otros públicos (exterior, otras universidades, otras provincias)

Apartado Operacional: Antes proponía un enlace directo con el software Stagraphics Centurion para el procesamiento de datos que facilitarían la toma de decisiones, el nuevo producto GEM tiene incluidas parte de las bibliotecas de procesamiento de datos del software Matlap que facilita el procesamiento de los mismos usando las Ecuaciones de Regresión Lineal Múltiples, así como el empleo de Redes Neuronales lo cual elimina la dependencia de otros softwares. En la figura 3.13 se muestran como quedan implementados los 2 métodos propuestos (Pronóstico por Ecuaciones de regresión Lineal Múltiples y Redes Neuronales).



**Figura 3.13:** Operaciones **Fuente:** Elaboración Propia.

El funcionamiento de las bibliotecas Matlab permite:

1. Procesamiento de datos.
2. Análisis de datos.
3. Trabajo con Redes Neuronales.

Para el funcionamiento del apartado Operaciones se realizan bases de datos para el pronóstico de la energía eléctrica a consumir en los CP y el municipio de Cienfuegos con datos del periodo 2007-2016, y las siguientes variables:

1. Humedad.
2. Temperatura Seca del Aire.
3. Temperatura de Bochorno.
4. Hogares que usan Cocción Eléctrica.
5. Población.
6. Consumo por Consejos Populares.

## Capítulo III

En la Figura 3.14 se muestra la base de datos del consejo Popular Caonao.

Consejos Populres	Meses	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Caonao	ene	160806.9673	167290.5027	234641.0414	148039.9511	171181.8285	166188.3544
Caonao	feb	145138.519	173058.0891	175371.4868	116381.2868	168503.4726	164899.9166
Caonao	mar	595927.9479	649517.2189	619627.0737	654461.4511	706737.714	766502.7205
Caonao	abr	179683.8195	171454.0061	189392.9095	182920.7145	199108.3795	183604.6845
Caonao	may	183808.685	259208.3027	198425.8914	194854.714	203268.5527	206728.8979
Caonao	jun	217106.1411	211601.0428	234641.0414	162278.506	171181.8285	166188.3544
Caonao	jul	217113.0205	208046.5366	215409.0124	220790.3995	224643.2882	232559.9253
Caonao	ago	222826.9044	215521.3882	221509.2656	225023.4834	227721.8947	230526.5076
Caonao	sept	214950.8695	208477.0795	213986.9628	218639.4911	227278.1228	228526.7511
Caonao	oct	196072.3253	195191.8414	204312.1979	202332.6527	210413.9947	207503.1802
Caonao	nov	173050.9995	156246.1978	182422.8895	179811.1061	202125.7911	171064.3278
Caonao	dic	162501.714	169425.4914	177451.4173	168551.1818	194534.5656	187827.8221
Cierre del año Caonao		2668987.913	2785037.697	2867191.19	2674084.938	2906699.433	2912121.442

**Figura 3.14:** Base de datos del Consejo Popular Caonao **Fuente:** Elaboración Propia

En la figura 3.15 se muestra la base de datos del Consejo Popular La Juanita.

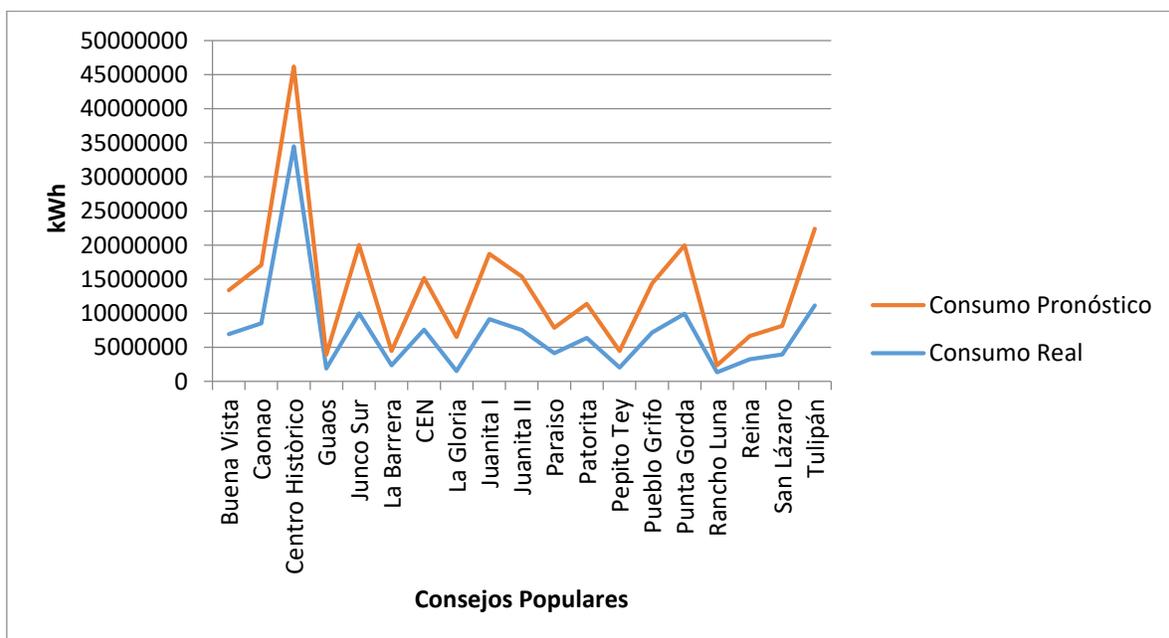
Consejos Populres	Meses	2011	2012	2013	2014	2015	2016
La Juanita	ene	930376.4266	934708.8494	1020710.653	940032.3678	941788.8834	941788.8834
La Juanita	feb	922805.9642	949867.05	955104.6388	964558.0696	939517.5796	939517.5796
La Juanita	mar	939858.6029	954245.9525	939026.5509	961724.4367	968017.7068	968017.7068
La Juanita	abr	982448.0402	970255.8074	991059.5463	984580.3736	990577.4598	990577.4598
La Juanita	may	988783.1597	1057526.187	1001597.134	996182.2751	994507.2698	994507.2698
La Juanita	jun	1020188.958	1008421.223	1019576.399	1016654.871	1008680.823	1008680.823
La Juanita	jul	1022493.734	1011242.08	1021251.107	1034178.149	1026632.268	1026632.268
La Juanita	ago	1020188.958	1008421.223	1019576.399	1016654.871	1008680.823	1008680.823
La Juanita	sept	1028276.982	1022316.219	1025178.974	1036746.435	1031658.621	1031658.621
La Juanita	oct	1001159.186	1003370.494	1015089.601	1015750.561	1015808.356	1015808.356
La Juanita	nov	984834.3674	967776.4905	987532.6985	985718.4226	1006180.863	1006180.863
La Juanita	dic	972669.3856	982199.5226	986189.8376	973057.3168	1002412.995	1002412.995
Cierre del año La Juanita		11814083.76	11870351.1	11981893.54	11925838.15	11934463.65	11934463.65

**Figura 3.15:** Base de datos del Consejo Popular La Juanita **Fuente:** Elaboración Propia

En la Figura 3.16 se muestra la base de datos del consejo popular Centro Histórico.

Consejos Popúres	Meses	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Centro Histórico	ene	471125.4376	494774.5053	599042.7628	488106.8002	530882.0157	539054.7647
Centro Histórico	feb	447294.5562	510375.1356	502611.9055	512215.7477	503423.5234	510697.3149
Centro Histórico	mar	447843.8834	488274.0299	453523.7815	500306.6273	528233.606	532826.5228
Centro Histórico	abr	501500.039	491005.349	525573.723	510700.723	564886.099	528969.473
Centro Histórico	may	513953.1666	635850.2989	544843.5724	545125.524	578709.0647	569641.8415
Centro Histórico	jun	579110.093	587736.107	578511.315	571317.943	607644.465	606475.041
Centro Histórico	jul	584005.9015	578057.6582	581413.8763	570831.8853	603464.5615	626464.164
Centro Histórico	ago	586385.9776	593722.5899	591146.124	583002.5408	612860.4086	626886.1208
Centro Histórico	sept	589096.419	578796.635	591557.837	582126.085	627576.937	626672.743
Centro Histórico	oct	582269.4492	571706.9002	580538.844	570559.646	606099.3589	602134.5124
Centro Histórico	nov	528483.211	490121.239	563178.167	554220.611	602755.779	535071.775
Centro Histórico	dic	512794.2299	511615.8628	530076.9918	524554.5937	590731.9324	559273.735
Cierre del año Centro Histórico		6343862.364	6532036.31	6642018.9	6513068.727	6957267.751	6864168.008

**Figura 3.16:** Base de datos del Consejo Popular Centro Histórico **Fuente:** Elaboración Propia  
 Procediendo al pronóstico por las ERLM que se muestran en el epígrafe 2.4.3 Tabla 2.8, en la figura 3.17 se muestra el consumo de los 19 CP en kWh y el consumo pronosticado por las Ecuaciones de Regresión Múltiples, el real no excede el pronóstico, pero se evidencia una desigualdad significativa, por lo que se hace necesario utilizar una técnica de pronóstico de mayor exactitud.



## Capítulo III

**Figura 3.17:** Consumo Real del municipio y pronóstico por ERLM **Fuente:** Elaboración Propia.

A razón a los resultados obtenidos se procede a la búsqueda de métodos de pronósticos más exactos para el consumo de energía eléctrica, en la tabla 3.5 se muestran estos:

**Tabla 3.5:** Métodos de pronósticos para el consumo de energía eléctrica. **Fuente:** Elaboración Propia.

No	Método	Características	Decisión
1	Método de la tendencia histórica simple	El método de la tendencia histórica para el cálculo del consumo futuro de energía eléctrica se utilizó hasta finales de los años 70. En muchos países se consideraba un aumento de 7,5 % anual del consumo y su duplicación por cada década. Inicialmente este método se aplicó al análisis de las finanzas (Real, 2009).	Este método solo es conveniente usarlo para predicciones a largo plazo que no requieran de gran exactitud; para análisis a corto y mediano plazo es inexacto (Santiesteban; et al., 2014) por lo que no es aconsejable su uso.
2	Método de usuarios finales	El método de usuarios finales se basa en las ecuaciones clásicas que expresan el consumo de energía eléctrica para cualquier local, área administrativa, centro de trabajo, etc., donde existan consumidores eléctricos, en dependencia de su número, potencia y tiempo de utilización (Filho & Dias, 2010).	Requiere de una contabilidad muy exacta del tipo de equipamiento, de su número y de la fecha de puesta en funcionamiento además el tiempo de uso promedio del equipamiento que influye significativamente en el consumo y su determinación presenta muchas inexactitudes. También es necesario conocer con anticipación la fecha de adquisición y montaje del nuevo equipamiento (Santiesteban; et al., 2014). Por lo antes expuesto no es aconsejable su uso.

## Capítulo III

3	Métodos paramétricos	<p>Los métodos paramétricos se ocupan de obtener, a partir del análisis estadístico y matemático de los valores reales de las variables, los valores que tendrían los parámetros de los modelos en los que esas variables actúan, así como de comprobar el grado de validez de esos modelos, y ver en qué medida estos modelos pueden usarse para la predicción del cambio futuro de las variables definidas como independientes (Yu &amp; Tao, 2012).</p>	<p>Este método no es aconsejable para su utilización pues su exactitud aumenta con el número de datos, lo que no siempre es posible obtener en la cantidad requerida además necesita de elevada correlación entre las variables independientes y la dependiente, exige baja autocorrelación entre las variables independientes (Santiesteban; et al., 2014).</p>
4	Métodos con aplicación de la inteligencia artificial	<p>Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) constituyen un potente instrumento para la aproximación de funciones no lineales. Su uso resulta especialmente útil en la modelización de aquellos fenómenos complejos donde la presencia de relaciones no lineales entre las variables es habitual (Santana, 2006). Una Red Neuronal Artificial es "Un grafo dirigido y no lineal con arcos ponderados, capaz de almacenar patrones cambiando los pesos de los arcos, y capaz de recordar patrones a partir de entradas incompletas y desconocidas" (Albuerne, 2005).</p>	<p>Las RNA modelan sistemas sin tener que programarlos específicamente, ante una entrada determinada la red dará una salida en función de lo aprendido en la fase de entrenamiento. Una de las aplicaciones más usadas de las RNA en la actualidad es en la predicción de consumo de energía eléctrica (Santiesteban; et al., 2014). Por lo anterior expuesto es aconsejable su utilización.</p>

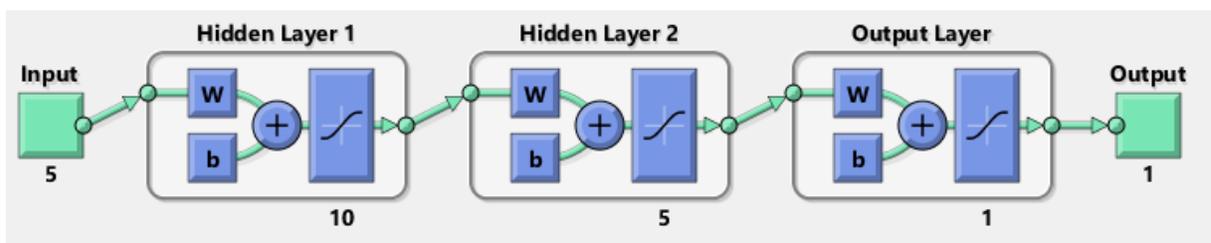
Debido a la información mostrada en la tabla anterior se selecciona la aplicación de Redes Neuronales Artificiales (RNA), para el pronóstico del consumo de energía eléctrica para los 19 CP y el municipio de Cienfuegos.

Las redes neuronales artificiales (RNA) modelan sistemas, sin tener que programarlos específicamente; ante una entrada determinada, la red dará una salida en función de lo aprendido

## Capítulo III

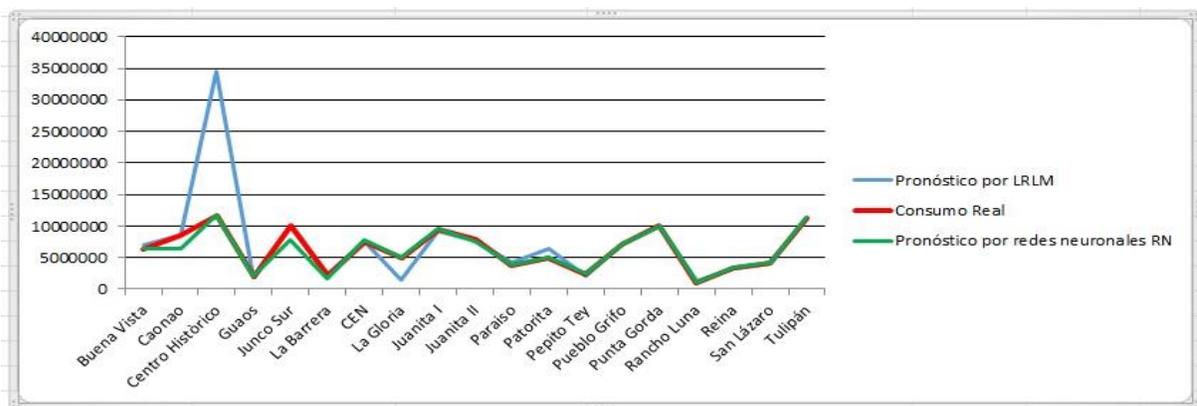
en la fase de entrenamiento. Una de las aplicaciones más usadas de las RNA en la actualidad es en la predicción de consumo de energía eléctrica (Cabello, 2018).

Para la predicción del consumo de energía eléctrica, se conformó una red neuronal para cada uno de los 19 CP, capaz de predecir el consumo de electricidad mensual, cuya sumatoria sería el consumo total municipal. Cada una de las redes posee los mismos parámetros, pero varía en los valores de los datos introducidos de cada variable que se ajusta a la información recopilada de cada consejo popular desde el año 2007 hasta el año 2016, en la figura 3.18. Se muestra la vista de cómo quedaría conformada la red para cada CP.



**Figura 3.18:** Vista de la red neuronal diseñada para cada uno de los CP **Fuente:** Elaboración Propia.

La figura 3.19 muestra el pronóstico de consumo de energía eléctrica mediante el uso de las ERLM y RN, mostrando además el comportamiento del consumo real en el municipio de Cienfuegos, donde se evidencia que el pronóstico por RN resulta más exacto.



**Figura 3.19:** pronóstico de consumo de energía eléctrica mediante el uso de las ERLM, RN y el Real en el municipio. **Fuente:** Elaboración Propia.

El acceso para la toma de decisiones en la planificación energética para el sector residencial en el municipio cuenta con diferentes roles:

- Editor (Entra los datos al sistema, noticias, eventos).

- Administrador (Pleno acceso y gestión del sistema).
- Usuarios (Miembro del sistema).
- Decisores (Gobierno Local).

### 3.6 Mejoras a la gestión energética municipal mediante el e-gobierno

Las mejoras realizadas a la gestión energética municipal se basan en el desarrollo de una plataforma para la integración de los elementos de la GEL en el municipio de Cienfuegos abarcando los aspectos más significativos para lograr un producto eficiente, pues considera:

- I. Funcionabilidad idónea:
  - Integridad Funcional: El sitio cubre todas las especificidades para lo cual fue diseñado.
  - Exactitud Funcional: Las funciones brindan los resultados correctos evidenciando una eficiente gestión de la energía en el municipio.
- II. Eficiencia y Rendimiento:
  - Tiempo de comportamiento: Buen tiempo de respuesta, de procesamiento y de salida del producto cuando ejecutan las funciones para lo que fue diseñado.
  - Utilización de recursos: Bajo consumo de recursos cuando ejecuta sus funcionalidades.
- III. Compatibilidad:
  - Coexistencia: El producto puede ejecutar sus funciones eficientemente mientras comparte un ambiente común o recursos con otro software sin tener impacto nocivo o negativo en algún otro producto.
- IV. Usabilidad:
  - Operatividad: El producto es fácil de operar, controlar y apropiado de usar.
- V. Confiabilidad:
  - Confidencialidad: El prototipo asegura que los datos son accesibles solo por aquellos que están autorizados.
  - Integridad: Sin autorizo, es imposible modificar o acceder sin autorización a los datos.
- VI. Mantenibilidad:
  - Modularidad: El sistema o producto está compuesto por componentes discretos y pequeños, que facilitan su uso y construcción, de tal forma que un cambio en

## Capítulo III

alguno de ellos tendrá el menor impacto posible en los demás o alguna otra funcionalidad o parte del producto.

- Reusabilidad: Los componentes que conforman parte del producto pueden ser usados en la construcción de otros componentes o incluso otro producto que se integre al ya existente.
- Analizable: El impacto de un cambio en el producto en una o en varias partes puede ser eficaz y eficientemente medible. Se pueden diagnosticar con facilidad deficiencias o causas de fallo e incluso identificar partes que necesiten ser modificadas.
- Modificable: El producto puede ser modificado lo cual facilitaría su proceso de mejora continua en caso de posibles cambios en el entorno.
- Testeable: Se le pueden aplicar pruebas al sistema para evitar fallos técnicos.

### VII. Portabilidad:

- Adaptabilidad: El sistema se puede adaptar en los diferentes tipos de plataformas o ambientes disponibles: Linux/Windows/macOS. Así también como a la evolución del hardware o del sistema donde se hospeda.

### VIII. Integración de elementos de la GEL:

- Planificación: Responde a los requisitos de las normas internacionales ISO 50001: 2011 "*Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) - General principles and guidance*" e ISO 50006: 2014 "*Energy management systems - Requirements with guidance for use*" donde los indicadores energéticos son la base para la planificación de la energía con la utilización de pronósticos para los que se proponen en el municipio de Cienfuegos con el uso de Redes Neuronales como técnica más precisa y en función de las tendencias internacionales.
- Uso de recursos: El gobierno local mide la toma de decisiones sobre los recursos energéticos locales tanto en su uso como su desarrollo.
  1. Uso de recursos energéticos: Combinaciones de fuentes convencionales de energía y fuentes renovables.
  2. Desarrollo: El gobierno local promueva proyectos de desarrollo local enfocados en el fomento de las fuentes renovables de energía a partir de las potencialidades energéticas del municipio:
    - Energía solar fotovoltaica en el sector residencial (Rodríguez 2019).

## Capítulo III

- Residuos sólidos urbanos (Rodríguez 2019).
  - A partir del biogás proveniente del ganado porcino, tanto sector estatal como privado (Campillo 2018).
  - Logra una interacción directa con los públicos, además considera elementos de pronóstico por ERLM y RN.
- El producto GEM se basa en la validación de los indicadores energéticos locales y las líneas bases energéticas para el sector residencial en el municipio que permiten la toma de decisiones de los decisores locales propiciando la integración de los elementos de la GEL mediante el rediseño del producto GEM como herramienta de e-gobierno; a través incidencia en la sociedad mediante la interacción entre los públicos referidos al intercambio de información y conocimiento entre gobierno local, actores locales, instituciones académicas y poblaciones.

### 3.7 Conclusiones parciales

1. Se aplican las etapas de la metodología de solución de problemas que permitiendo mejorar la gestión energética del gobierno del municipio de Cienfuegos.
2. Se realiza un análisis de las deficiencias de la GEL dándole solución a varias de sus causas buscando conjuntamente la integración de sus principales elementos.
3. Se utiliza la metodología QFD permitiendo la mejora de la planificación energética del municipio de Cienfuegos a través de los resultados obtenidos.
4. Se realiza un estudio y análisis comparativo de las diferentes técnicas matemáticas-computacionales analizadas en la investigación, arrojando las Redes Neuronales Artificiales mejores resultados en la predicción del consumo energético que las Rectas de Regresión Lineal Múltiples con el propósito de mejorar la planificación energética local o municipal.
5. Se realizan las mejoras a la GEL con la implementación de la plataforma informática que integra sus elementos principales, dando solución a las causas potenciales que afectan a la GEL.

## Conclusiones Generales:

La presente investigación arriba a las siguientes conclusiones:

1. La planificación de la energía es un elemento esencial dentro de la gestión de la energía tanto a nivel de país como local pues permite a los gobiernos tomar decisiones sobre los recursos energéticos considerando la generación y el consumo de estos.
2. El uso de las TICs en la gestión energética y la administración pública permiten el ahorro de recursos importantes para una localidad, estado o nación, así como tener mejor control de su uso y su planificación.
3. En el municipio de Cienfuegos se han realizado estudios sobre la GEL identificándose en estas investigaciones causas potenciales para mejorar la gestión energética a través de la gestión del gobierno, siendo estas causas la validación de las Líneas Bases Energeticas Municipales, determinación de los Indicadores energéticos por Consejo Popular del municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba y la integración del gobierno con los diferentes sectores de la sociedad entre los que se encuentran: la población, empresas estatales e instituciones educativas.
4. Se logra realizar la predicción del consumo energético local o municipal y de los diferentes CP que conforman la localidad con el uso de las Redes Neuronales Artificiales con el objetivo de mejorar la planificación energética del municipio y la toma de decisiones por parte del gobierno.
5. Se logra integrar los elementos fundamentales de la Gestión Enérgetica Local o Municipal: la planificación, el uso de recursos y su incidencia en la sociedad a través de la plataforma informática o Producto GEM con el objetivo de lograr mejorar la misma.

## Recomendaciones:

Al término de esta investigación se recomienda:

1. Continuar el proyecto con el anclaje de la plataforma en un servidor del Gobierno Provincial o una empresa perteneciente al proyecto, como el Centro de Información y Gestión Tecnológica (CIGET), entidad interface del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) adscrito al Instituto de Información Científica y Tecnológica (IDICT).
2. Continuar con el desarrollo o implementación de la plataforma para agregar funcionalidades en un futuro acorde a las necesidades de los diferentes actores de la sociedad, brindar mejores servicios y mejorar la calidad de los mismos en el tiempo.
3. Continuar con los estudios sobre la predicción del consumo energético local y sus principales tendencias en el mundo con el objetivo de implementar las prácticas modernas para la planificación energética.
4. Mantener la colaboración entre la Universidad de Cienfuegos y el Gobierno Provincial en conjunto con otras entidades educacionales, gubernamentales y estatales del territorio nacional y fuera del país para hacer viables proyectos de Gestión Energética y Administración Pública con el uso de las TICs.

## Bibliografía

- Agüero, O., (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Cen y Rancho Luna.* (Trabajo de diploma). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Alpha, M., (2014). *Etapas de la Planificación Energética en correspondencia con la NC-ISO 50001:2011 para Empresas Metalmeccánicas Cuba.* (Trabajo de diploma). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Ávila, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Caonao, Pepito Tey y Guaos.* (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Barranchina, M., Cerrolaza, J.A., García, J.M., Tranzo J.E., López, B., Mínguez, y Secades, I. (1993). 222 Cuestiones sobre la energía. Madrid.
- Benítez, L., (2014). *Aplicación de una herramienta de ayuda a la planificación energética en comunidades rurales aisladas. Caso de aplicación Las Peladas.* (Tesis de grado). Universidad de Granma, Granma.
- Bhattacharyya, S., y Timilsina, G., (2009). *Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models.* Policy Research working paper; no. WPS 4866; Paper is funded by the Knowledge for Change Program (KCP). Washington, DC: World Bank. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/800131468337793239/Energy-demand-models-for-policy-formulation-a-comparative-study-of-energy-demand-models>
- Blanco, y Santana. (2017). *Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos.* (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Cabello, J. (2018). *Indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba. Caso de estudio municipio de Cienfuegos.* (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Campillo, E., (2018). *Diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos.* (Trabajo de maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Campos, S. (2010), *Gobierno Electrónico en el Perú: Propuesta para el Gobierno Regional de Arequipa.* (Tesis doctoral).
- Cantero, A. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina.* (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Castro, N. y Rajadel, A., (2015). El desarrollo local, la gestión de gobierno y los sistemas de innovación. *Revista Universidad y Sociedad (Cuba)*, 7(2), 69-78.
- Chalacan, G., y Masapanta, J., (2011). *Metodología para la planificación energética a comunidades rurales*

# Bibliografía

aisladas de la provincia de Granma – Cuba.

- Chateau, B, y Lapillonne, B. (1979). The MEDEE models for long term energy demand forecasting. *Volume 15, Issue 2, 1981, Pages 53-58. Institut Économique et Juridique de l'Énergie, BP 47 X-Centre de Tri, 38040 Grenoble-Cédex, France.*
- Chateau, B., y Lapillonne, B. (1977). La previsión á long terme de la demande d'énergie, propositions méthodologiques.
- Cobo, A., (2005). *PHP y MySQL Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web.* Diaz de Santos
- Correa, J. (2011a). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos* (Tesis de Maestría). Facultad de Ingeniería: Centro de Estudios de Energía y Medioambiente. Recuperado de: [http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-maestria/maestria-en-eficiencia-energetica/ano2011/Tesis\\_M%20Jenny%20Correa%20Soto.pdf/view](http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-maestria/maestria-en-eficiencia-energetica/ano2011/Tesis_M%20Jenny%20Correa%20Soto.pdf/view)
- Correa, J., y Cabello, J. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:201. *Ingeniería Energética, XXXV(1), 38–47.*
- Correa, J., y Cabello, J. (2016). Gestión energética municipal. Una oportunidad para Cuba. *Ingeniería Energética en fase de revisión.*
- Correa, J., y Mora, Y. (2012). Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos. *Eficiencia energética caso de estudio empresas cereales. Alemania: Académica.*
- Correa, J., González, S., y Hernández, Á. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad, 9(2), 59-67.* Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Correa, J., Cabello, J., Nogueira, D., Rodríguez, S., Campillo, E. y Cruz, A. (2016b). Diagnóstico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos sector residencial. *Cienfuegos: Univeros Sur.*
- Cuba. Asamblea Nacional. (2011). Lineamientos de la República de Cuba. VI Congreso del Partido.
- Cuba. Asamblea Nacional. (2016a). Lineamientos de la República de Cuba.
- Cuba. Asamblea Nacional. (2016b). Lineamientos de la República de Cuba.
- Cuevas, V., (2016). Software para la gestión corporativa de la energía en la UNE (Unión Eléctrica). La Habana.
- Dooley, J.F., (2017). *Software Development, Design and Coding. With Patterns, Debugging, Unit Testing, and Refactoring. Learn the principles of good software design, and how to turn those principles into great code. 2nd Edition. Apress.*
- Espey, J., (2004). Turning on the Lights: A Meta-Analysis of Residential Electricity Demand Elasticities. *Journal of Agricultural and Applied Economics, 2004, vol. 36, issue 1, 17*

# Bibliografía

- Estiri, H. (2014). Building and household X-factor and energy consumption at the residential sector. A structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings. *Energy Economics* 43.
- Evans G.W, Morin, T.L, y Moskowitz, H. (1982). Multiobjetive Energy Generation Planning Under Uncertainty (*IIE Transactions*, vol. 14).
- Fernández, E., (2017). *Gobierno electrónico y participación ciudadana en la Municipalidad de San Martín de Porres*, 2016. (Tesis de maestría). Universidad César Vallejo.
- Fernández, L., (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griffó y Paraíso*. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Filippini, M., Hunt, L., y Zoric, J. (2014). Impact of energy policy instruments on the estimated level of underlying energy efficiency in the EU residential sector. *Elsevier*. Volume 69. June 2014. Pages 73-81
- Fischer F.M, y Kaysen, C. (1962). A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the United States. *North Holland Publishing Company*.
- Freeman A., (2017). Pro ASP.NET Core MVC 2. Develop cloud-ready web applications using Microsoft's latest framework, ASP.NET MVC 2. 7th Edition. *Appress*.
- García, L., (2004). *Desarrollo de un modelo multicriterio- multiobjetivo de oferta de energías renovables: aplicación a la comunidad de madrid*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Gutiérrez, H., y Vara, R. d. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda ed.). Mc Graw Hill.
- Kent, B., y Fowler, M. (2004). *Planning Extreme Programming* (2da Edición). Boston.
- Kialashaki, A., y Reisel, J. (2013). Modeling of the energy demand of the residential sector in the United States using regression models and artificial neural networks. *Elsevier*. Volume 108. August 2013. Pages 271-280
- Kimbutu. (2017). *Potencialidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos hasta el 2030*. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Lizardo, R., (2018). *Gobierno electrónico y percepción sobre la corrupción. Un estudio comparativo sobre su relación en los países de Latinoamérica*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid.
- López García, A. (1981). *Modelo INGA: Concepto y desarrollo*. Madrid.
- Manzanara, J. (1983). I Curso de Planificación Energética. *Universidad Politécnica de Madrid, Madrid*.
- Marcos, F., (1984). *Estudio de la aplicación de un modelo de planificación energética a la región Castellano-Leonesa*. (Tesis doctoral inédita). ETSI de Montes, Madrid.
- Marcos, F., (1985). Aplicación de las técnicas multidimensionales a la planificación energética. *Madrid*.

# Bibliografía

- Martín, B., y Sanz, A., (2002). *Redes neuronales y sistemas difusos* (2da Edición Ampliada y Revisada). México: Alfa Omega.
- Matich, D. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario.
- Marcelo, B., (2015). *Planificación estratégica del gobierno electrónico departamental en Uruguay*. (Tesis doctoral). Universidad Oberta de Catalunya.
- Mesa, A. (2014). *Sistema Informático para la Gestión Comercial de la UEB Havanatur Tour y Travel Centro. Módulo de Ventas de Servicios Turísticos y Administración*.
- Mintegui Aguirre, J.A, y López Unzu, F. (1990). La ordenación agrológica en la planificación. *Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1990*.
- Monteagudo, J., (2013). Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. *Nueva empresa. Revista Cubana de Gestión Empresarial, 9(3), 46-55*.
- Morón, C., y Gómez, R., (1992). ARIES: Una herramienta para la planificación integrada de recursos. *Sevilla*.
- Nápoles, O., (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares de La Gloria, La Juanita y Juanita II*. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Naser, A., (2016). Conferencia: Gobierno Electrónico y la Gestión Pública. (CEPAL/ILPES).
- NC-ISO 50001:2011. (2011). *Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001*. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización
- Nie, H., y Kemp, R. (2014). Index decomposition analysis of residential energy consumption in China: 2002–2010. *Elsevier. Volume 121, 15 May 2014, Pages 10-19*
- Nfumu. (2017). *Matriz de fuentes renovables de energía del municipio de Cienfuegos*. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Oficina de Normalización. (2011). *Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011*. La Habana: ONN.
- Oficina de Normalización. (2011). *Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011*. La Habana: ONN.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba, ONEI. (2014). Informe Nacional de censo, población y vivienda 2012. Recuperado de: <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba, ONEI. (2015). Anuario Estadístico de Cuba 2014. Recuperado de: <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba, ONEI. (2016). Anuario Estadístico de Cuba 2015. Recuperado de: <http://www.onei.cu>.
- Ortega Costa, J. (1983). *Modelización de los sistemas energéticos*. Madrid.

# Bibliografía

- Pages, M. (1981). *Modelos energéticos de oferta*. Madrid.
- Proença, M. (2005). E-government en Portugal: Estudio del caso del Ayuntamiento de Oporto. *Revista internacional de marketing público y no lucrativo*, Vol. 2, Nº. 2, 2005, págs. 87-97
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J., Barquín, J., Linares, P., (2010). Modelos matemáticos de optimización. *Universidad Pontificia. Comillas. Madrid*
- Rodríguez, S., (2019). *Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio Cienfuegos*. (Tesis de maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Rodríguez, S., (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares de Punta Gorda y Junco Sur*. (Tesis de diploma). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Ruiz, E.R, (2017). *Gobierno electrónico, estrategias y prácticas para la administración pública orientada por la transparencia: caso colombiano*. (Trabajo de diploma). Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Programa Sistemas de Información y Documentación.
- Sandoval, S., (2008). *Gobierno Electrónico: Elementos de facilidad de uso y valor público de los portales de internet local en México*. (Tesis de maestría). México.
- Santana, y Cabrizas. (2017). *Comportamiento del consumo de energía en el sector estatal y portadores energéticos en el sector residencial del municipio de Cienfuegos*. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Samaniego, L. (2014). *Diseño, desarrollo e implementación de un sistema para automatizar los procesos de la clínica veterinaria "Mundo Animal", utilizando el frameworkCakePHP y el manejador de base de datos MySQL*.
- Sarango, F., (2015). Desarrollo de una aplicación web utilizando php y mysql para gestionar el mantenimiento de equipos, vehículos del municipio de machala. *Machala*.
- SIMATIC WinCC powerrate - Internet Siemens Spain - Siemens. (2017). Recuperado de [http://w5.siemens.com/spain/web/es/building\\_technologies/sp\\_baja\\_tension/sist\\_gestion\\_energia/simatic\\_powerrate/simatic\\_wincc/Pages/SIMATICWinCC.aspx](http://w5.siemens.com/spain/web/es/building_technologies/sp_baja_tension/sist_gestion_energia/simatic_powerrate/simatic_wincc/Pages/SIMATICWinCC.aspx).
- Saidel, M., Rossi, L., Galvão L., Paula, S., (2006). Sistema para la Gestión del Uso de la Energía en Instituciones Públicas. *Información Tecnológica-Vol. 17 N°4-2006, pág: 71-76*
- Soler, C., (2013). *Calidad y Rendimiento de Sitios Web de E-Government. Aplicación a la Administración Local*. (Tesis doctoral). Universidad de Murcia
- Soto, M., (2017). *El rol del gobierno electrónico en el derecho a la información. El derecho al acceso a la información pública y las tecnologías de información en Chile*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid.

## Bibliografía

- Suganthi, L., y Samuel, A., (2011). Energy models for demand forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(2).
- Taha, H.A. (1998). *Investigación de operaciones. Una introducción* (6ta Edición). México: PRENTICE HALL.
- Vázquez, A. (2001). La política de desarrollo económico local. Cortés, F. y Alburquerque, P. *Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: Análisis comparativo - LC/L.1549 - 2001 - p. 21-45.*
- Vemula, R., (2017). Real-Time Web Application Development. With ASP.NET Core, SignalR, Docker, and Azure. Apress.
- Vieira, G., (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Buena Vista, Tulipán y La Barrera.* (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Visser, J., (2016). Building Maintainable Software, C# Edition. The guideline for future-proof code. O'REILLY.
- Vitoriano, B., (2010). Programación matemática: modelos de optimización. Universidad Complutense, Madrid.
- Zafra, J., (1990). *Teoría Fundamental del Estado.* Universidad de Navarra, Pamplon. Tomo I.
- Zambrano, C. y Maiquiza, E., (2011). *Determinación de los coeficientes para las variables de decisión de una metodología de planificación energética a comunidades rurales aisladas en la provincia Granma-Cuba. Estudio de caso "Las Peladas".* (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga–Ecuador.

## Anexos

**Anexo No. 1:** Método para el cálculo del coeficiente de competencia de los expertos. **Fuente:** Cortés e Iglesias (2005)

Para seleccionar los expertos de acuerdo al criterio de Cortés e Iglesias (2005), se debe:

1. Elaborar una lista de candidatos que cumplan con los requisitos predeterminados de experiencia, años de servicio, conocimientos sobre el tema.
2. Determinar el coeficiente de competencia de cada experto.

Este último paso permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio.

El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés e Iglesias (2005), se calcula a partir de la aplicación del cuestionario general que se muestra a continuación:

Cuestionario para la determinación del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Cortés e Iglesias (2005)

**Nombre y Apellidos:**

1. Autoevalúe en una escala de 0 a 10 sus conocimientos sobre el tema que se estudia.
2. Marque la influencia de cada una de las fuentes de argumentación siguientes:

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales que conoce			
Trabajos de autores extranjeros que conoce			
Conocimientos propios sobre el estado del tema			
Su intuición			

# Anexos

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$K_{\text{comp.}} = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$$

Donde:

K<sub>c</sub>: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

K<sub>a</sub>: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la siguiente tabla:

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0.05	0.04	0.03
Trabajos de autores extranjeros que conoce	0.05	0.04	0.03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0.05	0.04	0.03
Su intuición	0.05	0.04	0.03

Dados los coeficientes K<sub>c</sub> y K<sub>a</sub> se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia K<sub>comp</sub> siguiendo los criterios siguientes:

- La competencia del experto es ALTA si  $K_{\text{comp}} > 0.8$
- La competencia del experto es MEDIA si  $0.5 < K_{\text{comp}} \leq 0.8$

La competencia del experto es BAJA si  $K_{\text{comp}} \leq 0.5$

Anexo No.2: Diagrama Causa-Efecto de la GEL en Cuba. Fuente: Elaboración propia.

