



**Universidad de Cienfuegos**  
**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**  
**Carrera de Ingeniería Industrial**

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Título:** Índice de eficiencia energética municipal  
para Cienfuegos

**Autora:**

**Betsy Soto Santana**

**Tutora:**

**MSc. Ing. Jenny Correa Soto**

**Cienfuegos**  
**2019**

*Pensamiento*

*“La inteligencia consiste no solo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.”*

*Aristóteles.*

# *Dedicatoria*

*Este hermoso trabajo lo dedico:*

*A mi madre, uno de mis tesoros más preciados, por estar a mi lado en cada momento de mi vida llenándome de amor, seguridad y confianza y guiándome por el buen camino.*

*A mi segundo tesoro preciado, mis hijos, por ellos me estoy graduando un año después, pero por ellos seguí preparándome con más esfuerzo y sacrificio para que el día de mañana sean hombres de bien y profesionales igual que su mamá.*

*A mi abuelo Roberto Santana Portal que no puede estar compartiendo este momento de felicidad conmigo porque hoy está en el cielo pero estoy segura que donde se encuentre está orgulloso de mí.*

*A mi tío Roberto Santana Vizcaino que lo adoro, porque ha sido mi referente para estudiar y prepararme para la vida aunque no sea tan buena como él.*

*A mi esposo que amo con mi corazón porque ha sido un excelente novio, esposo y amigo.*

*A l resto de mi familia por su amor y cariño en especial a: mi abuela Ramona una de las personas que más amo, hermana, papa, padrastro, cuñada, suegra y suegro.*

# *Agradecimientos*

*Gracias a Dios, hoy estoy haciendo realidad mi sueño de ser ingeniera con alegría y satisfacción, y por el cual tengo que agradecer:*

*A mi mamá por ser la mejor madre y amiga del mundo, por guiarme, educarme y hacer de mí una mujer humana, trabajadora, honesta y humilde como ella.*

*A mi esposo por estar a mi lado en las buenas y malas.*

*A mi tutora Jenny Correa Soto por dedicarme tanto de su tiempo a pesar de sus vicisitudes.*

*A toda mi familia por su apoyo incondicional y por contribuir de una manera u otra a que esto fuera posible, y a los que no puedo dejar de mencionar: a mi padrastro, mi papá, mi hermana, mi cuñada, mi tío, mi madrastra, a las tías, primas y abuelas de mi esposo que se han convertido en una parte importante de mi vida.*

*A mis amigas y amigos que ocupan un pedazo de mi corazón y para los cuales siempre estaré aquí como: Yamila, Denise, Hany, Juan José, Gabriela, Ana Laura, Sergio, Leidis, Beatriz, Daniela y al resto de los grupos por los que pase.*

*A todos los profesores de la facultad que de una forma u otra han contribuido en mi formación profesional.*

*Agradezco a la vida por regalarme este momento de felicidad junto a mis tesoros y con esta familia que tanto amo.*

# *Resumen*

## Resumen

La presente investigación titulada "Índice de eficiencia energética municipal para Cienfuegos" tiene como objetivo general: relacionar el consumo de energía del municipio con la calidad de vida de su población. En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto, que aborda la gestión de la energía, la gestión energética local, los indicadores de gestión, indicadores energéticos e indicadores de desarrollo local. Se utilizaron técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, análisis de distribución, análisis de control estadístico, estabilidad, capacidad y tendencia. Además, se usaron softwares como Excel y Startgraphic Centurion para el procesamiento y creación de bases de datos.

**Palabras claves:** consejo popular, gestión energética, indicador energético, calidad de vida, eficiencia energética, red neuronal artificial, sector residencial.

# *Abstract*

## **Abstract**

This Research Work titled:

"Efficiency Energetic Index" for Cienfuegos

General Objective: To evaluate – compare Energy expending with Quality of Life on the Area (Cienfuegos). During this Research, All the up to date Literature on: Energy Management, Local Energy Management, Energy indexes, Social development, indexes, was consulted.

Different Research Tools & Techniques were used, such as: Interviews, Documents review, Experts analysis, Brainstorming, Statistical Analysis, Software used for data processing and creation of data base: Excel y Statgraphic Centurion.

**Key word:** Municipal County, Energy Management, Energy index, Quality of Life, Energy Efficiency, Artificial neural network, Residential Area.

# *Índice*

## Contenido

Introducción .....	2
Capítulo I: Gestión energética y desarrollo local .....	5
1.1 Gestión de la energía .....	5
1.1.1 Norma Internacional ISO 50001: 2011 .....	6
1.1.2 Norma Internacional ISO 50006: 2014 .....	8
1.2 Gestión Energética Local (GEL) .....	8
1.2.1 Concepción de la GEL .....	10
1.2.2 Experiencia de la GEL a nivel internacional .....	11
1.3 Indicadores de Gestión.....	13
1.3.1 Indicadores energéticos .....	15
1.3.2 Indicadores energéticos locales .....	16
1.3.3 Indicadores energéticos en Cuba.....	17
1.4 Desarrollo local.....	19
1.4.1 Concepciones sobre el desarrollo local.....	19
1.4.2 Modelos de desarrollo local .....	20
1.4.3 Desarrollo local en Cuba.....	21
1.5 Indicadores para el Desarrollo Local en Cuba .....	22
1.5.1 Indicadores de la Red Nacional GUCID para evaluar el desarrollo socioeconómico local y el desempeño de la gestión municipal de la ciencia, la tecnología y la innovación .	22
1.5.2 Índice de desarrollo humano territorial .....	23
1.5.3 Índice de Calidad de Vida Urbana.....	24
1.5.4 Indicadores no tradicionales para evaluar los procesos de innovación rural .....	27
1.5.5 Indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba.....	30
Capítulo II: Análisis energético del municipio de Cienfuegos .....	32
2.1 Introducción del capítulo.....	32
2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos .....	32
2.3 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos.....	35
2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica .....	36
2.3.2 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio.....	41
2.3.3 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio .....	42
2.3.4 Plataforma para la Gestión Energética Municipal.....	47
2.3.5 Indicadores para el sector residencial municipal .....	48
Capítulo III: Indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba .....	55
3.1 Introducción.....	55

3.2 Metodología para la solución de problemas. ....	55
3.2.1 Definición y análisis del problema .....	56
3.2.2 Análisis, selección y diseño de la solución .....	57
3.2.3 Implementación.....	57
3.3 Aplicación de la metodología de solución de problemas.....	57
3.3.1 Definición y análisis del problema .....	57
3.3.2 Análisis, selección y diseño de la solución .....	67
3.3.3 Implementación.....	69
Conclusiones generales.....	82
Recomendaciones .....	84
Bibliografía.....	86
Anexos .....	93

# *Introducción*

## **Introducción**

Los indicadores de gestión son medios, instrumentos o mecanismos para evaluar en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos. Estos indicadores representan una unidad de medida gerencial que permite evaluar el desempeño de una organización frente a sus metas, objetivos y responsabilidades con los grupos de referencia; producen información para analizar el desempeño de cualquier área de la organización y verificar el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados; además, detectan y prevén desviaciones en el logro de los objetivos. (Camejo, 2012)

Según (Garzón, 2013) los indicadores de gestión constituyen una herramienta para el mejoramiento continuo de la calidad en la toma de decisiones, que se traduce en una mejor calidad del producto o del servicio resultante. Además considera se caracterizan por poseer un objetivo, ser establecidos en consenso, ser comunicados y divulgados, y ser cuantificables y verificables; además, agregan valor al proceso de toma de decisiones, reflejándose el compromiso de quienes lo establecieron.

Se plantea que los indicadores son contextuales y que dependen de lo que se quiera, o se pueda medir, es evidente que la herramienta que en tal sentido se logre, se debe adecuar a los diferentes escenarios en que opere, considerando las características propias de los procesos de gestión (Hernández Sampieri et al. 2010). Por su parte Bounefoy y Armijo (2005) aborda sobre la naturaleza de los mismos como generadores de desempeño y resultados del desempeño, los cuales deben incluir elementos de orden social.

Otro criterio referente a indicadores lo emite Castro (2015) que plantea que indicador es una medida cuantitativa o cualitativa de algo que se desea evaluar y la información utilizada para su desarrollo incluye, tanto elementos estratégicos como operacionales, que comprenden insumos, procesos y productos asociados a las características propias de la organización.

En la medición del desempeño energético se utilizan los llamados indicadores energéticos (IE) se consideran una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica, humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas donde pueden efectuarse ahorros de energía. Además de proveer información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía, los IE pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía. (AIE, 2015; Blanco y Santana, 2017 y Cabello, 2018).

Por otra parte se hace necesario considerar la estandarización por la Organización Internacional de Normalización (por sus siglas en inglés ISO), de la aprobación de la Norma Internacional ISO 50006: 2014 “*Energy management-measuring energy baselines ( $E_nB$ ) and energy performance indicator ( $E_nPI$ ) general principles and guidance*” que proporciona a las organizaciones orientación práctica sobre el cumplimiento de requisitos 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 sus cambios, siendo un complemento norma ISO 50001: 2011 “Sistemas de la Gestión de la Energía” ( ISO, 2014; Blanco y Santana, 2017).

En Cuba los IE son los registrados y publicados por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI), ninguno de los IE en Cuba que registra la ONEI muestra el desempeño energético de un municipio que permitan a los gobiernos locales incidir en la planificación energética teniendo en cuenta sus potencialidades, limitaciones y características propias.

Cabello (2018) propone y valida IE por Consejos Populares y se obtuvo un indicador que mide la eficiencia energética del municipio lo que facilita al gobierno local incidir en la planificación energética, el uso de los recursos energéticos y su incidencia en la sociedad. (Correa et al., 2016). Las nuevas tendencias plantean el vínculo de este indicador con otros relativos al índice de calidad de vida.

En las propuestas mencionadas anteriormente este indicador no relaciona el consumo de energía municipal con la calidad de vida del municipio, que sea capaz de describir el nivel de utilidad por unidad de energía consumida relativo a la calidad de vida la población (Liu, Chen y Yin, 2016) del municipio de Cienfuegos.

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

¿Cómo contribuir a la medición el desempeño energético del municipio de Cienfuegos?

En correspondencia al problema declarado se plantea el **Objetivo general de la investigación** que consiste en: Proponer un indicador que posibilite relacionar el consumo de energía del municipio de Cienfuegos con la calidad de vida su población

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

1. Realizar un análisis documental referente la gestión energética local, desarrollo local, indicadores energéticos e indicadores de desarrollo local.

2. Realizar el análisis energético del municipio de Cienfuegos. Diagnosticar desde una perspectiva energética al municipio de Cienfuegos en el sector residencial.
3. Aplicar la metodología general de solución de problemas para proponer un índice que posibilite la medición del desempeño energético del municipio de Cienfuegos.

### **Justificación de la investigación**

Teniendo en cuenta que en la actualidad los gobiernos locales en Cuba han mostrado interés en gestionar los recursos energéticos presentes en su territorio y su vínculo con la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía; y las dimensiones estratégicas para el desarrollo sostenible del país hasta el 2030 (Puig, 2014; Correa et al, 2017); integrando esta gestión a desarrollo local (DL) y a la Estrategias de Desarrollo Económico y Municipal (EDESME) como una herramienta participativa, liderada por el gobierno local que permite organizar y articular a actores y acciones para llevar a cabo el proceso de desarrollo del municipio (Guzón, 2006).

### **Pregunta de Investigación**

¿Cómo relacionar el consumo de energía de un municipio con la calidad de vida de su población?

La investigación se estructura de la siguiente forma resumen, abstract, introducción y tres capítulos en los que se abordan:

**Capítulo I:** Se realiza un estudio documental sobre la Gestión de la Energía (GE), la Gestión Energética Local (GEL), los Indicadores de Gestión (IG), los Indicadores Energéticos (IE) y los Indicadores Energéticos Locales (IEL).

**Capítulo II:** Se realiza la caracterización energética del municipio de Cienfuegos, el análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos determinando las causas que la afectan.

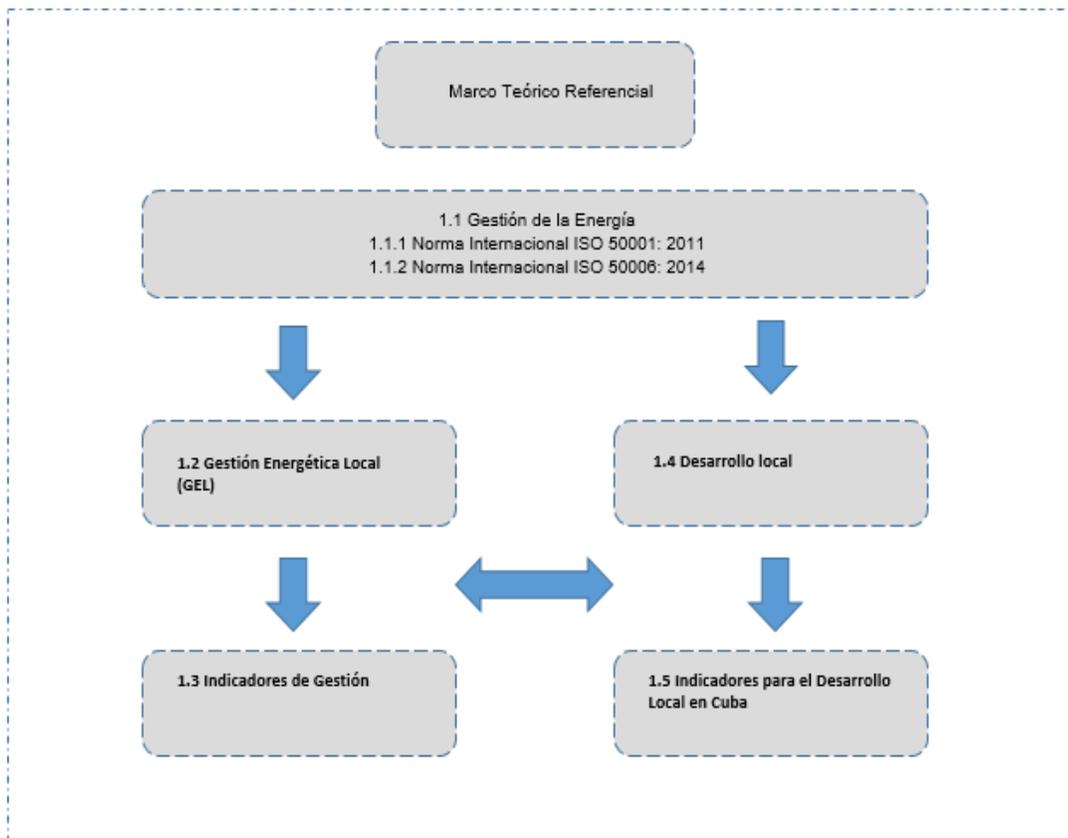
**Capítulo III:** Se aplica la etapa 7 de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos por Blanco y Santana (2017), para la mejora de los indicadores energéticos municipales.

Otros elementos que contribuyen en la investigación son las conclusiones generales, bibliografía, anexos.

# *Capítulo I*

## Capítulo I: Gestión energética y desarrollo local

En la construcción del marco teórico para la investigación se hace imprescindible la revisión bibliográfica que la sustente en función de la temática a abordar, por lo que se procede a realizar una revisión de documentos relacionados con la Gestión de la Energía (GE), la Gestión Energética Local (GEL), los Indicadores de Gestión (IG), los Indicadores Energéticos (IE), los Indicadores Energéticos Locales (IEL) y los Indicadores energéticos en Cuba, así como elementos de Desarrollo Local (DL) e indicadores para el DL en Cuba . Para su comprensión se presenta en la presente en la Figura 1.1 el hilo conductor para la elaboración del capítulo.



**Figura 1.1:** Hilo conductor 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).

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)

### **1.1.1 Norma Internacional ISO 50001: 2011**

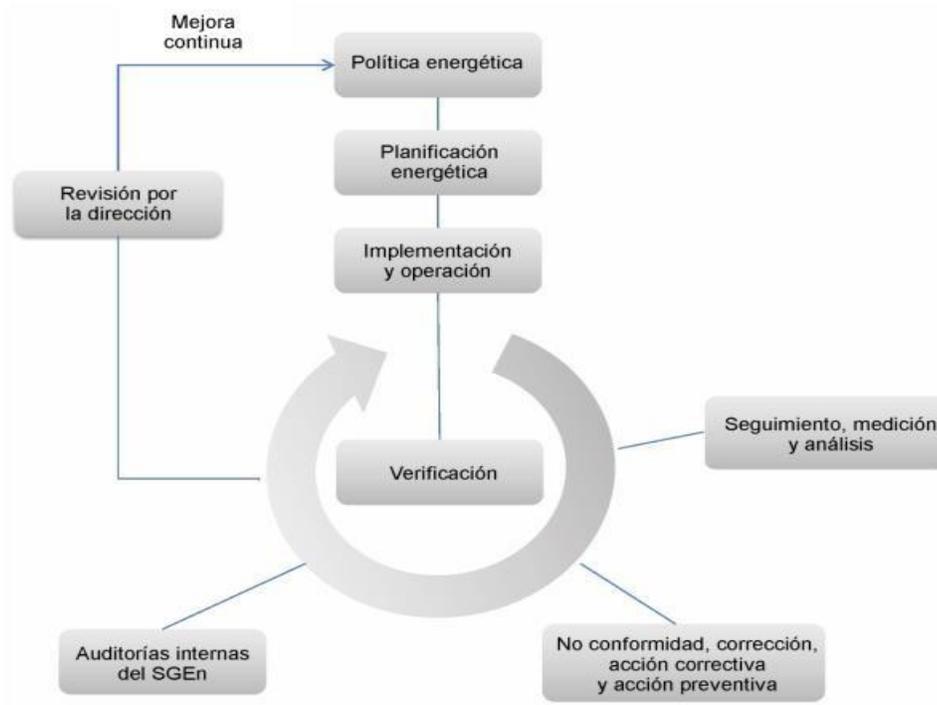
La solicitud para el desarrollo de la norma internacional ISO 50001: 2011 de gestión de la energía provino de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien reconoció que la industria necesitaba plantear una respuesta efectiva al cambio climático. Para la ISO la gestión 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).

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).

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). (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016)



**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).

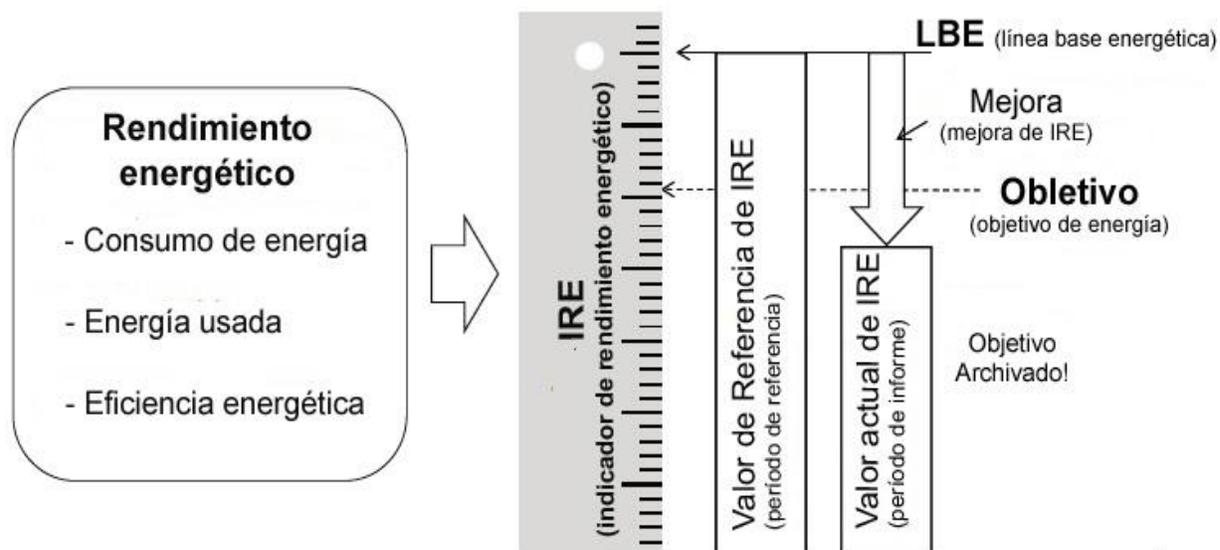
Un IRE es un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con la eficiencia energética, el uso y el consumo en instalaciones, sistemas, procesos y equipos. Las organizaciones utilizan los IRE como una medida de su rendimiento energético. Por otra parte, una LBE es una referencia que caracteriza 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)

### **1.2 Gestión Energética Local (GEL)**

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 (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).



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

Las políticas y 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 (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016).

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 (Campillo, 2018).

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 (Campillo, 2018).

**Tabla 1.1:** Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local **Fuente:** (Campillo, 2018)

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 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, 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).

### **1.2.2 Experiencia de la GEL a nivel internacional**

Las primeras acciones relacionadas a la gestión energética local datan de finales de los años 80 del siglo XX en Suecia, a partir del desarrollo de un modelo para la planificación energética en los municipios (Wene y Rydén, 1988) con una importante contribución a la mejora de la gestión de los gobiernos locales en cuanto al comportamiento de sus finanzas y la reducción de los impactos sobre el medio ambiente de la localidad (Lim E. , 2012).

A partir de 1997 se identifican los primeros estudios en países en vía de desarrollo para crear una conciencia de las oportunidades de la GEL en el sector público, en naciones como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Filipinas, Ghana,

Corea, Malasia, México, Perú, Rusia, Sudáfrica y Tailandia. Teniendo como elementos comunes el establecimiento de metas, objetivos, auditorías energéticas de edificios públicos y la creación de comités de gestión de la energía (Páez, 2009).

En la actualidad la gestión energética municipal en los países más desarrollados incluye el uso de herramientas en línea, la planificación futura a corto, mediano y largo plazo mediante la modelación y los estudios de escenarios, la implantación de ideas innovadoras y su socialización (Lim E. , 2012).

En el tiempo transcurrido desde las primeras experiencias en Suecia se han desarrollado numerosos modelos, metodologías, estrategias e indicadores para la gestión energética local, algunas de estas se relacionan a continuación: (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016; Rodríguez, 2016)

- Modelo de optimización energético regional y municipal (DEECO), aplicado en la ciudad Würzburg Heidingsfeld, Alemania. (Bruckner & et\_al., 1997).
- Herramientas para la planificación energética municipal, aplicada en Palermo, Italia. (Butera, 1998).
- Indicadores para la integración de fuentes de energía alternativa, aplicado en Carinthia, Austria. (Wohlgemuth, 1999).
- Modelo de optimización del sistema energético (MODEST) y el Modelo de programación mixed integer linear para el análisis del sistema energético, aplicados en la Ciudad de Linköping, Suecia. (Sundberg & Karlsson, 2000); (Rolfman, 2004).
- Experiencias en la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la gestión energética local en 22 ciudades de Inglaterra y Gales. (Fleming & et\_al., 2004).
- Planes de Optimización municipal (POES), aplicado en cinco municipios de la provincia de Jaén, España. (García, 2006).
- Modelo de gestión de la energía para la ciudad de Lucknow en Suecia. (Zia & Deyadas, 2007).
- Método de planificación energética municipal, aplicado en trece municipios de la provincia de Ostergötland, Suecia. (Inver, 2009).
- Modelo para la gestión energética municipal desarrollado por la Alianza Ártica en Canadá. Se reporta su aplicación en diez localidades canadienses, en estos se logra reducciones de hasta un 50% del consumo energético y de la emisión de gases de efecto invernadero. (Genevieve & et\_al., 2009).

- Estrategia local, aplicada en el Ayuntamiento Rivas-Vaciamadrid de Madrid. España (Rodríguez, 2016).
- Modelo para el desarrollo de un sistema de planificación energética municipal, aplicado en la Región Toronto-Niágara Waterloo, Canadá y Huhhot, China. (Lim & et\_al., 2010).
- Metodología para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad energética para la planificación energética local, aplicada en catorce municipios en Portugal y en Boston Estados Unidos de América (Neves y Leal, 2010). (Neves & Leal, 2010)
- Estrategia de planificación energética municipal, aplicada en todos los municipios de Dinamarca. (Sperling & et\_al., 2011).
- Método para la planificación del sistema energético municipal, aplicado en Beijing, China. (Zhu & et\_al., 2011).
- Metodología para la planificación energética municipal aplicada en 12 municipios en Italia. (Brandoni & Polonara, 2012).
- Método y herramientas para la planificación energética de la comunidad, aplicados en Shanghai, China. (Huang & et\_al., 2015).
- Determinación de factores que influyen organizacional y la planeación energética municipal. (Fenton & et\_al., 2016)

Estas experiencias sobre la gestión energética local se basan fundamentalmente en la planificación energética, las matrices de oferta y consumo energéticas incluyendo las FRE e indicadores energéticos que facilitan la acción de los gobiernos locales sobre los recursos energéticos. Las acciones directas se basan en los sectores subordinados a la gestión de los gobiernos locales con énfasis en el alumbrado, transporte público y edificios de la administración, realizando sobre las empresas privadas una función promocional de la gestión energética como oportunidad de mejora del desempeño organizacional (Correa & Cabello, 2016).

### **1.3 Indicadores de Gestión**

En los últimos años, las organizaciones están experimentando un proceso de cambios revolucionarios, pasando de una situación de protección regulada a entornos abiertos altamente competitivos. Esta situación, de transformaciones constantes en el ambiente hace necesario que estas, para mantener e incrementar su participación en estas condiciones, deban tener claro la forma de cómo analizar y evaluar los procesos de su gestión, es decir

deben tener claro su sistema de medición de desempeño y toma de decisiones (Camejo, 2012).

Se conoce como indicadores de gestión a aquellos medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos. Los indicadores representan una unidad de medida gerencial que permite evaluar el desempeño de una organización frente a sus metas, objetivos y responsabilidades con los grupos de referencia; producen información para analizar el desempeño de cualquier área de la organización y verificar el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados; además detectan y prevén desviaciones en el logro de los objetivos (Camejo, 2012). Constituyendo una herramienta para el mejoramiento continuo de la calidad en la toma de decisiones, lo cual se traduce en una mejor calidad del producto o del servicio resultante. Los indicadores se caracterizan por poseer un objetivo, ser establecidos en consenso, ser comunicados y divulgados y ser cuantificables y verificables; además agregan valor al proceso de toma de decisiones, reflejándose el compromiso de quienes lo establecieron (Garzón, 2013).

Las utilidades y aplicaciones fundamentales de los indicadores de gestión es que constituyen una herramienta de gestión esencial para hacer un diagnóstico de la situación actual, ayudar a revisar y marcar objetivos y dar información en el momento de tomar las decisiones, contribuyendo a mejorar los estándares de calidad y planificación de los servicios, así como a la evaluación de la implementación de éstos y al diseño e implementación de políticas. Por otra parte informan a los usuarios del servicio que se les ofrece y facilitan la oportunidad para introducir la contabilidad de costes en las organizaciones (Diputación de Barcelona, 2012).

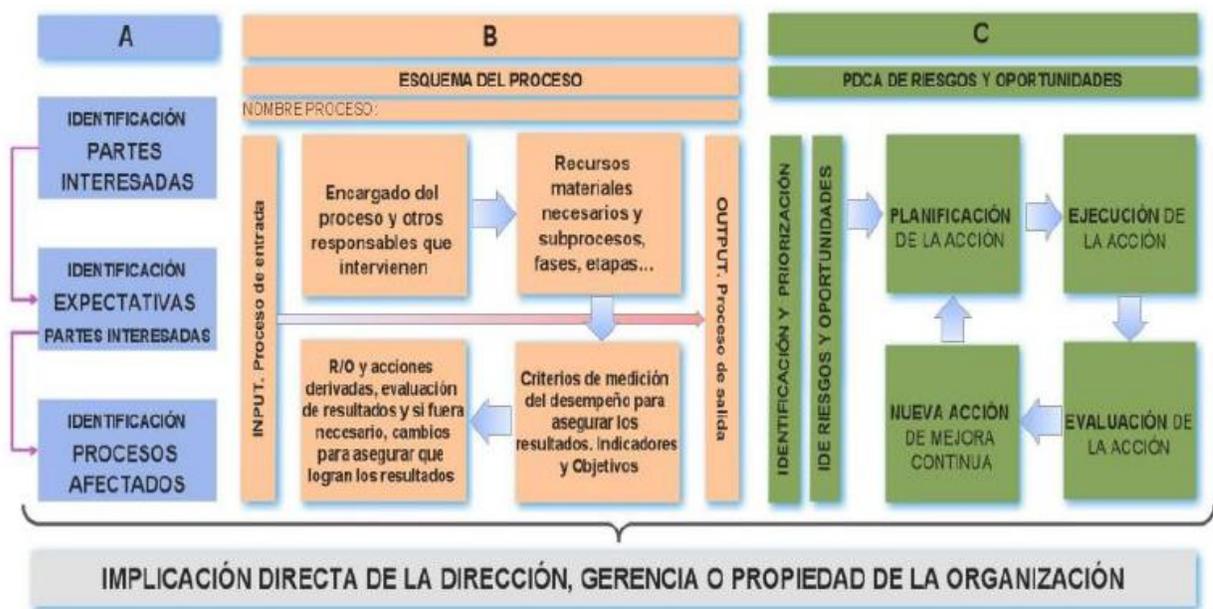
Un indicador correctamente compuesto debe tener: nombre para diferenciarlo y definir claramente su objetivo y utilidad, forma de cálculo cuando se trata de indicadores cuantitativos con la identificación exacta de los factores y la relación entre ellos, unidades para determinar la manera que se expresan sus valores y glosario para documentarlo de forma precisa (Jaramillo, 2009).

Es deseable que los indicadores reúnan una serie de características (Diputación de Barcelona, 2012):

- Pertenencia: El concepto que expresa el indicador es claro y se mantiene en el tiempo. El indicador es adecuado para aquello que se quiere medir.
- Disponibilidad: Los datos básicos para la construcción del indicador deben de ser de fácil obtención.

- Simplicidad: El indicador debe de ser de fácil elaboración.
- Objetividad: El cálculo a partir de las magnitudes observadas no es ambiguo.
- Fiabilidad: El indicador no permite interpretaciones equívocas, no debe de permitir interpretaciones contrapuestas.
- Sensibilidad: La medida del indicador es suficientemente eficaz para identificar variaciones pequeñas.
- Precisión: El margen de error del indicador es suficientemente aceptable.
- Fidelidad: Las cualidades del indicador se mantienen en el tiempo y el espacio.
- Relevancia: La información que nos proporcionan debe de ser útil.

Los indicadores de gestión propician el control de los procesos he inciden en su mejora continua, según plantea la norma NC-ISO 9001: 2015 "Sistemas de Gestión de la Calidad" (Figura 1.4) (Gómez, 2016).



**Figura 1.4:** Resumen esquemático - Directivas ISO/IEC para la ISO 9001: 2015. **Fuente:** (Gómez, 2016).

### 1.3.1 Indicadores energéticos

Los indicadores energéticos (IE) son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica, humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas dónde pueden efectuarse ahorros de energía, además de proveer información sobre las tendencias

respecto al consumo histórico de energía, los IE pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía (AIE, 2015).

Los IE son muy útiles para conocer los factores que determinan el consumo final de energía y su sustentabilidad económica, así como la construcción de una línea de tendencia de dicho consumo a partir de información adecuada, oportuna y de calidad, ya que describen de forma detallada cómo ciertos factores determinan o impulsan el uso de la energía en los distintos sectores de la economía. Asimismo, los IE permiten conocer las áreas potenciales de mejora en la eficiencia económica y el alcance en el ahorro de energía por sector, además de proporcionar información desde una perspectiva social como la equidad en el acceso y distribución a los recursos energéticos (Secretaría de Energía, 2011).

La relación entre energía producida y la energía utilizada es descrita en varias ocasiones mediante los indicadores de eficiencia energética, por la capacidad de medir y evaluar la eficiencia aunque son inversamente proporcionales, cuanto menos energía se utiliza para un servicio, mayor será la eficiencia, por lo que la dimensión de la intensidad energética implicara mayor eficiencia (Aceituno, 2011).

La eficiencia energética se realiza en sectores y usos finales específicos; por tanto, los indicadores deberían ser desarrollados utilizando la demanda de energía final. Calculándolos en el nivel más desagregado posible del uso final, a efectos de representar mejor las mejoras en eficiencia energética (AIE, 2015).

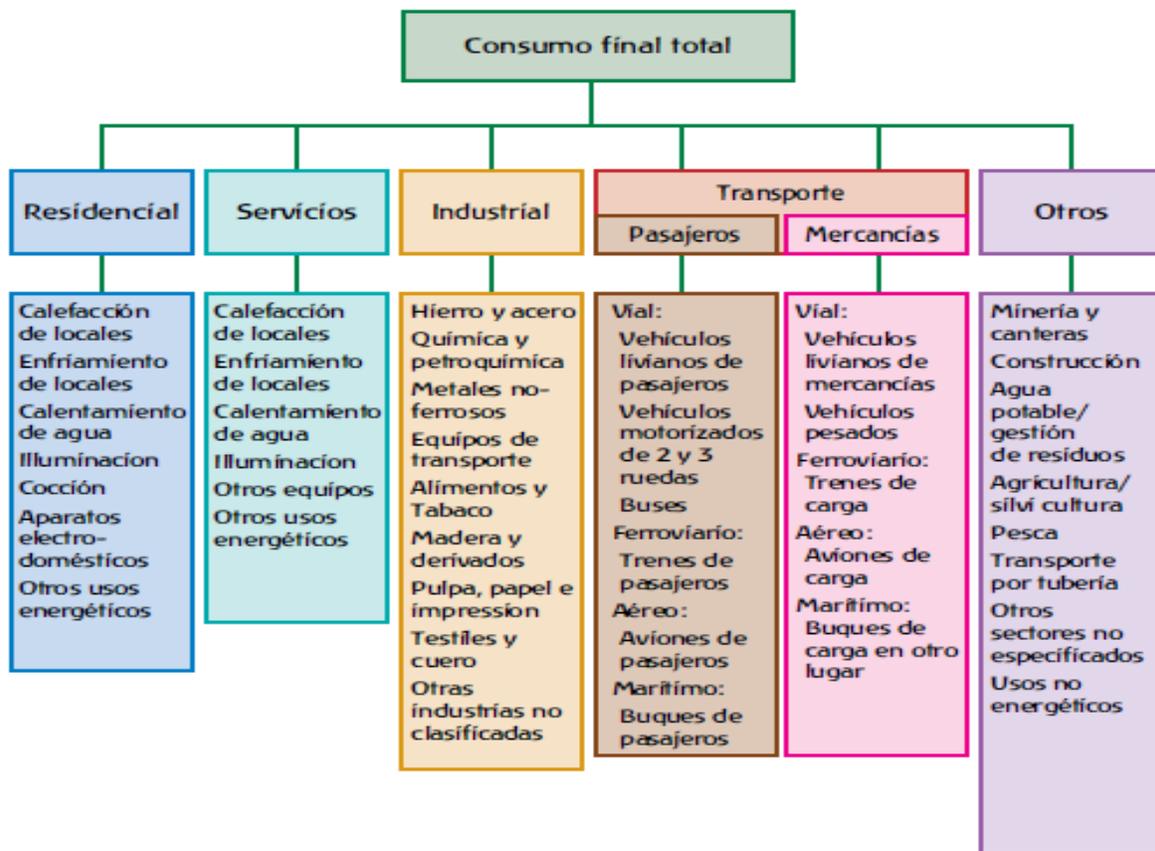
Seleccionar y desarrollar IE es tan sólo el primer paso para analizar la situación energética en un sector particular y poder obtener conclusiones iniciales en cuanto a cómo interpretar su tendencia pasada e influir en su evolución futura. Cada indicador tiene su propio propósito, y también sus limitaciones respecto a qué puede llegar a explicar. Dar una imagen precisa requiere de varios indicadores, que al ser analizados en conjunto proporcionarán una base más robusta para la formulación de políticas (AIE, 2015).

### **1.3.2 Indicadores energéticos locales**

Los indicadores energéticos locales (IEL) son instrumentos importantes para el estudio de las relaciones en materia energética de las actividades socio-económicas a nivel local como los municipios, condados, distritos o ciudades. Los IEL son útiles en las predicciones de la demanda de energía ulterior basándose en las tendencias de los registros de consumo que proporcionan y aportan a los gobiernos locales la información necesaria en la toma de

decisiones para la adopción de políticas energéticas más efectivas, generando un ahorro considerable y la sostenibilidad de los sistemas de energía (Rad, 2010).

Actualmente los IEL utilizados en muchos países se desarrollan en base a la información detallada sobre más de 20 usos finales de energía que cubren el sector residencial, el de servicios, la industria y el transporte local, propuestos por la AIE; calculándolos de igual modo en el nivel más desagregado posible del uso final, para representar con más claridad los progresos en la gestión energética (Figura 1.5).



**Figura 1.5:** Desagregación de sectores, sub-sectores, y usos finales en la metodología AIE de indicadores energéticos. **Fuente:** (AIE, 2015)

### 1.3.3 Indicadores energéticos en Cuba

La recopilación, estructuración y análisis de datos estadísticos vinculados con la economía energética no es reciente en Cuba, a partir de los acontecimientos de los primeros años de la década del 70 del siglo XX con la reducción de los suministros de petróleo y la duplicación del precio de los crudos, adquiere un nuevo interés que se pone de manifiesto en el desarrollo de lo que ha venido en llamarse el “análisis energético” (ONEI, 2016a).

A nivel nacional dentro de los indicadores energéticos utilizados en el país según el Anuario Estadístico de Cuba 2015 de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) se encuentran: (ONEI, 2016a)

- La producción nacional de energía primaria y secundaria por año y fuente energética.
- La producción de derivados del petróleo por año y tipo de derivado.
- Las importaciones de productos energéticos por años y fuente energética.
- Las importaciones de derivados del petróleo por año y tipo de derivado.
- Consumo de portadores energéticos primarios y secundarios por año y fuente energética.
- Consumo de derivados del petróleo por año y tipo de derivado.
- Consumo de derivados del petróleo en actividades económicas y la población por año y tipo de derivado.
- Consumo de energía en los hogares por año y fuente energética.
- Generación bruta de energía eléctrica por año y fuente energética productora.
- Generación bruta de energía eléctrica por año y tipo de planta productora.
- Consumo específico de combustible (base 10 000 kcal/kg) en las empresas de servicio público por año y tipo de planta productora.
- Potencia instalada en plantas eléctricas por año tipo.
- Consumo de energía eléctrica por año y sectores.

Estos indicadores han adquirido mayor relevancia desde el último trimestre del año 2005 cuando el país comenzó un amplio movimiento energético, el cual trajo consigo las primeras transformaciones importantes en la generación y distribución eléctrica (ONEI, 2016a).

A nivel provincial y municipal los indicadores energéticos utilizados según el Anuario Estadístico de Cienfuegos 2015 de la ONEI son (ONEI, 2016b):

- Consumo de energía eléctrica, diésel, fuel-oil, gasolina y gas licuado, por año y organismo.
- Dispositivos generadores de energía alternativa por año y tipo de dispositivo.
- Consumo de energía eléctrica, petróleo crudo y sus derivados por año y actividad económica.

Se puede observar que los indicadores energéticos a nivel municipal en el país a pesar que miden el consumo de las distintas fuentes de energía para todas las actividades económicas y el sector residencial (ONEI, 2016b), no aportan el suficiente nivel de detalle para

determinar de forma precisa las actividades a las que se destina la mayor cantidad de energía y por ende mayor potencial de ahorro poseen. Como el que aporta la desegregación por usos finales de energía propuesto por la AIE (AIE, 2015).

Para la confección de estos indicadores se utilizan las informaciones captadas en el Sistema de Información Estadísticas Nacional (SIE-N) que tienen como base la contabilidad y registros primarios de las empresas, de las unidades presupuestadas (unidades de servicio de las administraciones públicas), unidades básicas, cooperativas, de los Sectores Estatal, no Estatal y la población, así como las estadísticas complementarias de los Organismos de la Administración Central del Estado y sus dependencias locales (ONEI, 2016a).

## **1.4 Desarrollo local**

El término desarrollo es utilizado con el sentido de definir el desarrollo sostenible más allá de ser considerado únicamente como el crecimiento económico, sino en busca de un desarrollo económicamente factible, socialmente viable y amigable con el medioambiente (Bhattacharyya, 2012). El desarrollo local (DL) nace de la necesidad de los residentes de un territorio de concentrarse en su desarrollo, como un proceso de articulación de las estructuras políticas, sociales, económicas y ambientales; enfocado a acoplar las potencialidades por medio de procesos relacionados con propósitos como la igualdad, el crecimiento y la sustentabilidad, incluyendo los recursos energéticos de un territorio, con el objetivo de garantizar el bienestar de la población (Mateo, 2012).

### **1.4.1 Concepciones sobre el desarrollo local**

En la búsqueda de un desarrollo sostenible se han establecido dos tendencias: el desarrollo exógeno que considera el modelo de desarrollo cuyo eje principal consistía en atraer y promover la inversión externa para las regiones y el desarrollo endógeno que significa la capacidad para transformar el sistema socio-económico, la habilidad para reaccionar a los desafíos externos, la promoción del aprendizaje social y la habilidad para introducir formas específicas de regulación social a nivel local (Garofi, 1986; Vázquez, 1988; Arocena, 1995; Beccatini, 1997; Vázquez, 1999 ; Vázquez, 2000), según León y Miranda (2006) es la habilidad para innovar a nivel local. En las últimas décadas del siglo XX debido al fenómeno de la globalización y al impulso de la innovación tecnológica, ha surgido una nueva acepción del desarrollo de este debido a su estrecha asociación con la cultura local y con los valores incluidos en ella (Boisier, 1997).

El DL tiene sus objetivos establecidos siendo los tres generales: la transformación del sistema productivo local, el crecimiento de la producción y la mejora del nivel de vida y de empleo de la población (Vázquez, 1988); también incluye objetivos genéricos de las políticas de DL, siendo estas: (1) crecimiento de la producción y empleos locales, (2) mejora del nivel de vida de la población, (3) transformación del sistema productivo local, (4) desarrollo del potencial endógeno, (5) aumento de la capacidad local de decisión, (6) incremento de la capacidad territorial de atracción y el diálogo entre actores y (7) dinamización de la sectorialidad local (León & Miranda, 2006).

Por su parte Lazo (2002) define los agentes del desarrollo local, factores endógenos y exógenos siendo estos: (1) asesores locales dedicados a poner en contacto al emprendedor con los múltiples programas de ayuda y formación que ofrecen las distintas administraciones sobre los factores endógenos, (2) los recursos materiales existentes en el territorio, sumados a la calidad de los recursos humanos, su capacidad emprendedora y organizativa y (3) el capital, infraestructura y tecnología. Así como enuncia las premisas para un modelo de DL siendo estas:

- Adaptación al territorio.
- Carácter práctico y concreto.
- Coordinación de los diferentes actores y agentes.
- Acceso a servicios de información.

#### **1.4.2 Modelos de desarrollo local**

En materia de DL no existe un único modelo sino tantos como experiencias, los cuales constituyen modelos autónomos cuyo control debe ejercerse en el ámbito local (Padilla, 2006) algunos de ellos se relacionan a continuación: Becattini (1997), Barreiro (2000), Lazo (2002), Silva (2007), Leydesdorff y Etzkowitz (2003), Arnkil et al. (2010), Boffill (2010) y Muchalus (2011).

Estos modelos de DL tienen en común que aunque indistintamente enfocan el desarrollo exógeno y endógeno en función de las necesidades de desarrollo territorial o local, consideran el uso flexible de los recursos locales, la cooperación de actores como las universidades, empresas, el estado y la incorporación de la innovación en gestión del conocimiento.

### 1.4.3 Desarrollo local en Cuba

El DL constituye un proceso activador de la economía y dinamizador de la sociedad local (Lazo, 2002) que se sustenta en la gestión del liderazgo y en la búsqueda del equilibrio entre la eficiencia, equidad y ecología; conteniendo como aspectos fundamentales lo económico, social y ambiental. Por lo que debe preservar los cambios estructurales que potencien la solidaridad, justicia social, calidad de vida y uso racional de los recursos endógenos garantizando una mejora del bienestar social en el presente y el futuro (Pino & Becerra, 2003; Pino, 2008).

En Cuba el DL se orienta como el proceso que implementa a escala local las transformaciones de las dimensiones ambiental, económico-productiva y político-social interconectado con el entorno (Guzón, 2005). Un elemento distintivo del DL para Cuba es que constituye un complemento necesario a las políticas y objetivos nacionales, donde las iniciativas de DL deben revitalizar el vínculo entre las autoridades centrales y la administración provincial y municipal, brindando mayor protagonismo a los actores locales en la búsqueda de soluciones a sus propios problemas (González & Samper, 2005); siendo necesario el fortalecimiento de las estructuras y los poderes locales, a partir de la estimulación, la participación ciudadana y del logro de acciones integradas a nivel de procesos de producción local (Caño, 2004; Iñiguez & Ravenet, 2005, Rodríguez, 2005).

Bofill (2010) y Núñez (2012) consideran que los gobiernos locales no deben perder de vista la gestión integradora que conforman Universidad-Conocimiento-Ciencia-Tecnología-Innovación en los territorios. Castro (2015) por su parte plantea que los sistemas locales de innovación, orientados adecuadamente desde las perspectivas y prioridades de los gobiernos locales, estimulan una mejor gestión de gobierno con enfoque de sostenibilidad, un ejemplo lo constituye la articulación del proyecto ramal Gestión Universitaria del Conocimiento y la Innovación para el Desarrollo (GUCID), en respuesta a las demandas de los diferentes municipios en el país y que dispone de un set de indicadores que permiten evaluar la contribución al DL (Castro, 2008; Castro & Agüero, 2008; Castro, 2009; Castro et al., 2013a; Castro et al., 2013b; Castro et al., 2014a; Castro et al., 2014b; Castro & Rajadel, 2015).

La gestión de proyectos en el DL debe basarse en que los actores locales son las instancias provinciales y municipales del Poder Popular y las entidades productivas y no productivas locales (Lazo, 2002; Rodríguez, 2005), para que estos proyectos tengan éxito se exige el

mejoramiento continuo de la gestión de los decisores y actores del DL en los territorios (Ruíz y Becerra, 2015).

### **1.5 Indicadores para el Desarrollo Local en Cuba**

En función al DL en Cuba se ha propuesto una serie de indicadores para medir el desempeño de un municipio, ejemplo de ellos los constituyen: indicadores de la Red Nacional GUCID para evaluar el desarrollo socioeconómico local y el desempeño de la gestión municipal de la ciencia, la tecnología y la innovación (Socorro et al., 2014), el Índice de desarrollo humano territorial (IDHTC) (Méndez y Lloret, 2011), el propone el Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU) para las ciudades de primer orden en Cuba (Cabello et al., 2013; Covas (2013), indicadores no tradicionales para evaluar los procesos de innovación rural (Morales y Pérez, 2010) e indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba (Cabello, 2018).

#### **1.5.1 Indicadores de la Red Nacional GUCID para evaluar el desarrollo socioeconómico local y el desempeño de la gestión municipal de la ciencia, la tecnología y la innovación**

Los Indicadores de la Red Nacional GUCID para evaluar el desarrollo socioeconómico local y el desempeño de la gestión municipal de la ciencia, la tecnología y la innovación, se declaran indicadores por dimensiones en función de la (1) evaluación del sistema de indicadores de desarrollo socioeconómico local y (2) de los indicadores del desempeño de la gestión de la innovación, los cuales se enuncian a continuación (Socorro et al., 2014).

a) Evaluación del sistema de indicadores de desarrollo socioeconómico local.

La evaluación de los indicadores de desarrollo socioeconómico local se realizó atendiendo a los indicadores definidos por los expertos, bajo la premisa de considerar los macro indicadores fundamentales y susceptibles en primera instancia de ser utilizados en comparaciones y toma de decisiones. Tomó como base distintas fuentes estadísticas del año 2011 y se estructuró en siete dimensiones (ejes):

- Dimensión 1. Económico – financiera.
- Dimensión 2. Seguridad alimentaria.
- Dimensión 3. Condiciones de vida de la población.
- Dimensión 4. Gestión local para la innovación.
- Dimensión 5. Situación ambiental.

- Dimensión 6. Condición demográfica.
- Dimensión 7. Integración social.

b) Indicadores del desempeño de la gestión de la innovación.

La gestión de la innovación en el territorio supone la integración de la red de actores sociales que participa de ella, entre ellos las sedes centrales de las universidades, los Centros Universitarios Municipales (CUM), el Gobierno y sus dependencias y estructuras en función de la gestión del desarrollo local, las organizaciones, las empresas, entre otros (Anexo 1).

- Dimensión 1. Determinación de problemas de la localidad y planeación estratégica para el desarrollo local.
- Dimensión 2. Formación de capacidades para el desarrollo local.
- Dimensión 3. Conocimiento e Innovación para el desarrollo local: eficacia de la intervención.
- Dimensión 4. Articulación de actores.
- Dimensión 5. Impacto de la gestión.

### **1.5.2 Índice de desarrollo humano territorial**

El Índice de desarrollo humano territorial (IDHTC) reduce los indicadores básicos a una medida homogénea al medir el adelanto de cada territorio por el resultado del indicador; los rangos del resultado del índice oscilan entre 0 y 1 y cada uno de los territorios analizados se encuentra ubicado en este rango; el resultado posibilita la medición del desarrollo y por tanto modo se analizan los resultados alcanzados, lo que ayuda a percibir la diferencia de desarrollo que existen entre ellos. Se han denominado los indicadores de la siguiente forma (Méndez y Lloret, 2011):

1. Mortalidad infantil (X1): Este indicador es el resultado de dividir las defunciones de menores de un año, en un área y periodo determinado, entre los nacimientos ocurridos en ese periodo. Se expresa por cada 1000 nacidos vivos.
2. Índice de ocupación (X2): Este indicador representa la relación que existe entre el promedio de trabajadores y la población actual de cada territorio.
3. Volumen de inversiones per cápita (X3): Este indicador representa el monto al que asciende el valor de la ejecución de inversiones por territorios dividida entre la cantidad de población del territorio.

4. Tasa de escolarización (X4): Es la relación existente entre la matrícula de una edad o grupo de edades y la población de esa edad o grupos de edades.
5. Salarios medios devengados (X5): Es el importe de las retribuciones directas devengadas como promedio por un trabajador en un mes. Se obtiene de dividir el salario devengado por el promedio de trabajadores total.
6. Mortalidad materna (X6): Relación entre el número de defunciones maternas y la cantidad de nacidos vivos en un área geográfica para un periodo determinado. Es importante aclarar que hasta el 2001 en este indicador se consideraba la mortalidad directa, indirecta y por otras causas; pero ya a partir del 2002 sólo se está considerando. La mortalidad directa e indirecta, la comparación en esos indicadores entre cada uno de las provincias del país y el municipio especial de la Isla de la Juventud.

### **1.5.3 Índice de Calidad de Vida Urbana**

Covas (2013) propone el Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU) para las ciudades de primer orden en Cuba. El propósito inicial para el indicador de CV incluye cuatro dimensiones: (1) Servicios Sociales (SS), (2) Desarrollo económico (DE), (3) Servicios urbanos y de infraestructura (SUI) y (4) Calidad Ambiental (CA) (Cabello et al., 2013).

La dimensión de Servicios Sociales se evalúa a través del Indicador de Servicios Sociales (ISS), que se calcula por construcción ponderada simple, en la tabla 1.2 se muestran los subindicadores que la componen.

**Tabla 1.2:** Subindicadores del ISS. **Fuente:** (Covas, 2013)

Indicador	Descripción
<b>Habitantes por médico (Ind 1.1)</b>	$\frac{\text{Población residente}}{\text{Médicos en servicio}}$
<b>Habitantes por Estomatólogo (Ind 1.2)</b>	$\frac{\text{Población residente}}{\text{Estomatólogos en servicio}}$
<b>Tasa de mortalidad (Ind 1.3)</b>	$\frac{\text{Población residente}}{\text{Fallecimientos totales por cada 1000 habitantes}}$
<b>Alumnos potenciales por Escuela (Ind 1.4)</b>	$\frac{\text{Población entre 5 y 19 años}}{\text{Escuelas disponibles en el territorio}}$
<b>Alumnos potenciales por Docente (Ind 1.5)</b>	$\frac{\text{Población entre 5 y 19 años}}{\text{Número de maestros en ejercicio}}$
<b>Participación profesional en manifestaciones artística (Ind 1.6)</b>	$\frac{\text{Población mayor de 19 años}}{\text{Número de artistas profesionales en ejercicio}}$
<b>Oferta Artístico Cultural (Ind 1.7)</b>	$\frac{\text{Población mayor de 15 años}}{\text{Número de actividades culturales desarrolladas}}$
<b>Asistencia a actividades culturales (Ind 1.8)</b>	$\frac{\text{Asistentes a actividades culturales}}{\text{Población residente mayor de 15 años}}$
<b>Práctica deportiva (Ind 1.9)</b>	$\frac{\text{Población mayor de 6 años}}{\text{Practicantes sistemáticos de deportes}}$
<b>Habitante por profesional de deporte (Ind 1.10)</b>	$\frac{\text{Población mayor de 6 años}}{\text{Profesores de deporte}}$
<b>Población por instalación deportiva (Ind 1.11)</b>	$\frac{\text{Población mayor de 6 años}}{\text{Instalaciones deportivas disponibles}}$

La dimensión Desempeño Económico se evalúa a través del Indicador de Desempeño Económico (IDE), en la tabla 1.3 se muestran los indicadores que componen esta dimensión.

**Tabla 1.3:** Subindicadores del IDE. **Fuente:** (Covas, 2013)

Indicador	Descripción
<b>Ingresos (Ind 2.1)</b>	Salario medio
<b>Ejecución del presupuesto (Ind 2.2)</b>	Superávit o déficit en el presupuesto estatal
<b>Producción industrial (Ind 2.3)</b>	$\frac{\text{Producción mercantil industrial}}{\text{Producción mercantil total}}$
<b>Alimentación Pública (Ind 2.4)</b>	$\frac{\text{Ventas en la alimentación pública}}{\text{Población residente}}$
<b>Comercio Minorista (Ind 2.5)</b>	$\frac{\text{Ventas en el comercio minorista}}{\text{Población residente}}$

La dimensión Servicios Urbanos se evalúa a través del Indicador de Servicios Urbanos (ISU), que se calcula mediante el método de construcción ponderada simple. Los indicadores que componen esta dimensión se muestran en la tabla 1.4

**Tabla 1.4:** Subindicadores del USI. **Fuente:** (Covas, 2013)

Indicador	Descripción
<b>Viajes de ómnibus per cápita (Ind 3.1)</b>	$\frac{\text{Viajes de omnibus}}{\text{Población residente}}$
<b>Infraestructura del Transporte Urbano (Ind 3.2)</b>	$\frac{\text{Población residente}}{\text{Número de omnibus en servicio}}$
<b>Áreas verdes per cápita (Ind 3.3)</b>	$\frac{\text{Áreas verdes totales}}{\text{Población residente}}$
<b>Estado de las vías (Ind 3.4)</b>	$\frac{\text{Área de calles en buen estado}}{\text{Área total de calles}}$
<b>Limpieza Urbana (Ind 3.5)</b>	$\frac{\text{Área total de calles barridas}}{\text{Área total de calles}}$
<b>Residuos sólidos per cápita (Ind 3.6)</b>	$\frac{\text{Población residente}}{\text{Residuos sólidos recolectados}}$

Proponiendo el cálculo del ICVU, después de realizar la estandarización de los indicadores y la ponderación de las dimensiones y los indicadores como:

$$\text{ICVU} = \text{ISS} \cdot 0.51 + \text{IDE} \cdot 0.13 + \text{ISUI} \cdot 0.36 \quad (\text{xxxxx})$$

#### **1.5.4 Indicadores no tradicionales para evaluar los procesos de innovación rural**

Morales y Pérez (2010) plantean indicadores no tradicionales para evaluar los procesos de innovación rural, siendo estos:

##### I. Indicadores

1. Número de personas de la comunidad involucradas en la gestión de la red
2. Emprendimientos económicos generados alrededor de la red
3. artículos en medios de comunicación generados por la red
4. Referenciales tecnológicos aprobados
5. Cantidad de proyectos constituidas y en funcionamiento
6. Cantidad de proyectos por prioridades
7. Cantidad de investigadores vinculados a la proyectos
8. Cantidad de actores locales vinculados a las proyectos
9. Acciones de divulgación de los resultados alcanzados (páginas web elaboradas, informes de sistematización, entre otras).
10. Cantidad de interrelaciones interinstitucionales
11. Tipo de interrelaciones entre las instituciones que a caompañan a las proyectos
12. Existencia de estrategias de masificación en los proyectos

##### II. Indicadores de impacto económico:

1. Incorporación de nuevas actividades económicas, productivas y sociales en las comunidades.
2. Diversificación de la producción

##### III. Indicadores de impacto social:

1. Cambios operados en los conocimientos de los actores
2. Cambios en los niveles de vida de la población
3. Incrementos de los niveles de autoestima de pobladores e investigadores
4. Creación de nuevas organizaciones productivas y sociales
5. Capacidades de trabajo en equipo generadas

6. Capacidades gerenciales y de liderazgo desarrolladas
7. Incremento de personas beneficiadas incorporadas a las redes.

IV. Indicadores de impacto del medio natural:

1. Recuperación de suelos
2. Recuperación de aguas
3. Recuperación de biodiversidad
4. Cantidad de proyectos que se ejecutan clasificados en: cual es investigación-desarrollo y cual es innovación.
5. Acciones de asistencia técnica realizadas y cantidad de participantes
6. Creación de espacios de intercambio de saber
7. Resultados orientados a las necesidades de la comunidad
8. Si son o no fortalecidas las redes sociales de conocimiento
9. Una red nacional constituida de investigación, desarrollo, innovación y transferencia de biotecnología caprina en el semiárido larense para abastecer el 100% de los requerimientos de mejoramiento genético de la ganadería caprina nacional en el año 2015
10. 10% de productores de ambos sexos en el municipio torres aumentan su producción caprina y ovina en 50% entre julio 2009 y julio 2010 mejorando la calidad de la producción de 2008
11. Número de proyectos institucionales circunscritos a las áreas prioritarias/ Número de proyectos institucionales
12. Número de convenios activos / Número de convenios firmados
13. Número de planes de acción de las comunidades incluidos en los planes de gobiernos locales
14. Número de representantes de las comunidades con participación en la directiva de instituciones rectoras de CTI
15. Personas capacitadas en gestión de proyectos de CTI comunitarios
16. Número de nuevos procesos, productos, servicios, formas de mercadeo/comercialización generados por las comunidades
17. Número de proyectos formulados por la comunidad gestionados por los Consejos Comunales
18. Desarrollo de habilidades de comunicación con los productores
19. Incorporación de los saberes populares por parte de los investigadores

20. En qué medida incorporan los productores las buenas prácticas de producción
21. los proyectos incluyen los lineamientos de orientación para el desarrollo indicados en la constitución y el plan de ciencia y tecnología del Estado Venezolano.
22. evidencia de la incorporación de conocimientos, prácticas y técnicas de la tradición cultural en el trabajo cotidiano de los proyectos de ciencia.
23. toma de decisiones con la participación efectiva de gente de los contextos de acción: proceso de sistematización con registro de reuniones y diálogos donde se tomen las decisiones
24. acciones que respondan a problemáticas y necesidades reconocidas por la gente de los contextos: proceso de sistematización que refleje ejes relacionados con necesidades y problemáticas de los contextos.
25. proyectos conformados por profesionales de diferentes instituciones relevantes y gente de las comunidades involucradas.
26. manifestación de generación y manejo de conocimiento científico en prácticas de gestión del desarrollo sustentable
27. sistema de evaluación institucional de proyectos de ciencia, tecnología e innovación.
28. manifestación de la emergencia de necesidades, demandas y oportunidades producto de la acción del proyecto y que implican la generación de organizaciones para la industria, para la educación, para la tecnología, para la propia gestión del desarrollo y otras...
29. manifestación de una capacidad aumentada de gestión del desarrollo, evidenciada por acciones cotidianas de diagnóstico, búsqueda de manejo y solución de problemas.
30. manifestación de una capacidad aumentada de participación efectiva en la toma de decisiones relacionadas con el reconocimiento de problemas y manejo y solución de problemas: número de personas involucradas, evidencia en la sistematización de las formas de participación de la gente de las comunidades.
31. Cantidad de acciones y no- de participantes de orientación vocacional realizadas con los jóvenes de las comunidades vinculadas con los proyectos
32. cantidad de jóvenes de la comunidad que estudian carreras afines con la vocación productiva de la zona y cantidad de acciones de capacitación y número de participantes dirigidas a la formación de los actores locales.
33. Si la institución desarrolla alguna estrategia o mecanismo para maximizar su contribución al desarrollo local.

### 1.5.5 Indicador para la eficiencia energética municipal en Cuba

Santana y Blanco (2017) proponen la metodología para el diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, en el desarrollo de la metodología se identifican variables relevantes para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial y diseñan indicadores energéticos teniendo en cuenta las características de los consejos populares del municipio que utilizado como objeto de estudio.

Proponiéndose 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

$$EnPI_{CPI} = \frac{\text{Consumo real}_{CPI \text{ periodo } j}}{\text{Consumo LB}_{CPI \text{ periodo } j}} \quad (1.1)$$

Donde:

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

$\text{Consumo real}_{CPI \text{ periodo } j}$ : consumo real del Consejo Popular  $i$  en el período  $j$ ,  $j \in [1; n]$

$\text{Consumo LB}_{CPI \text{ periodo } j}$ : consumo planificado para el período  $j$  determinado por la LBCPI (Línea base determinada para los CP a partir de las rectas de regresión obtenidas para los 19 CP en el municipio de Cienfuegos)

- Indicador energético sector residencial municipal

$$EnPI_m = \sum_{i=1} \left( \frac{\text{Consumo real}_{CPI \text{ periodo } j}}{\text{Consumo LB}_{CPI \text{ periodo } j}} \right) \quad (1.2)$$

Donde:

$EnPI_m$ : índice energético municipal

Siendo validados estos indicadores y las líneas bases energéticas por Cabello (2018) con la utilización de rectas de regresión lineal múltiple (LRM) y redes neuronales artificiales (RNA)

# *Capítulo II*

## **Capítulo II: Análisis energético del municipio de Cienfuegos**

### **2.1 Introducción del capítulo**

En este capítulo se realiza la caracterización territorial y energética del municipio de Cienfuegos teniendo en consideración la información estadística de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) en Cuba y de los diferentes actores que la gestionan; así como el análisis de la gestión energética local, determinándose las causas que afectan su desempeño a partir de estudios precedentes.

### **2.2 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, 2017).

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 (ONEI, 2017).

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).

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, 2016b.

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



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

El municipio tiene una población residente de 174 478 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 tres zonas industriales y otra más pequeña en Guabairo con la Fábrica de Cemento como su principal representante, tres 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 nueve 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).

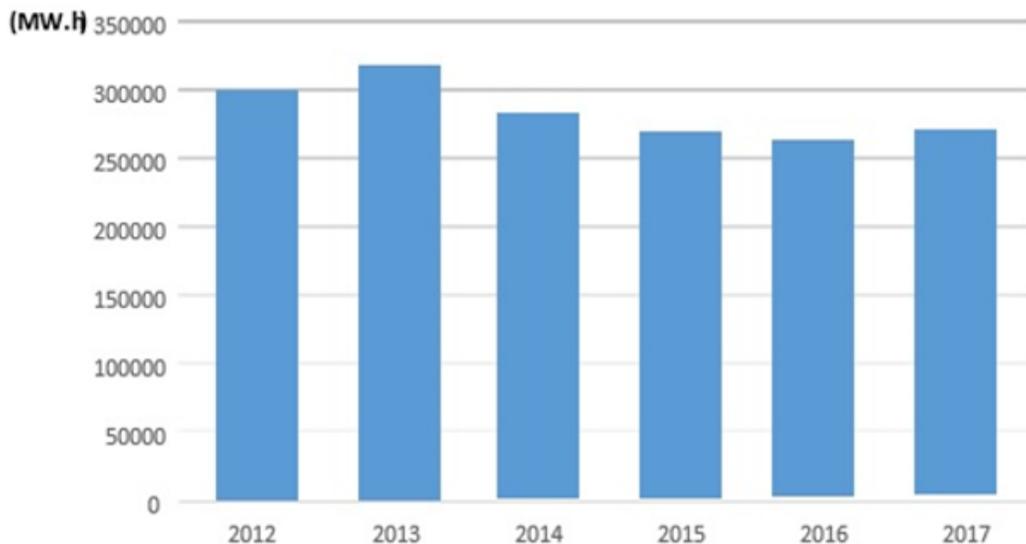
De los 112 672 habitantes del municipio en edad laboral 58 720 están empleados en el sector estatal con un salario promedio de 645 pesos, donde este sector en el año 2014 generó 2 627 939,7 miles de pesos en ventas netas. El sector estatal está conformado en

el municipio por 133 organismos (71 empresas, 49 unidades presupuestas, 10 cooperativas y tres 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, lubricantes, petróleo crudo y petróleo combustible, donde los organismos mayores consumidores pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL (ONEI, 2017; Correa et.al, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

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

### **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 2.2 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 2.2:** 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 obtuvieron con Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016).

### 2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica

Con las investigaciones de Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016) se obtuvieron 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

El sector estatal en el periodo 2007- 2015 tuvo la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presenta un consumo de energía eléctrica irregular con una tendencia creciente en este período. Se puede afirmar que la tendencia a aumentar del sector privado en todas las sucursales es 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, por tanto, un análisis de consumo de energía eléctrica en el sector privado es de vital importancia, para ello se utilizan datos del 2015 con sus rutas correspondientes a cada CP (solo se utilizan datos del 2015 porque a partir de ese año la OBE comienza a registrarlo como información), analizándose las 243 rutas (trayectoria por la que se hacen las lecturas de los metrocontadores de los consumidores residenciales), teniendo en cuenta la variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico de consumo para el periodo siguiente (Correa et.al, 2016).

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 entre altos, medios o bajos consumos según las características de cada CP; para los CP Reina, Buena Vista, La Gloria y Juanita la variabilidad es media, por lo que sus consumos de energía se concentran en valores medios, en el caso de los CP Paraíso, Pastorita-Obourke, Pueblo Griffo, 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 y La Barrera se evidencia una buena estabilidad, no siendo así para los 15 restantes CP del municipio de Cienfuegos.

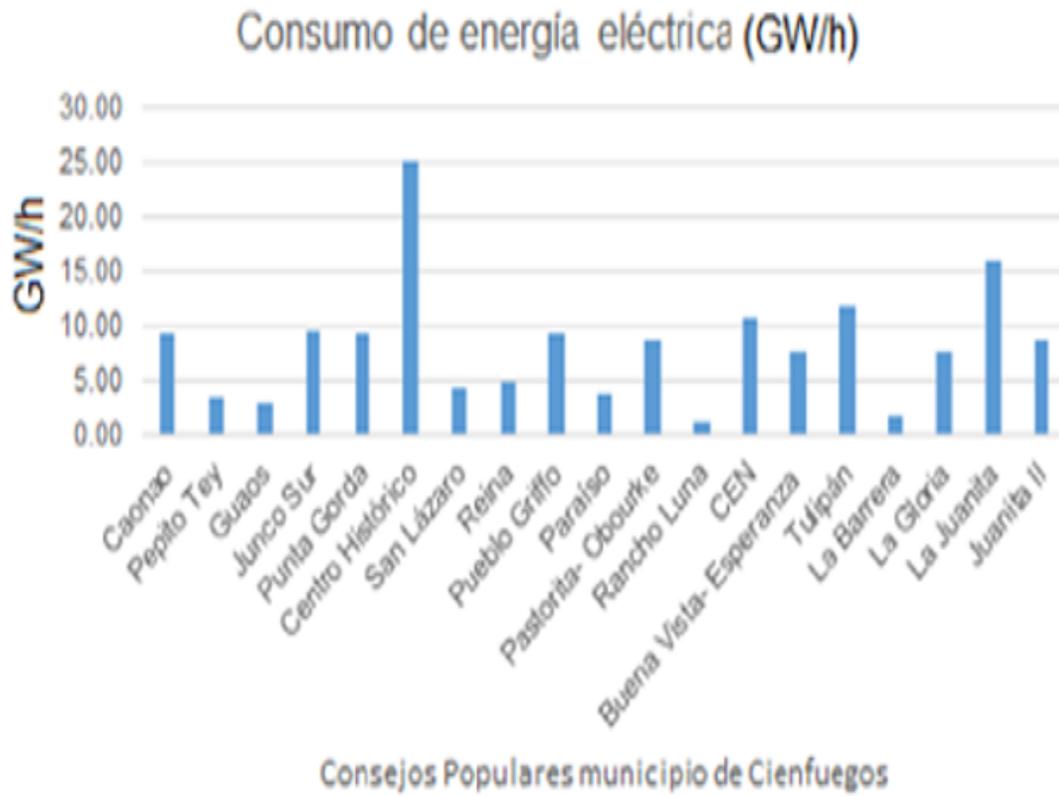
- Tendencia: describe el comportamiento a crecer, mantenerse o decrecer en el consumo de energía eléctrica, donde se pueden evidenciar ciclos (crecer y decrecer y viceversa en el tiempo), en el análisis se obtuvo que los CP Pueblo Griffo, Guaos, Buena Vista, Tulipán y La Barrera presentan ciclos, aumentando 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; los CP Pueblo Griffo, Buena Vista 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 2015.

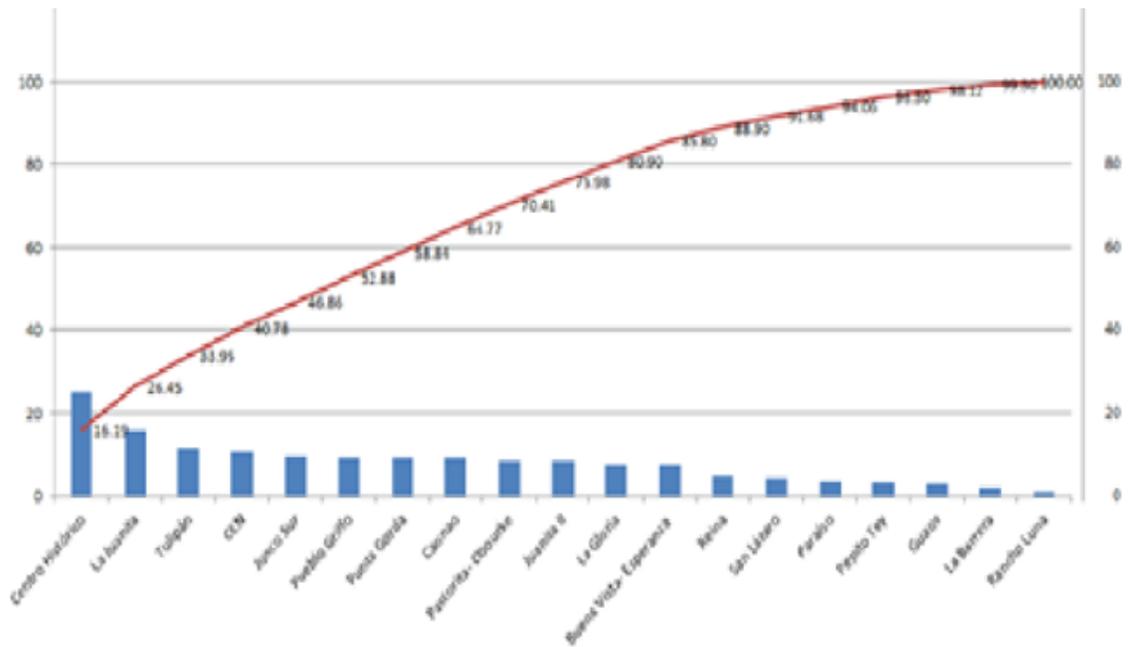
En las Figuras 2.3 y 2.4 se muestran los consumos de energía eléctrica por CP y su significación en el consumo municipal. Aquí se utiliza como unidad de medida el Giga Watt/hora (GW/h) que representa 1000 Mega Watt/hora (MW/h) y a su vez 1000 000 de kilo Watt/hora (kW/h). Evidenciándose que los CP de mayor consumo de energía eléctrica son Centro Histórico, Juanita y Tulipán, siendo los de menor consumo Rancho Luna, La Barrera y Guaos.

Detectándose una serie de deficiencias en la Gestión Energética Local (GEL) en el municipio de Cienfuegos, entre ellas (Agüero, 2016; Aureliano 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016 y Rodríguez, 2016):

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



**Figura 2.3:** Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa *et.al*, 2016).



**Figura 2.4:** Estratificación del consumo de energía eléctrica en los CP del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016).

Se detectan las causas principales a las que se le proponen acciones de mejoras (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017), las cuales se muestran en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2:** Verificación de las causas y acciones de mejora. Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

Causas potenciales	Verificación de la causa	Acción de mejora
Interrelación deficiente entre los actores que controlan la generación y consumo de energía en el municipio	Actores identificados como: CUPET, GEYSEL, EMGEF, CUBASOLAR, ONURE, OBE, CITMA, 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	Realizar la identificación de la información, datos energéticos y los actores que la gestionan a través de Diagnóstico Energético Municipal.
No se consideran los consumos de energía por Consejos Populares	En la planificación de la energía eléctrica en el municipio la estructura de consumo por Consejos Populares no es considerada No se considera en la GE el consumo de todos los portadores energéticos en el sector residencial	Realizar el Diagnóstico Energético Municipal.
Desconocimiento de las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial	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	Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial

municipal	consumo se registra para el mes de febrero y el mayor para el mes de julio (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández,2016; Nápoles, 2016 y Rodríguez, 2016)	que 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.

De las acciones de mejoras propuestas se identificó la información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017), la propuesta de la matriz de FRE (Nfumu, 2017), se determinaron las potencialidades de FRE en el municipio (Kimbutu, 2017), las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal, la propuesta de indicadores por CP (Blanco y Santana, 2017) y se propuso una herramienta sustentada en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) para la GEL del municipio (Hurtado, 2017).

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

Con las investigaciones de Blanco y Santana (2017), Hurtado (2017), Kimbutu (2017), Nfumu (2017) Santana y Cabrizas (2017) y Campillo (2018) se identifican los actores que gestionan la energía en el municipio como se muestra en la Tabla 2.3.

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

No.	Actor	Información
1	Organización Básica Eléctrica (OBE)	Generación para energía solar fotovoltaica (parques fotovoltaicos), donde aparecen todos los parques fotovoltaicos de la provincia en el período 2013-2017. Consumo de energía eléctrica sector estatal y privado.
2	Cubasolar	Estado de las FRE en la provincia de Cienfuegos. Relación digestores de biogás en el municipio.
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).

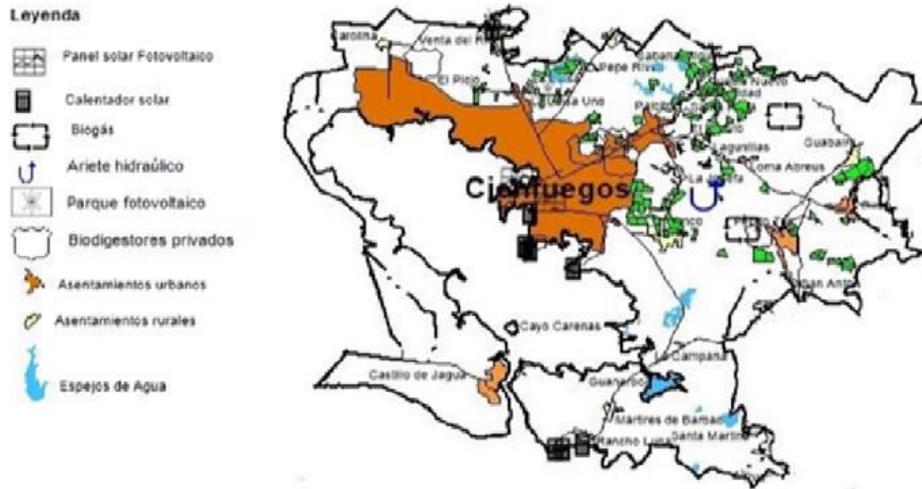
### 2.3.3 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio

La Matriz de FRE y potencialidades de desarrollo de las FRE en el municipio (Nfumu, 2017; Kimbutu, 2017, Campillo, 2018 y Rodríguez, 2019) se muestran a continuación:

La Figura 2.5 muestra la Matriz de 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 2.5:** Matriz FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Campillo, 2018)

La ubicación de estas FRE se muestra en la Tabla 2.4

**Tabla 2.4:** 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
		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)	Sector residencial - 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, Paraíso, Pepito Tey, Punta Gorda y Tulipán	Sector residencial
Ariete hidráulico	1	Tierra usufructuario	Pepito Tey	Sector residencial - Agricultura

Donde se puede observar que a excepción del biogás las FRE en el municipio se encuentran en el sector estatal. Por otra parte, las potencialidades de desarrollo en el municipio están dado por las características de la Matriz de 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.

Campillo (2018) plantea que la utilización de biodigestores a través de la excreta porcina a nivel de municipio se divide en los sectores estatal y privado. El sector estatal trata toda la masa porcina que se encuentra en las unidades productivas porcinas, actualmente al no contar con biodigestores se produce una alta contaminación al medioambiente, sin embargo, si se logra instalar biodigestores se puede generar un gran porcentaje de biogás utilizándose en la cocción de alimentos en estos mismos sitios así como en comunidades aledañas, por otro lado, el empleo de una tecnología adecuada que convierta el biogás en energía eléctrica propiciaría un autoabastecimiento de ambos portadores energéticos, y a

su vez se conectaría al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) identificándose esto como una potencialidad. El cálculo de las potencialidades se hace a través de la metodología evaluativa para el cálculo de energía eléctrica a partir de las excretas de ganado porcino.

En la Tabla 2.5 se observa la producción de energía eléctrica y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero desde la generación de biogás en el sector estatal, los datos de la población porcina utilizados fueron aportados por la ONEI (Campillo, 2018).

**Tabla 2.5:** Pontencialidad de producción de energía eléctrica y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero desde la generación de biogás en el sector estatal.

**Fuente:** (Campillo, 2018).

Población porcina (cabeza de ganado)	Total de biogás día (m <sup>3</sup> )	Total de biogás año (m <sup>3</sup> )	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)	CO <sub>2</sub> dejado de emitir día (kg)	CO <sub>2</sub> dejado de emitir año (t)
198 442	19 520,01	7 124 804,66	32 598,42	11 898 423,78	22 003,93	8 031,44

Se puede evidenciar que con 198 442 cabezas de ganado (total de contabilización de excretas generadas anuales de 99 412,52 toneladas) se obtiene un total de 19 520,01 m<sup>3</sup> de biogás por día con lo cual se pueden beneficiar 58 560 personas y 14 640 viviendas de cuatro habitantes aproximadamente, basandose en el criterio de que una persona debe consumir al día alrededor de 0,3 m<sup>3</sup> de biogás.

Según los datos aportados por la OBE, el costo total del MWh generado en este año fue de 131,06 pesos/MWh por tanto el municipio por este concepto hubiese ahorrado alrededor de 1 559 407,42 pesos al año, dejandose de emitir 8 031,44 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En el sector privado se identifican los productores independientes de este tipo de ganado quienes poseen biodigestores con toda una instalación para biogás donde abastecen sus viviendas y las aledañas como se muestra en la Tabla 2.6, pero esto por defecto genera gas excedente que no se utiliza. Por tanto, con una tecnología instalada se logra que con

ese biogás esta vivienda y las aledañas se abastezcan de energía eléctrica consumiendo menos energía eléctrica convencional lo que representa sin lugar a duda una disminución en el consumo de energía en la red nacional y en el combustible que se utiliza para generar la misma, ocasionando un cambio en la matriz energética.

Con una población porcina de 11 587 cabezas de ganado en el sector residencial en el municipio de Cienfuegos (total de contabilización de excretas generadas anuales de 5 804,78 toneladas) se obtuvo 27 223,38 m<sup>3</sup> de biogás al año. Por día se obtiene 74,58 m<sup>3</sup> de biogás pudiéndose beneficiar 223 personas y 56 viviendas de cuatro habitantes aproximadamente. Estas familia por este concepto han ahorrado al año alrededor de 9 262,00 pesos, el costo total del MWh entregado en este año según datos aportados por la OBE fue de 203,73 pesos/ MWh. Por otra parte se logró dejar de emitir 30,69 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera

**Tabla 2.6:** Pontencialidad de producción de energía eléctrica y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero desde la generación de biogás en el sector residencial.

**Fuente:** (Campillo, 2018).

Consejo Popular	Total de biogás día(m <sup>3</sup> )	Total de biogás año(m <sup>3</sup> )	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)	CO <sub>2</sub> dejado de emitir día (kg)	CO <sub>2</sub> dejado de emitir año (t)
Buena Vista	2,30	839,50	3,84	1 401,97	2,59	0,95
Caonao	14,07	5 134,31	23,49	8 574,30	15,86	5,79
Guaos	1,00	365,00	1,67	609,55	1,13	0,41
Pueblo Grippo	13,20	4 818,00	22,04	8 046,06	14,88	5,43
Paraíso	26,72	9 752,07	44,62	16 285,96	30,12	10,99
Pepito Tey	1,70	620,50	2,84	1 036,24	1,92	0,70
Punta Gorga	0,30	109,50	0,50	182,87	0,34	0,12
Tulipán	15,30	5 584,50	25,55	9 326,12	17,25	6,30
<b>Total de biogás municipal</b>	74,58	27 223,38	124,56	45 463,04	84,08	30,69

En la investigación de Rodríguez (2019) se proponen dos potencialidades para mejorar la gestión energética a través de la gestión del gobierno, siendo estas potencialidades la utilización de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial y la utilización de los

RSU. Siendo aplicables en el sector residencial en aquellos CP con edificios multifamiliares con cantidad de población y un fondo habitacional en buen estado como Pueblo Griffo y en hostales pertenecientes el sector no estatal dentro del sector residencial en los CP Punta Gorda y Centro Histórico pudiendo ser extensible al resto de CP con iguales características para la primera potencialidad y la gestión de los RSU teniendo en cuenta que su composición es de origen orgánico en un 59.45 % y su tratamiento es insuficiente se propone la utilización de la tecnología de Tratamiento Mecánico-Biológico que no solo mejorará la gestión de los RSU, sino que contribuirá a la generación de energía con su integración al SEN.

### **2.3.4 Plataforma para la Gestión Energética Municipal**

Para el diseño de la herramienta basada en las TICs se utilizó el Método de Despliegue de la Función Calidad (QFD) donde se identificaron las necesidades y expectativas de los usuarios finales del producto. 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 (Hurtado, 2017).

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. Contiene tres apartados relacionados con la temática: (1) Educación, (2) Socialización y (3) Operacional, accediendo a cada apartado se obtiene información sobre el tema que se trata de comunicar (Hurtado, 2017). Chaviano y Puebla (2018) realizan el análisis para la mejora de la planificación energética del municipio aplicando la técnica Análisis de Modo Fallo y Errores (AMFE) para la priorización de los problemas existentes y el Despliegue de la Función Calidad(QFD) permitiendo integrar todos los elementos de la GEL: la planificación, el uso de recursos y su incidencia en la sociedad a través de la plataforma informática o Producto GEM; haciendo énfasis en el pronóstico del consumo de energía eléctrica para el sector residencial a través de la utilización de las rectas de regresión lineal múltiples y las redes neuronales proporcionándole a los decisores locales los resultados obtenidos mediante el empleo del producto GEM mejorado (Díaz, 2019).

### 2.3.5 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 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. Esta investigación fue continuada por Cabello (2018) donde se validan los indicadores propuestos y las líneas bases energéticas, además se conforma una red neuronal (RNA) para cada uno de los 19 CP capaz de predecir el consumo de electricidad mensual cuya sumatoria sería el consumo total municipal. En la Tabla 2.7 se muestra la captación de los datos e información por las fuentes identificadas.

**Tabla 2.7:** Captación de los datos e información por las fuentes identificadas. **Fuente:** (Blanco y Santana, 2017; Cabello, 2018).

No	Variables relevantes	Tipo de variables	Descripción
1	Consumo de energía eléctrica	Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se realiza la captación de datos del consumo de energía eléctrica facilitado por la OBE.</li> </ul> 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>Clasificación por rango de consumo definido por la UNE.</li> <li>Clasificación por tipo de clientes considerando rango de consumo.</li> </ul> Clasificación por Consejo Popular (19)
2	Temperatura seca del aire	Independiente	Se realiza la captación de datos en la página web Weather Underground que contiene el registro histórico de la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González perteneciente al Instituto de Meteorología por su proximidad a la

3	Humedad relativa	Independiente	<p>ciudad de Cienfuegos, siendo los valores más representativos para el municipio.</p> <p>Se crea una base de datos del período 2002-2017 que contiene las siguientes variables: temperatura, punto de rocío, humedad, presión al nivel del mar, visibilidad, viento, precipitaciones.</p>
4	Temperatura de bochorno	Independiente	<p>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 en el municipio de Cienfuegos.</p>
5	Días grado (DGE)	Independiente	<p>Para la determinación de DGE se utiliza el Energy Signature Method, que requiere de una alta resolución de datos, y el Performance Line Method (PLM), (Krese, Prek, y Butala, 2012; Cabello y <u>et.al.</u>, 2015). Según Krese, Prek, y Butala (2012) y Cabello y <u>et.al.</u> (2015) el PLM es más práctico. Para el cálculo de DGE se hace necesario la construcción de un año climático (Yang y <u>et.al.</u>, 2011; Cabello y <u>et.al.</u>, 2015) con periodos continuos de 12 meses para completar el ciclo anual (Haller y <u>et.al.</u>, 2013; Cabello y <u>et.al.</u>, 2015), para la construcción del año climático según Yang y <u>et.al.</u>, (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>
6	Hogares que usan cocción eléctrica	Independiente	<p>Utilizando el porcentaje provincial de hogares que usan cocción eléctrica se realiza una estimación para el municipio de Cienfuegos en su conjunto y</p>

			por Consejos Populares.
7	Población	Independiente	Se determinó a partir de los datos suministrados por la ONEI y la Estrategia de Desarrollo para cada CP facilitador por el Gobierno local
8	Ubicación - Urbano - Rural	Independiente	Se realiza la clasificación a través del Plan General de Ordenamiento Territorial Facilitado por la DPPF.

En el diseño de indicadores energéticos en el sector residencial se utilizó el Modelo de Regresión Lineal Múltiple (RLM), 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 obtenido 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 y Reisel, (2013). Para el procesamiento de los datos en el software estadístico Statgraphics se utilizó la leyenda que se muestra en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8:** Leyenda para el procesamiento de las variables. **Fuente:** (Blanco y Santana, 2017; Cabello 2018).

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 lineal múltiple para cada CP las cuales se muestran en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9: Rectas de regresión lineal múltiple para cada CP. Fuente: (Blanco y Santana, 2017; Cabello 2018).

No.	CP	Rectas de Regresión Lineal Múltiple
1	Caonao	$Y_1 = 33381.7 - 6823.75*X1 + 11929.6*X3 + 539.837*H1$
2	Pepito Tey	$Y_2 = 260344 + 382.554*X2 + 2120.11*X3 - 94.144*P2 + 311.686*H2$
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 Griffó	$Y_9 = 487936. + 1130.99*X2 + 6983.91*X3 - 26.6067*P9 + 64.4438*H9$
10	Paraíso	$Y_{10} = 29921.1 + 1617.53*X2 + 3327.75*X3 + 10.6466*P10 + 59.2676*H10$
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

$$EnPI_{Cpi} = \frac{\text{Consumo real}_{Cpi \text{ período } j}}{\text{Consumo LB}_{Cpi \text{ período } j}} \quad (2.1)$$

Donde:

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

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

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

- Indicador energético sector residencial municipal

$$EnPI_m = \sum_{i=1} \left( \frac{\text{Consumo real}_{Cpi \text{ período } j}}{\text{Consumo LB}_{Cpi \text{ período } j}} \right) \quad (2.2)$$

Donde:

$EnPI_m$ : índice energético municipal

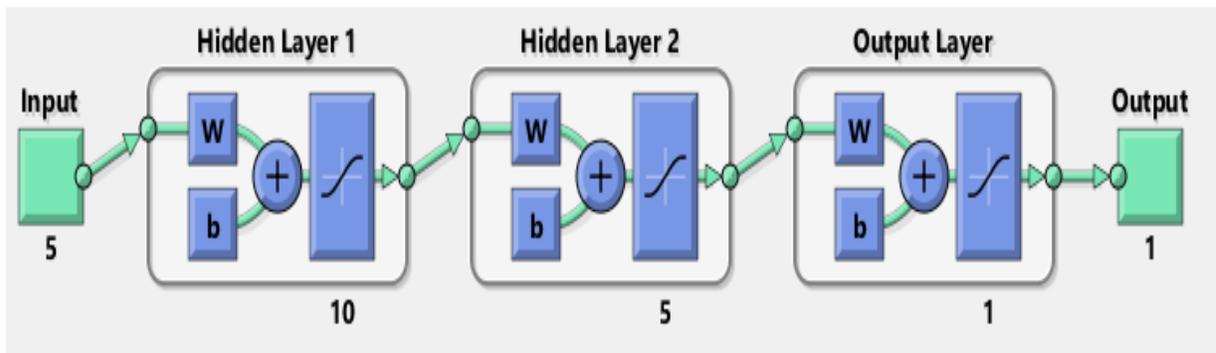
El rango de decisión de  $EnPI_{Cpi}$  y  $EnPI_m$  según sus resultados, se muestra en la Tabla 2.10:

**Tabla 2.10:** Rango de decisión de  $EnPI_{Cpi}$  y  $EnPI_m$ . **Fuente:** (Blanco y Santana, 2017; Cabello 2018).

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

Cabello (2018) para la predicción del consumo de energía eléctrica conforma una RNA para cada uno de los 19 CP capaz de predecir el consumo de electricidad mensual cuya sumatoria es 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 CP desde el año 2007 hasta el año 2016, en la Figura 2.6 se muestra la vista de cómo quedaría conformada la red para cada CP.



**Figura 2.6:** Vista de la red neuronal diseñada para cada uno de los CP. **Fuente:** (Cabello, 2018)

Entre los resultados esta la validación las LBE y los indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos, con la utilización de la rectas de regresión lineal múltiple (RLM) y RNA, dando como resultado que el segundo método es más exacto para el pronóstico de consumo de energía eléctrica en este sector. Constituyendo estos indicadores los medidores de la GEL (Cabello, 2018; Diaz, 2019).

Sin embargo aún el municipio no consta con un indicador que relacione el consumo de energía con la calidad de vida que pueda ser incluido como indicador de desarrollo local, dado a que un indicador de esta magnitud describe el nivel de utilidad por unidad de energía consumida relativo a la calidad de vida la población de un municipio según plantean Liu, Chen y Yin (2016).

# *Capítulo III*

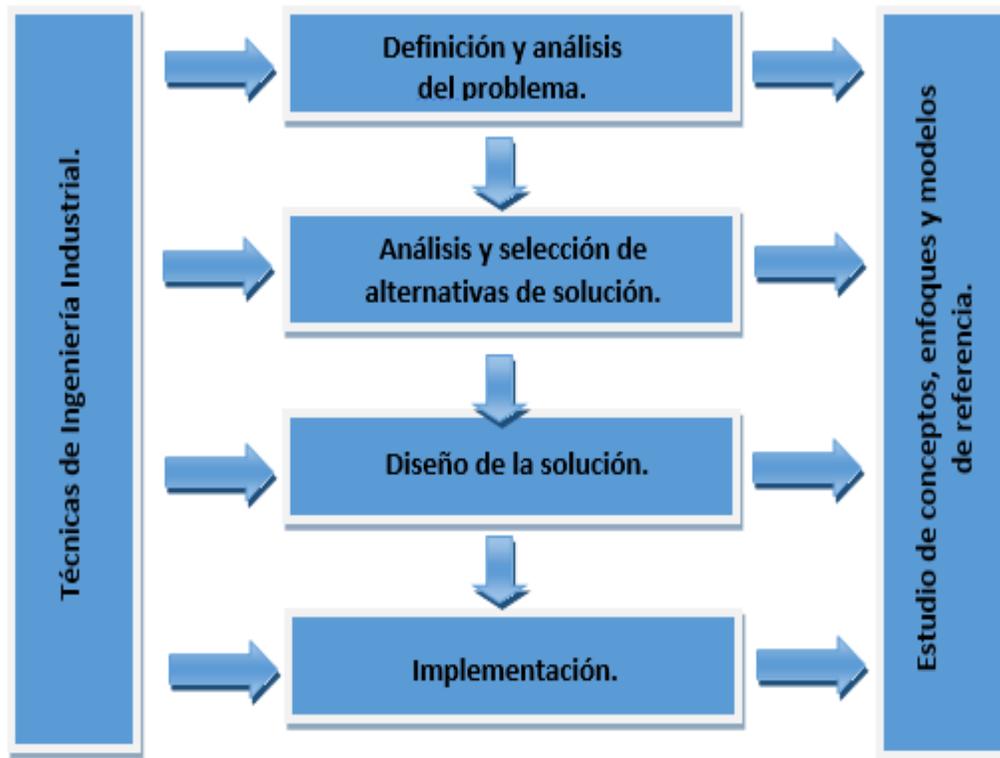
## Capítulo III: Indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba

### 3.1 Introducción

En este capítulo se aplica la etapa 7 de la metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos propuesto y aplicado por Blanco y Santana (2017) y Cabello (2018), con el objetivo de la propuesta del indicador de eficiencia energética municipal para Cienfuegos, basado en la relación del consumo de energía municipal y la calidad de vida del municipio objeto de estudio.

### 3.2 Metodología para la solución de problemas.

Con el objetivo de analizar la medición gestión energética local (GEL) en el municipio de Cienfuegos se propone aplicar la metodología para la solución de problemas de Ingeniería Industrial. En la Figura 3.1 se muestra las etapas de dicha metodología y su descripción, para la aplicación en el municipio.



**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 propone 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:

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

donde:

1 -  $\alpha$ : Nivel de significación estadística (nivel de confianza).

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. ( $i \leq 12$ ).

<b>1 - <math>\alpha</math></b>	<b>k</b>
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.

Se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005) para el cálculo del coeficiente de competencia, 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. Dicho método se muestra en el Anexo 2.

### **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 utiliza la herramienta 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 dándole seguimiento a la mejora del proceso de calibración a través de los indicadores establecidos en el proceso.

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

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

### **3.3.1 Definición y análisis del problema**

Después de realizar los cálculos para determinar el número de expertos se obtiene que deben ser once la cantidad de expertos, los mismos integrantes del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, Facultad de Ingeniería (FI), Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (FCEE) departamentos de Contabilidad y Finanzas (DCF), Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM), y del Gobierno municipal de Cienfuegos, siendo estos:

- DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- DrC. José Monteagudo Llanes (CEEMA)

- DrC Nelson Castro Perdomo (FI)
- DraC. Dunia García Lorenzo (DCF-CEEMA)
- DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Daily Covas Varela (DIIUCF)
- DrC. Francisco Becerra Lois (FCEE)
- 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. A continuación, se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos según se muestra en la Tabla 3.1.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	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	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	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	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
7	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
8	0.90	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
9	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio
10	0.70	$0.2+0.5+2(0.03)+2(0.04)=0.84$	0.82	Alto

11	0.70	$0.2+0.3+0.04+4(0.02)=0.62$	0.66	Medio
----	------	-----------------------------	------	-------

**Tabla 3.1:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración Propia.

El grupo de expertos realiza un análisis del Indicador energético para los Consejo Popular y el municipio de Cienfuegos propuesto por Blanco y Santana (2017) y validados Cabello (2018) y Díaz (2019):

- Indicador energético sector residencial por CP

$$EnPI_{Cpi} = \frac{Consumo\ real_{Cpi\ periodoj}}{Consumo\ LB_{Cpi\ periodoj}} \quad (3.1)$$

Donde:

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

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

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

- Indicador energético sector residencial municipal

$$EnPI_m = \sum_{i=1} \left( \frac{Consumo\ real_{Cpi\ periodoj}}{Consumo\ LB_{Cpi\ periodoj}} \right) \quad (3.2)$$

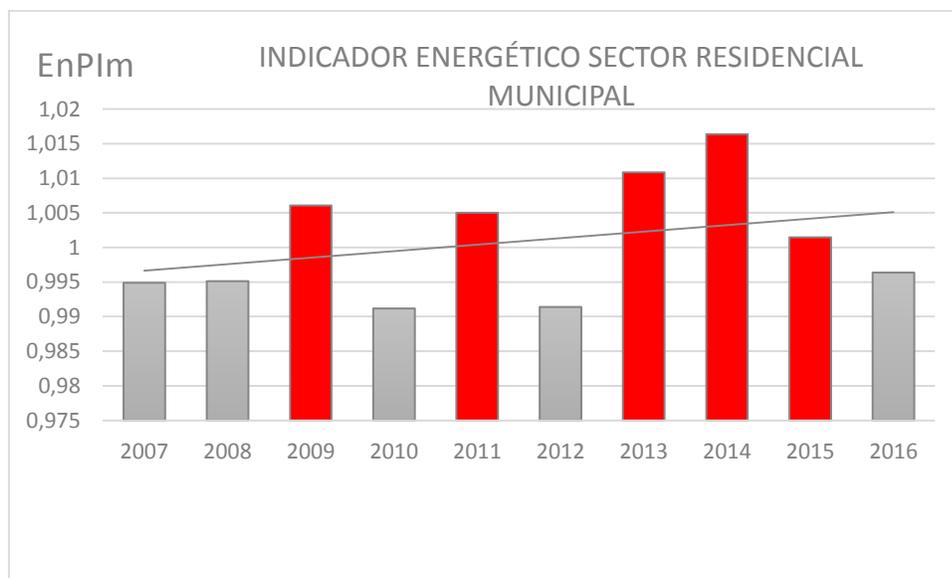
Donde:

$EnPI_m$ : índice energético municipal

El rango de decisión de  $EnPI_{Cpi}$  y  $EnPI_m$  según sus resultados, se muestra en la Tabla 2.10 del subepígrafe 2.3.5. Se procede a calcular el  $EnPI_m$  para el municipio de Cienfuegos, considerando el consumo real determinado por las mediciones del consumo de energía eléctrica en el sector residencial realizado por la OBE en el municipio de Cienfuegos y el pronóstico por la redes neuronales artificiales propuestas por Cabello (2018), dando como resultado que el periodo 2007- 2016 un comportamiento deficiente para el indicador, así para los años 2009, 2011, 2013, 2014 y 2015, siendo el año peor el 2014 ( ver Tabla 3.2 y Figura 3.2).

**Tabla 3.2:** Análisis de EnPi para el municipio de Cienfuegos en el periodo 2007- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

Año	EnPI <sub>m</sub>	Decisión
2007	0.99489264	Óptimo
2008	0.99512666	Óptimo
2009	1.00608155	Deficiente
2010	0.99117675	Óptimo
2011	1.00501689	Deficiente
2012	0.9913978	Óptimo
2013	1.01087408	Deficiente
2014	1.01636544	Deficiente
2015	1.001486	Deficiente
2016	0.99636618	Óptimo
<b>2011-2016</b>	<b>1.00122268</b>	<b>Deficiente</b>



**Figura 3.2:** EnPi para el municipio de Cienfuegos en el periodo 2007- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

El siguiente análisis que se procede para periodo 2011-2016, es en función de establecer si existe control estadístico, estabilidad y si el  $EnPI_m$  es capaz de cumplir con la especificación mínima de Aceptable (Tabla 2.10), donde  $EnPI_m = 1$ .

- Análisis de normalidad: A través de Pruebas de Normalidad y Bondad-de-Ajuste.

### Pruebas de Normalidad para $EnPI_m$

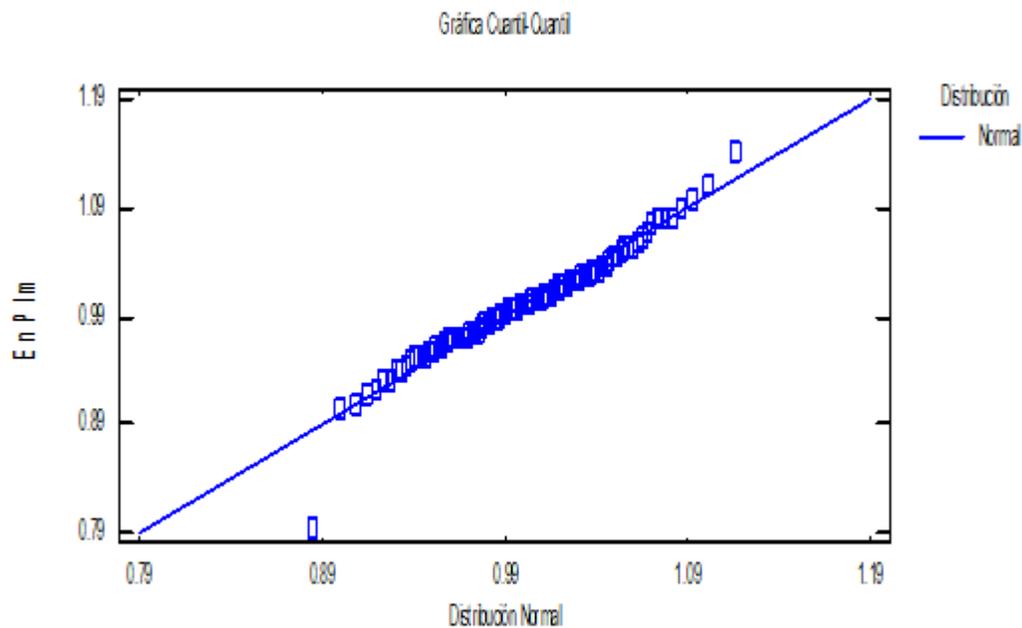
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.980093	0.479125

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para $EnPI_m$

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal
DMAS	0.0586517
DMENOS	0.0600325
DN	0.0600325
Valor-P	0.780111

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas con anterioridad es mayor que 0.05, no se puede rechazar la idea de que  $EnPI_m$  proviene de una distribución normal con 95% de confianza. Tal como se muestra en la gráfica Cuantil-Cuantil (Figura 3.3).



**Figura 3.3:** Gráfica Cuantil-Cuantil para  $EnPI_m$  para el municipio de Cienfuegos en el periodo 2007- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

Procediendo a realizar la comparación de distribuciones alternas, de acuerdo con el estadístico log verosimilitud, la distribución de mejor ajuste para  $EnPI_m$  es la distribución logística, según Tabla 3.3.

**Tabla 3.3:** Comparación de Distribuciones Alternas para  $EnPI_m$  en el periodo 2007- 2016.

**Fuente:** Elaboración propia.

Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	KS D
Logística	2	204.486	0.0316978
Loglogística	2	204.081	0.0335046
Laplace	2	203.996	0.0561825
Normal	2	199.634	0.0600325
Gamma	2	198.65	0.0633506
Lognormal	2	198.02	0.0666017
Birnbaum-Saunders	2	197.978	0.0658987
Gaussiana Inversa	2	197.977	0.0659003
Weibull	2	191.899	0.104491
Valor Extremo Más Chico	2	188.782	0.113387
Valor Extremo Más Grande	2	171.767	0.13918
Uniforme	2	126.905	0.360479
Exponencial	1	-120.061	0.585862
Pareto	1	-1.2E11	3.63814E103

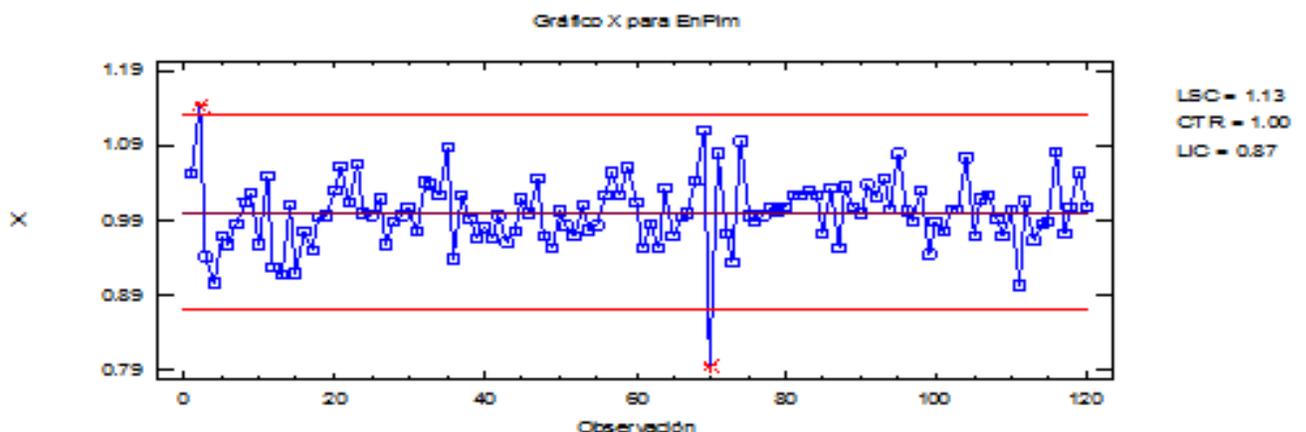
Con una pruebas Bondad-de-Ajuste para  $EnPI_m$  para la Distribución Logística, con un valor-P s mayor que 0.05, según se muestra a continuación.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Distribución Logística
DPLUS	0.0316978
DMINUS	0.0297651
DN	0.0316978
Valor-P	0.99974

- Análisis de control estadístico y estabilidad.

Para comprobar control estadístico y estabilidad se utilizan los gráficos de control para valores individuales, pues aunque son 120 observaciones esto provienen de datos mensuales. En la Figura 3.4 se muestra ese análisis



**Figura 3.4:** Gráfico de control para valores individuales para EnPi para el municipio de Cienfuegos en el periodo 2007- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

Los datos se encuentran en control estadístico, solo se observan dos puntos especiales uno por encima del límite superior de control (LSC) que corresponde al mes de febrero 2007 con un valor de  $EnPI_m = 1.142$  y uno de debajo de límite inferior de control (LIC) con un valor de  $EnPI_m = 0.795$ . Procediéndose a determinar la estabilidad de  $EnPI_m$  mediante el índice de inestabilidad ( $S_i$ )

$$St = \frac{\text{puntos especiales}}{\text{puntos totales}} \times 100$$

$$St = \frac{2}{120} \times 100$$

1.66 %

Según el criterio de Gutiérrez y de la Vara (2004) la estabilidad es buena pues se encuentra en el rango de 0 y 2 %.

- Análisis de Capacidad para  $EnPI_m$

En el análisis de Capacidad para  $EnPI_m$ , considerando como la especificación mínima a cumplir de Aceptable (Tabla 2.10), donde  $EnPI_m = 1$ , se obtienen los siguientes resultados.

Índices de Capacidad para  $EnPI_m$

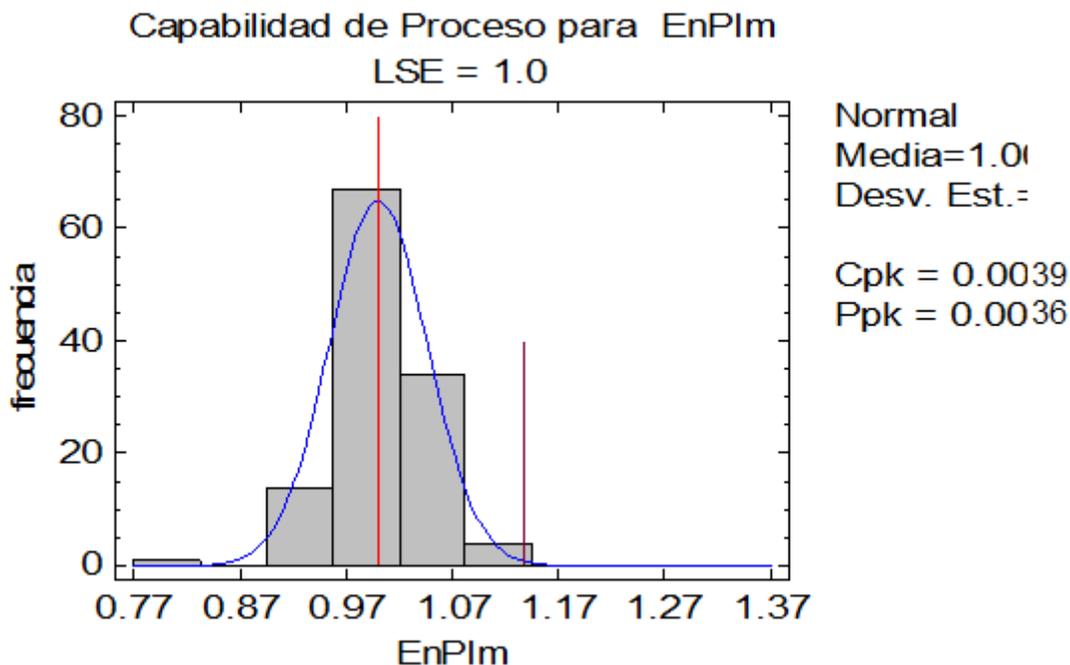
Especificaciones

LSE = 1.0

	Capacidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0.0435076	0.0460333
Cpk/Ppk	-0.00390228	-0.00368818
DPM	504673.	504417.

Los  $EnPI_m$  en el periodo 2007- 2016, no son capaces de cumplir con la especificación inferior lo cual se corrobora con el valor del índice de capacidad real del proceso, el cual es inferior a 1.25

que es el que se considera adecuado según Gutiérrez & De la Vara (2007), para una sola especificación (ver Figura 3.5).



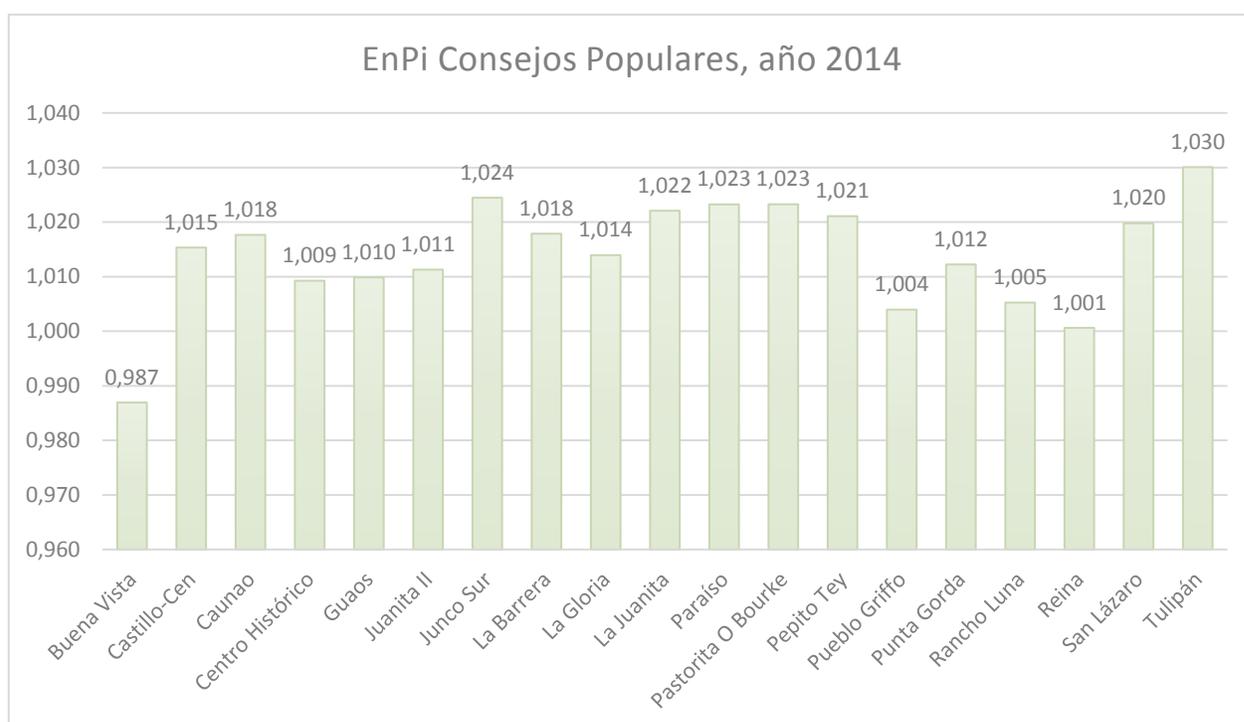
**Figura 3.5:** Análisis de capacidad para EnPi para el municipio de Cienfuegos en el periodo 2007- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

Debido los análisis anteriores se procede a realizar el análisis para el año 2014(peor año  $EnPI_m$ ) y 2016 (año eficiente más cercano) por Consejo Popular. En las tablas 3.4, 3.5 y Figura 3.6 y 3.7 se muestran los resultados.

**Tabla 3.4:** Análisis de EnPi por Consejo Popular año 2014. **Fuente:** Elaboración propia.

No	Consejo Popular	EnPi 2014
1.000	Buena Vista	0.987
2.000	Castillo-Cen	1.015
3.000	Caunao	1.018
4.000	Centro Histórico	1.009
5.000	Guaos	1.010
6.000	Juanita II	1.011
7.000	Junco Sur	1.024
8.000	La Barrera	1.018
9.000	La Gloria	1.014

10.000	La Juanita	1.022
11.000	Paraíso	1.023
12.000	Pastorita O Bourke	1.023
13.000	Pepito Tey	1.021
14.000	Pueblo Griffó	1.004
15.000	Punta Gorda	1.012
16.000	Rancho Luna	1.005
17.000	Reina	1.001
18.000	San Lázaro	1.020
19.000	Tulipán	1.030



**Figura 3.6:** EnPi por Consejo Popular año 2014. **Fuente:** Elaboración propia.

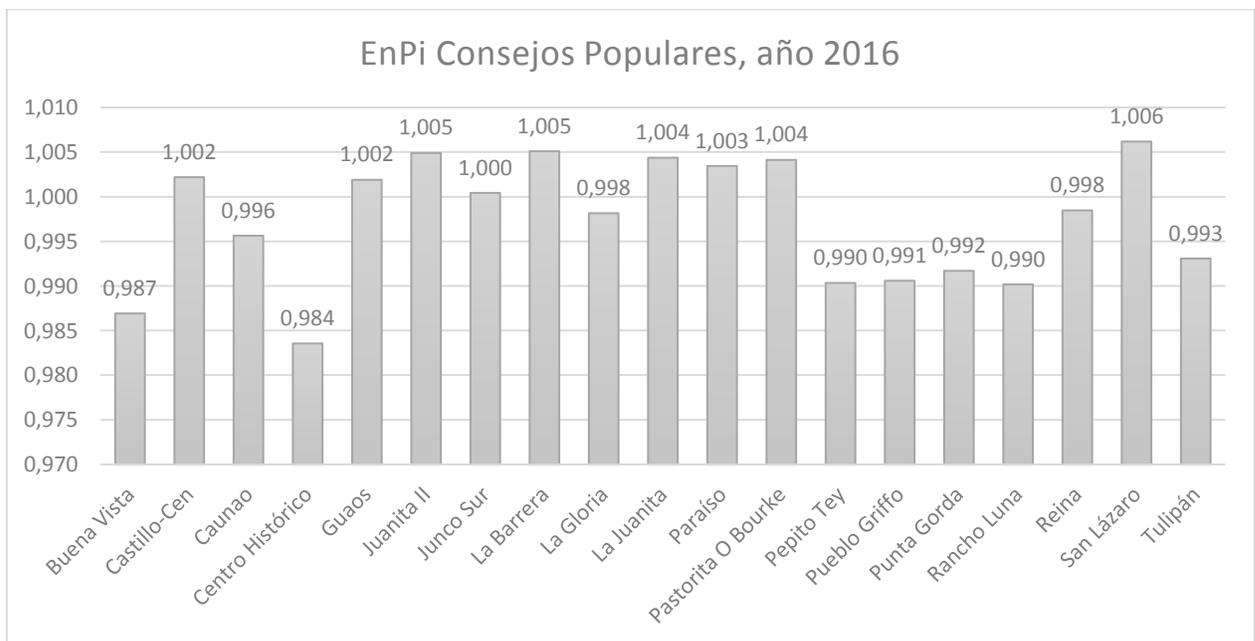
Del análisis siguiente se concluye que en el año 2014, ningún Consejo Popular a excepción de Buena Vista cumple con el pronóstico.

A continuación se muestran los resultados para año 2016.

**Tabla 3.5:** Análisis de EnPi por Consejo Popular año 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

No	Consejo Popular	EnPi 2016
----	-----------------	-----------

1.000	Buena Vista	0.987
2.000	Castillo-Cen	1.002
3.000	Caunao	0.996
4.000	Centro Histórico	0.984
5.000	Guaos	1.002
6.000	Juanita II	1.005
7.000	Junco Sur	1.000
8.000	La Barrera	1.005
9.000	La Gloria	0.998
10.000	La Juanita	1.004
11.000	Paraíso	1.003
12.000	Pastorita O Bourke	1.004
13.000	Pepito Tey	0.990
14.000	Pueblo Grippo	0.991
15.000	Punta Gorda	0.992
16.000	Rancho Luna	0.990
17.000	Reina	0.998
18.000	San Lázaro	1.006
19.000	Tulipán	0.993



**Figura 3.7:** EnPi por Consejo Popular año 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

En el análisis 2016 el 50 % de los Consejos Populares del municipio cumple con el pronóstico de consumo de energía eléctrica para el sector residencial, por lo que ese año a nivel municipal es Óptimo. Sin embargo este indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal (*EnPI<sub>m</sub>*) no considera la relación del consumo de energía con la calidad de vida de la población del municipio de Cienfuegos.

### 3.3.2 Análisis, selección y diseño de la solución

Después de realizado todo el análisis anterior los expertos proponen aplicar el método propuesto Liu, Chen y Yin (2016), para la determinación de un Índice de eficiencia energética municipal, teniendo en cuenta los criterios de Estiri (2014), Nie y Kemp (2014) y Xu y Ang (2014) y las condiciones cubanas (Correa et al., 2018).

- Método para la determinación del Índice de eficiencia energética municipal para Cuba

El método para la determinación del Índice de eficiencia energética municipal (IEEM) para los municipios cubanos, será a través del método propuesto por Liu, Chen y Yin (2016) aplicado en la provincia de Nagasaki, Japón; con adaptaciones a las condiciones cubanas. El método propuesto por Liu, Chen y Yin (2016) consta de cinco pasos (1) Subsidio, costo e ingreso, (2) Calidad de vida y utilidad, (3) Demanda de bienes, (4) Consumo de energía y (5) Eficiencia energética, para las condiciones cubanas se consideraran cuatro pasos los que se detallan a continuación:

Paso1: Clasificación de los consumos de energía de la población

En este paso se procede a clasificar el comportamiento de los consumos de energía de la población del municipio en:

- Energía consumida en bienes movibles: incluye la energía consumida en el transporte público, para el caso de los municipios cubanos no se considera el transporte privado debido a que la captación de esta información no se realiza en estadística e información en el país.
- Energía consumida en bienes no-movibles: incluye la energía consumida en el sector residencial en la iluminación, cocción de alimentos (energía eléctrica, gas licuado de petróleo, queroseno, alcohol desnaturalizado) (Correa et al., 2018), ventiladores, aires acondicionados, electrodomésticos de cocina (refrigerador, microware), televisión, y otros electrodomésticos del hogar como computadora, teléfono móvil, etc. (Estiri, 2014; Nie y Kemp; 2014 ;Xu y Ang, 2014).

## Paso 2: Calidad de vida urbana

Liu, Chen y Yin (2016) plantean que la calidad de vida indica el bienestar de los individuos y la sociedad, existiendo varios índices para cuantificarlos. En Cuba Covas (2013) propone el Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU) para las ciudades de primer nivel en Cuba, que puede ser aplicado a otras ciudades en este caso municipios (Cabello et al., 2013); pues la información que sirve de base de cálculo provienen del Anuario Estadístico Municipal. El ICVU propuesto por Covas (2013) posee cuatro dimensiones: (1) Dimensión Social, (2) Dimensión Económica, (3) Dimensión Infraestructura Urbana y (4) Dimensión Ambiental (Cabello et al., 2013) y será la base de cálculo para el IEEM en Cuba.

## Paso 3: Consumo de energía

El consumo de energía de individual por municipio es calculado sobre la base de la energía consumida por la población en bienes movibles y no movibles, en toneladas equivalentes de petróleo (tep) por lo que se hace necesario trabajar con los factores de conversión (fc) de los portadores energéticos seleccionados. Mediante la ecuación (1):

Ecuación (1):

$$E_i = \sum_{i=1}^n E \text{ bienes movibles} + \sum_{i=1}^n E \text{ bienes no - movibles}$$

donde:

$E_i$ : Consumo de energía la población en bienes movibles y no-móviles en el municipio i.

$\sum_{i=1}^n E \text{ bienes movibles}$ : Suma del consumo de energía la población en bienes movibles.

$\sum_{i=1}^n E \text{ bienes no - movibles}$ : Suma del consumo de energía la población en bienes no-movibles.

## Paso 4: Eficiencia energética

IEEM es el Índice de eficiencia energética municipal introduciéndose en la ecuación (2).

Ecuación (2):

$$IEEM_i = \frac{ICVU_i}{E_i}$$

donde :

$IEEM_i$ : Índice de eficiencia energética municipal para el municipio i.

$ICVU_i$ : Índice de calidad de vida urbana para el municipio i.

$E_i$ : Consumo de energía la población en bienes muebles y no muebles en el municipio i.

Mientras mayor sea el valor del índice es mayor la eficiencia.

### 3.3.3 Implementación

En esta etapa se aplica en el municipio de Cienfuegos el método para la determinación del Índice de eficiencia energética municipal como acción de mejora.

- Aplicación del método para la determinación del Índice de eficiencia energética municipal en Cienfuegos

En este epígrafe se aplica el método para la determinación del Índice de eficiencia energética municipal en ti, procediendo como se muestra a continuación:

Paso1: Clasificación de los consumos de energía de la población

En este paso se procede a clasificar el comportamiento de los consumos de energía de la población en el municipio de Cienfuegos. La captación de información se basa en la entrada de parámetros para el diagnóstico energético local definido por Correa et al. (2016) (ver Figura 3.8) y aplicado por Campillo (2018), donde se determinaron los actores que captan y gestionan la información energética municipal, según se muestra en tabla 3.6.

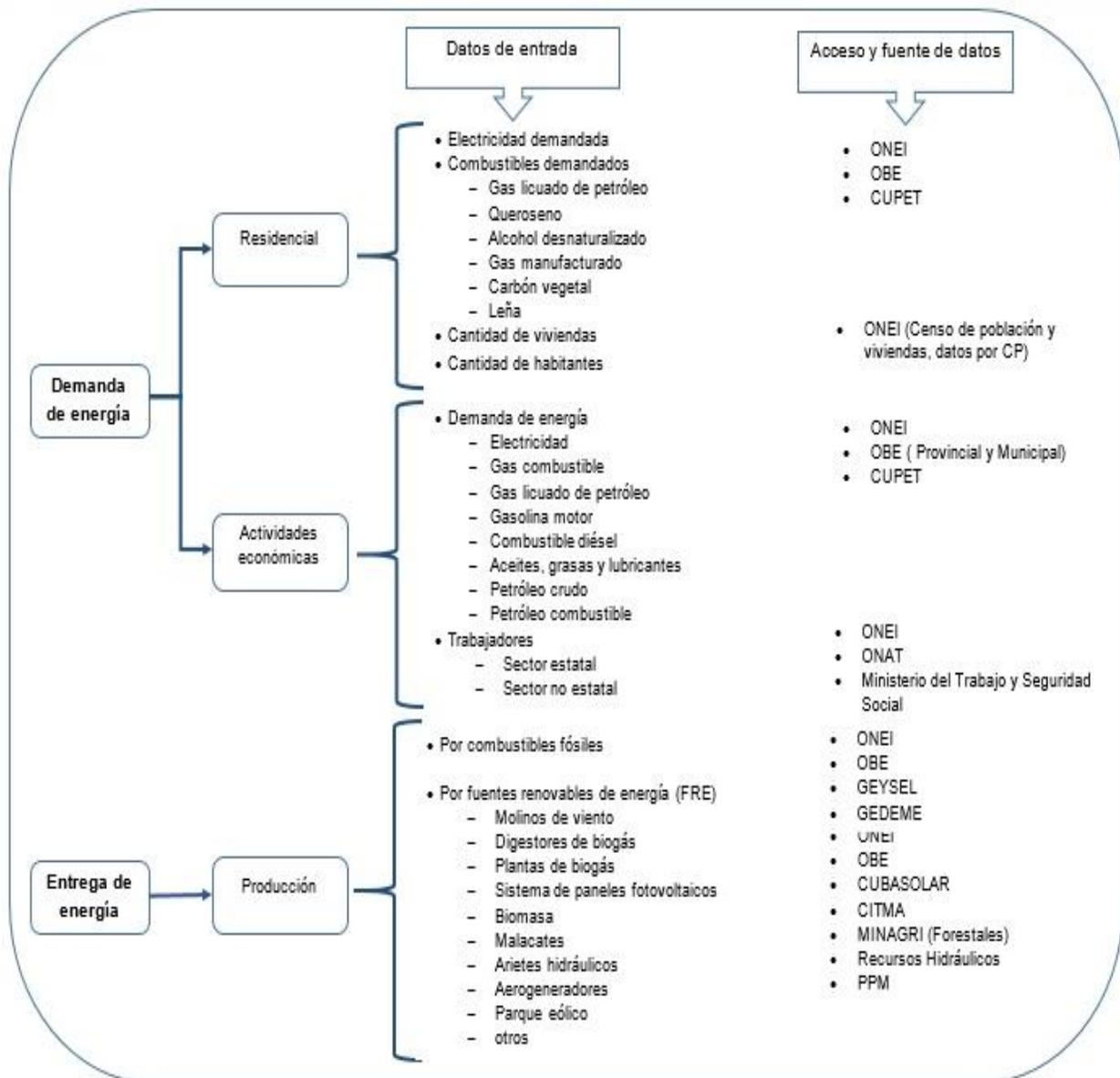
La energía consumida en bienes muebles en el municipio de Cienfuegos incluye las energías consumidas en el transporte público, referentes a los siguientes portadores energéticos:

- Combustible diesel
- Gasolina motor
- Aceites y grasas lubricantes

**Tabla 3.6:** Actores que gestionan la información referente a la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** adaptado de (Campillo, 2018)

No.	Actor			Información
1	Organización (OBE)	Básica	Eléctrica	Energía eléctrica en el sector estatal y residencial

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	Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE)	Consumo de electricidad y combustibles sector estatal.
5	Cuba Petróleo (CUPET)	Resumen de la distribución de la cuota y de la reserva del gas licuado, el queroseno y el alcohol.



**Figura 3.8:** Entrada de parámetros para el diagnóstico energético local. **Fuente:** Correa et al. (2016)

Esta información es captada de Anuario Estadístico Municipal de Cienfuegos, Energía consumida en bienes no-movibles: incluye la energía consumida en el sector residencial en la iluminación, cocción de alimentos (energía eléctrica, gas licuado de petróleo, queroseno, alcohol desnaturalizado), ventiladores, aires acondicionados, electrodomésticos de cocina (refrigerador, microware), televisión, y otros electrodomésticos del hogar como computadora, teléfono móvil, etc.

Paso 2: Calidad de vida urbana

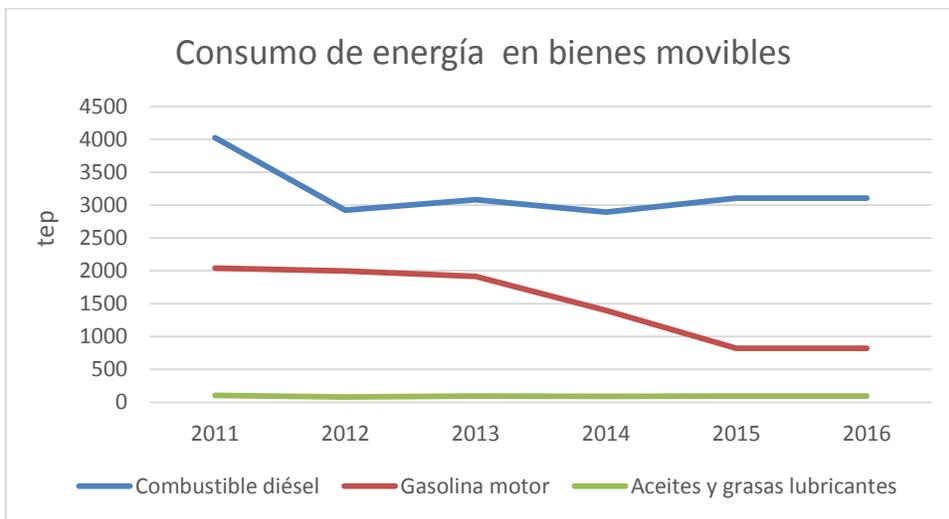
En este paso se considera el medidor Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU) propuesto por Covas (2013), y facilitado por su autora en esta investigación se trabajara con los resultados facilitados por ella, pero que no serán publicados.

Paso 3: Consumo de energía

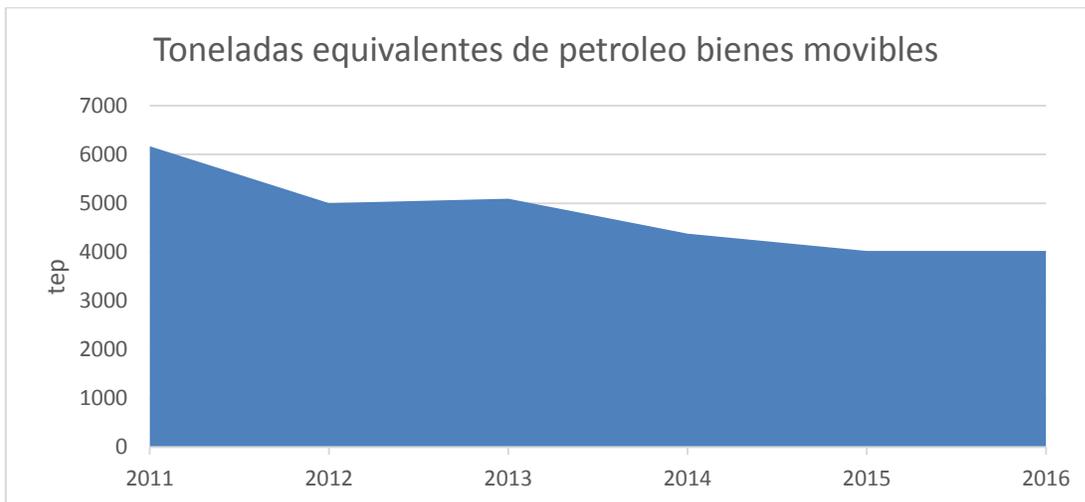
El consumo de energía de individual por municipio es calculado sobre la base de la energía consumida por la población en bienes movibles y no movibles, en toneladas equivalentes de petróleo (tep) por lo que se hace necesario trabajar con los factores de conversión (fc) de los portadores energéticos seleccionados.

- Consumo de energía bienes movibles: para el municipio de Cienfuegos se considera los portadores energéticos que se utilizan en el transporte público, como son:
  1. Combustible diésel.
  2. Gasolina motor.
  3. Aceites y grasas lubricantes.

El análisis para estos portadores se muestra en las figuras 3.9 y 3.10.



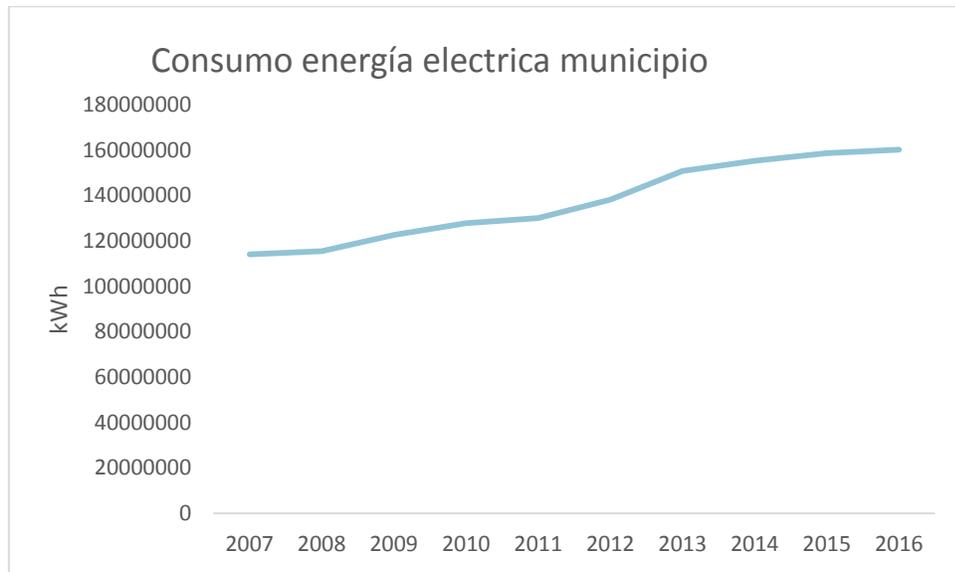
**Figura 3.9:** Consumo de energía en bienes movibles municipio Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



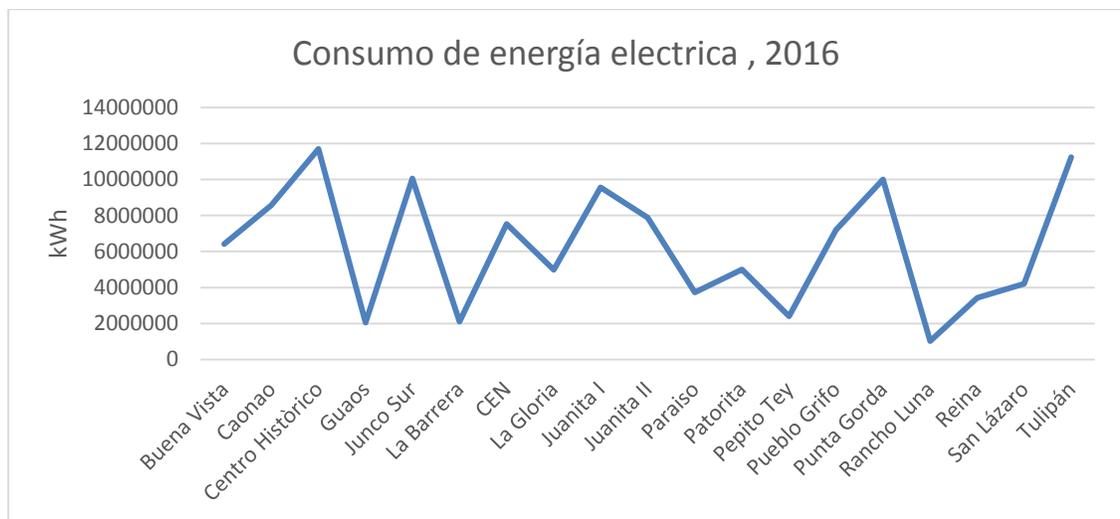
**Figura 3.10:** Toneladas equivalente de petróleo en bienes movibles municipio Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Consumo de energía bienes no- movibles: para el municipio de Cienfuegos se considera la energía eléctrica, gas licuado de petróleo, queroseno, alcohol desnaturalizado utilizado en el sector residencial.

1. Energía eléctrica: El consumo de energía eléctrica en el sector residencial en el municipio tiene una tendencia a aumentar debido a que en el mismo se encuentra insertado el sector no estatal como casas de renta, restaurantes y otras actividades autorizadas que demandan energía eléctrica.



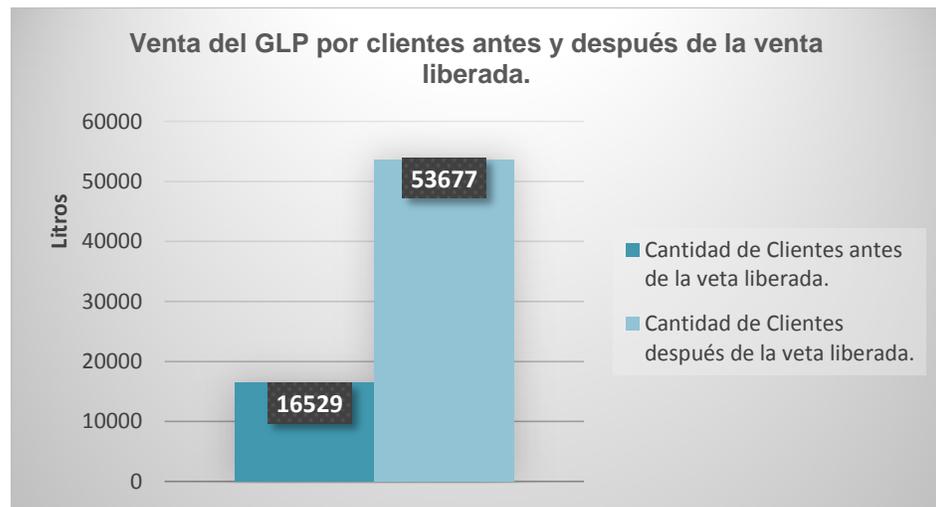
**Figura 3.11:** Consumo de energía eléctrica sector residencial municipio Cienfuegos, periodo 2007- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.12:** Consumo de energía eléctrica Consejo Popular sector residencial municipio Cienfuegos, 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

2. Gas licuado de petróleo: El gas licuado en el municipio de Cienfuegos hasta mayo de 2017 para el sector residencial era por asignación, representando el número de clientes solo el 29% del total de las viviendas. A partir de junio de este mismo año cambia la estructura de consumo en cumplimiento a la política energética del país declarada en el año 2014 cuando se inicia la venta liberada del GLP en el municipio de Cienfuegos. En las figuras 3.13 y 3.14 se puede apreciar el incremento considerable de

las ventas por clientes y del consumo promedio mensual de este portador posterior a su liberación.

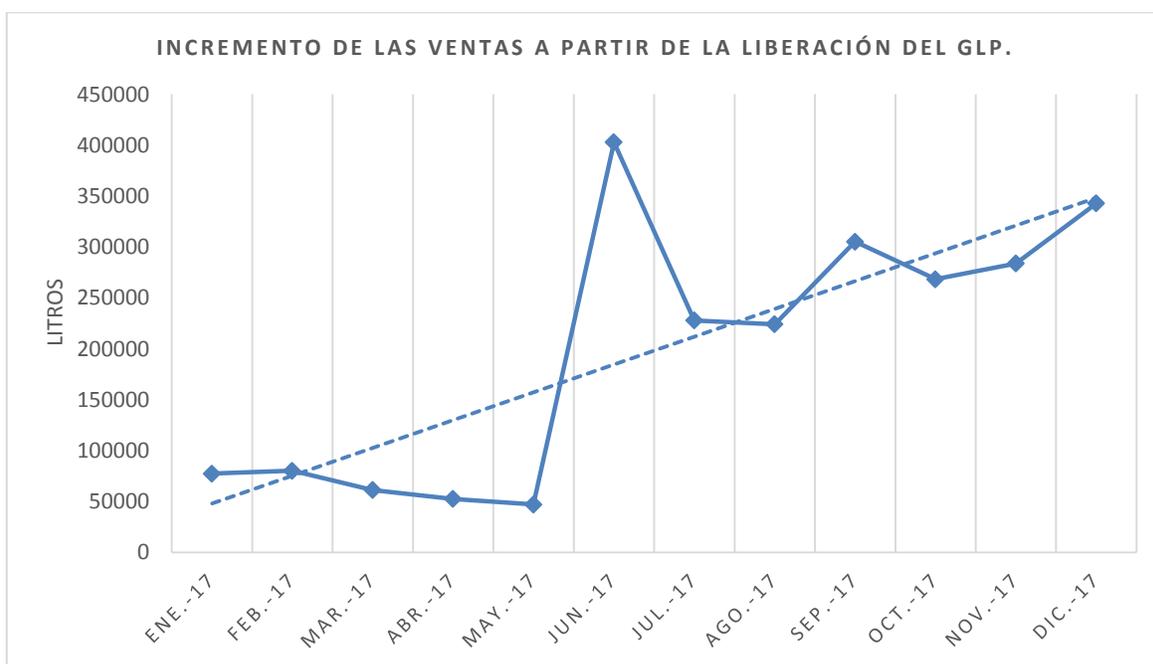


**Figuras 3.13:** Incremento de la venta del GLP por clientes después de la aprobación de la venta liberada. **Fuente:** (Campillo, 2018)



**Figuras 3.14:** Incremento de la venta del GLP por consumo promedio mensual después de la aprobación de venta liberada. **Fuente:** (Campillo, 2018).

Se puede observar como luego de la venta liberada el número de clientes y el consumo promedio mensual del GLP aumentan significativamente, incrementándose el primer indicador a 53 677 clientes y el segundo a 298 204 litros. En la figura 3.15 se muestra el incremento de las ventas mensuales a partir de la liberación del GLP en el mes de junio del año 2017.



**Figura 3.15:** Incremento de las ventas mensuales a partir de la liberación del GLP. **Fuente:** (Campillo, 2018).

A pesar del cambio de estructura aún no existen datos estadísticos que le permitan al gobierno local tomar decisiones sobre este portador energético, el análisis será relevante a partir del año 2018, aunque se puede decir que a partir de la venta liberada existe un incremento al 94% del consumo del GLP según número de clientes y cantidad de viviendas en el municipio de Cienfuegos.

3. Queroseno y alcohol desnaturalizado: El alcohol y el queroseno se distribuyen a la población a través de las 132 bodegas del municipio de Cienfuegos mediante la distribución y reserva. La reserva se les entrega a los núcleos que poseen módulo de cocción eléctrico una o dos veces al año, mientras que la distribución se les entrega a los núcleos que no poseen servicio eléctrico y también a los que no reciben el módulo de cocción eléctrico, a estos le corresponde mensualmente. ( ver Tablas 3.7 y 3.8

**Tabla 3.7:** Cantidad de bodegas por consejo popular del municipio de Cienfuegos y la distribución y reserva de alcohol y queroseno por consejo popular en el año 2016. **Fuente:** (Campillo, 2018).

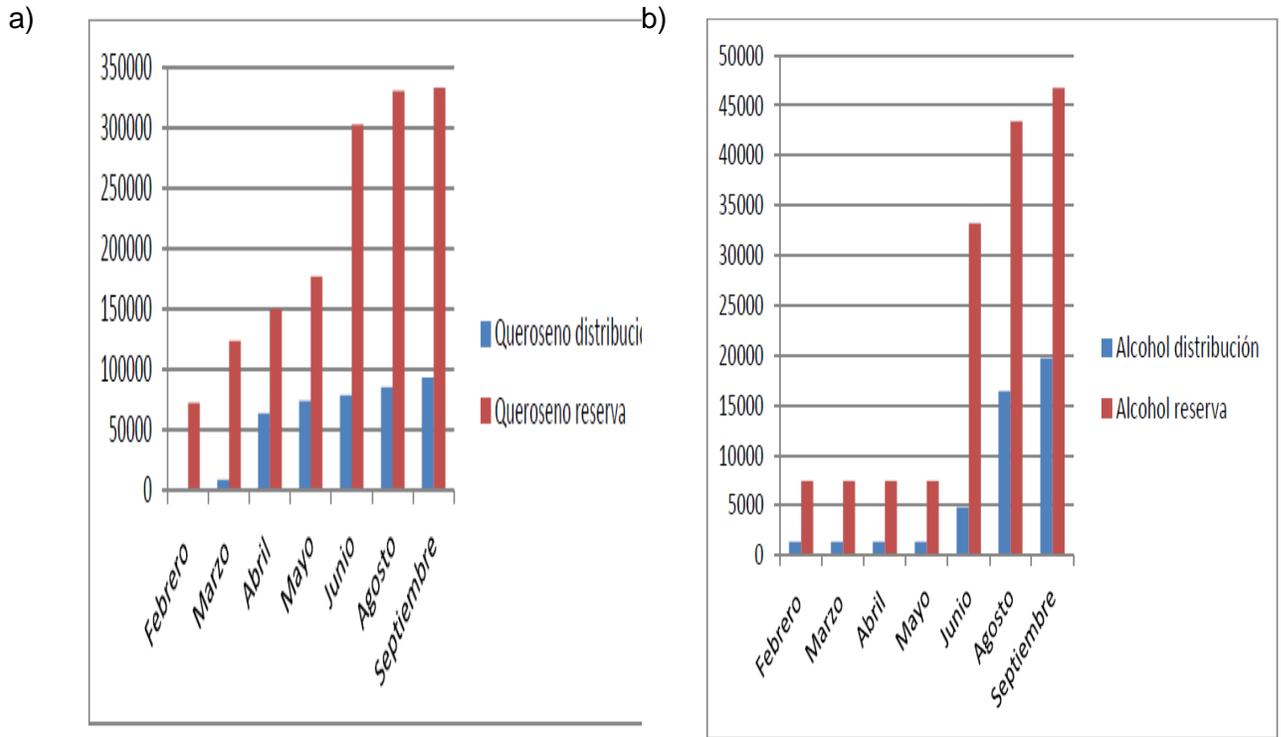
Consejo Popular	Cantidad de bodegas	Queroseno Cuota m <sup>3</sup>	Alcohol Cuota m <sup>3</sup>	Queroseno Reserva m <sup>3</sup>	Alcohol Reserva m <sup>3</sup>
La Barrera	6	32825	2216	88524	2760
Buena Vista	6	57310	1960	96653	4826
Centro Histórico	9	6540	288	78634	10572

Reina	5	3240	144	34290	0
Caonao	7	27154	1200	121309	13270
Castillo- CEN	5	17568	2088	169414	23082
Guaos	4	43784	12470	73133	9030
Juanita I	9	25762	6418	71970	1019
Juanita II	9	21002	1248	60106	13753
Junco Sur	4	14185	1396	103742	22617
La Gloria	14	16596	0	89710	6870
Pueblo Griffó	5	7500	864	70860	9343
Paraíso	8	55398	8434	67337	6948
Pastorita- O´Bourke	3	10830	916	20111	4458
Pepito Tey	6	10822	768	76531	5062
Punta Gorda	10	9994	554	67919	3690
Rancho Luna	5	9972	1152	31510	2356
San Lázaro	10	21758	3080	107889	6964
Tulipán	7	11820	1104	59103	6354

**Tabla 3.8:** Distribución real de alcohol y queroseno en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Campillo, 2018).

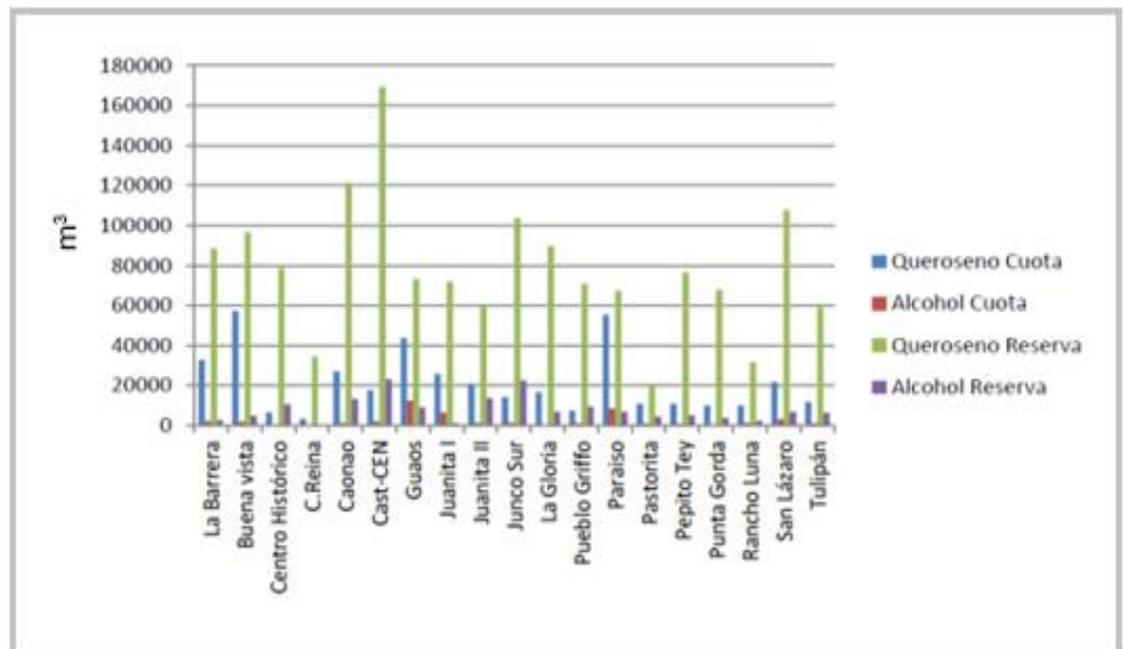
Distribución Real	Queroseno Cuota m <sup>3</sup>	Alcohol Cuota m <sup>3</sup>	Queroseno Reserva m <sup>3</sup>	Alcohol Reserva m <sup>3</sup>
Febrero	0	1340	72529	7428
Marzo	8518	1340	123427	7428
Abril	63613	22890	149853	7428
Mayo	74534	22890	176875	7428
Junio	78509	4794	302656	33226
Agosto	85328	22890	330417	43436
Septiembre	93558	22890	332979	46780
<b>Total Año</b>	<b>404060</b>	<b>99034</b>	<b>1488735</b>	<b>153154</b>

Durante el año 2016 incrementa la distribución de la cuota y de la reserva del queroseno y el alcohol en el municipio de Cienfuegos, mostrándose en la figura 3.16 (a y b) respectivamente.



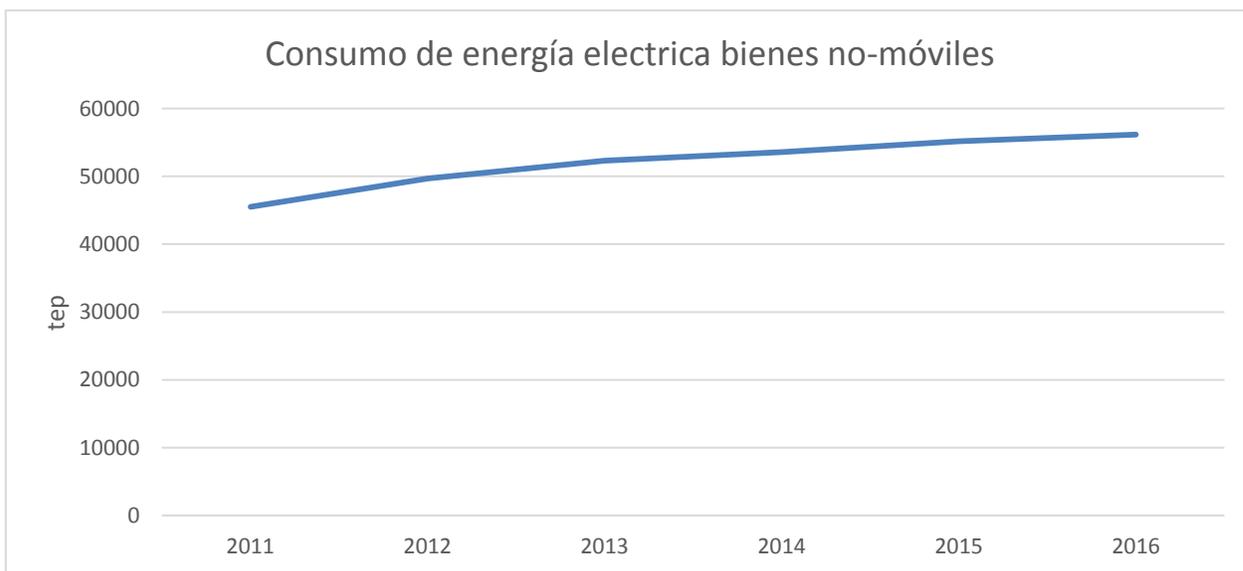
**Figura 3.16:** Distribución y reserva del queroseno (a) y el alcohol (b) en el año 2016. **Fuente:** (Campillo, 2018).

En los 19 CP del municipio de Cienfuegos se distribuye alcohol y queroseno por cuota y reserva, en la figura 3.17 se denota la venta de estos portadores energéticos y su consumo en m<sup>3</sup>.



**Figura 3.17:** Distribución y reserva de alcohol y queroseno en los diferentes consejos populares en el municipio de Cienfuegos en el año 2016. **Fuente:** (Campillo, 2018).

Se procede a establecer las tep en bienes no-movibles para la población del municipio de Cienfuegos como se muestran en las Figuras 3.18 y 3.19, para energía eléctrica, queroseno y alcohol, respectivamente.

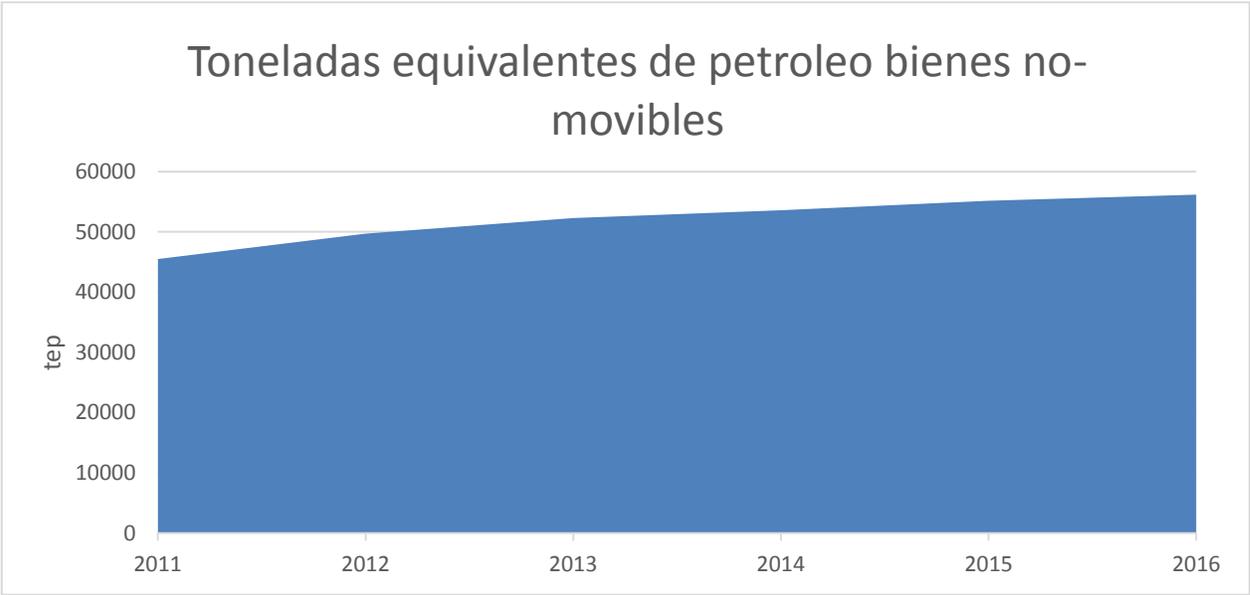


**Figura 3.18:** Consumo de energía eléctrica en bienes movibles municipio Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 3.19:** Consumo de queroseno y alcohol en bienes movibles municipio Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 3.20 se muestra las toneladas equivalentes de petróleo en bienes movibles para la población del municipio Cienfuegos.

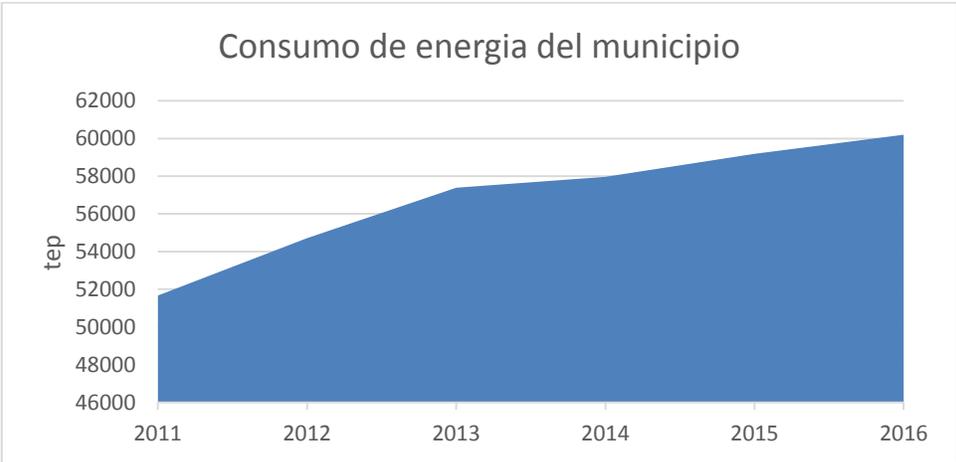


**Figura 3.20:** Toneladas equivalente de petróleo en bienes movibles municipio Cienfuegos.  
**Fuente:** Elaboración propia.

La energía consumida en el municipio representa la suma de consumo de energía en bienes movibles y no movibles, según la siguiente ecuación:

$$E_i = \sum_{i=1}^n E \text{ bienes móviles} + \sum_{i=1}^n E \text{ bienes no - móviles}$$

Calculándose el consumo de energía en el municipio para el periodo 2011- 2016, como se observa en la Figura 3.21.



**Figura 3.21:** Consumo de energía en el municipio de Cienfuegos para el periodo 2011- 2016.

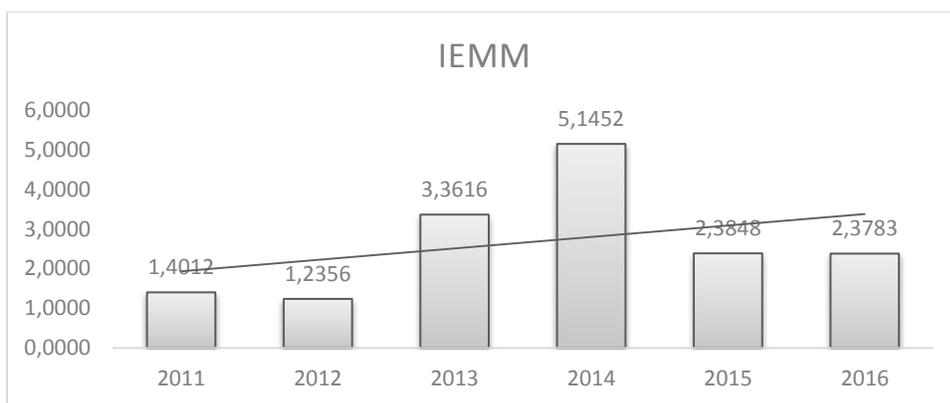
**Fuente:** Elaboración propia.

Paso 4: Eficiencia energética

IEEM es el Índice de eficiencia energética municipal a través de la ecuación.

$$IEEM_i = \frac{ICVU_i}{E_i}$$

Se calcula el IEEM para el municipio en el periodo 2011- 2016, como se observa en la Figura 3.22.



**Figura 3.22:** IEEM para el municipio en el periodo 2011- 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

Dando como resultado que el año de mejor aprovechamiento de la energía consumida por la población en el municipio de Cienfuegos el 2014.

# *Conclusiones Generales*

## Conclusiones generales

Al término de la investigación se arriban a las siguientes conclusiones:

1. Los indicadores energéticos denotan el comportamiento del consumo de energía de una región, país o a nivel local, en Cuba los indicadores energéticos no denotan el comportamiento del consumo de energía a nivel local y menos en los Consejos Populares que componen los municipios.
2. El indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal (*EnPI<sub>m</sub>*) en el periodo 2007- 2016 resulta deficiente, sin embargo en el año 2016 se observa el mejor comportamiento más cercano, dado a que indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial por consejo popular (*EnPI<sub>cpi</sub>*) el 50% de los Consejos Populares del municipio cumple con el pronóstico de consumo de energía eléctrica para el sector residencial. No obstante este indicador *EnPI<sub>m</sub>* no considera la relación consumo de energía con calidad vida de la población del municipio de Cienfuegos.
3. La propuesta del índice de eficiencia energética municipal (IEEM), permite al gobierno local medir el desempeño energético de municipio relacionado con la calidad de vida de sus residentes, compararlo con años precedentes y tomar decisiones respecto al desarrollo del municipio.

# *Recomendaciones*

## Recomendaciones

Se recomienda:

1. Incorporar el indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal ( $EnPI_m$ ), el indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial por consejo popular ( $EnPI_{Cpi}$ ) y Índice de eficiencia energética municipal ( $IEEM$ ), en la Estrategia de Desarrollo Económico y Municipal (EDESME) del municipio de Cienfuegos.
2. Continuar con la evaluación sistemática de los indicadores e índice propuestos en la investigación.

# *Bibliografía*

## Bibliografía

- Aceituno, D. S. (2011). Eficiencia energética en el sector industrial. Leganés. España
- Agüero, O. (2016). Procedimiento para el diagnóstico energético de los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares, Cen y Rancho Luna. Trabajo de Diploma Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- AIE. (2015). Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. Paris: IEA PUBLICATIONS.
- Antunes, P., Carreira, P., & da Silva, M. (2014). Towards an energy management maturity model 73. Energy policy.
- Aureliano, G. (2016). Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Buena Vista, Tulipán y La Barrera. 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.
- Bhattacharyya, S. (2012). Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis. Energy for Sustainable Development, 16, 260-271.
- Bird, S., & et\_al. (2014). Distributed (green) data centers: A new concept for energy, computing, and telecommunications. Energy for Sustainable Development.
- Bofill, S. (2010). Modelo general para contribuir al desarrollo local, basado en el conocimiento y la innovación. Caso Yaguajay. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial.
- Borroto, A. (2006). Gestión y economía energética. Cienfuegos: Universo Sur.
- Brandoni, C., & Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. Energy.
- Bruckner, T., & et\_al. (1997). Competition and technologies synergy in municipal between energy systems.
- Butera, F. (1998). Moving towards municipal energy planning - the case of Palermo: the importance of non-technical issues.
- Cabello Eras, J; Covas Varela, D; Hernández Pérez, G; Sagastume Gutiérrez, A; García Lorenzo, D; Vandecasteele, C; Hens, L (2013). Comparative study of the urban quality of life in Cuban first-level cities from an objective dimension. Environment, Development and Sustainability. A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development. ISSN 1387-585X. DOI 10.1007/s10668-013-9470-0
- Cabello, J., & et\_al. (2015). Bridging universities and industry through cleaner production activities. Experiences.
- Camejo, J. (2012). Indicadores de gestión que son y cómo usarlo. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/indicadores-de-gestion-que-son-y-por-que-usarlos/>.

- Campillo, E., (2018). Diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos. TESIS
- Cantero, A. (2016). Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina Trabajo de Diploma Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Caño, M. (2004). Cuba, desarrollo local en los 90. Compilación Fuentes Ruiz, R. Márquez, M. Desarrollo Humano Local. La Habana, Cuba: Cátedra UNESCO de desarrollo sostenible, Universidad de la Habana.
- Castro, N. (2008). La gestión integrada de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente como dinamizadora del desarrollo local en el vínculo universidad-empresa. Revista Ciencia y Sociedad INTEC Rep. Domin. XXXIII 2, 275–280.
- Castro, N. (2008). La gestión integrada de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente como dinamizadora del desarrollo local en el vínculo universidad-empresa. Revista Ciencia y Sociedad INTEC Rep. Domin. XXXIII 2, 275–280.
- Castro, N. (2015). Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Castro, N. & Agüero, F. . (2008). Gestión del conocimiento, desarrollo sostenible y la relación universidad–empresa. Multiciencias Venezuela, 8 3, 307–314.
- Castro, N. & Rajadel, O. N. (2015). El desarrollo local, la gestión de gobierno y los sistemas de innovación. Revista Universidad y Sociedad Cuba, 7 2, 69–78.
- Castro, N. Socorro, A., González, E., Márquez, M., & Cruz, A. (2013b). Sistema de innovación municipal. Aguada de Pasajeros. Revista Nueva Empresa, 9 3, 72–77
- Castro, N.Socorro, A., Nieblas, L., & Tartabull, Y. (2014). Los sistemas locales de innovación y la integración de la gestión en el desarrollo local. Universidad, conocimiento, innovación y desarrollo local. Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana, 389–403.
- Correa Soto, J. Cabello Eras, J.J Nogueira Rivera, D. Haeseldonckx, D. Sagastume Gutierrez, A and Luis Felipe Silva de Oliveira, L.F. (2018).Municipal Energy Management Model for Cuban First Level Municipalities/Journal of Engineering Science and Technology Review 11 6 1 - 6
- Correa, J., & et\_al. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011.
- Covas Varela, D (2013). Estudio de la Calidad de Vida Urbana en Ciudades de Tipo I en Cuba. Tesis Maestría, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Díaz, M. (2019). Mejora de la Gestión Energética Municipal de Cienfuegos.
- Diputación de Barcelona. (2012). Indicadores de gestión deservicios municipales. Guía de interpretación. Barcelona: DRG.
- Draw, P. (2012). The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution.
- Estiri, H.(2014. Building and household X-factors and energy consumption at the residential sector. A structural equation analysis of the effect s of household and building

characteristics on the annual energy consumption of US residential building. *Energy Economics* 43, 178-184.

Fenton, P., & et\_al. (2016). Sustainable Energy and Climate Strategies: lessons from planning. *Journal of Cleaner Production*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.001>.

Fernández, L. (2016). Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griffó y Paraíso. Trabajo de Diploma Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

Fleming, P., & et\_al. (2004). Local and regional greenhouse gas management. *Energy Policy*.

García, J. (2006). Eficiencia energética a nivel local: Los planes de Optimización Energética Municipal (POES) en la provincia de Jaén. Sumuntán

Garofoli, G. (1986). Modelos Locales de Desarrollo en Estudios Territoriales, 22.

Garzón, H. (2013). Indicadores de gestión por procesos.

Genevieve, D., & et\_al. (2009). Community energy planning in Canada: The role of renewable.

Gómez, A. (2016). Mejora de la gestión del mantenimiento en la Universidad de Cienfuegos. Tesis de Maestría Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

González, A., & Samper, Y. (2005). iniciativa municipal para el desarrollo local: una propuesta novedosa. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas. La Habana, Cuba: Academia.

Guzón, A. (2005). Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas. La Habana, Cuba: Academia.

Haller, M., & et\_al. (2013). Dynamic whole system testing of combined renewable heating systemse. The current state of the art. *Energy Build*.

Huang, Z., & et\_al. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

ICLEI. (2011). Local Government for Sustainability. The contribution of ICT to energy efficiency: Local and regional initiatives. Regional Environmental Centre.

Inver, J. (2009). Municipal Energy Planning – Scope and Method Development“. Dissertation no.1234. Department of Management and Engineering, Division for Environmental Technology and Management, Linköping Studies in Science and Technology.

Iñiguez, L., & Ravenet Ramírez, M. (2005). Heterogeneidad territorial y desarrollo local. Reflexiones sobre el contexto cubano. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas. La Habana, Cuba: Academia.

ISO. (2011). ISO 50001: 2011. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.

ISO. (2014). ISO 50006: 2014 Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance.

- Jaramillo, J. M. (2009). Indicadores de Gestión. Herramientas para lograr la competitividad .3R Editores.
- Kialashaki, A., & Reisel, J. (2013). Modeling of the energy demand of the residential sector in the United States using regression models and artificial neural networks. Elsevier.
- Krese, G., Prek, M., & Butala, V. (2012). Analysis of building electric energy consumption. Strojnicki vestnik-Journal.
- Lazo, M. (2002). Modelo de Dirección del Desarrollo Local (MDDL) con enfoque estratégico. Experiencia en Pinar del Río. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial, Centro de Estudios deT écnicas de Dirección.
- León, C., & Miranda, L. (2006). Economía regional y desarrollo. Selección de lecturas. Editorial Félix Varela.
- Lim, E. (2012). Smart Energy Management for Small Municipalities. Strategic Energy Innovations.
- Lim, G., & et\_al. (2010). An inexact two-stage stochastic energy systems planning model for managing greenhouse gas emission at a municipal level. Recuperado de <http://www.elsevier.com/locate/energy> . DOI:10.1016/j.energy.2010.01.042
- Liu, L et al. Energy Consumption and Quality of Life: Energy Efficiency . Index Energy Procedia 88 ( 2016 ) 224 – 229
- Mateo, J. (2012). La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina. Científico-Técnica.
- Méndez Delgado, E y Lloret Feijóo ( 2011). Índice de desarrollo humano territorial comparado para Cuba en un cuarto de siglo. Revista Humanum, B o l e t í n 8 1.
- Morales Calatayud, M y Pérez Ones, I (2010). Presentación para la Red Social de Indicadores no tradicionales de ciencia – tecnología e innovación. Fundación para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y las industrias intermedias. Fundacite Estado Lara. Venezuela en el marco del Foro Procesos de innovación rural: articulando actores para transformar.
- Nápoles, O. (2016). Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Gloria, Juanita I y Juanita II. Trabajo de Diploma Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Neves, A., & Leal, V. (2010). Energy sustainability indicators for local energy planning: Review of current practices and derivation of a new framework. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Nie, H and Kemp, R. (2014). Index decomposition analysis of residential energy consumption in China: 2002-2010. Applied Energy 121. 10-19.
- Núñez, J. La universidad y sus compromisos con el conocimiento, la ciencia y la tecnología. Memorias del VIII Congreso Internacional Universidad (2012), La Habana, (2012).
- ONEI. (2016a). Anuario Estadístico de Cuba (2015).
- ONEI. (2016b). Anuario Estadístico de Cienfuegos (2015).

- ONEI. (2016). Anuario Estadístico Municipal.
- ONEI. (2017). Anuario Estadístico Municipal (2017).
- Padilla, Y. (2006). El desarrollo local y la medición de los indicadores de ciencia tecnología. Resultado de investigación. Rodas. Programa GUCID. Tesis de Maestría en Desarrollo, Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía. Recuperado a partir de <http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-maestria/maestria-en-desarrollo-local/ano2006/Yuderquis%20Padillas%20Sanchez.pdf>.
- Páez, A. (2009). Sostenibilidad urbana y transición energética: Un desafío institucional Tesis para obtener el grado de Doctor en Urbanismo. Programa de Maestría y Doctorado en Urbanismo. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Pino, J., & Becerra Lois, F. (2003, Abril). Evolución del concepto de desarrollo e implicaciones en el ámbito territorial; experiencia desde Cuba. Tomado de Revista Economía, Sociedad y Territorio, V 017. Recuperado a partir de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/111/11101705.pdf>.
- Rad, F. D. (2010). Application of Local Energy Indicators in Municipal Energy Planning: A New Approach Towards Sustainability.Lund.
- Rodríguez, A. Desarrollo local y colaboración internacional. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas. 2005. Ed. Academia, La Habana, 294- 296 p.
- Rodríguez, A. Desarrollo local y colaboración internacional. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas. 2005. Ed. Academia, La Habana, 294- 296 p.
- Rodríguez, S. (2016). Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Punta Gorda y Junco Sur Trabajo de Diploma. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Rodríguez, S. (2019). Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio de Cienfuegos.
- Rolfsman, B. (2004). Optimal supply and demand investments in municipal energy systems. Energy Conversion and Management.
- Ruíz, R., & Becerra, F. (2015). Una propuesta para la evaluación integral de los proyectos de desarrollo local. El caso de estudio TROPISUR. Revista Economía y Desarrollo., 154 1, 144-154.
- Secretaria de Energía. (2011). Indicadores de eficiencia energética en México.Mexico DF, México.
- Socorro Castro, A. R; Castro Perdomo, N. A.; Tartabull Contreras, Y. y Padilla Haramboure, M. M. (2014). Línea base para le gestión municipal de la ciencia, la tecnología y la innovación en la provincia Cienfuegos. En Núñez Jover, J. Coord.: Universidad, conocimiento, innovación y desarrollo local. Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana, p. 81-100.
- Sperling, K., & et\_al. (2011). Centralization and decentralization in strategic municipal energy planning in Denmark.Energy Policy.

- Sundberg, G., & Karlsson, B. (2000). Interaction effects in optimizing a municipal energy system.
- Van, L., & et\_al. (2003). Market Leadership by Example: Government Sector Energy Efficiency in Developing Countries. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), the US Agency for International Development (US AID), and the Assistant Secretary for Energy Efficiency and Rene.
- Vázquez, A. (1998). Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo. Madrid.
- Wilson, E. (2008). Implementing energy efficiency: Challenges and opportunities for rural electric co-operatives and small municipal utilities. Estados Unidos: Energy Policy.
- Wohlgemuth, N. (1999). Cost benefit indicators associated with the integration of alternative energy sources: a systems approach for Carinthia, Austria. Renewable.
- Xu, X.Y. and Ang, B.E. (2014). Analising residential sector consumption using index decomposition analysis. Applied Energy 113. 342-351.
- Yang, L., & et\_al. (2011). A new method to develop typical weather years in different climates for building energy use studies.
- Zhu, Y., & et\_al. (2011). An interval full-infinite mixed-integer programming method for planning municipal energy systems – A case study of Beijing.
- Zia, H., & Deyadas, V. (2007). Energy management in Lucknow city. Energy Policy. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507001589>. doi:10.1016/j.enpol.2007.04.018

# *Anexos*

## Anexos

**Anexo 1:** Dimensiones e Indicadores de la Red Nacional GUCID para evaluar el desarrollo socioeconómico local y el desempeño de la gestión municipal de la ciencia, la tecnología y la innovación. Fuente: (Socorro et al., 2014)

- c) Evaluación del sistema de indicadores de desarrollo socioeconómico local.
- Dimensión 1. Económico – financiera.
    1. Valor de la producción mercantil minorista per cápita.
    2. Valor agregado bruto municipal per cápita.
    3. Productividad del trabajo.
    4. Circulación mercantil minorista per cápita.
    5. Ingresos por tributos per cápita.
    6. Inversiones per cápita.
  - Dimensión 2. Seguridad alimentaria.
    1. Autoabastecimiento municipal.
    2. Aporte municipal al balance provincial y otros territorios.
    3. Consumo municipal de la población de calorías (calorías per cápita).
    4. Consumo municipal de la población de proteínas (gramos per cápita).
    5. Índice de ociosidad de tierras.
  - Dimensión 3. Condiciones de vida de la población.
    1. Tasa de natalidad.
    2. Tasa de mortalidad.
    3. Tasa de mortalidad infantil por cada 1000 nacidos vivos.
    4. Porcentaje de población con acceso a agua potable.
    5. Porcentaje de población con acceso a electricidad.
    6. Porcentaje de energía renovable al balance energético municipal.
    7. Porcentaje de viviendas en buen estado.
    8. Pasajeros transportados.
    9. Porcentaje de solución de planteamientos con participación popular.
    10. Tasa de ocupación.
    11. Servicios culturales existentes en el municipio.
    12. Por ciento de aprobados en pruebas de ingresos.
  - Dimensión 4. Gestión local para la innovación.
    1. Soluciones del Fórum de Ciencia y Técnica (FCT) logradas (generalizaciones) x 1000.
    2. Soluciones del FCT logradas (aportes nuevos) x 1000.
    3. Cantidad de proyectos ejecutándose.
    4. Alianzas estratégicas con instituciones del conocimiento.

- Dimensión 5. Situación ambiental.
    1. Carga contaminante dispuesta al medio como demanda biológica de oxígeno (DBO).
    2. Soluciones ambientales (de mitigación, de remediación o de solución).
    3. Cobertura boscosa.
  - Dimensión 6. Condición demográfica.
    1. Porcentaje de la población económicamente activa.
    2. Densidad poblacional.
    3. Envejecimiento poblacional.
  - Dimensión 7. Integración social.
    1. Casos atendidos por la Comisión de Prevención Social (casos críticos) x 1000.
    2. Casos atendidos por la Comisión de Prevención Social (familias atendidas) x1000.
    3. Casos atendidos por la Comisión de Prevención Social (familias vulnerables) x 1000.
    4. Prevalencia de alcoholismo y otras adicciones x 1000.
- d) Indicadores del desempeño de la gestión de la innovación.
- Dimensión 1. Determinación de problemas de la localidad y planeación estratégica para el desarrollo local.
    1. Diagnósticos realizados.
    2. Planeación estratégica del territorio.
    3. Seguimiento de la planeación estratégica del DSEL.
    4. Determinación de Indicadores económicos y sociales.
    5. Planeación de las acciones de formación, capacitación y ciencia, tecnología e innovación (CTI) según las necesidades del territorio.
    6. Control del planeamiento de las acciones de la gestión de la innovación.
  - Dimensión 2. Formación de capacidades para el desarrollo local.
    1. Ingreso a carreras determinantes del DSEL.
    2. Porcentaje de estudiantes del CUM / FUM participantes en trabajo científico.
    3. Porcentaje de estudiantes del municipio en la sede central vinculados a tareas del DSEL.
    4. Asignación de graduados universitarios.
    5. Defensas de tesis de postgrado en temas DSEL.
    6. Temas de tesis de postgrado en proceso en temas DSEL.
    7. Porcentaje de profesores a tiempo completo (PATC) y tiempo parcial (TP) por tipo de actividad de postgrado concluidas.
    8. Porcentaje de PATC y TP por tipo de actividad de postgrado en curso.
    9. Porcentaje de cumplimiento de postgrado, superación y capacitación.

10. Porcentaje de profesionales con actividades de postgrado concluidas.
  11. Porcentaje de profesionales con actividades de postgrado en curso.
  12. Cantidad de actores capacitados por tipo de capacitación.
  13. Cantidad de capacitados por tipo de capacitación para la implementación de resultados.
  14. Cantidad de cuadros y reservas capacitados para la implementación de resultados de proyectos.
  15. Porcentaje de los PATC por categoría docente, máster y doctores en los CUM /FUM.
  16. Porcentaje de los PATP por categoría docente, másteres y doctores en los CUM/FUM.
  17. Porcentaje de PATP en postgrado y proyectos como actividad fundamental en los CUM.
  18. Porcentaje de PATC en postgrado y proyectos como actividad fundamental en los CUM.
- Dimensión 3. Conocimiento e Innovación para el desarrollo local: eficacia de la intervención.
    1. Proyectos de investigación – desarrollo (I+D) para los problemas estratégicos del municipio.
    2. Proyectos de innovación para los problemas estratégicos del municipio.
    3. Proyectos municipales para los problemas estratégicos del municipio.
    4. Proyectos de la iniciativa municipal de desarrollo local (IMDL) acompañados por la Universidad.
    5. Resultados de proyectos I+D para la solución de problemas prioritarios.
    6. Resultados de proyectos de innovación para la solución de problemas prioritarios.
    7. Resultados de proyectos municipales para la solución de problemas prioritarios.
    8. Porcentaje de consultorías en los escenarios municipales.
    9. Porcentaje de servicios científico – técnicos en los escenarios municipales.
    10. Hallazgo de soluciones externas a problemas priorizados.
    11. Transferencias de conocimiento y tecnologías existentes en el entorno hacia el territorio.
    12. Porcentaje de proyectos integradores.
    13. Porcentaje de proyectos investigación – desarrollo – innovación (I+D+i) con participación integral de varias disciplinas.
    14. Porcentaje de proyectos de I+D+i con entidades locales.
    15. Porcentaje de publicaciones enfocadas al DSEL.
    16. Porcentaje de participaciones en eventos temáticos de DSEL.

17. Porcentaje de resultados difundidos por acciones con directivos, productores y actores comunitarios.
- Dimensión 4. Articulación de actores.
    1. Integración en el grupo de desarrollo local (DL) provincial y municipal.
    2. Porcentaje de proyectos de DL gestionados con participación universidad / CUM / FUM.
    3. Cantidad de resultados de DL obtenidos con participación universidad/CUM/FUM
    4. Vínculo de la universidad y CUM/FUM con redes internas y externas.
    5. Porcentaje de proyectos DSEL gestionados por redes internas con participación de universidad.
    6. Cantidad de resultados DSEL obtenidos con redes internas y externas.
    7. Vínculo de la universidad y CUM/FUM con proyectos externos.
    8. Cantidad de resultados DSEL obtenidos con proyectos externos.
  - Dimensión 5. Impacto de la gestión.
    1. Satisfacción de los decisores por la inserción de la universidad en grupo de DL.
    2. Seguimiento de la formación de capacidades para el DSEL.
    3. Porcentaje de la EPBS del territorio en los que se ha intervenido.
    4. Porcentaje de EPBS en los que se ha intervenido mediante proyectos.
    5. Monto de financiamiento movilizadado para proyectos.
    6. Recursos materiales gestionados para el DSEL.
    7. Porcentaje de resultados de DSEL introducidos del total.
    8. Porcentaje de resultados del DSEL generalizados respecto al total.
    9. Cantidad de resultados de proyectos I+D+i con evidente contribución al DSEL.
    10. Porcentaje de resultados con evidentes aportes económico, social y medio ambiental.
    11. Cantidad de premios obtenidos relevantes al DSEL.

**Anexo 2:** 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			

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  $K_c$  y  $K_a$  se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia  $K_{\text{comp}}$  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  $K_{\text{comp}} \leq 0.5$