

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS "CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ"

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Trabajo de Diploma

**TÍTULO: BALANCE ENERGÉTICO AL MUNICIPIO
CIENFUEGOS.**

Autora:

Daniela María Sánchez Salmerón

Tutora:

MSc. Ing. Jenny Correa Soto

Cienfuegos

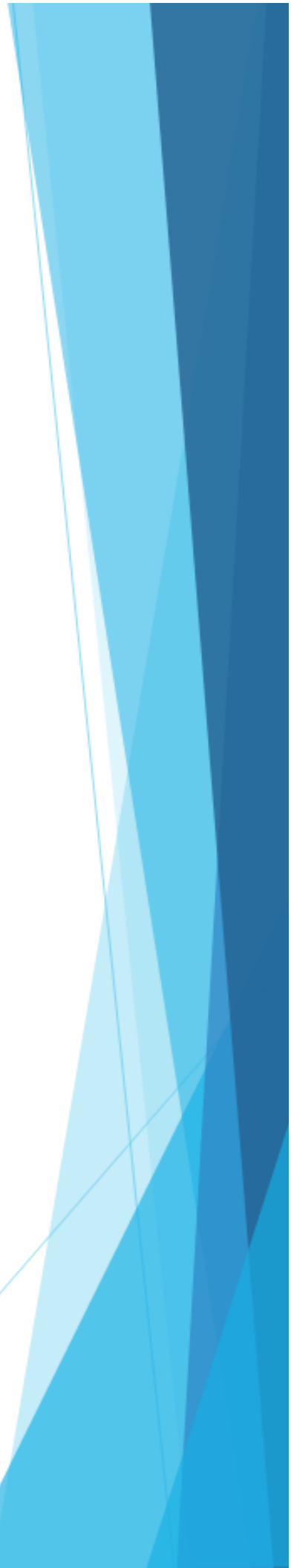
2019

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue. These shapes are primarily located on the right side of the image, creating a modern, layered effect. The rest of the background is a solid, very light blue.

Pensamiento

“No se mide la grandeza de un hombre por su tamaño físico, sino por sus actos, por el impacto que produce en la historia humana”.

Soichiro Honda



Dedicatoria

*A mi familia y seres queridos por su acompañamiento
y aportes durante este importante ejercicio que
enrumbará mi vida profesional.*

A mi amor por su ayuda incondicional.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente el asesoramiento y la entrega de Jenny Correa, tutora y amiga entrañable con la que compartí horas de trabajo junto a su bebé Jennifer.

A Sandra por ser guía y soporte durante la preparación de este trabajo.

A Reynier Reyes, decano de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, por apoyarme incondicionalmente

Al claustro de profesores que me impartieron clases durante estos cinco años

A mi familia y amigos que me apoyaron en la realización de este proyecto

A todos los que contribuyeron con la culminación exitosa de mi tesis de grado

A todos, muchas gracias

The background of the slide features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue. These shapes are primarily located on the right side and bottom of the slide, creating a modern, dynamic feel.

Resumen

Resumen

La presente investigación titulada “Balance energético al municipio de Cienfuegos” tiene como objetivo general Realizar el balance energético del municipio de Cienfuegos permitiéndole al gobierno local conocerla contabilidad de todos los flujos energéticos y las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones. El balance energético se realiza a través de la metodología propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM) para el Balance Energético Municipal (BEM) con adaptaciones a las condiciones cubanas, seleccionando como objeto de estudio el municipio de Cienfuegos, aplicándose tanto en el sector estatal como en el sector privado.

En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto que aborda la temática acerca de la gestión energética municipal, se utilizan técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, diagrama de Pareto, mapeo de procesos, flujogramas, análisis de regresión lineal, variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico, histogramas, tabulación cruzada, pruebas de ajuste e independencias, análisis de conglomerados.

Palabras claves: Desarrollo local, gestión energética municipal, gobierno local.

The background of the slide is white, featuring abstract geometric shapes in various shades of blue (light blue, medium blue, and dark blue) on the right side, creating a modern, angular design.

Abstract

Abstract

The present research entitled "Energy balance to the municipality of Cienfuegos" has as its general objective To realize the energy balance of the municipality of Cienfuegos allowing the local government to know the accounting of all energy flows and the relationships between energy inputs and outputs and their transformations. The energy balance is carried out through the methodology proposed by the Foundation for the Promotion of Industrial Innovation and Higher Technical School of Industrial Engineers of the Polytechnic University of Madrid (F2I2-UPM) for the Municipal Energy Balance (BEM) with adaptations to Cuban conditions, selecting as the object of study the municipality of Cienfuegos, applying both in the state sector and in the private sector.

In the development of the research, the impact literature review that addresses the issue of municipal energy management is performed, using techniques and tools such as: interviews, document review, work with experts, Pareto diagram, process mapping, flow charts, linear regression analysis, variability, stability, trend and prognosis, histograms, cross tabulation, fit and independence tests, cluster analysis.

Keywords: Local development, municipal energy management, local government.

The background of the page is white, with abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue (light blue, medium blue, and dark blue) located on the right side, creating a modern, angular design.

Índice

Índice

índice

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN9

CAPÍTULO I: GESTIÓN ENERGÉTICA LOCAL 13

1.1 INTRODUCCIÓN 13

1.2 DESARROLLO LOCAL 14

1.2.1 Concepciones sobre el desarrollo local 14

1.2.2 Modelos de desarrollo local 15

1.2.3 Desarrollo local en Cuba 15

1.2.4 Modelos de desarrollo local en Cuba 16

1.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y GESTIÓN ENERGÉTICA 17

1.3.1 Eficiencia energética 17

1.3.2 Gestión energética 18

1.3.3 Norma internacional ISO 50 001: 2011 18

1.4 GESTIÓN ENERGÉTICA LOCAL 23

1.4.1 Concepción de la gestión energética local 25

1.4.2 Desarrollo de la gestión energética local 27

1.4.3 Gestión energética local en Cuba 29

1.5 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO LOCAL 29

1.5.1 Metodologías para el diagnóstico energético local 29

1.6 BALANCE ENERGÉTICO 38

1.6.1 Balance Energéticos Locales 39

1.7 CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO 39

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA PARA EL BALANCE ENERGÉTICO MUNICIPAL EN CUBA 40

2.1 INTRODUCCIÓN 40

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS 40

2.3 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO AL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS 43

2.3.1 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos 43

2.3.2 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio 51

2.3.3 Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio 52

2.4 METODOLOGÍAS PARA EL BALANCE ENERGÉTICO MUNICIPAL 57

Índice

2.4.1 Análisis energético urbano usando metodologías de gestión integral de energía: un caso de estudio en la ciudad de Pasto.....	58
2.4.2 Balance Energético – Metodología OLADE	60
2.4.3 Balance energético del municipio de Madrid año 2015.....	62
2.4.4 Balances energéticos provinciales: notas metodológicas y consolidación de la información.....	63
2.4.5 Comparación de las metodologías para el balance energético municipal.....	64
2.5 CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO	66
CAPÍTULO III: BALANCE ENERGÉTICO AL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS	66
3.1 INTRODUCCIÓN	66
3.2 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE BALANCE ENERGÉTICO MUNICIPAL (BEM)	66
3.2.1 Análisis Clúster o conglomerado para la determinación de los elementos de la metodología para el balance energético municipal en Cuba	68
3.2.2 Metodología BEM propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), 2017 adaptada para Cuba	73
3.3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL BALANCE ENERGÉTICO EN EL MUNICIPIO CIENFUEGOS	81
3.3.1 Paso 1: Clasificación de las fuentes energéticas del municipio Cienfuegos	81
3.3.2 Paso 2: Fuentes energéticas externas. Importaciones	82
3.3.3 Paso 3: Fuentes energéticas primarias propias. Generación de energía eléctrica.....	83
3.3.4 Paso 4: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos	85
3.3.5 Paso 5: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos	86
3.3.6 Paso 6: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos	87
3.3.7 Paso 7: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio.....	88
3.3.8 Paso 8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos	89
3.3.9 Paso 9: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos	91
3.4 CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO	92
CONCLUSIONES GENERALES.....	93
RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

The background of the slide features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue. These shapes are primarily located on the right side and bottom of the frame, creating a modern, dynamic feel.

Introducción

Introducción

La gestión energética local se basan en la planificación de la energía, las matrices de generación y consumo energético incluyendo las fuentes renovables de energía (FRE) e indicadores energéticos que posibilitan la gestión de los gobiernos locales sobre los recursos energéticos territoriales ((Wene, 1988; Bruckner, 1997; Butera, 1998; Wohlgemuth, 1999; Sundberg, 2000; Rolfsman, 2004; García Vico, 2006; Ivner, 2009; Genevieveet al., 2009; BOCM, 2010; Lin, 2010; Neves 2010; Sperling et al., 2011; Zhu, 2011; Brandoni, 2012 , Agencia Provincial de la Energía de Alicante, 2013 y Correa et al., 2018).

El objeto final de la planificación energética es establecer los balances de energía en cada una de las situaciones futuras a que haga referencia el plan. Éstos se presentan en forma simplificada como el equilibrio entre la demanda prevista y la oferta obtenida a través de los distintos medios de abastecimiento elegidos en la planificación. Otro punto a considerar es la evolución del consumo de energía por sectores económicos, ello permitirá detectar cómo influyen en la demanda de energía primaria los cambios en los distintos sectores y actuar en consecuencia. (García, 2004)

El balance energético, definido como una contabilidad de todos los flujos energéticos, y el diagnóstico energético, orientado a establecer la relación de la energía con variables de tipo económico, social, político, ambiental, tecnológico etc., son las más conocidas y desarrolladas y tienen aplicación práctica y rutinaria, pero a un nivel de mayor agregación al de la ciudad: a nivel de país. Por lo tanto, es habitual encontrar la elaboración de balances y diagnósticos energéticos en diferentes estadios territoriales llámense nacionales, regionales o mundiales (Gómez y Morán, 2015)

Según Gómez y Morán (2015) un balance de energía es una estructura de conteo para compilar y recolectar datos de la energía que entra, que sale, y que se usa dentro de un lugar específico como una empresa, una comunidad, una provincia, o un país durante un periodo de tiempo definido. El balance expresa todas las formas de energía en una unidad común de conteo y muestra las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones en los diferentes sectores pertenecientes a un lugar.

En Cuba el balance energético se realiza a nivel país mediante la metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), un intento de aplicar en un municipio fue en Cumanayagua perteneciente a la provincia de Cienfuegos, dado como resultado que la

matriz energética de ese municipio recibe toda la energía secundaria a partir de combustibles fósiles en un 92% y produce energías primarias a partir de fuentes renovables en un 8%, así el consumo de energía no renovable está centrado fundamentalmente en la energía eléctrica, en tanto las energías renovables producidas están en la hidroenergía, determinándose la existencia de un potencial de fuentes renovables de energía de 2526.86 tep ahorradas, del que se aprovecha solo el 51.7% (Fernández, G. 2011)

En por otra parte en Cuba a los gobiernos municipales no poseen herramientas de gestión que les permitan gestionar los recursos energéticos presentes en el territorio, por lo en el periodo 2016- 2018 se realiza y aplica el procedimiento para el diagnóstico energético de los municipios (Correa et al. 2017 y Campillo, 2018).

El diagnóstico energético realizado al municipio de Cienfuegos permitió determinar el comportamiento del consumo de energía en el sector estatal y privado, con énfasis en el sector estatal para la energía eléctrica determinando las tres empresas más consumidoras del municipio; en el sector privado muestra por consejos populares los mayores consumidores de energía eléctrica, alcohol y queroseno, así como el incremento considerable del consumo promedio mensual del gas licuado de petróleo (GLP) y las ventas por clientes de este portador a partir de su liberación. Con el diagnóstico al municipio se determinaron actores municipales que realizan la captación de datos e información para la gestión energética local contribuyendo al inventario de las principales acciones desarrolladas para la reducción del consumo primario de energía estando enmarcadas en la identificación y clasificación de las FRE lo cual permite proponer la matriz FRE municipal. (Campillo, 2018)

Mediante el diagnóstico se determinan seis potencialidades y barreras relacionadas con la sostenibilidad energética municipal, se identifican dos potencialidades para la incorporación a la matriz FRE con la propuesta de la utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial, biodigestores a partir del ganado porcino municipal y los residuos sólidos urbanos (RSU). (Campillo, 2018 y Rodríguez, 2019).

Sin embargo el municipio en la actualidad desconoce la contabilidad de todos los flujos energéticos y las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones. Todo lo anterior constituye la situación problema

Problema de investigación:

Necesidad de realizar el balance energético del municipio de Cienfuegos.

Enunciándose el siguiente **Objetivo General**:

Realizar el Balance energético del municipio de Cienfuegos

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

1. Realizar un estudio documental sobre el desarrollo local, gestión energética municipal y los balances energéticos locales; con el fin de construir el marco teórico - referencial de la investigación.
2. Seleccionar una metodología para el balance energético para su aplicación en los municipios cubanos.
3. Aplicar la metodología seleccionada de balance energético en el municipio de Cienfuegos.

Justificación

En Cuba en el año 2011 se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social, aprobándose en el marco del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución (Cuba, 2011). En junio 2014 el Consejo de Ministros de Cuba aprobó la política para el **desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía**, donde enfatizó la necesidad de elevar la eficiencia energética a través del cambio de la estructura de la matriz energética actual y su relación con la competitividad de la economía nacional; al disminuir la dependencia a los combustibles fósiles importados, los costos energéticos y la contaminación del medio ambiente (Puig, 2014).

En el 2016 se proyectan las bases del Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030 con la declaración de la protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos, así como la actualización de los lineamientos de la Política Económica y Social referentes a los territorios, uso y desarrollo de los recursos energéticos siendo estos los lineamientos 17, 204, 205 y 207, (Correa et al, 2017).

Las **preguntas de investigación** son:

¿Qué variables considerar en el balance energético para los municipios cubanos?

¿Cómo realizar el balance energético en el municipio de Cienfuegos?

¿Para qué utilizar el balance energético en la toma de decisiones del gobierno local de Cienfuegos?

La **estructura capitular** de la investigación es la siguiente:

- Capítulo I: En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica sobre DL, la gestión energética municipal, los diagnósticos energéticos y los balances energéticos locales.
- Capítulo II: Se realiza un análisis energético del municipio de Cienfuegos con el análisis de sus potencialidades, se hace la revisión de metodologías de balances energéticos municipales y se selecciona la metodología para aplicarla al municipio Cienfuegos.
- Capítulo III: Se aplica la metodología seleccionada con el objetivo de realizar el balance energético al municipio Cienfuegos.

Capítulo 1



Capítulo I: Gestión Energética Local

1.1 Introducción

En la construcción del marco teórico para la investigación se hace imprescindible una 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 el desarrollo local (DL), la eficiencia y gestión energética, la gestión energética local (GEL), diagnósticos energéticos y los balances energéticos para las localidades o municipios. Para su comprensión se presenta en la Figura 1.1 el hilo conductor para la elaboración del capítulo.

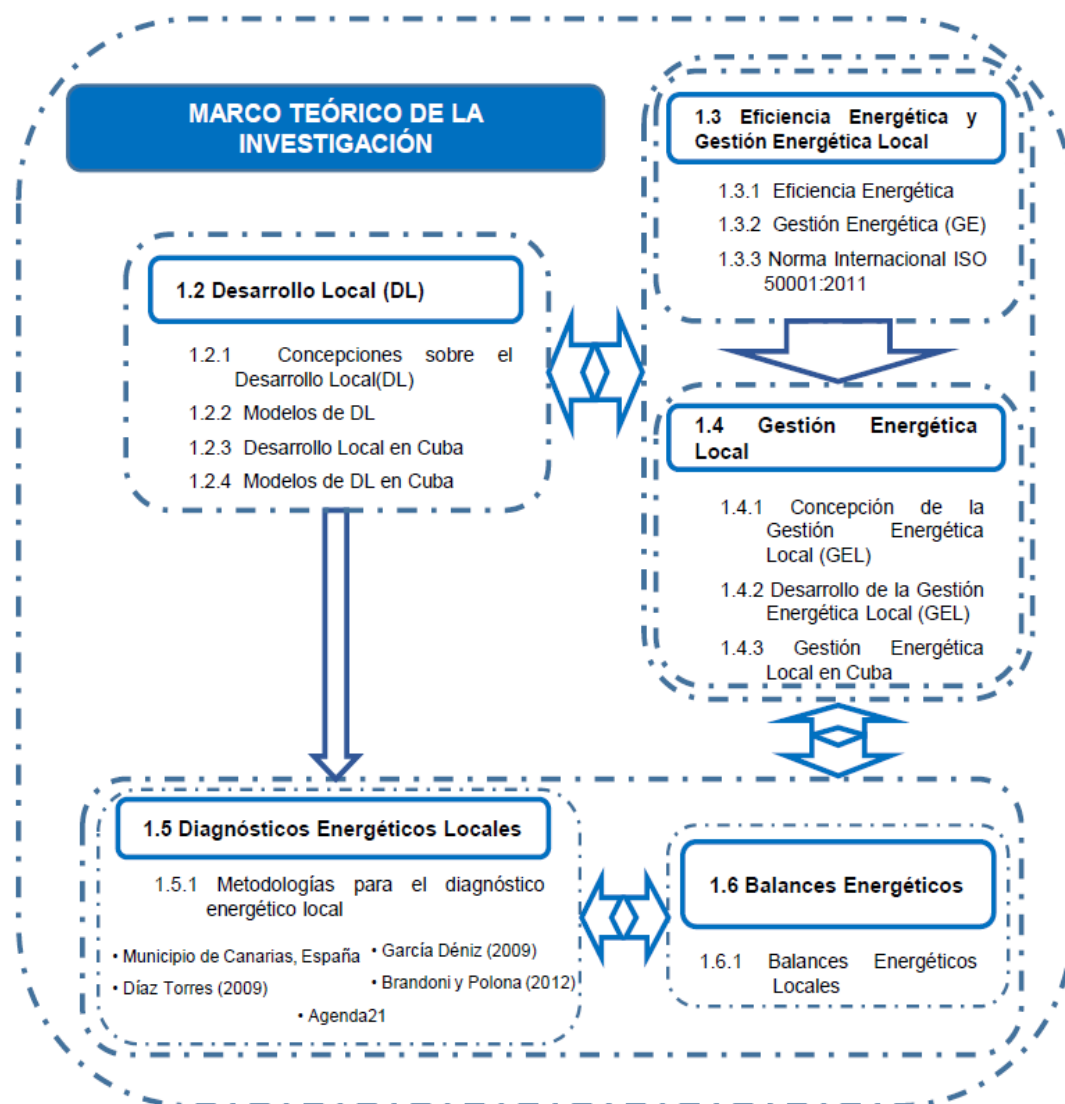


Figura 1.1: Hilo conductor de la Investigación. **Fuente:** Elaboración propia.



1.2 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; enfocada 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).

1.2.1 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 (Garofoli, 1986; Vázquez, 1988; Arocena, 1995; Beccatini, 1997; Vázquez, 1999 y 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, 1999).

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 y 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.

1.2.2 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 Michalus (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.

1.2.3 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 deben 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 y Becerra, 2003; Pino, 2008).



1.2.4 Modelos de desarrollo local en Cuba

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 y 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 y 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 y Agüero, 2008; Castro, 2009; Castro et al., 2013a; Castro et al., 2013b; Castro et al., 2014a; Castro et al., 2014b; Castro y 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). En la búsqueda del DL en Cuba se han diseñado modelos, metodologías y procedimientos entre los que se encuentran:

- Modelo general de dirección del desarrollo local. (Lazo, 2002).
- Propuesta metodológica iniciativa municipal para el desarrollo local. (González y Samper, 2005).



- Metodología para una estrategia de desarrollo local. (Silva, 2007).
- Modelo conceptual para el desarrollo local basado en el conocimiento y la innovación. (Boffill, 2010).
- Propuesta metodológica para alcanzar el desarrollo endógeno en localidades de Pinar del Río. (Díaz y Rodríguez, 2011).
- Procedimiento para determinar los factores incidentes en la potenciación del desarrollo socioeconómico local. (González et al., 2013).
- Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial. (Castro, 2015)

En común estos modelos, metodologías y procedimientos consideran el uso racional de los recursos, sin embargo, en ninguno de ellos se manifiesta explícitamente la gestión de los recursos energéticos presentes en los territorios.

1.3 Eficiencia energética y gestión energética

La creciente demanda energética fundamentada por el desarrollo acelerado de algunos países ha propiciado una competencia intensa por el control de las reservas de petróleo, incluyendo que los mercados petroleros presentan como principal tendencia la inestabilidad de los precios (Sawaengsak et al., 2014). Es necesario considerar que los problemas energéticos tienen cada vez más importancia en el mundo, los de mayor relevancia los constituyen el acceso a la energía, la volatilidad de los precios y los impactos negativos en el medioambiente donde la emisión de gases de efecto invernadero se considera la principal causa de la elevación de la temperatura de la tierra y los océanos, provocando el cambio climático (Valkila y Saari, 2013; Nie y Kemp, 2013).

1.3.1 Eficiencia energética

Una de las vías más importantes para mitigar el cambio climático es remover los obstáculos que impiden que se realicen mejoras en la eficiencia energética tanto en la industria, los servicios, los hogares y la sociedad, donde se hace necesario un cambio en la forma de gestionar (Valkila y Saari, 2013). La sociedad moderna está sustentada en la dependencia de los combustibles



fósiles, representado por el consumo básico de una persona, los usos productivos y las necesidades de la sociedad (Sovacool, 2012). Por lo que el sector energético demanda el uso de energía limpia, con la adopción de tecnologías basadas en las fuentes renovable de energía (FRE), requiriendo innovación que aumente el desempeño y disminuya costos (Cheon y Urpelainen, 2012; Bayer et al., 2013).

El término **eficiencia energética** ha sido definido por diferentes autores, entre ellos Borroto (2002) la define como "Implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental".

1.3.2 Gestión energética

Otra arista en los temas energéticos lo constituye la gestión energética (GE) que 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 empresarial 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, se ha logrado el aumento del interés internacional en la GE (Correa et al., 2014). 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, Mira da Silva, 2014; Jovanović y Filipović, 2016).

1.3.3 Norma internacional ISO 50 001: 2011

La solicitud para el desarrollo de la norma internacional ISO 50 001:2011 de gestión de la energía provino de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien reconoció que la industria necesita plantear una respuesta efectiva al cambio climático.



Para la ISO la gestión energética es 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).

ISO 50 001: 2011 ha sido capaz de basarse en numerosas normas de gestión de la energía nacionales y regionales, especificaciones y regulaciones, incluyendo las desarrolladas en China, Dinamarca, Irlanda, Países Bajos, Suecia, Tailandia, Estados Unidos y la Unión Europea (Correa et al., 2014).

En un contexto de inestabilidad de los precios mundiales de la energía, la publicación por parte de la ISO de su Norma Internacional ISO 50 001: 2011 para la gestión de la energía es oportuna, pues ayuda a las organizaciones a mejorar su eficiencia energética y a reducir los impactos del cambio climático (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 facilita a las organizaciones las estrategias y técnicas de gestión 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.

La ISO 50 001: 2011 provee un marco de requisitos que permite a las organizaciones (ISO, 2011):

- Desarrollar una política para un uso más eficiente de la energía.
- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política.
- Utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía.
- Medir los resultados.
- Revisar la eficacia de la política.
- Mejorar continuamente la gestión de la energía.

La norma ISO 50 001: 2011 no fija objetivos para mejorar la eficiencia energética, esto depende de la organización usuaria o de las autoridades reguladoras, significa que cualquier organización independientemente de su dominio actual de gestión de la energía, puede aplicar la Norma ISO 50 001: 2011 para establecer una línea de base y luego mejorarla a un ritmo adecuado a su contexto y capacidades (ISO, 2011). Los principales beneficios de la norma se muestran en la Tabla 1.1.

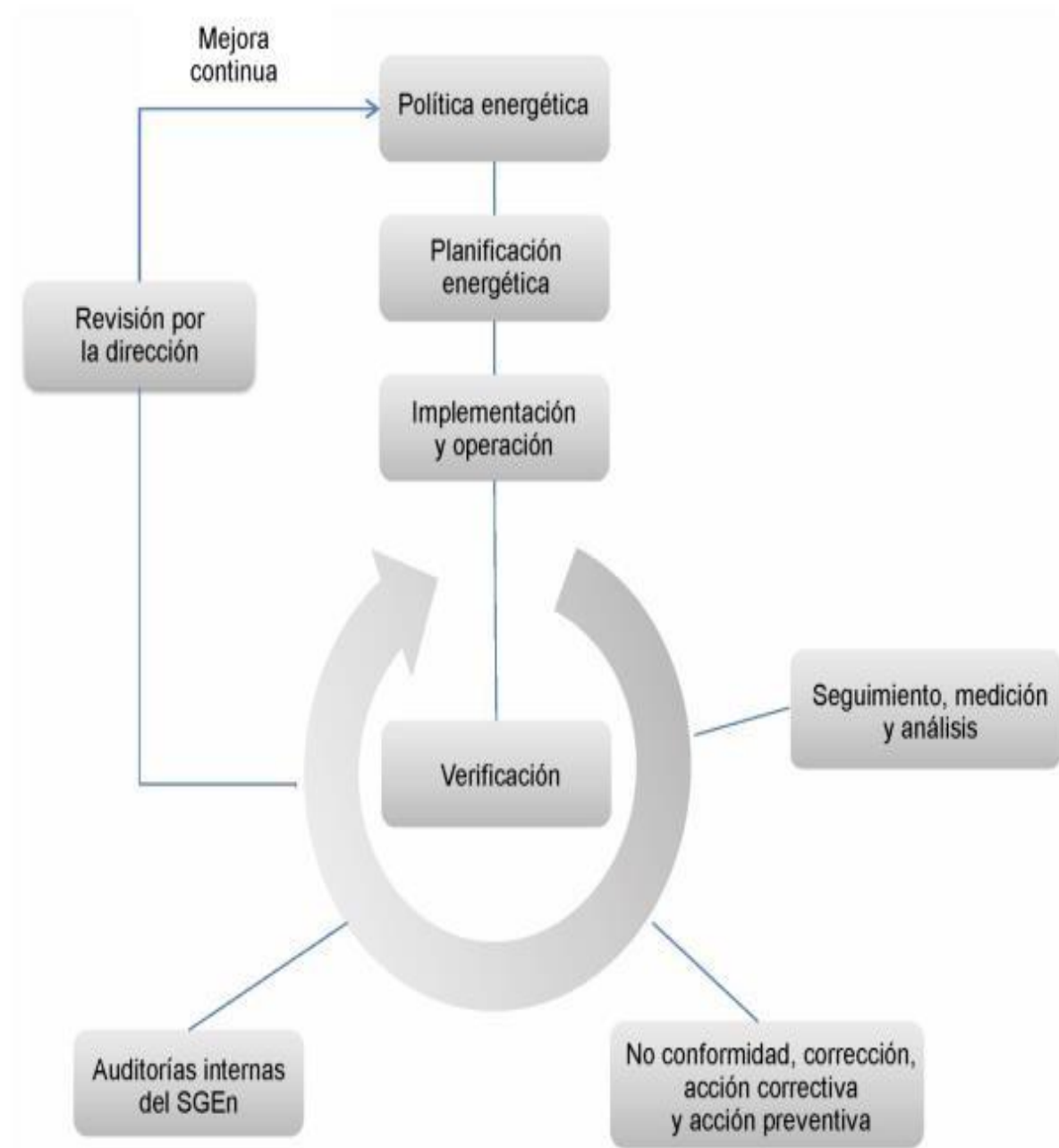


Figura 1.2: Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50 001: 2011. **Fuente:** (ISO, 2011).



Tabla 1.1: Principales beneficios de la ISO 50 001:2011. **Fuente:** (ISO, 2011).

Categorías	Principales beneficios
Energéticos y ambientales	• Optimización del uso de la energía (consumo eficiente de la energía). • Fomento de la eficiencia energética de las organizaciones. • Disminución de emisiones de gases de CO₂ a la atmósfera. • Reducción de los impactos ambientales. • Adecuada utilización de los recursos naturales. • Impulso de energías alternativas y renovables.
De liderazgo e imagen empresarial	• Imagen de compromiso con el desarrollo energético sostenible. • Refuerzo de la imagen de empresa comprometida frente al cambio climático. • Cumplimiento de los requisitos legales.
Socio-económicos	• Disminución del impacto sobre el cambio climático. • Ahorro en la factura energética. • Reducción de la dependencia energética exterior. • Reducción de los riesgos derivados de la oscilación de los precio de los recursos energéticos.

La ISO 50 001 se encuentra estrechamente alineada con las normas ISO 9 001: 2015 (gestión de calidad) y la ISO 14 001: 2015 (gestión medioambiental). Estas tres normas son ampliamente implementadas en las organizaciones, y la integración de un SGE dentro estos sistemas ya existentes, debe ser relativamente sencilla.



1.4 Gestión energética local

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

La gestión local de la energía se contempla como una línea estratégica de actuación en el marco del Mercado Interior de la Energía de la Unión Europea. 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 competenciales.

El consumo energético es cada día mayor en el ámbito urbano, se dispone de energía en todo momento lo cual representa un reto constante para la seguridad pública, económica, social y medioambiental.

Se trata, por tanto, de apostar por un enfoque de los problemas energéticos desde la óptica de la demanda, con mayor implantación de las medidas de ahorro y eficiencia energética en diversos campos como la movilidad, el urbanismo, la edificación, el consumo de agua en el ciclo del agua, y también de fomentar las energías renovables como medio para disminuir la dependencia y las consecuencias económicas y ambientales del consumo de combustibles fósiles.

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.

Varias son las formas en las que las administraciones locales pueden incidir en el consumo energético local, como se muestra en la Tabla 1.2.

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 (GEI), 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.

Tabla 1.2: Aspectos en que las administraciones locales inciden en el consumo energético local.

Fuente: Elaboración propia.

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 ordenamiento territorial y ordenamiento 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.
--	---

Muchos municipios desarrollan acciones concretas en este ámbito, pero una verdadera política energética y contra el cambio climático municipal necesita contar con un instrumento, el plan energético y de lucha contra el cambio climático local, que establezca unos objetivos medibles y realistas, las acciones a llevar a cabo, la financiación necesaria, los responsables y las fórmulas de seguimiento de los resultados.

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.

1.4.1 Concepción de la gestión energética local

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

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

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



(Draw et al., 2012), pues intenta coordinar los esfuerzos que se realizan de forma independiente, estableciendo una asociación municipal de acciones y comunicación (FEMP, 2011). Por lo que constituye una de las medidas más productivas en la mejora de la GEL en los municipios.

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: (1) los usuarios de la energía local que brindan la información relacionada con el crecimiento de la demanda a nivel local y su satisfacción; (2) 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 (3) 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 Wie et al., 2003).

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).

Varios autores (Allende, 1983; Allende, 1995; Sosa, 1981; Hui, 1987; Magnin y Menanteau, 1995; Capello, Nijkamp y Pepping, 1999, Lessard, 1999; Hui, 2001; Magnin, 2002; Pardo, 2006; Pardo, 2007; Droege, 2006; Lerch, 2007; Sawin y Hughes, 2007; Páez, 2009 y Páez, 2011) han evidenciado las potencialidades de los gobiernos locales para desarrollar modelos energéticos, en búsqueda de una sostenibilidad energética, la utilización de las FRE y la independencia de la importación de petróleo.



1.4.2 Desarrollo de la gestión energética local

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. 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, 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:

- Modelo de optimización energético regional y municipal (DEECO), aplicado en la ciudad WürzburgHeidingsfeld, 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 mixedinteger linear para el análisis del sistema energético, aplicados en la Ciudad de Linköping, Suecia (Sundberg y 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), aplicados 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 y 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 (BOCM, 2010).
- Modelo para el desarrollo de un sistema de planificación energética municipal, aplicado en la Región Toronto-Niágara Waterloo, Canadá y Hohhot, China (Lin 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).
- 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 y Polonara, 2012).
- Método y herramientas para la planificación energética de la comunidad, aplicados en Shanghai, China (Huang et al., 2015).

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, transportepúblico 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 et al., 2017).

1.4.3 Gestión energética local en Cuba

En el estudio documental sobre la gestión energética local en Cuba se identificaron tres trabajos: la definición de indicadores sectoriales energéticos para el municipio Cienfuegos (Monteagudo et.al., 2013), la experiencia piloto en la utilización de las fuentes renovables de energía en el municipio de San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque (Rojas, 2014), por otra parte el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA) a través de la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía (REDENERG) logra la interrelación de actores vinculados directa o indirectamente al sector energético, con el propósito de acompañar y asesorar a los decisores en el proceso de identificación de los problemas energéticos y en la determinación de soluciones (González, A et al., 2006), con la creación del Nodo Municipal de Energía (NOME) (González, A et al., 2013; Arencibia, A., 2014).

Los estudios realizados por la Red Nacional de Gestión del Conocimiento en Energía o REDENERG y CUBAENERGÍA se han basado en acciones puntuales de eficiencia energética y en el aprovechamiento de la informatización de la sociedad y no en la gestión energética municipal, reconociéndose como problema energético que los gobiernos municipales no han desarrollado los mecanismos para la gestión energética de subordinación territorial (González et al., 2006).

1.5 Diagnóstico energético local

El diagnóstico energético local o municipal permite a los actores locales conocer la oferta y demanda de energía de un municipio, tanto de fuentes convencionales de energía como de FRE.

1.5.1 Metodologías para el diagnóstico energético local

Muchos municipios desarrollan acciones concretas en este ámbito, pero una verdadera política energética y contra el cambio climático municipal necesita contar con un instrumento, el plan energético y de lucha contra el cambio climático local, que establezca unos objetivos medibles y realistas, las acciones a llevar a cabo, la financiación necesaria, los responsables y las fórmulas



de seguimiento de los resultados, por lo que se han desarrollado metodologías para el diagnóstico energético del municipio además de la planteada por la Organización de Naciones Unidas (ONU) en función de la protección ambiental con la Agenda Local 21.

1.5.1.1 Metodología para el diagnóstico energético municipal

En la guía de planificación local para el ahorro energético y contra el cambio climático en los municipios de Canarias se propone el diagnóstico energético, la definición de objetivos y acciones, y el seguimiento del plan a través de indicadores. Se presenta una relación de los datos a recopilar, las fuentes de información disponibles, sus limitaciones y algunos métodos alternativos de cálculo.

La confección del inventario de datos a recopilar o calcular, con mención a las unidades, y las fuentes de datos o la fórmula para calcularlos, se consideran unidades y variables, las que se definen como:

- **Unidades:** se refiere a la unidad en la que son suministrados o han de calcularse los datos, ejemplo de ellos energía eléctrica, derivados del petróleo, potencia instalada y energía producida por fuentes de energía renovables, cogeneración, energía final, rendimientos energéticos, energía primaria, autoabastecimiento e intensidad energética, ciclo del agua, transporte, residuos, datos demográficos y emisiones de gases efecto invernadero (GEI).
- **Variables:** hace referencia a datos obtenidos para un período de tiempo determinado; normalmente serán datos anuales.

El diagnóstico energético municipal se utiliza para poder establecer los objetivos y las acciones de un plan local de ahorro energético y contra el cambio climático, es necesario realizar un diagnóstico que permita conocer y analizar los flujos e indicadores energéticos y las emisiones de GEI. Este consta de una parte técnica basada en datos objetivos, estadísticas y estudios previos. Este estudio da una visión orientativa de los aspectos que puede analizarse en el **diagnóstico técnico**.

El diagnóstico técnico se debe completar con un diagnóstico social o cualitativo, que, en base al primero, incluya la percepción de la ciudadanía sobre los aspectos a definir y analizar. En el



diagnóstico social se puede utilizar instrumentos como las encuestas de percepción ciudadana, entrevistas a expertos o personas claves, análisis DAFO, talleres y foros de discusión, etc.

A partir de este diagnóstico técnico, y con la incorporación de la perspectiva ciudadana, el municipio debe establecer sus prioridades a través de la fijación de objetivos y actuaciones en el plan de acción, y analizar la evolución de éstos a través de los indicadores.

El diagnóstico técnico será más completo cuanto mayor sea la recopilación de datos a analizar. Cada municipio debe valorar el alcance del diagnóstico en relación al esfuerzo derivado de profundizar en alguno de sus aspectos y las mejoras que ello puede suponer a la hora de priorizar o diseñar acciones, siendo un factor clave la información que tiene que ser significativa.

La información a recopilar va desde los consumos y producciones de energía y emisiones de GEI, a otros datos propios de la geografía y economía del municipio que puedan tener incidencia en la demanda energética o sean necesarios para el cálculo de indicadores. Los datos obtenidos deben abarcar un período mínimo de un año, no obstante, es interesante disponer de un intervalo de tiempo mayor para poder analizar tendencias.

1.5.1.2 Diagnóstico del consumo de energía para los municipios

En el ámbito de un municipio, hay que referirse a la energía primaria interior sin contabilizar los suministros para la navegación marítima y aérea, donde las corporaciones locales no tienen capacidad de acción en una posible planificación en la Tabla 1.3 se muestran los elementos a considerar, (Díaz, 2009).

Un diagnóstico del consumo de energía puede incluir:

- Análisis de la evolución del consumo de energía primaria y energía final en el municipio.
- Análisis de la distribución de los consumos de energía primaria y final por tipo de energía y por sectores consumidores.
- Relación de la evolución del consumo de los diferentes tipos de energía con la evolución de la población, la actividad económica (VAB o PIB municipal), etc.
- Comparativa de la evolución de los consumos energéticos con otros ámbitos territoriales (otro municipio, isla o región).



- Porcentaje de autoabastecimiento de energía en el municipio.
- Emisiones de GEI producidas por los consumos energéticos.

El diagnóstico de las energías renovables puede incluir los siguientes aspectos:

- Análisis del potencial de implantación de energías renovables en el ámbito municipal.
- Análisis de la evolución de las potencias instaladas para cada una de las tecnologías: eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, solar térmica, minihidráulica, biomasa y valorización de residuos.
- Análisis de la evolución de la energía producida por las distintas tecnologías.
- Análisis de indicadores relativos de potencias instaladas y energías producidas por habitante y comparativa con otras zonas geográficas.
- Análisis de las posibles barreras para la implantación de energías renovables en el municipio (normativas, ordenación territorial, etc.).

Tabla 1.3: Elementos a considerar para el diagnóstico municipal. **Fuente:** (Díaz, 2009).

Energía primaria interior: (energía final + pérdidas + autoconsumos en refinerías y generación eléctrica) Por fuentes: petróleo, gas natural y energías renovables Por sectores: residencial, transporte, servicios, industrias y otros sectores.	Energía final	Por tipos	Por sectores
		Electricidad. Combustibles derivados de petróleo (GLP, gasoil, gasolina). Cogeneración (calor). Energía solar térmica. Energía mecánica eólica.	Residencial. Transporte. Servicios. Industrias. Otros sectores (primario y no clasificados).
	Autoconsumos y pérdidas de energía.	Autoconsumos en refinería.	
		Autoconsumos en centrales de generación eléctrica.	

		Pérdidas en refinerías.
		Pérdidas en conversión de centrales eléctricas.
		Pérdidas de transporte y distribución eléctrica.

La cuantificación de la demanda de energía y emisiones de GEI en el caso del transporte no es tarea fácil por la ausencia de límites territoriales propios del mismo, por lo que habrá que acudir a indicadores relacionados o a modelos de estimación. Además de la cuantificación de los consumos de energía, un análisis profundo de este sector en el municipio incluiría aspectos como los siguientes:

- Características generales de la demanda de movilidad: matriz de movilidad (origen/destino).
- Análisis del viario, tráfico y circulación: inventario del viario y datos de intensidades, accesibilidad peatonal y para discapacitados.
- Aparcamiento: inventario y análisis de la política de aparcamiento municipal.
- Transporte público: datos de oferta y demanda, líneas y recorridos.
- Transporte de mercancías: flujo de mercancías por el municipio, problemática de la carga y descarga.

1.5.1.3 Diagnóstico de la administración local

Para el diseño de objetivos y acciones es necesario tener una visión clara de las debilidades y fortalezas de la gestión energética municipal. Hay que identificar cuáles son los departamentos implicados, qué comunicación hay entre ellos, si fluye la información hacia los responsables de la gestión energética, los propios trabajadores municipales, los ciudadanos, etc. (García, 2009).

Los edificios y los servicios municipales pueden ser grandes consumidores de energía. Un análisis del consumo energético y las emisiones GEI de la administración local, puede tratar los siguientes aspectos:



- Análisis de la evolución del consumo de energía primaria y final en los edificios y servicios municipales.
- Análisis de la distribución de los consumos de energía primaria y final por tipo de energía y por departamentos o servicios.
- Análisis del consumo de energía eléctrica por departamentos o servicios (alumbrado público, semáforos, instalaciones deportivas, centros educativos, oficinas, etc.).
- Análisis del consumo de combustibles derivados del petróleo por departamentos y servicios (recogida de basuras, mantenimiento de zonas verdes, parque móvil municipal).
- Transporte público, instalaciones deportivas, etc.
- Comparativa de la evolución de los consumos energéticos con otros ámbitos territoriales.
- Porcentaje de autoabastecimiento de energía de las instalaciones municipales.
- Emisiones de GEI producidas por los consumos energéticos de la administración local.

Las administraciones locales deben dar ejemplo con la producción de energía a base de energías renovables, ya sea con instalaciones propias o participando como socios en proyectos conjuntos. El diagnóstico analizará qué papel desempeña en este aspecto y puede incluir:

- Análisis del potencial de implantación de energías renovables en instalaciones municipales.
- Análisis de evolución de las potencias instaladas en instalaciones en propiedad o con participación municipal para cada una de las tecnologías: eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, solar térmica, minihidráulica, biomasa y residuos.
- Análisis de la evolución de la energía producida por las instalaciones en propiedad o con participación municipal y del grado de autoabastecimiento.

Además de valorar y analizar el consumo de agua y de combustible en transporte de la administración local, incluyendo un análisis de los costos de los consumos de energía y agua, su evolución, el porcentaje del presupuesto municipal que suponen, así como los ingresos por producción de energías renovables, también se deben analizar las inversiones en materia de energías renovables o ahorro de energía y agua.

1.5.1.4 Diagnóstico territorial del área local

El diagnóstico territorial planteado por Brandoni y Polonara (2012) consiste en el análisis municipal de la generación y demanda de energía; los sectores analizados en detalle son los



sectores de la electricidad y el sector térmico. Menos atención se ha prestado al análisis del sector del transporte, porque la gestión de movilidad política ha sido ampliamente discutida en el ámbito regional, con la única contribución proveniente de los municipios que, con respecto a la gestión de la movilidad de los vehículos, tiene un efecto muy débil en la demanda total de energía. Esto significa que a diferencia del Plan Regional Maestro de Energía (PRME) el principal objetivo de la fase 1 no es el balance de energía municipal, sino más bien el análisis de la demanda y la oferta local para resaltar los principales momentos críticos para ello se definen los parámetros de entrada que se ilustran en la Figura 1.3.

Parte de los datos de la energía de consumo se ha calculado como una parte proporcional de consumos regionales (basados en las poblaciones o número de viviendas); otros se basan en los resultados obtenidos de auditorías energéticas y entrevistas. Los minoristas locales de la energía han proporcionado los datos de la electricidad y los de consumo de gas natural, mientras que los insumos derivados del aceite para la calefacción y el transporte han sido calculados como una parte proporcional del consumo de provincia basado en el número de habitantes.

Especial atención se ha prestado al consumo de iluminación pública en los edificios, que es necesaria para evaluar las acciones en el sector público y el ahorro de energía. Esto está dirigido a acortar los gastos administrativos y además juega un papel demostrativo.

En lo que respecta al suministro de energía local, la primera acción a realizar debe ser una distinción entre los combustibles fósiles y fuentes renovables.

Es necesaria la obtención de valores de la generación de energía a partir de recursos renovables, que ha aumentado continuamente, en el caso de la producción de energía fotovoltaica, se ha construido una base de datos nacional que proporciona información sobre la capacidad instalada, la fecha de su entrada en funcionamiento y su ubicación en el territorio.

Los datos relativos a la biomasa y centrales hidroeléctricas se derivan de propietarios de las instalaciones; los únicos datos que son imposibles de recoger son los relacionados con los colectores térmicos solares instalados en casas privadas, para los que no existe ninguna base de datos.



Los parámetros derivados de la demografía nacional y el análisis socio-económico, que caracteriza a la zona local (habitantes, viviendas, etc.), son de igual importancia para este estudio.

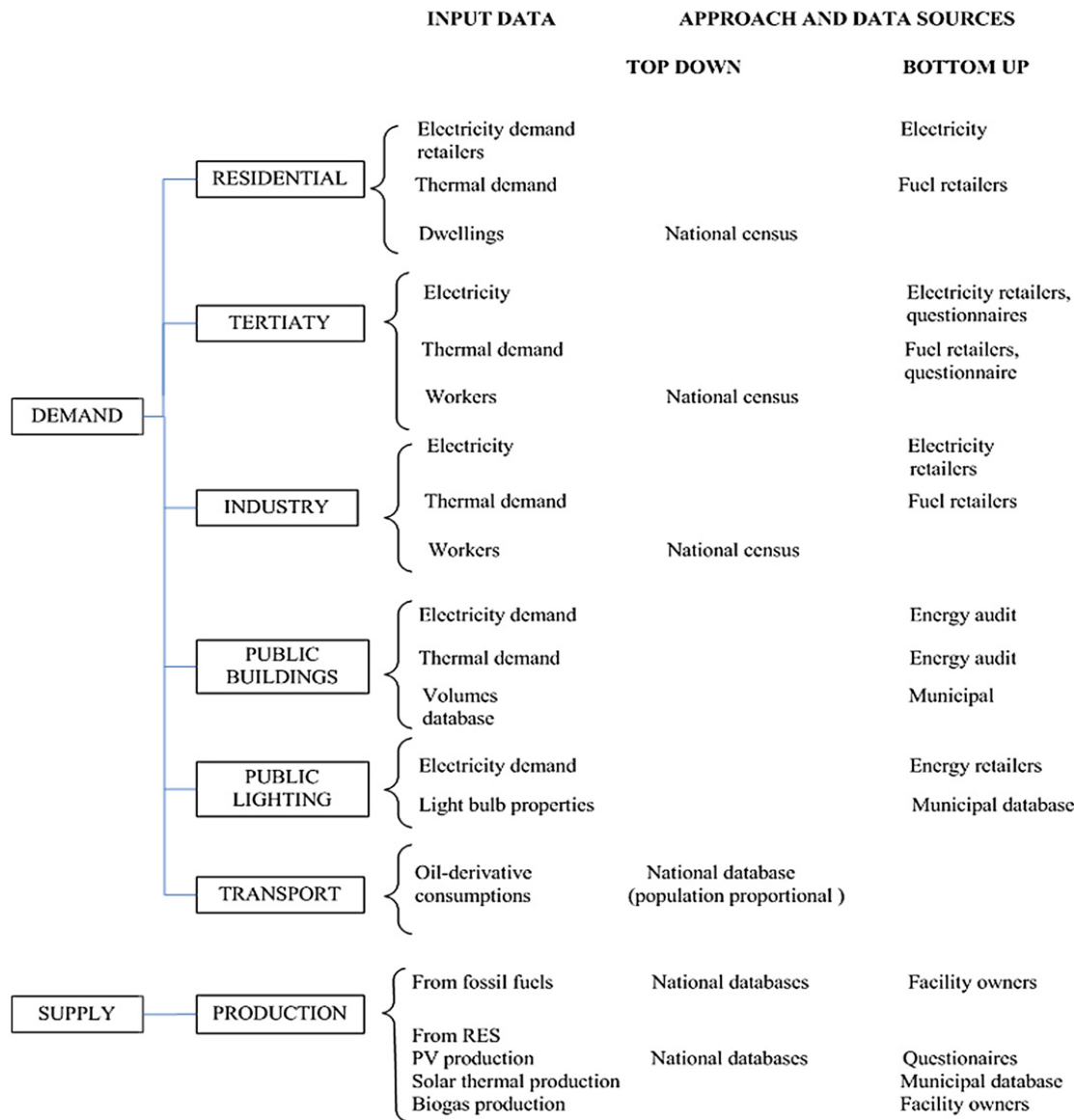


Figura 1.3: Parámetros de entrada para el diagnóstico territorial. **Fuente:** (Brandoni y Polonara, 2012).



1.5.1.5 Auditoría medioambiental y plan de participación: herramientas para la ejecución de la Agenda Local 21

Los diagnósticos diseñados para la Agenda Local 21 son muy diferentes para cada caso, ya que depende mucho del contexto y características del municipio. Muchas veces no se tiene en cuenta la importancia vital de esta fase, que es una de las fases que más tiempo conlleva, debido a que hay que reunir, procesar, analizar y evaluar mucha información del municipio, que la mayoría de las veces no va a estar disponible y que, por lo tanto, habrá que generar, lo que ralentiza el proceso. Una coordinación máxima entre los diferentes niveles de la administración va a ser clave para que el diagnóstico tenga la calidad deseada.

A través de este diagnóstico se observarán tanto las potencialidades y oportunidades, como sus limitaciones y amenazas, ya que nos permite estudiar el estado del municipio, en cuanto a su realidad natural, social, económica, etc.

La propuesta metodológica para el desarrollo de la Agenda Local 21 del Código de Buenas Prácticas Ambientales (CBPA), se basa en la aplicación de dos herramientas de trabajo: la Auditoría Ambiental (AM) y el Plan de Participación Social (PPS), los cuales se presentan en la Figura 1.4.

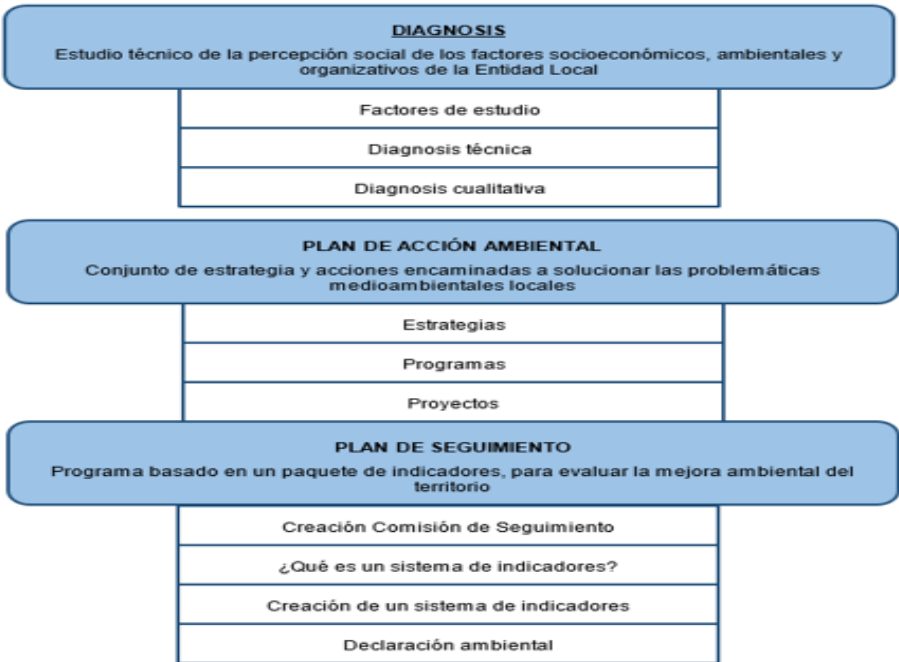




Figura 1.4: Propuesta metodológica para el desarrollo de la Agenda Local 21. **Fuente:** Agenda Local 21 (2004).

La elaboración de un diagnóstico energético en una localidad va a permitir la gestión de los recursos energéticos presentes en el territorio y con ello, contabilizar todos los flujos de energía y las relaciones entre las entradas y las salidas de dicha energía y sus transformaciones, que no es más que el balance energético local.

1.6 Balance Energético

El balance energético pone de manifiesto las interrelaciones entre la oferta, transformación y uso final de la energía y representa un instrumento relevante para la organización y presentación de datos en la planificación energética global. Además, contabiliza flujos físicos consistentes que van desde la energía primaria hasta el consumo final. (OLADE, 2015).

Según Fernández (2011) en el balance se analizan las distintas fuentes energéticas (productos petrolíferos, gas natural, carbón, electricidad y energías renovables) y los principales agregados que definen el balance energético (producción de energía, consumo de energía primaria, consumo de energía final y balance eléctrico). Dicho balance tiene como objetivo:

1. Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada país, determinando las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional.
2. Servir de instrumento para la planificación energética.
3. Conocer detalladamente la estructura del sector energético nacional.
4. Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos que permitan impulsar cuando sea posible los procesos de sustitución.
5. Crear las bases apropiadas que conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética.
6. Ser utilizado para permitir la proyección energética y sus perspectivas a corto, mediano y largo plazo.



1.6.1 Balance Energéticos Locales

Según Gómez y Morán (2015), un balance de energía en una localidad es una estructura de conteo para compilar y recolectar datos de la energía que entra, que sale, y que se usa dentro de un lugar específico como una empresa, una comunidad, una provincia, o un país durante un periodo de tiempo definido. El balance expresa todas las formas de energía en una unidad común de conteo y muestra las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones en los diferentes sectores pertenecientes a un lugar.

El balance energético tiene aplicación práctica y rutinaria, pero a un nivel de mayor agregación al de la ciudad: a nivel de país. Por lo tanto, es habitual encontrar la elaboración de balances y diagnósticos energéticos en diferentes estadios territoriales llámense nacionales, regionales o mundiales (Gómez y Morán, 2015).

Otro punto a considerar en el balance energético local es la evolución del consumo de energía por sectores económicos, ello permitirá detectar cómo influyen en la demanda de energía primaria los cambios en los distintos sectores y actuar en consecuencia. (García, 2004).

1.7 Conclusiones parciales del capítulo

1. La gestión energética local ha contribuido a la mejora de la gestión pública municipal al incidir en el ahorro de la energía y disminuyendo el impacto ambiental local en países donde se han desarrollado modelos, metodologías e indicadores.
2. En Cuba solo se han identificado tres estudios sobre la gestión energética local, resultando el más significativo el realizado por REDENERG y CUBAENERGÍA que, aunque realiza el acompañamiento y asesoramiento en el municipio a través del NOME se ha basado en acciones puntuales de eficiencia energética.
3. Los diagnósticos energéticos locales permiten a los municipios evaluar la energía generada por diferentes fuentes y la consumida por los sectores de la economía y los hogares, proporcionando a los gobiernos locales elementos que permitan diseñar y ejecutar acciones para fomentar la eficiencia energética local, acompañado de la disminución del impacto negativo sobre el medio ambiente.



4. La elaboración de un diagnóstico energético en una localidad va a permitir contabilizar todos los flujos de energía y las relaciones entre las entradas y las salidas de dicha energía y sus transformaciones, que no es más que el balance energético local.

Capítulo 11



Capítulo II: Metodología para el balance energético municipal en Cuba

2.1 Introducción

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. Se propone un procedimiento para el balance energético en los municipios cubanos a partir del balance realizado por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), 2017.

2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos

El municipio de Cienfuegos tiene una extensión territorial de 355.63 Km². 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
Cienfuegos	Reina, Centro Histórico, Pastorita, Junco Sur, La Juanita, Juanita II, Pueblo Grippo, 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. (Rodríguez, 2019).

2.3 Diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos

El diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos desarrollado por Campillo, 2018 se realizó a través de la identificación de actores que gestionan y/o registran los datos e información referente a la energía consumida y generada en el municipio.

2.3.1 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.

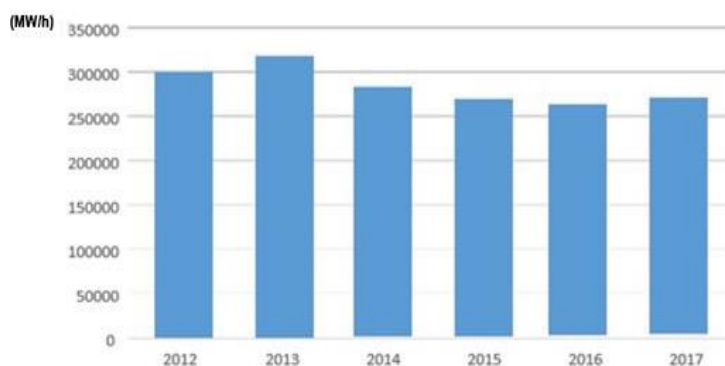


Figura 2.2: Consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos periodo 2012-2017.

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).

2.3.1.1 Análisis del consumo de energía eléctrica

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, según plantea Correa et al. (2016).

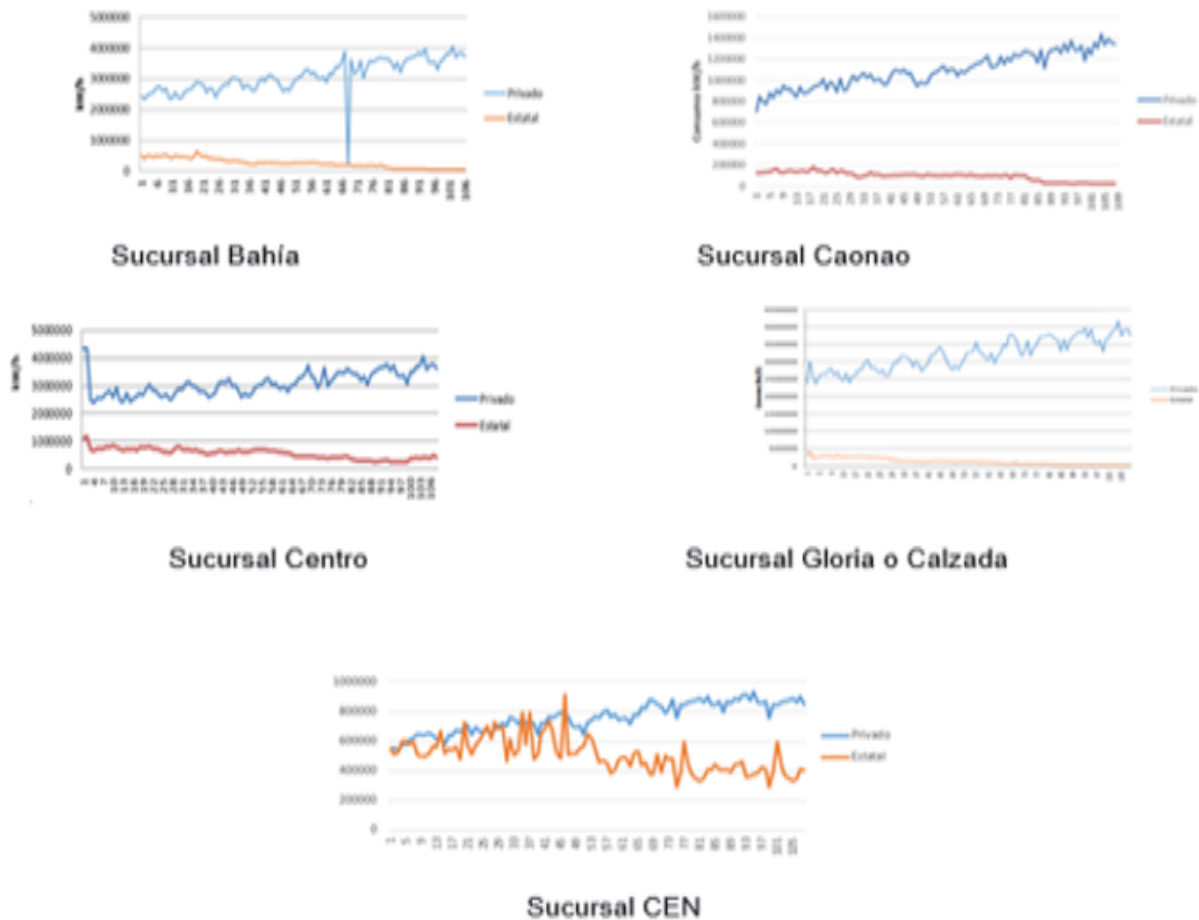
En este estudio inicial se considera la energía eléctrica demandada por el sector estatal y residencial para un período de nueve años que comprende desde el año 2007 al año 2015, en el municipio de Cienfuegos. Los datos provienen de la Organización Básica Eléctrica (OBE), donde los consumos de energía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

Los consumos de energía eléctrica para los sectores estatales y privados se muestran en la Figura 2.3.

De forma general el del sector estatal en el periodo 2007- 2015 tuvo la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presenta un consumo de energía eléctrica irregular 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 (año), una representación de estos se exhibe



en el Anexo 1 con una muestra de los CP Punta Gorda, Junco Sur y Guaos ya que estos responden a las clasificaciones, urbano, rural-urbano y rural respectivamente (Correa et.al, 2016).

Figura 2.3: Análisis del consumo de energía eléctrica de las cinco sucursales del municipio.

Fuente: (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 los que sus consumos de energía se concentran en valores medios, en el caso de los CP Paraíso, Pastorita-Obourke, Pueblo Griño, 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 Griño, Guaos, Buena Vista, Tulipán y La Barrera presentan ciclos, aumentado el consumo de febrero a julio y disminuyendo de agosto a enero, los CP Centro Histórico y San Lázaro tiene 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 Griño, 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 2.4 y 2.5 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.

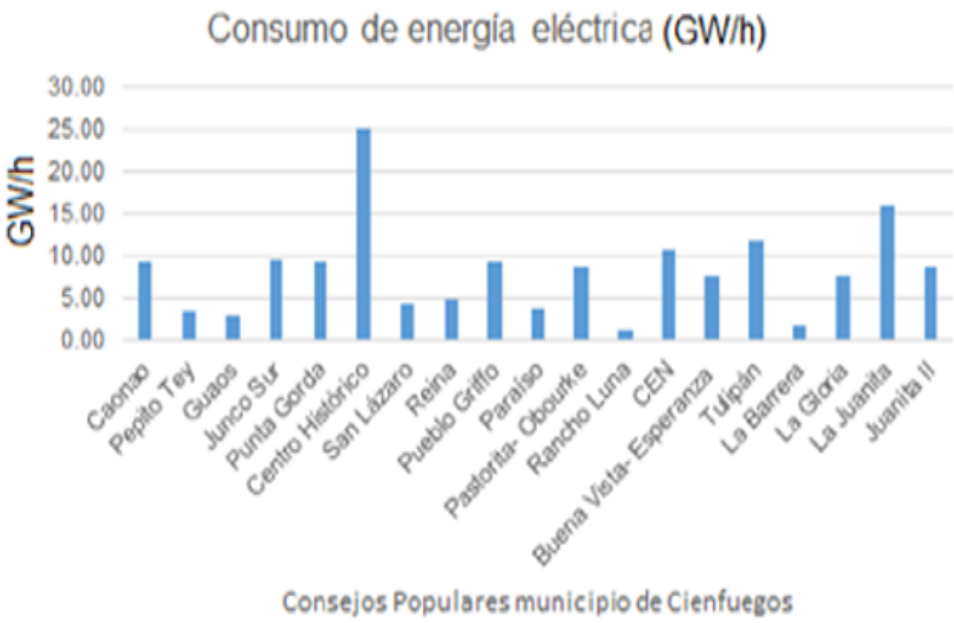


Figura 2.4: Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016).

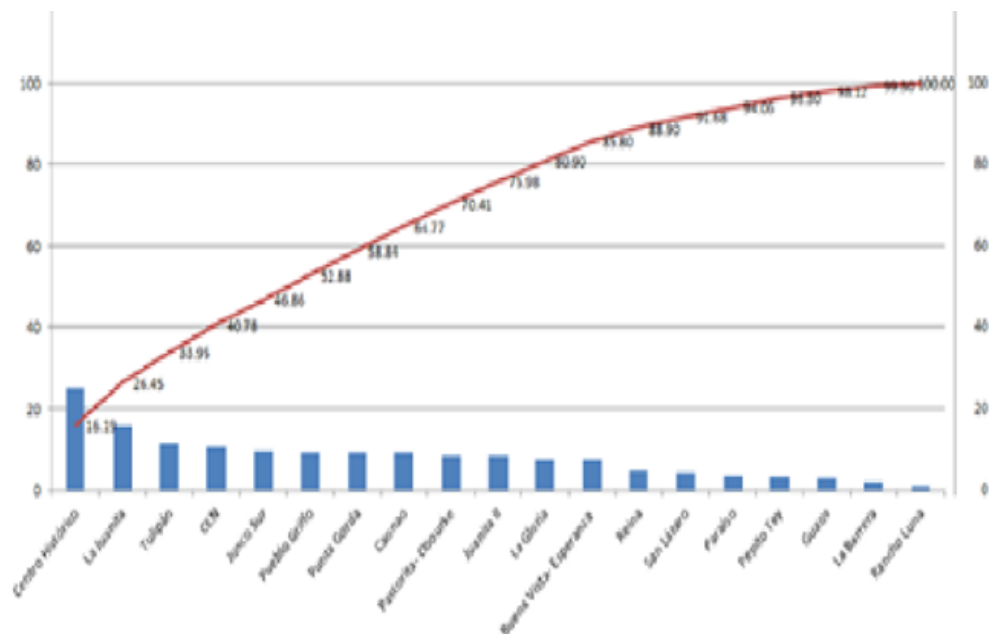


Figura 2.5: Estratificación del consumo de energía eléctrica en los CP del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa et.al, 2016).

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.

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 municipal	En el consumo de electricidad solo se considera las lecturas de los metrocontadores eléctricos instalados en el sector residencial, en estas lecturas se evidencia que en este sector el menor consumo se registra para el mes de febrero y el mayor para el mes de julio (Agüero, 2016; Aureliano, 2016; Ávila, 2016; Cantero, 2016; Fernández, 2016; Nápoles, 2016 y Rodríguez, 2016)	Determinar las variables que influyen en el consumo de electricidad municipal para el sector residencial 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	Georeferenciación de las FRE del municipio de



	Planificación Física (DPPF)	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 y Campillo, 2018) se muestran a continuación:

La Figura 2.6 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

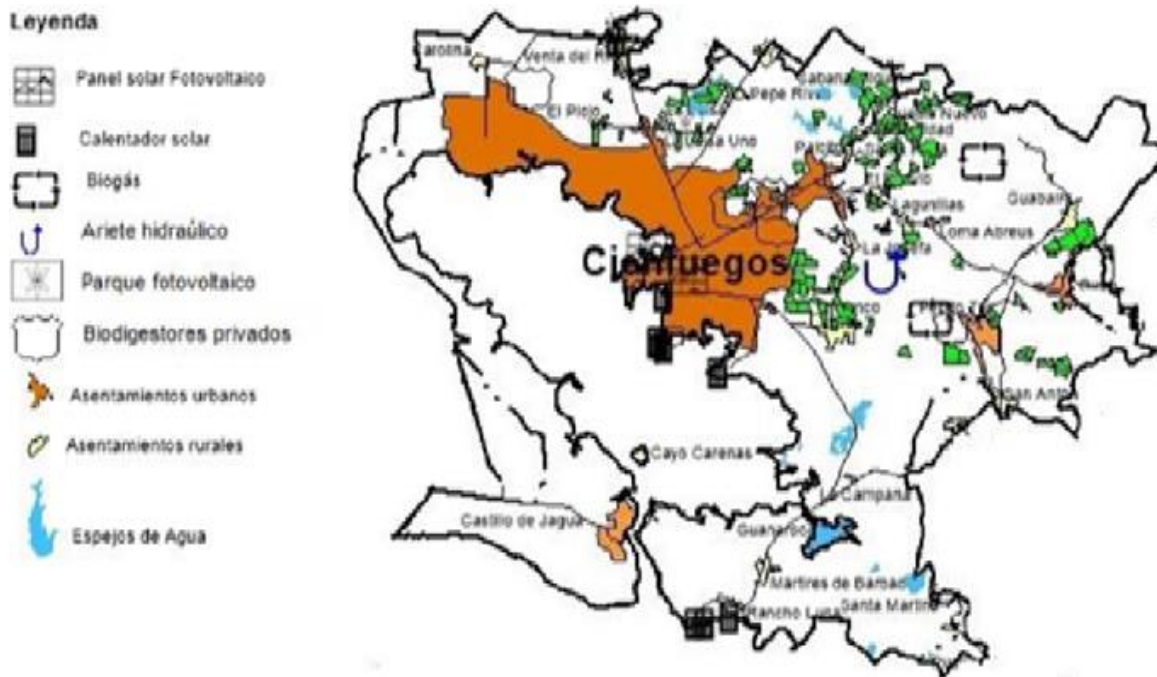


Figura 2.6: Matriz FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Campillo, 2018)

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 porciento 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 (m³)	Total de biogás año (m³)	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)	CO ₂ dejado de emitir día (kg)	CO ₂ 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 m³ 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 m³ 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 CO₂ 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 m³ de biogás al año. Por día se obtiene 74,58 m³ 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 CO₂ 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 ³)	Total de biogás año(m ³)	Total energía eléctrica día (kWh)	Total energía eléctrica año (kWh)	CO ₂ dejado de emitir día (kg)	CO ₂ 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
Total de biogás municipal.	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 Grippo 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.

El diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos identificó potencialidades energéticas para la incorporación de las FRE en la matriz energética municipal, además aporta los datos e información que facilitan el balance energético del municipio, recomendación realizada por Campillo (2018). Esta necesidad está fundamentada en que el municipio debe tener una contabilización de todos los flujos energéticos presentes en él, lo que se denomina Balance Energético Municipal (BEM).

2.4 Metodologías para el Balance Energético Municipal

Existen una serie de metodologías para el Balance energético municipal según diferentes autores (Enguix, 2012; Gomez y Morán, 2015; OLADE, 2015; Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), 2017; AIE, 2017; del Hoyo, Retuerto y Ronco, 2017).



- Balance energético y económico para el aprovechamiento de biomasa forestal en el término municipal de Enguera (Enguix, 2012).
- Análisis energético urbano usando metodologías de gestión integral de energía: un caso de estudio en la ciudad de Pasto (Gomez y Morán, 2015).
- Balance Energético – Metodología OLADE (OLADE, 2015).
- Balance energético del municipio de Madrid año 2015 (F2I2-UPM, 2017).
- Balance energético metodología.
- Balances energéticos provinciales: notas metodológicas y consolidación de la información (del Hoyo, Retuerto y Ronco, 2017).

2.4.1 Análisis energético urbano usando metodologías de gestión integral de energía: un caso de estudio en la ciudad de Pasto

La investigación de carácter exploratorio llevada a cabo en la ciudad de San Juan de Pasto, pone a disposición de las prácticas tradicionales de la planificación urbana, nuevas herramientas cuantitativas y cualitativas de planeamiento de energía y conceptos de Energética Urbana, con el fin de ampliar la visión del desarrollo de la ciudad capital del Departamento de Nariño, en el suroccidente de Colombia, haciendo posible que la gestión de nuevos modelos urbanos como las soluciones a los problemas más importantes de la ciudad, puedan incorporar la variable energía, satisfaciendo las exigencias que imponen los novedosos escenarios energéticos futuros.

Para ello, se han implementado metodologías de tratamiento integral de energía ampliamente conocidas, como son el balance y diagnóstico energéticos, usadas corrientemente en otros ambientes, permitiendo caracterizar el valor energético de la ciudad, conformar la estructura de su balance energético, consolidar cuantitativamente las principales variables del mismo y plantear un diagnóstico energético inicial.

El balance energético expresa todas las formas de energía en una unidad común de conteo y muestra las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones en los diferentes sectores pertenecientes a un lugar La Figura 2.7 presenta un diagrama en el que se pueden distinguir los cuatro elementos fundamentales del balance:

- La energía primaria (EP), la cual se encuentra en la naturaleza sin ninguna transformación

- La energía secundaria (ES), que es toda forma de energía que ha sufrido alguna transformación para ser útil.
- Los centros de transformación (CT), que son los lugares donde se transforma energía primaria
- Los sectores de consumo final (CF), que representan los usuarios de la energía, entre los que se distingue los usuarios de transporte, domésticos, industriales, comerciales, el sector agrícola y el sector de la construcción, principalmente.

En este mismo esquema, se puede visualizar cuales flujos entran o salen: si la dirección de las flechas va hacia el sistema, es un flujo de entrada, y si sale del sistema, un flujo de salida.

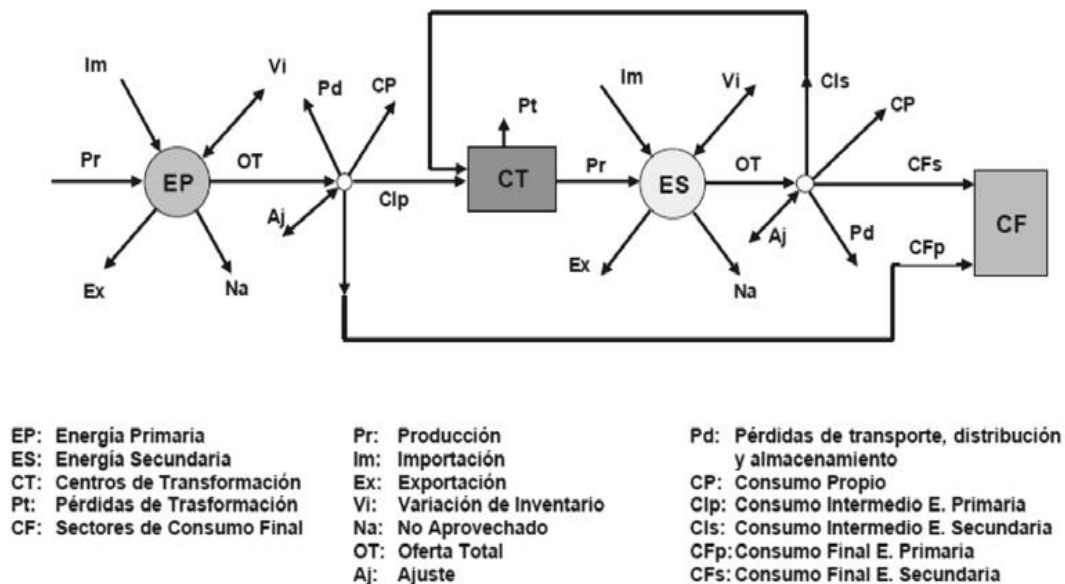


Figura 2.7 Esquema general de los flujos de energía presentes en un balance energético.

Fuente: Fundación Bariloche, 2009.

En un balance de energía todos los flujos son contados y su construcción se fundamenta en la primera ley de la termodinámica, la cual establece que la cantidad de energía dentro de cualquier sistema cerrado es fija, y no puede ser incrementada o disminuida, a menos que haya un intercambio neto de entrada o salida con sus alrededores. Aplicando la primera ley de termodinámica al sistema de la Figura 2.7, se pueden extraer algunas relaciones básicas. Para la energía primaria, por ejemplo, se tiene que la energía total que entra debe ser igual a la que sale, que en términos de ecuación quedaría así:

$$Im + Pr \pm VI = Ex + Na + OT \quad (1)$$

Que, despejando para la energía ofertada total, OT, será:

$$OT = Im + Pr \pm VI - Ex - Na \quad (2)$$

El mismo procedimiento puede ser llevado a cabo para los centros de transformación, la energía secundaria y los centros de consumo final. Los datos característicos de los flujos de energía presentes en un sistema, son consignados en una matriz que es representativa del balance energético del lugar y el periodo específico en estudio como se muestra en la Figura 2.8.

Fuentes Primarias	Fuentes Secundarias	Total
Balance de Energía Primaria		
Centros de Transformación		Pérdidas
	Balance de Energía Secundaria	
Consumo Final por Sectores		Total

Figura 2.8 Matriz general de un balance energético. **Fuente:** Fundación Bariloche, 2009.

2.4.2 Balance Energético – Metodología OLADE

La matriz del balance energético de OLADE, ha sido superada por los requerimientos de análisis económico y energético a nivel nacional y regional. Los conceptos de uso racional de energía, el reemplazo de fuentes de energía, el análisis y proyección de la demanda de energía requieren un conocimiento, no solo del consumo por sectores económicos (industrial, residencial, etc.) y por fuentes energéticas (electricidad, derivados de petróleo, etc.) como figura en el balance actual, sino que también por sub-sectores económicos (cemento, hierro, etc.), por categorías de uso de demanda (calor, iluminación, etc.) juntamente con datos sobre los equipamientos de uso final y su eficiencia.

En la elaboración actual de los balances energéticos, se convierten las fuentes y formas de energía a su equivalente energético del nivel primario hasta el consumo final de energía. O sea, no se cubren las pérdidas al nivel del consumidor final (la energía útil).

Para conseguir el balance energético en términos de energía útil (BEEU), es necesario ampliar el consumo final del balance. Se calcula la energía útil a partir de la desagregación del consumo final en usos y dentro de éstos la participación de fuentes y equipos empleados. La nueva matriz del balance energético confeccionada por OLADE, en términos de energía útil detalla las relaciones entre todas las etapas del proceso energético como se muestra en la Figura 2.9.

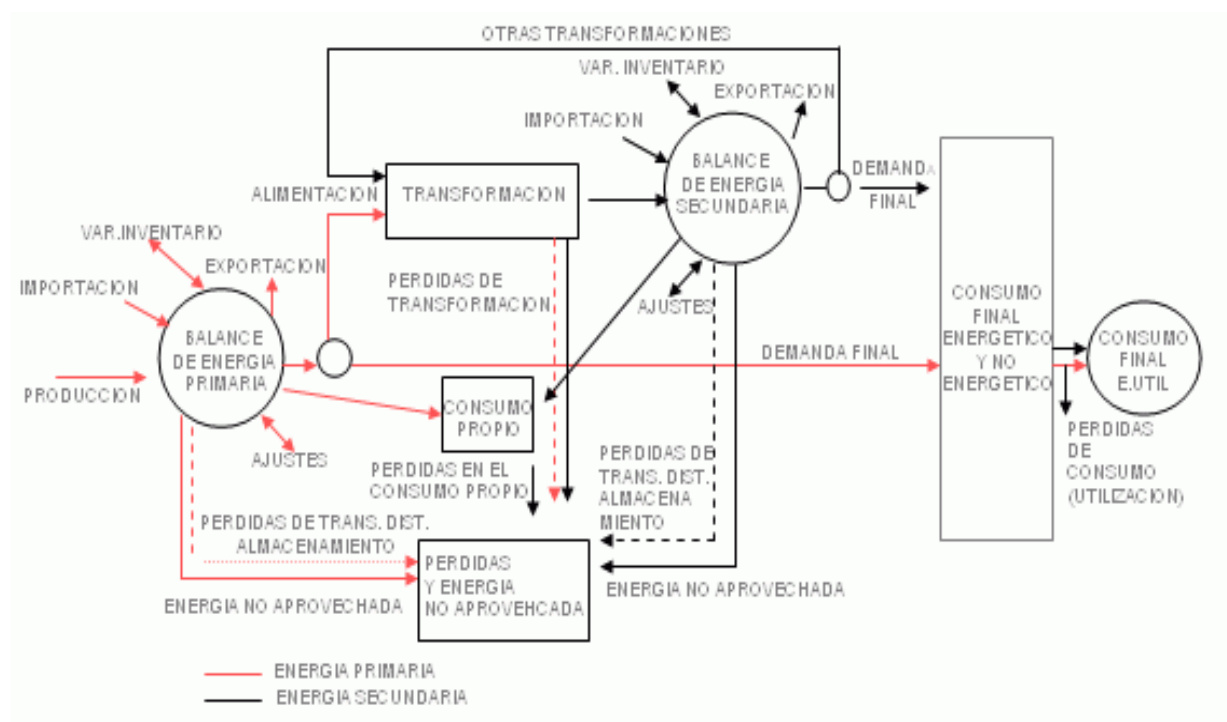


Figura 2.9: Matriz de Balance energético. **Fuente:** OLADE, 2015

Para efectuar el cálculo de la energía útil, es indispensable solucionar dos cuestiones básicas:

1. La definición de las eficiencias de los equipamientos, la cual abarca dos alternativas:

- La medición directa efectuada mediante auditorías energéticas. Esta medición releva los parámetros termodinámicos de los procesos bajo medición y es necesaria si se desea destacar las alternativas de CONSERVACION de energía, las cuales originan la



necesidad de efectuar auditorías.

- El empleo de las eficiencias provistas por los productores o por la autoridad competente. Esta aproximación resulta clara en el caso de que la proyección de la demanda final de energía este dirigida a enfatizar los mecanismos de SUSTITUCION de las diversas fuentes. No es importante el valor absoluto de las eficiencias sino su valor relativo para demostrar que una fuente es más o menos eficiente que otra en la satisfacción de necesidades para una tecnología determinada.

2. La determinación de los equipamientos a considerar

Es necesario que cada uso y cada energético considerados en cada subsector o actividad, posea una exacta definición del equipamiento respectivo.

El desarrollo del Balance de Energía en términos de energía útil, está supeditada al cumplimiento de las siguientes etapas:

- Confección del Balance de Energía actual hasta un nivel de consumo final, pero con una desagregación más amplia de los sectores de consumo
- Desagregación del consumo final por usos
- Aplicación de las eficiencias de los diferentes equipos pertenecientes a cada sector Es indispensable la creación de una base de datos compatible con la información necesaria para la confección del balance energético en términos de energía útil.

2.4.3 Balance energético del municipio de Madrid año 2015

El objetivo de este estudio es aplicar, al año 2015, la metodología desarrollada por el equipo de trabajo de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial-Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM) para la elaboración del Balance Energético del Municipio de Madrid.

En el balance energético se establecen tres grandes bloques:

- fuentes energéticas externas (importaciones de energía), donde se incluyen las importaciones de energía que pueden consumirse directamente como energía final (electricidad y derivados del petróleo) o en procesos de transformación y generación de energía eléctrica



- fuentes energéticas propias del municipio y generación de energía, tanto a partir de fuentes propias como a partir de fuentes importadas
- consumo de energía final, incluyendo los consumos de las distintas formas de energía en los sectores finales.

Se ha realizado, así mismo, un análisis de la situación energética del municipio y su evolución en el periodo 2006-2015, valorando la dependencia de las fuentes energéticas externas, la capacidad de producción de energía a partir de los recursos propios y el consumo energético por sectores (residencial, comercial e institucional –RCI–, industrial, transporte rodado, otros modos de transporte, tratamiento de residuos urbanos y tratamiento de aguas residuales).

2.4.4 Balances energéticos provinciales: notas metodológicas y consolidación de la información

El Balance Energético posee una estructura matricial de filas y columnas donde se representan los distintos recursos energéticos y las etapas en las cuales la energía se produce, intercambia con el exterior, se transforma o se consume. En este estudio se considera una estructura denominada horizontal donde las filas representan los distintos recursos energéticos y las columnas muestran la evolución del flujo energético correspondiente. El dominio geográfico corresponde a la jurisdicción provincial, y el espacio temporal es el año calendario.

A diferencia del Balance Energético Nacional, en el caso de los Balances Provinciales no se incluirán todos los recursos energéticos ni los centros de transformación que no aporten información en las regiones estudiadas. Por lo tanto, en los balances obtenidos en esta etapa se han omitido los centros de transformación ausentes en las provincias bajo análisis, como las coquerías, carboneras, destilerías y altos hornos, y los energéticos que son productos obtenidos en estos centros. El Balance Energético contiene tres secciones claramente identificables: la Oferta, la Transformación y el Consumo.

En la sección de Oferta se registran la producción, el comercio internacional (importación o exportación y bunker), el intercambio provincial, la variación de stock, el volumen de recurso no aprovechado y las pérdidas debidas a su extracción, transporte o distribución. Estos conceptos corresponden a la Oferta Interna, ya sea Primaria o Secundaria, que se corresponde con la “cantidad de energía disponible para su envío consumo o transformación”. En la sección de



transformación se registra la actividad de las centrales de generación de electricidad, ya sean del servicio público o autogeneradores, las refinerías y las plantas de tratamiento de gas. en esta sección también se registra el consumo propio por considerarse consecuencia de la actividad de transformación. en la última sección, de consumo, se registra el uso final de los recursos con fines energéticos y/o no energéticos en los sectores típicos denominados residencial, comercial, transporte, agropecuario e industria.

2.4.5 Comparación de las metodologías para el balance energético municipal

Según las metodologías anteriormente mencionadas se realiza una comparación de los diferentes elementos que toman en cuenta. Esta comparación se muestra en la Tabla 2.7, donde:

- EP: Energía Primaria;
- ES: Energía secundaria;
- FEE: Fuentes de energía externas;
- FEP: fuentes de energía propias;
- E: Exportaciones
- GE: Generación de energía
- CEE: Cogeneración de energía eléctrica
- T: Transformación
- EU: Energía útil
- CS: Consumo por sectores
- CF: Consumo final
- P: Pérdidas

Tabla 2.7: Comparación de las metodologías para el balance energético municipal. **Fuente:** Elaboración propia.



Metodologías	del Hoyo, Retuerto y Ronco, 2017	(F2I2) y (ETSIIUP M), 2017	Metodología balance energético	OLADE, 2015	Gomez y Morán, 2015	Enguix, 2012
Lugar	Argentina	Madrid, España	-	-	Pasto, Colombia	Enguera, España
EP	X	X	X	X	X	X
ES	X	X	X	X	X	
FEE	X	X	X	X	X	
FEP	X	X	X			X
E	X	X	X	X		
GE	X	X	X		X	X
CEE		X	X			
T	X	X	X	X	X	
EU				X		
CS		X	X	X		
CF	X	X	X	X	X	
P	X	X	X		X	



Estas metodologías tienen en común considerar la energía primaria, energía secundaria, las fuentes externas de energía o importaciones, las fuentes propias de energía, la transformación de la misma y el consumo final.

2.5 Conclusiones parciales del capítulo

Al término del capítulo se llegan a las siguientes conclusiones:

1. El diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos realizado por Campillo (2018) identificó potencialidades energéticas para la incorporación de las FRE en la matriz energética municipal, sin embargo, no logra la contabilización de todos los flujos energéticos presentes en él.
2. Se hace una revisión de diferentes metodologías de balance energético municipal en función de determinar los elementos que tienen en común siendo estos: la energía primaria, energía secundaria, las fuentes externas de energía o importaciones, las fuentes propias de energía, la transformación de la misma y el consumo final.

Capítulo III



Capítulo III: Balance energético al municipio de Cienfuegos

3.1 Introducción

En este capítulo se propone una metodología para el balance energético municipal a partir de las metodologías estudiadas adaptada a las condiciones cubanas. Además, se aplica dicha metodología en el 3.2 Selección de la metodología de Balance Energético Municipal (BEM)

3.2 Selección de la metodología de Balance Energético Municipal (BEM)

La determinación de la metodología se realiza a través de la selección del grupo de expertos para trabajar el balance energético del municipio de Cienfuegos a través de la fórmula:

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

Donde:

1 - α : 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. ($i \leq 12$).

1 - α	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

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

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



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, profesores de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad de Cienfuegos, de los Departamentos de Contabilidad y Finanzas (DCF), Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIIUM), Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), un representante de la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) y del Gobierno municipal de Cienfuegos. El grupo de expertos queda conformado de la siguiente forma:

1. DrC. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
2. DrC. José Monteagudo Llanes (CEEMA)
3. DraC. Dunia García Lorenzo (DCF-CEEMA)
4. DrC. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
5. DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
6. DrC. Nelson Castro Perdomo (FI)
7. DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
8. MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
9. MSc. Evelio Ángel Álvarez López (CITMA)
10. Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)
11. MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

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.

A continuación, se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos según se muestra en la Tabla 3.1.

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

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	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
7	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
8	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
9	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
10	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
11	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio

Seleccionando con un nivel de concordancia de W-Kendall=0.85 la metodología propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), 2017, debido a que abarca una mayor cantidad de los flujos energéticos del municipio, sin embargo, los expertos consideran que debe realizarse adecuaciones según las condiciones de los municipios cubanosmunicipio de Cienfuegos.

3.2.1 Análisis Clúster o conglomerado para la determinación de los elementos de la metodologíapara el balance energético municipal en Cuba

En la determinación de los elementos para la metodología para el balance energético municipal para Cuba se utiliza el análisis clúster o conglomerados, que tiene como punto de partida una matriz de distancias o proximidades entre pares de sujetos o variables (para esta investigación se denominarán elementos), que permiten identificar su grado de “similitud-semejanza”

(homogeneidad interna) en el caso de las proximidades o su grado de “disimilitud-desemejanza” (heterogeneidad externa) en el caso de las distancias (Visauta, 1998; Hairet_al, 1999).

Se procede a realizar la comparación de las metodologías estudiadas para determinar los elementos de la metodología a proponer. En la Tabla 3.2 se establecen los criterios de comparación propuesto por Medina et_al. (2012), siendo estos los siguientes:

Tabla 3.2: Criterios de comparativos de los elementos de las metodologías. **Fuente:** Elaboración propia

Metodologías consultadas	Elementos											
	EP	ES	FEE	FEP	E	GE	CEE	T	EU	CS	CF	P
del Hoyo, Retuerto y Ronco, 2017	I	I	I	I	I	I	NI	I	NI	NI	I	I
(F2I2) y (ETSIIUPM), 2017	I	I	I	I	I	I	I	I	NI	I	I	I
Metodología balance energético	I	I	I	I	I	I	I	I	NI	I	I	I
OLADE, 2015	I	I	I	NI	I	NI	NI	I	I	I	I	NI
Gomez y Morán, 2015	I	I	I	NI	NI	I	NI	I	NI	NI	I	I
Enguix, 2012	I	NI	NI	I	NI	I	NI	NI	NI	NI	NI	NI

Referencia	Puntuación
NI no incluye	1
PI parcialmente	2
I incluye	3

Se procede a establecer los valores anteriormente fijados para la comparación, los cuales se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Valores para la comparación de las metodologías. **Fuente:** Elaboración propia

Metodología s consultadas	Elementos											
	EP	ES	FEE	FEP	E	GE	CEE	T	EU	CS	CF	P
del Hoyo, Retuerto y Ronco, 2017	3	3	3	3	3	3	1	3	1	1	3	3
(F2I2) y (ETSIUPM), 2017	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
Metodología balance energético	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
OLADE, 2015	3	3	3	1	3	1	1	3	3	3	3	1
Gomez y Morán, 2015	3	3	3	1	1	3	1	3	1	1	3	3
Enguix, 2012	3	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1

Los criterios para realizar el análisis clúster o conglomerados se muestran en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4: Criterios para el análisis clúster o conglomerados. **Fuente:** Santana y Blanco, 2017

Criterios	Opción seleccionada	Justificación
Método	Aglomerativo jerárquico • Vecino más cercano	Identifica las dos observaciones más parecidas (ceranas) que no estén en el mismo conglomerado y las combina
Métrica de distancia	Distancia Euclídea	Proporciona la medición de similitud y no es más que la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado entre los dos elementos en la variable considerada $D(x; y) = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2}$ (Visauta, 1998; Hair & et_al, 1999)
Conglomerados	Observaciones	Dado por los valores de datos obtenidos en la comparación de las metodologías
Número de conglomerados	1	Se establecerá una medida simple de homogeneidad
Estandarización	Sí	Los datos son estandarizados antes de hacer la conglomeración



Para el análisis se pueden utilizar los softwares estadísticos matemáticos SPSS para Windows y el STATGRAPHICS, en esta investigación se utiliza este último. Los resultados del análisis se muestran a continuación:

Análisis de Conglomerados

Datos/Variables:

- EP: Energía Primaria;
- ES: Energía secundaria;
- FEE: Fuentes de energía externas
- FEP: fuentes de energía propias
- E: Exportaciones
- GE: Generación de energía
- CEE: Cogeneración de energía eléctrica
- T: Transformación
- EU: Energía útil
- CS: Consumo por sectores
- CF: Consumo final
- P: Pérdidas

Tabla 3.5:Resumen de Conglomeración

Conglomerado	Miembros	Porcentaje
1	6	100.00

Tabla 3.6: Centroides

Conglomerado	CEE	CF	CS	E	EP	ES	EU	FEE	FEP	GE	P	T
1	1.66667	2.66667	2.0	2.33333	3.0	2.66667	1.33333	2.66667	2.33333	2.66667	2.33333	2.66667

Este procedimiento ha creado 1 conglomerado a partir de 6 observaciones proporcionadas. Los conglomerados son grupos de observaciones con características similares. Para formar los conglomerados, el procedimiento comienza con cada observación en grupos separados.

Después, combina las dos observaciones que fueron los más cercanos para formar un nuevo grupo. Después de recalcular la distancia entre grupos, se combinan los dos grupos ahora más cercanos. Este proceso se repite hasta que queda 1 solo grupo.

En el análisis clúster o por conglomerados, para las seis metodologías, se crea un conglomerado; un dendograma que muestra la sucesión de uniones que fueron hechas entre conglomerados como se muestra en la Figura 3.1; que se deriva de las distancias entre los elementos de comparación entre las metodologías, dando como resultado coincidente que las seis metodologías comparadas consideran:

- EP: Energía Primaria;
- ES: Energía secundaria;
- FEE: Fuentes de energía externas
- FEP: fuentes de energía propias
- E: Exportaciones
- GE: Generación de energía
- T: Transformación
- EU: Energía útil
- CS: Consumo por sectores
- CF: Consumo final
- P: Pérdidas

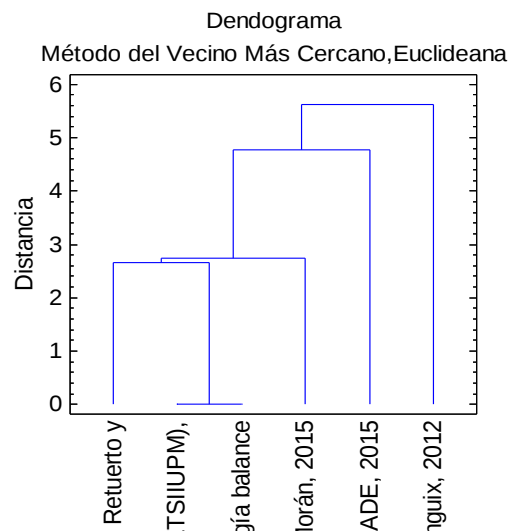


Figura 3.1: Dendograma del análisis clúster para las diferentes metodologías de balance energético municipal. **Fuente:** Elaboración propia



En los otros elementos se observa dispersión, por lo que el grupo de expertos consideran que la metodología debe contener los elementos coincidentes, pero también los que poseen dispersión con el objetivo proponer una metodología que disminuya las brechas existentes entre las comparadas.

3.2.2 Metodología BEM propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM), 2017 adaptada para Cuba

La metodología para el balance energético municipal a utilizar en esta investigación es la propuesta por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, (F2I2-UPM), 2017, esta metodología será adaptada a las condiciones cubanas. La metodología consta de 9 pasos los cuales se detallan a continuación con las modificaciones realizadas. Los datos a utilizar para el desarrollo de la metodología serán del Anuario Estadístico Municipal y los actores determinados en el diagnóstico energético municipal por Campillo, 2018 los cuales se encuentran en la Tabla 2.3.

3.2.1.1 Paso 1: Clasificación de las fuentes energéticas

En este paso se procede a realizar la clasificación de las fuentes energéticas en: fuentes energéticas externas o importaciones, fuentes energéticas propias y de generación de energía en el municipio, y consumo final, donde se considerarán:

Energía Primaria:

Este tipo de energía abarca las diferentes fuentes de energía tal como se obtiene de la naturaleza, ya sea de manera directa (energía hidráulica o solar), luego de un proceso de extracción (petróleo, carbón mineral) o mediante la fotosíntesis (leña y demás combustibles vegetales) (OLADE, 2015). Algunas fuentes primarias son:

- Petróleo crudo
- Gas natural
- Carbón mineral
- Productos de caña (bagazo)
- Leña



- Hidroenergía
- Solar Fotovoltaica
- Solar térmica
- Biogás
- Eólica
- Residuos Sólidos Urbanos
- Otras energías renovables

Y energía secundaria:

Por este concepto se entiende aquellos productos energéticos que se derivan de los diferentes centros de transformación luego de sufrir un proceso físico, químico o bioquímico y cuyo destino son los diferentes sectores de consumo y/u otro centro de transformación. (OLADE, 2015).

Algunas fuentes de energía secundarias son las siguientes:

- Derivados del petróleo:
 - Aceites y grasas lubricantes terminadas
 - Aceites lubricantes bases
 - Asfalto de petróleo
 - Combustible diésel
 - Coque combustible
 - Fuel oil
 - Gas combustible
 - Gas licuado de petróleo
 - Gasolina de aviación
 - Gasolina de motor (excluye aviación)
 - Nafta industrial y solventes
 - Queroseno
 - Turbo combustible
- Electricidad
- Carbón vegetal
- Gas manufacturado
- Alcohol desnaturalizado

3.2.1.2 Paso 2: Fuentes energéticas externas o importaciones

Las fuentes energéticas externas al municipio son todas aquellas formas de energía que no se producen en el municipio, por lo que tienen que ser importadas para satisfacer su demanda. Estas fuentes energéticas se pueden consumir directamente como energía final en cualquiera de los sectores o, por el contrario, emplearse en procesos de transformación para la generación de energía eléctrica (F2I2-UPM, 2017). La contabilización de estas fuentes externas se realiza a partir de la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Fuentes energéticas externas o importaciones **Fuente:**(F2I2-UPM), 2017 con modificaciones

Fuente energética	Valor	Unidad	tep	%
Gas natural				
Petróleo crudo				
Productos petrolíferos				
Aceites lubricantes bases				
Aceites y grasas lubricantes terminados				
Aditivos para lubricantes				
Asfalto de petróleo				
Combustible diesel				
Coque combustible				
Fuel oil				
Gas combustible				
Gases Licuados del Petróleo (GLP)				
Gasolina de aviación				
Gasolina de motor (excluye aviación)				
Nafta industrial y solventes				
Queroseno				
Turbocombustible				
Electricidad				
Carbón				
Coque de Carbón				



3.3.1.3 Paso 3: Fuentes energéticas propias. Generación de energía

En este paso se consideran las fuentes energéticas primarias propias disponibles en el municipio y la generación de energía eléctrica en el municipio.

- Fuentes energéticas propias. Producción primaria se muestra a través de la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Fuentes energéticas propias. Producción primaria del municipio Fuente: (F2I2-UPM), 2017 con modificaciones

Producción Primaria	Valor	Unidad	Fuente primaria en ktep	% sobre TOTAL
Biogás				
De ello: Bagazo				
Eólica				
Gas Natural				
Hidroenergía				
Leña				
Petróleo crudo				
Productos de la caña				
Residuos urbanos (RU)				
Solar fotovoltaica				
Solar térmica				
TOTAL				

- Generación de energía eléctrica

En este apartado se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas propias del municipio como se muestra en la Tabla 3.9.



Tabla 3.9: Generación de energía eléctrica en el municipio a partir de fuentes propias primarias.
Fuente: Elaboración propia

Fuentes energéticas propias	Valor (generación)	Unidad	Valor en tep	%
Residuos urbanos (RU)				
Biogas				
Solar fotovoltaica				
Petroleo crudo				
TOTAL				

3.2.1.4 Paso 4: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio

En este paso se recogen los valores de consumo de energía secundaria en el municipio como se muestra en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Consumo de energía secundaria en el municipio. **Fuente:** Elaboración propia.

Consumo de energía secundaria	Valor	Unidad	Valor en tep	% sobre TOTAL
Electricidad				
Aceites lubricantes bases				
Aceites y grasas lubricantes terminados				
Asfalto de petróleo				
Combustible diesel				
Coque combustible				
Fuel oil				
Gas combustible				
Gas licuado de petróleo				
Gasolina de aviación				
Gasolina de motor (excluye aviación)				
Nafta industrial				
Nafta industrial y Solventes				
Queroseno				
Turbocombustible				
Carbón Vegetal				
Alcohol desnaturalizado				
Gas manufacturado				
Total				



3.2.1.5 Paso 5: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio

En este apartado se recoge el consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio. Se utiliza la Tabla 3.11 para mostrar las cifras.

Tabla 3.11:Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores. **Fuente:** Elaboración propia.

Productos	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gas licuado de petróleo	Gasolina de motor (excluye de aviación)	Nafta industrial y Solventes	Queroseno
Sector 1								
Sector 2								

3.2.1.6 Paso 6: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora

En este subepígrafe se detalla la generación bruta de energía eléctrica por fuente productora a través de la Tabla 3.14.

Tabla 3.14: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente productora	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Empresas de servicio público				
Autoproductores				
Industria azucarera				
Total				

3.2.1.7 Paso 7: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio

En este apartado se analizan los datos de generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio mediante la Tabla 3.15.



Tabla 3.15: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio.
Fuente: Elaboración propia.

Planta productora	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Generación térmica				
Termoelectricas				
Autoproductores				
Turbinas de gas				
Grupos Electrógenos				
Interconectados al sistema				
Aislados				
Renovables				
Hidroeléctricas				
Biogás				
Solar fotovoltaica				
Otras				
Total				

3.2.1.8 Paso 8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio

En este paso se considera el consumo total de energía eléctrica en el municipio, dichos valores se muestran en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16: Consumo total de energía eléctrica en el municipio. **Fuente:** Elaboración propia

Sectores	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Estatat				
Industria				
Construcción				
Agropecuario				
Transporte				
Comercio				
Otros				
Población				
Total				

3.2.1.9 Paso 9: Consumo final de energía en el municipio

En este apartado se contabiliza el consumo final de energía en el municipio. Los datos se muestran en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17: Consumo final de energía en el municipio. **Fuente:** Elaboración propia

Fuentes Energéticas	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Petróleo crudo				
Derivados del petróleo				
Aceites lubricantes bases				
Aceites y grasas lubricantes terminados				
Asfalto de petróleo				
Combustible diesel				
Coque combustible				
Fuel oil				
Gas combustible				
Gas licuado de petróleo				
Gasolina de aviación				
Gasolina de motor (excluye aviación)				
Nafta industrial				
Nafta industrial y Solventes				
Queroseno				
Turbocombustible				
Electricidad				
Leña				
Solar Fotovoltaica				
Carbón vegetal				
Alcohol desnaturalizado				
Biogás				
TOTAL				



3.3 Aplicación de la metodología para el balance energético en el municipio Cienfuegos

Se realiza el balance energético en el municipio Cienfuegos a partir de la metodología seleccionada en el epígrafe 3.2 con modificaciones según las condiciones cubanas.

3.3.1 Paso 1: Clasificación de las fuentes energéticas del municipio Cienfuegos

En el municipio de Cienfuegos las fuentes energéticas se clasifican en fuentes de energía primaria y fuentes de energía secundaria. A continuación, se muestra la clasificación de estas fuentes de energía.

Energía Primaria:

- Petróleo crudo
- Leña
- Solar fotovoltaica
- Solar térmica
- Biogás
- Residuos sólidos urbanos

Energía secundaria:

La energía secundaria en el municipio de Cienfuegos se subdivide en derivados del petróleo y otros componentes como se muestra a continuación:

- Derivados del petróleo:
 - Aceites y grasas lubricantes terminadas
 - Asfalto de petróleo
 - Combustible diésel
 - Fuel oil
 - Gas licuado de petróleo
 - Gasolina de motor (excluye aviación)
 - Nafta industrial y solventes
 - Queroseno
- Electricidad
- Carbón vegetal
- Alcohol desnaturalizado

3.3.2 Paso 2: Fuentes energéticas externas. Importaciones

En este punto se consideran las fuentes energéticas externas del municipio de Cienfuegos como se muestra en la Tabla 3.18:

Tabla 3.18 Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuente energética	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Petróleo crudo	250,60	t	255,3614	0,7075673
Aceites y grasas lubricantes terminados	1720,60	t	1651,776	4,5768179
Asfalto	4749,20	t	4559,232	12,632932
Combustible diesel	24204,90	t	23236,704	64,385342
Fuel oil	2588,60	t	2485,056	6,8857089
Gases Licuados del Petróleo (GLP)	578,60	t	653,818	1,8116294
Gasolina de motor (excluye aviación)	3025,50	t	3237,285	8,9700201
Nafta industrial y solventes	8,50	t	9,1375	0,0253186
Queroseno	0,60	t	0,627	0,0017373
Alcohol desnaturalizado	1,10	HI	0,05852	0,0001622
TOTAL			36089,055	100

En términos de importaciones la Figura 3.2 destaca la gran dependencia de los productos petrolíferos en particular el combustible diésel que representa el 64.4%, evidenciándose la gran dependencia del municipio Cienfuegos de las fuentes convencionales de energía.

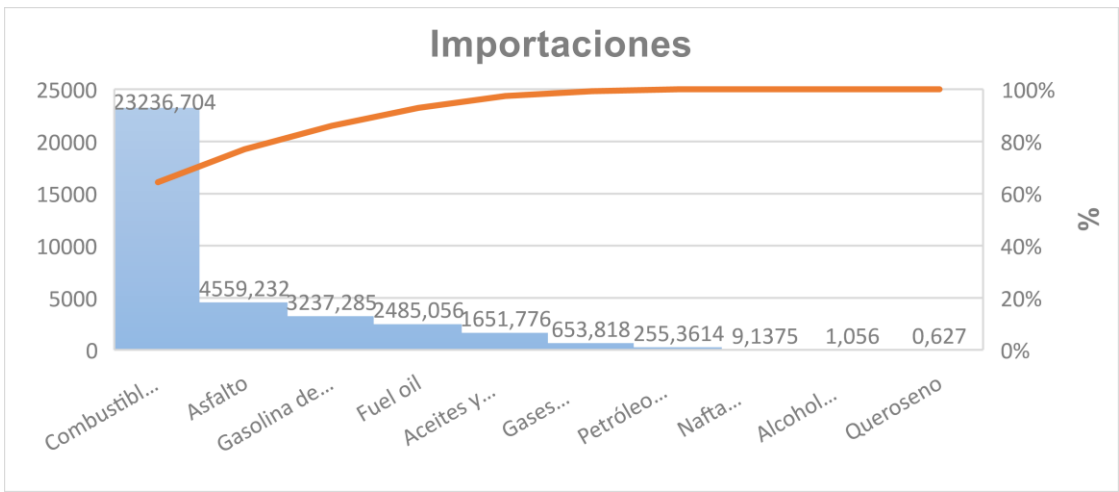


Figura 3.2:Fuentes energéticas externas o importaciones de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.3 Paso 3: Fuentes energéticas primarias propias. Generación de energía eléctrica

3.3.3.1 Fuentes energéticas primarias propias en el municipio de Cienfuegos

Las fuentes energéticas primarias propias en el municipio de Cienfuegos son principalmente las fuentes renovables de energía. La Tabla 3.19 recoge las fuentes de energía primarias propias disponibles en el municipio de Cienfuegos.

Tabla 3.19 Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Producción Primaria	Valor	Unidad	Fuente primaria en tep	% sobre TOTAL
Leña	7722,8	m³	200,7928	35,43393903
Biogás	45,463	MWh	3,909818	0,689966237
Solar fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	63,87609473
TOTAL			3367,33688	100

En términos de energía primaria propia, la Figura 3.3 muestra la producción de la energía solar fotovoltaica como la mayor contribución, representando un 63,9 % del total de las fuentes primarias propias, seguido del aprovechamiento de la leña con un 35,4 %, siendo muy inferior la utilización del biogás con respecto a los demás portadores energéticos.

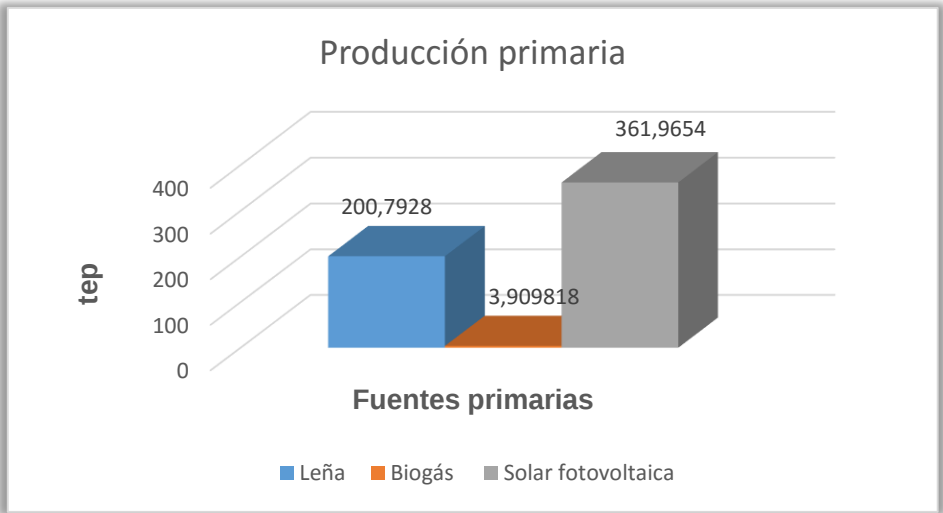


Figura 3.3: Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.3.2 Generación de energía eléctrica a partir de fuentes energéticas primarias propias del municipio de Cienfuegos

En este subepígrafe se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas primarias propias del municipio de Cienfuegos. Dichos datos se muestran en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20:Generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas primarias propias del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuentes energéticas primarias propias	Valor (generación)	Unidad	Valor en tep	%
Biogás	45,463	MWh	3,909818	1,068620614
Solar fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	98,93137939
TOTAL	4254,363		365,87522	100

La Figura 3.4 muestra la generación de energía eléctrica bruta a partir de fuentes primarias propias, destacándose la producción de electricidad mediante la energía solar fotovoltaica con un 98,9 % del total de la generación.

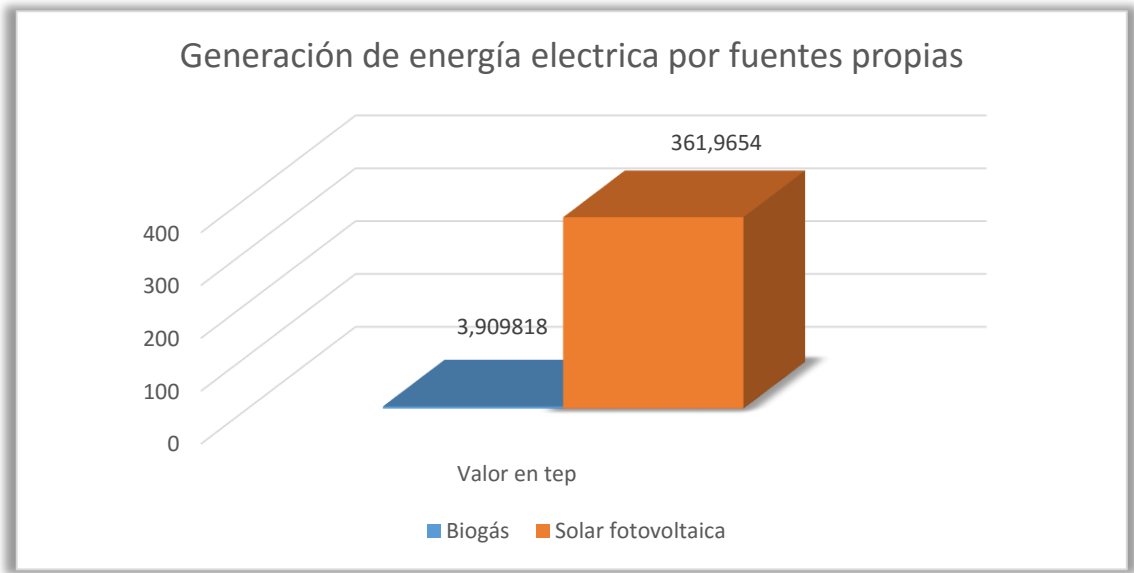


Figura 3.4: Generación de energía eléctrica bruta a partir de fuentes primarias propias. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3.4 Paso 4: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos

En este apartado se recogen los valores de consumo de energía secundaria en el municipio Cienfuegos como se muestra en la Tabla 3.21.

Consumo de energía secundaria	Valor	Unidad	Fuente secundaria en tep	% sobre TOTAL
Electricidad	426400	MW/h	36670,4	49,6188668
Derivados del petróleo				
Aceites y grasas lubricantes terminados	1720,6	t	1651,776	2,2350248
Asfalto de petróleo	4749,2	t	4559,232	6,16911529
Combustible diesel	24204,9	t	23236,704	31,4416783
Fuel oil	2588,6	t	2485,056	3,36253934
Gas licuado de petróleo	578,6	t	653,818	0,88468378
Gasolina de motor (excluye aviación)	3025,5	t	3237,285	4,38038345
Nafta industrial y Solventes	8,5	t	9,1375	0,01236399
Queroseno	0,6	t	0,627	0,0008484
Carbón Vegetal	2815,0	t	1399,055	1,89306699
Alcohol desnaturalizado	1,1	HI	1,056	0,00142888
TOTAL			73904,1465	100

A través de la Figura 3.5 se evidencia el alto consumo de electricidad representando un 49,6% del total del consumo de energía secundaria. Además, se destaca el consumo de combustible diésel con un 31,4 % del total del consumo.

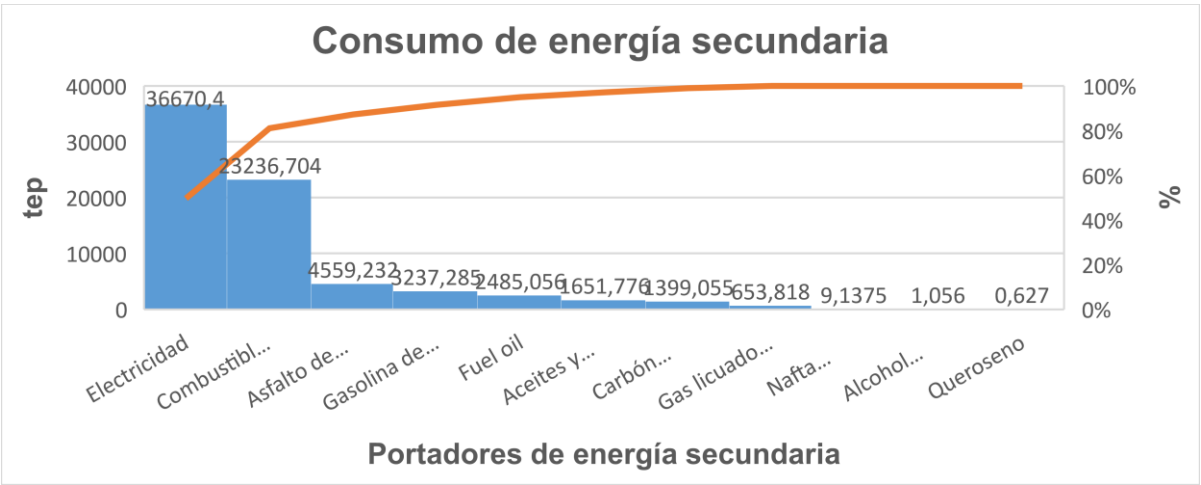


Figura 3.5: Consumo de portadores energéticos secundarios en el municipio de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia.



3.3.5 Paso 5: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos

En este paso se recoge el consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos. Se utiliza la Tabla 3.22 para mostrar las cifras.

Tabla 3.22: Consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Sectores	Aceites y grasas lubricantes terminados	Asfalto	Combustible diesel	Fuel oil	Gas licuado de petróleo	Gasolina de motor (excluye de aviación)	Nafta industrial y Solventes	Queroseno	Total
Agricultura, ganadería y silvicultura	44,16		1012,704	-	-	49,541	-	-	1106,405
Explotación de minas y canteras	-		-	-	-	-	-	-	0
Industria azucarera	848,16		7303,488	-	-	-	-	-	8151,648
Industrias manufactureras (excepto azucarera)	213,888		2818,176	85,152	24,86	273,171	-	-	3415,247
Suministro de electricidad, gas y agua	-		4749,504	-	-	258,619	-	-	5008,123
Construcción	255,456	4259,424	3339,744	1020,768	-	268,891	-	-	9144,283
Comercio y reparación de efectos personales	31,488		1182,24	-	35,482	180,081	-	-	1429,291
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	89,952		2841,504	-	-	650,346	-	-	3581,802
Servicio a empresas, actividad inmobiliaria y de alquiler	5,088		677,568	-	-	269,319	-	-	951,975
Administración pública	-		182,88	-	-	422,757	-	-	605,637
Población	-		-	-	-	-	-	-	0
Otros	-		-	-	-	-	9,1375	0,627	9,7645
Total	1488,192	4259,424	24107,808	1105,92	60,342	2372,725	9,1375	0,627	33404,1755

En la tabla anterior se evidencia que el sector más consumidor es la construcción mientras que la fuente energética más consumida es el combustible diésel.

3.3.6 Paso 6: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos

En este subepígrafe se detalla la generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio de Cienfuegos a través de la Tabla 3.22.

Tabla 3.22: Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio.

Fuente: Elaboración propia

Fuente productora	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Empresas de servicio público	1709200	MWh	146991,2	96,532249
Autoprodutores				
Industria azucarera	61400	MWh	5280,4	3,467751
Total	1770600	MWh	152271,6	100

En la Figura 3.6 se muestra que las empresas de servicio público representan el mayor porcentaje de la generación bruta de energía eléctrica, representando un 96,5 % del total de la energía eléctrica generada.

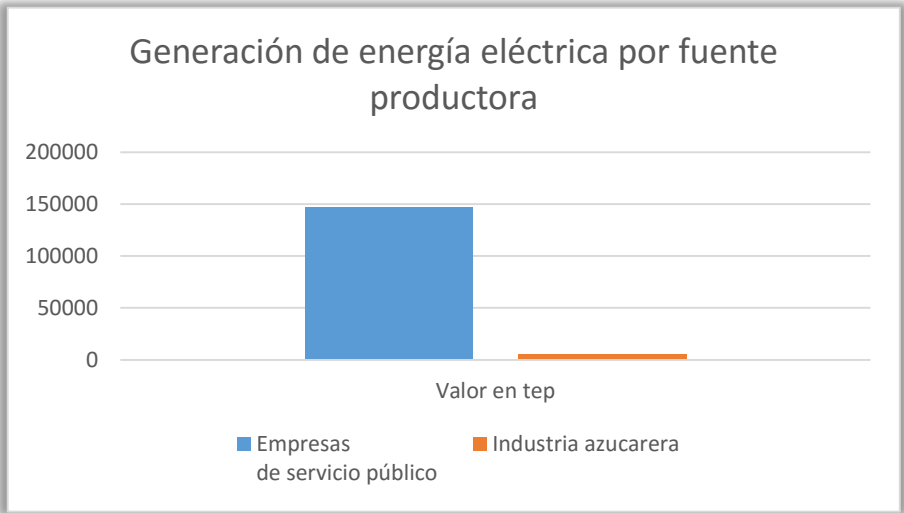


Figura 3.6:Generación bruta de energía eléctrica por fuente productora en el municipio.

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 Paso 7: Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio

En este apartado se analizan los datos de generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio mediante la Tabla 3.23.

Tabla 3.23:Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio.

Fuente:Elaboración propia.

Planta productora	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Generación térmica				
Termoeléctricas	1705800	MWh	146698,8	49,0080261
Autoprodutores	61400	MWh	5280,4	1,76403611
Turbinas de gas	-			
Grupos Electrógenos				
Interconectados al sistema	-			
Aislados	-			
Renovables				
Hidroeléctricas	-			
Biogás	45,463	MWh	3,909818	0,00130616
Solar fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	0,12092266
Otras	1709200		146991,2	49,1057089
Total	1771454,36		299336,275	100

A partir de la Figura 3.7 se destaca la termoeléctrica como principal planta generadora de energía eléctrica en el Municipio de Cienfuegos.

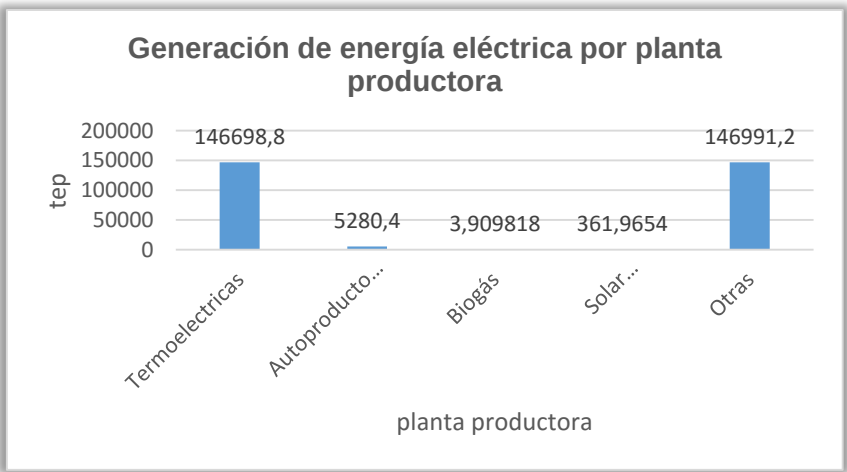


Figura 3.7:Generación bruta de electricidad por tipo de planta productora en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:**Elaboración propia.

3.3.8 Paso 8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos

En este paso se considera el consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos, dichos valores se muestran en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia

Sectores	valor	Unidad	Valor en tep	%
Estatl	268800	MWh	23116,8	63,03939962
Población	157600	MWh	13553,6	36,96060038
Total	695200	MWh	36670,4	100

La Figura 3.8 muestra el consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos resultando el sector estatal más consumidor que el residencial con un 63,1% frente a un 36,9%.

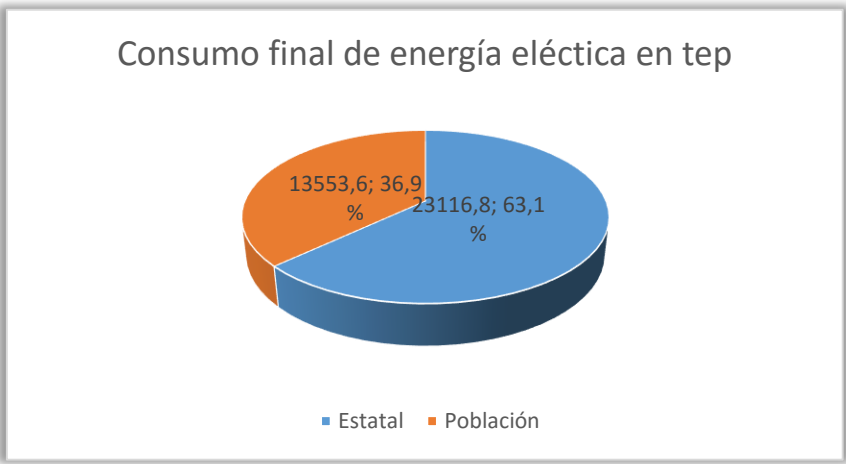


Figura 3.8: Consumo total de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



Al ser el sector estatal más consumidor que el residencial se hace necesario un análisis del consumo de electricidad dentro de dicho sector, la Tabla 3.25 recoge los datos referentes al sector estatal.

Tabla 3.25: Consumo total de energía eléctrica en el sector estatal del municipio de Cienfuegos.
Fuente: Elaboración propia.

Sectores estatales	valor	Unidad	Valor en tep	%
Industria	181200	MWh	15583,2	67,4107143
Construcción	1300	MWh	111,8	0,48363095
Agropecuario	2400	MWh	206,4	0,89285714
Transporte	2000	MWh	172	0,74404762
Comercio	9700	MWh	834,2	3,60863095
Otros	72200	MWh	6209,2	26,860119
Total	268800	MWh	23116,8	100

En la Figura 3.9 se detallan los consumos de electricidad en el sector estatal en el municipio de Cienfuegos.

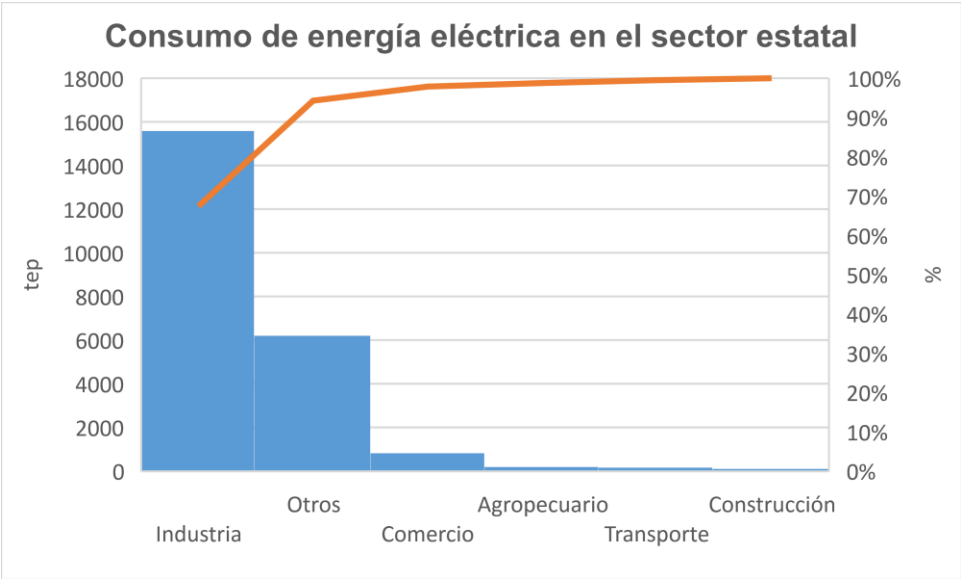


Figura 3.9:Consumo total de energía eléctrica en el sector estatal del municipio de Cienfuegos.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.9 Paso 9: Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos

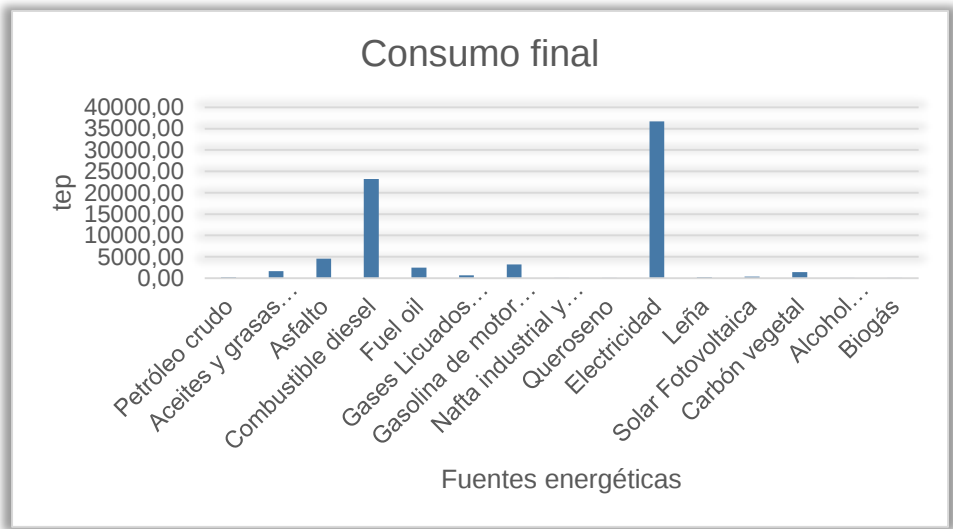
En este apartado se contabiliza el consumo final de energía en el municipio. Los datos se muestran en la Tabla 3.26.

Tabla 3.26:Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuentes Energéticas	Valor	Unidad	Valor en tep	%
Petróleo crudo	250,60	t	255,36	0,3417295
Derivados del petróleo				
Aceites y grasas lubricantes terminados	1720,6	t	1651,776	2,2104383
Asfalto	4749,2	t	4559,232	6,1012516
Combustible diesel	24204,9	t	23236,704	31,095802
Fuel oil	2588,6	t	2485,056	3,3255495
Gases Licuados del Petróleo (GLP)	578,6	t	653,818	0,8749518
Gasolina de motor (excluye aviación)	3025,5	t	3237,285	4,3321968

Nafta industrial y Solventes	8,5	t	9,1375	0,012228
Queroseno	0,6	t	0,627	0,0008391
Electricidad	426400	MW/h	36670,4	49,073032
Leña	7722,8	m3	200,7928	0,2687048
Solar Fotovoltaica	4208,9	MWh	361,9654	0,484389
Carbón vegetal	2815	t	1399,055	1,8722422
Alcohol desnaturalizado	1,1	HI	1,056	0,0014132
Biogás	45,463	m3	3,909818	0,0052322
TOTAL			74726,18	100

En la Figura 3.10 se observa el consumo final de energía del municipio Cienfuegos, destacándose la electricidad con un 49,07% y el combustible diésel con 31,09% del



total(74726,18 tep) de energía consumida durante el año 2015.

Figura 3.10:Consumo final de energía en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

3.4 Conclusiones parciales del capítulo

Al término de este capítulo se arriban a las siguientes conclusiones:



- 1 Se realizó un análisis de conglomerado para determinar los elementos fundamentales que debe contener una metodología para el balance energético municipal, dando como resultado la metodología BEM de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM) adaptada para Cuba.
- 2 Se aplica la metodología propuesta para el BEM Cienfuegos teniendo en cuenta lo siguientes elementos: clasificación de las fuentes energéticas, fuentes energéticas externas o importaciones, fuentes energéticas primarias propias, generación de energía eléctrica por fuentes primarias propias, consumo de portadores energéticos secundarios, consumo de petróleo crudo y derivados del petróleo por sectores, generación bruta de energía eléctrica por fuente productora y por planta productora, consumo total de energía eléctrica y el consumo final de energía en el municipio.
- 3 Luego de contabilizar todos los flujos energéticos del municipio Cienfuegos se obtiene que el portador energético de mayor consumo es la electricidad con un 63,1% en el sector estatal, donde la industria es el mayor consumidor; y el 36,9% pertenece al sector residencial. El otro portador energético con consumo significativo es el combustible diésel correspondiente al sector estatal, el cual abarca la transportación de pasajeros y mercancía.

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue, creating a modern, dynamic feel.

Conclusiones Generales

Conclusiones Generales

Conclusiones Generales

Con la presente investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Los diagnósticos energéticos locales permiten a los municipios realizar el balance energético al evaluar la energía generada por diferentes fuentes y la consumida por los sectores de la economía y los hogares, proporcionando a los gobiernos locales elementos que permitan diseñar y ejecutar acciones para fomentar la eficiencia energética local, acompañado de la disminución del impacto negativo sobre el medio ambiente.
2. El diagnóstico energético al municipio de Cienfuegos realizado por Campillo (2018) identificó potencialidades energéticas para la incorporación de las FRE en la matriz energética municipal, sin embargo, no logra la contabilización de todos los flujos energéticos presentes en él.
3. Se hace una revisión de diferentes metodologías de balance energético municipal en función de determinar los elementos que tienen en común utilizándose el análisis de conglomerado, dando como resultado la metodología BEM de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM) adaptada para Cuba.
4. El BEM Cienfuegos permitió contabilizar todos los flujos energéticos del municipio, donde el portador energético de mayor consumo es la electricidad en el sector estatal, siendo la industria el más representativo, seguido el combustible diésel correspondiente al sector estatal, el cual abarca la transportación de pasajeros y mercancía.

Recomendaciones

Recomendaciones

Recomendaciones

Al término de esta investigación se recomienda:

1. A la ONEI la actualización del anuario estadístico.
2. Realizar el balance energético en los diferentes municipios de la provincia Cienfuegos.

Bibliografia

Bibliografía

- Agenda Local 21. (2004). Auditoría Medio ambiental y plan de participación: herramientas para la ejecución de la Agenda Local 21. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-agenda-21-resumen-y-objetivos-137.html>.
- Allende, J. (1983). Planificación energética territorial, (14), 103–140.
- Allende, J. (1995). Desarrollo sostenible: De lo global a lo local. *Ciudad y territorio. Estudios Territoriales*. (104), 267–281.
- Antunes, P., Carreira, P. Mira da Silva, M. (2014) Towards an energy management maturity model. *Energy policy*, 73. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514003838>.doi:10.1016/j.enpol.2014.06.011.
- Arencibia, A. (2014). La gestión del conocimiento enenergía para municipios cubanos. *Cubasolar*. Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energía/Energía47/HTML/Artículo10.htm>.
- Arencibia, A. (2014). Los retos de la gestión del conocimientoenenergía para losmunicipios de Cuba. *Cubasolar*, 2014b. Recuperado de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar24/HTML/artículo02.htm>.
- Arnkil, R., Järvensivu, A., Koski, P., &Piirainen, T. (2010). Exploring the Quadruple Helix. Report of Quadruple Helix Research For the CLIQ Project. Work Research Centre. *University of Tampere. Tampere, Finland*. Recuperado de http://kotisivukone.fi/files/testataan.kotisivukone.com/julkaisut/exploring_quadruple_helix-2010-1.pdf.
- Arocena, J. (1995). *El desarrollo local: un desafío contemporáneo*. Caracas: Editorial Nueva Sociedad.

- Barreiro, F. (2000). Desarrollo desde el territorio. A propósito del Desarrollo Local. Recuperado de: <http://www.redel.cl/documentos>.
- Bayer, P., Dolan, L., & Urpelainen, J. (2013). Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. *Energy for Sustainable Development*, 17, 288-295.
- Beccatini, G. (1997). Cambio total en el paradigma de los distritos industriales. *Svilupo Locale*, 4(6).
- Bhattacharyya, S. (2012). Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis. *Energy for Sustainable Development*, 16, 260-271.
- Bird, S., Achuthan, A., AitMaatallah, O., Hu, W., Janoyan, K., Kwasinski, A., et al. (2014). Distributed (green) data centers: A new concept for energy, computing, and telecommunications. *Energy for Sustainable Development*, 19, 83-91.
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid III. (2010) Administración local.: Madrid, España: Ayuntamiento de Rivas-Vaciamadrid, 349.
- Boffill, S. (2010). *Modelo general para contribuir al desarrollo local, basado en el conocimiento y la innovación. Caso Yaguajay*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Matanzas " Camilo Cienfuegos". Matanzas, Cuba.
- Boisier, S. (1999). *Desarrollo Local ¿De qué estamos hablando?* Santiago de Chile, Chile. Recuperado de http://www.desarrollolocal.org/documentos/nuevos_docs/Boisier_Desarrollo_local.doc.
- Borroto, A. (2002). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.

- Borroto, A., E. (2006). *Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía*. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur.
- Brandoni, C., & Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. *Energy*. 48, 323-338.
- Bruckner, T., & et al. (1997). Competition and technologies synergy in municipal between energy systems. *Energy*, 22, 1005-1014.
- Butera, F. (1998). Moving towards municipal energy planning - the case of Palermo: the importance of non-technical issues. *Energy*, 15, 349-355.
- Campillo, E. (2018). *Diagnóstico Energético Al Municipio De Cienfuegos*. (Tesis De Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Caño, M. (2004). *Cuba, desarrollo local en los 90*. La Habana, Cuba: Cátedra UNESCO de desarrollo sostenible.
- Capello, R., Nijkamp, P., & Pepping, G. (1999). *Sustainable Cities and Energy Policies*. Publisher SpringerVerlag.
- Castro Perdomo, 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) 275–290.
- Castro Perdomo, N. (2009). La Red de Interfaces un puente a la Innovación. *Revista Ciencia y Sociedad. (INTEC Rep. Domin.)*, XXXIV(3), 405-417. Recuperado de:
<http://www.cieniaysociedad.com>

- Castro Perdomo, N. y Agüero Contreras, F. (2008). Gestión del conocimiento, desarrollo sostenible y la relación universidad–empresa. *Multiciencias (Venezuela)*, 8(3), 307-314.
- Castro Perdomo, N.; Díaz Díaz, J. y Benet Rodríguez, M.(2013). La gestión del desarrollo, las entidades de ciencia y los sistemas locales de innovación. Revista *MEDISUR(Cuba)*, 11(6), 614-627.
- Castro Perdomo, N. A.; Socorro Castro, A.; González Suárez, E.; Márquez Guerra, M. y Cruz Cruz, A. (2013) Sistema de innovación municipal. Aguada de Pasajeros. Revista Nueva Empresa, 9(3), 72-77.
- Castro Perdomo, N. A.; Socorro Castro, A.; Nieblas Rodríguez, L. y Tartabull Contreras, 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.
- Castro Perdomo, N; González Suárez, E., & Guzmán Martínez, F. (2014b). Transferencia tecnológica, la integración ciencia, innovación tecnológica y medioambiente en la empresa. Revista Ingeniería Industrial (Cuba), XXXV(3), 277-288.
- Castro Perdomo, 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 de Doctorado). Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Castro Perdomo, N. A. y Rajadel Acosta, Olimpia N. (2015). El desarrollo local, la gestión de gobierno y los sistemas de innovación. Revista Universidad y Sociedad, 7(2) 69-78.
- Cheon, A., & Urpelainen, J. (2010). Oil prices and energy technology innovation: an empirical analysis. *Global Environ Polit*, 22, 407-417.

- Correa Soto, J. (2011). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos* (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cienfuegos, Cuba. Recuperado de http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/tesis/tesis-de-maestria/maestria-en-eficiencia-energetica/ano2011/Tesis_M%20Jenny%20Correa%20Soto.pdf/view
- Correa, J. (2011). La Energía Solar una de las energías más importantes para la actualidad y el futuro. *Anuario Científico de la Universidad de Cienfuegos*. Recuperado de: <http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/anuario-cientifico>
- Correa Soto, J., & et al. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:201. *Ingeniería Energética*, XXXV(1), 38-47.
- Correa, J y Mora, Y. M. *Mejora de la eficiencia energética en la Empresa Cereales Cienfuegos. Eficiencia energética caso de estudio empresas cereales*. Editorial académica, 2012. Alemania. ISBN 978-3-8484-7566-7.
- Correa, J., González, S., & Hernández, Á. (2017). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 59-67. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Díaz, M. *Guía de planificación local para el ahorro energético y contra el cambio climático en municipios de Canarias*. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. Primera edición, 2009. www.itccanarias.org
- Díaz, R., & Rodríguez, L. (2011). Propuesta metodológica para alcanzar el desarrollo endógeno en localidades de Pinar del Río. *Revista Científica Avances*, 13 (14).
- Draw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., Venner, I., & Pirnie, M. (2012). *Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities*. Technical Report U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy. LLC. Contract No. DE-AC36-08GO28308, NREL/TP-7A30-53341.

Droege, P. (2006). *The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution*.

HALCYON BOOKS (LONDON, United Kingdom): Published by John Wiley & Sons.

Erario, S. (2010). Local governments are critical to enforcing efficient building codes, such as the new Maine energy efficient building code. *The Maine energy handbook*. Recuperado de <http://energy.gpcog.info>.

Fernández, G. (2011). *Estudio de la matriz energética de Cumanayagua*. (Tesis de Grado) Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba.

Fleming, P., & et al. (2004). Local and regional greenhouse gas management. *EnergyPolicy*, 32(8), 761-771.

Fundación Bariloche, (2009). Balances Energéticos. S.C.de Bariloche. Rio Negro, Argentina.

Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial-Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM). (2017). Balance energético a la comunidad de Madrid, año 2015. Madrid, España.

García, I. E. (2009). *Diseño de un sistema de monitoreo y control de la eficiencia energética en el municipio de Cienfuegos*. (Tesis de Maestría), Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.

García, J. (2006). Eficiencia energética a nivel local: Los planes de Optimización Energética Municipal (POES) en la provincia de Jaén. *SUMUNTÁN*, 23, 153–184.

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

Genevieve, D., & et al. (2009). Community energy planning in Canada: The role of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(11), 2088-2095.

González, A., & et al. (2006). La Red Nacional de Gestión del Conocimiento de Energía (REDENERG) y la Gestión del Capital Intelectual para la solución a los problemas energéticos en Cuba. *Cuarto Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente*. ISBN:

959-257-110-4.

González, A., & et al. (2013). Red Nacional de Gestión del Conocimiento de la Energía: espacio colaborativo para la solución de problemas vinculados con la gestión de la información de la energía en Cuba. *Ciencias de la Información*, 44(1).

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.

Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Zhao, M. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1335-1348.

Hui, Y. (1987). L'énergie et la ville: constatations, réflexions et propositions sur la maîtrise de l'énergie dans les communes. *Revue de l'Énergie*, 389, 26-33.

Hui, S.(2001). Low energy building design in high density urban cities. *Renewable Energy* 24(3), 627–640.

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.
Printed by LiU-tryck,

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 14001. (2015). Sistema de Gestión Ambiental. Recuperado a partir de <https://www.nueva->

iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf.

Jaccard, M, et al.(1997). From equipment to infrastructure: community energy management and greenhouse gas emission reduction. *Energy Policy* 25 (13), 1065-1074.

Jovanović, B. y Filipović, J. ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*. 2016,112(4), 2744-2755. *Recuperado de:*
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615014079>.doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.023

Lazo, M. (2002). *Modelo de Dirección del Desarrollo Local (MDDL) con enfoque estratégico. Experiencia en Pinar del Río*. (Tesis de Doctorado). Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Cienfuegos, Cuba.

León, C., & Miranda, L. (2006). *Economía regional y desarrollo. Selección de lecturas*: Editorial Félix Varela.

Lerch, D. (2007). *Post carbon cities: Planning for energy and climate uncertainty*. Sebastopol. *Post Carbon Press*.

Lessard, M. (1999). *Energía, ordenamiento del territorio y desarrollo durable. La sustentabilidad y las ciudades hacia el siglo XXI*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.

Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (2003). Can the public be considered as a fourth hélix in university–industry–government relations? Report on the Fourth Triple Helix Conference. *Science and Public Policy*, 30(1). *Recuperado de*
<http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/beechn/03023427/v30n1/s7.pdf?expires=1267737777&id=55389978&titleid=898&accname=Guest+User&checksum=DA8A4FBFD4DF9A1B9B1C68EAEBF276D7>

- Lim, E. (2012). Smart Energy Management for Small Municipalities. *Strategic Energy Innovations*.
- Lin, G., (2010). An inexact two-stage stochastic energy systems planning model for managing greenhouse gas emission at a municipal level. *Energy*, 35, 2270-2280.
- Magnin, G. (2002). Ville et énergie. De quoi parle-t-on?”. Actes du Colloque “Ville, Énergie et Environnement. *Coordinado por V. David & J. Ndoutoum. Québec. Agence Intergouvernementale de la Francophonie/Institute de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie*.
- Magnin, G., & Menanteau, P. (1995). Ville et énergie: faut-il redéfinir la place des collectivités “locales dans les politiques énergétiques? *La revue de l'énergie*, 46(473), 806-813.
- Mateo, J. (2012). *La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina*. Científico-Técnica.
- Michalus, J. . (2011). *Modelo alternativo de cooperación flexible de PYMES orientado al desarrollo local de municipios y microregiones. Factibilidad de aplicación en la provincia de Misiones, Argentina* (Tesis de Doctorado). Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Monteagudo, J., & et al. (2013). Sistema de gestión energética municipal. Caso Cienfuegos. Nueva empresa. *Revista Cubana de Gestión empresarial*, 9(3), 46-55.
- NC-ISO 50001:2011. (s.d.). (2011). Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización. 2012.

- 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*, 14, 2723-2735.
- Nie, H., & Kemp, R. (2013). Why did energy intensity fluctuate during 2000–2009? A combination of index decomposition analysis and structural decomposition analysis. *Energy for Sustainable Development*, 17, 482-488.
- Núñez, J. (2012) *La universidad y sus compromisos con el conocimiento, la ciencia y la tecnología*. Memorias del VIII Congreso Internacional Universidad, La Habana, Cuba.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2017). *Anuario Estadístico De Cienfuegos 2016*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2012) NC-ISO 50001:2011. (s. f.). *2011 Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011*. La Habana, Cuba.
- ONU. (2015). La Agenda de Desarrollo Sostenible. Centro de Noticias de la ONU. Recuperado de <http://www.un.org/.../la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030/>
- Organización de Naciones Unidas, (N. U). Asamblea General. (2015). El camino hacia la dignidad para 2030: acabar con la pobreza y transformar vidas protegiendo el planeta. Informe de síntesis del Secretario General sobre la agenda de desarrollo sostenible después de 2015.
- Organización de Naciones Unidas, (N. U). Asamblea General. (2015). Proyecto de resolución remitido a la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015 por la Asamblea General en su sexagésimo noveno período de sesiones. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

- Padilla, Y. (2006). *El desarrollo local y la medición de los indicadores de ciencia tecnología. Resultado de investigación. Rodas. Programa GUCID* (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba. Recuperado 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 Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Páez, A. (2011). Energía y ciudad: un enfoque postambiental. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (927). Recuperado a partir de. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-927.htm>
- Pardo, M. (2006). Hacia una sociología de la energía. *Cuadernos de energía*, (11), 16–19.
- Pardo, M. (2007). La energía como hecho social causa y solución al cambio climático. *Abaco: Revista de cultura y ciencias sociales*, (52-53), 75–82.
- Pino, J. (2008). Desarrollo Local y su investigación. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.
- 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*, (17). Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/111/11101705.pdf>.
- Rodríguez, A. (2005). *Desarrollo local y colaboración internacional. Compilación Guzón Camporredondo, A. Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. La Habana, Cuba: Academia.

- Rodríguez, S. (2019). *Integración de las potencialidades energéticas al desarrollo local del municipio de Cienfuegos*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba.
- Rojas, R. (2014). Energía en Cuba: iniciativa local y gestión no estatal para fuentes renovables. *Progreso Semanal*. Recuperado e <http://progresosemanal.us/20140728/fuentes-renovables-de-energia/>.
- Rolfman, B. (2004). Optimal supply and demand investments in municipal energy systems. *Energy Conversion and Management*, 45, 595-611.
- Ruiz, 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.
- Sawaengsak, W., Silalertruksa, T., Bangviwat, A., & Gheewala, S. (2014). Life cycle cost of biodiesel production from microalgae in Thailand. *Energy for Sustainable Development*, 18, 67-74.
- Sawin, J., & Hughes, K. (2007). Chapter 5: Energizing Cities. *State of the World. Our urban future*. Recuperado a partir de <http://www.worldwatch.org/node/4752>.
- Silva, I. (2007). *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. La Habana, Cuba: Dirección de Desarrollo y Gestión Local.
- Sosa, F. (1981). Ayuntamientos y ahorro energético. *Revista de estudios de la vida local*, (210), 309-318.
- Sovacool, B. (2012). The political economy of energy poverty: A review of key challenges. *Energy for Sustainable Development*, 16, 272-282.
- Sperling, K., & et al. (2011). Centralization and decentralization in strategic municipal energy planning in Denmark. *Energy Policy*, 39, 1338-1351.

- Sundberg, G., & Karlsson, B. (2000). Interaction effects in optimizing a municipal energy system. *Energy*, 25, 877-891.
- Valkila, N., & Saari, A. (2013). Attitude-behaviour gap in energy issues: Case study of three different Finnish residential areas. *Energy for Sustainable Development*, 17, 24-34.
- Van Wie, L., Harris, J., Breceda, M., Lapeyre, M., Campbell, S., Constantine, S., ... Romo, A. . (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 Renewable Energy of the US Department of Energy under Contract No. DE-AC03-76SF00098.
- Vázquez, A. (2009). Desarrollo local, una estrategia para tiempos de crisis. *Apuntes del CENES*, XXVIII(47), 117-132.
- Vázquez Barquero, A. (1988). Desarrollo endógeno y globalización. *Revista Eure*, XXVI(79), 200-253.
- Vázquez Barquero, A. (1998). *Desarrollo local. Una estrategia de creación de empleo*. Madrid.
- Vázquez Barquero, A. (1999). *Desarrollo, redes e innovación*. Madrid, España.
- Vázquez Barquero, A. (2000). Desarrollo económico local y descentralización: aproximación a un marco conceptual. Informe LC/R.1964. Proyecto Regional de Desarrollo Económico Local y Descentralización. CEPAL/GTZ, Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/6058/P6058.xml&xsl=/de/tpl/p9f.xsl&base=/tpl/imprimir.xsl>.
- Vázquez Barquero, A. (2001). La política de desarrollo económico local. En: Cortés, F. y Albuquerque, P. Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: Análisis comparativo. Proyecto Regional de Desarrollo Económico Local y

Descentralización. CEPAL/GTZ. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de
http://www.cepal.org/publicaciones/xml/1/7791/LCL1549E_cap01.pdf.

Wene, C., & Rydén, B. (1988). A comprehensive energy model in the municipal energy planning process. *European Journal of Operational*.

Wilson, E., & et al. (2008). Implementing energy efficiency: Challenges and opportunities for rural electric co-operatives and small municipal utilities. *Energy Policy*, 36(14).

Wohlgemuth, N. (1999). Cost benefit indicators associated with the integration of alternative energy sources: a systems approach for Carinthia, Austria. *Renewable Energy*, 16, 1147-1150.

Zhu, Y., & et al. (2011). An interval full-infinite mixed-integer programming method for planning municipal energy systems – A case study of Beijing. *Applied Energy*, 88, 2846-2862.

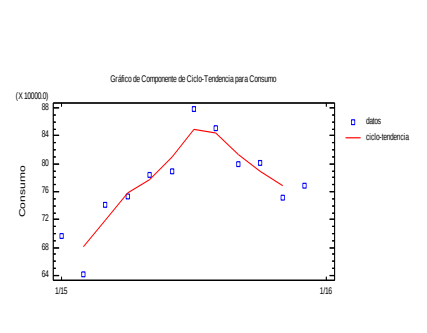
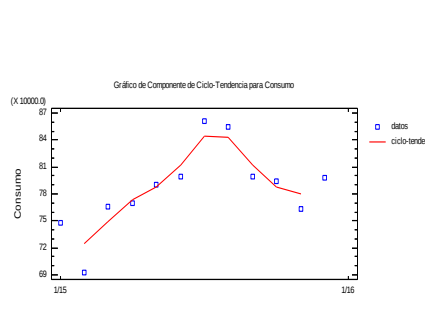
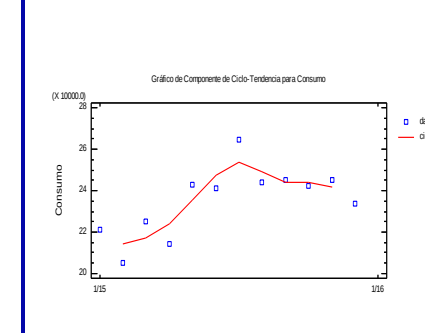
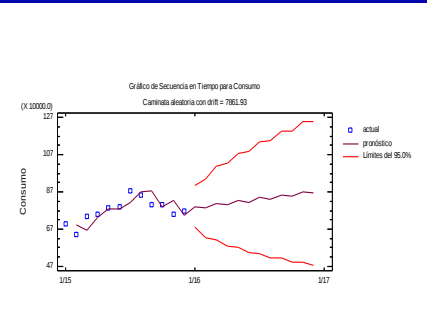
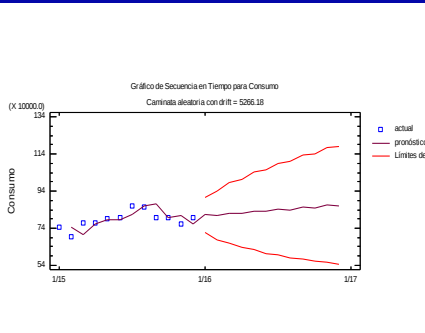
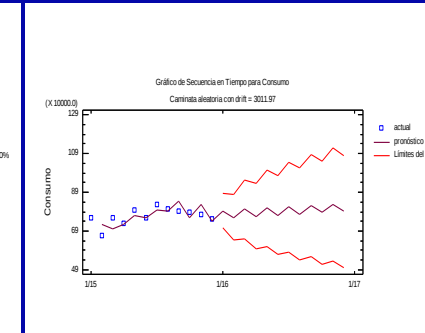
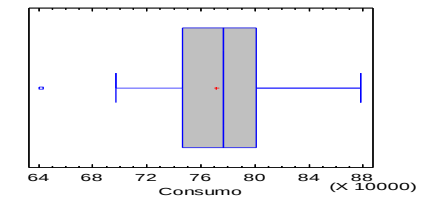
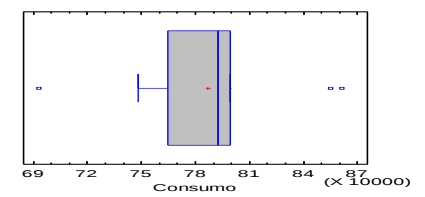
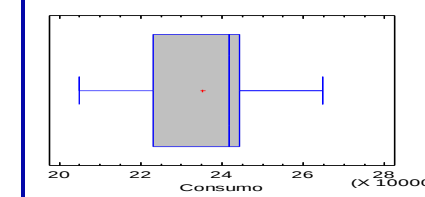
Zia, H. y Deyadas, V. (2007) *Energy management in Lucknow city*. *Energy Policy*. 35, (10), 4847-4868. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507001589>.
doi:10.1016/j.enpol.2007.04.018

Anexos

Anexos

Anexo 1: Análisis del consumo de energía eléctrica por Consejos Populares.

Fuente: (Correa et.al, 2016)

Consejo Popular Punta Gorda	Consejo Popular Junco Sur	Consejo Popular Guaos
		
Figura 1: Tendencia de consumo de energía eléctrica para el CP	Figura 2: Tendencia de consumo de energía eléctrica para el CP	Figura 3: Tendencia de consumo de energía eléctrica para el CP
		
Figura 4: Pronóstico del de consumo de energía eléctrica para el CP	Figura 5: Pronóstico del de consumo de energía eléctrica para el CP	Figura 6: Pronóstico del de consumo de energía eléctrica para el CP
		
Figura 7: Análisis de variabilidad a través del grafico caja y bigotes	Figura 8: Análisis de variabilidad a través del grafico caja y bigotes	Figura 9: Análisis de variabilidad a través del grafico caja y bigotes

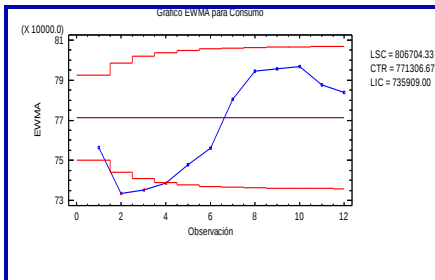


Figura10:Análisis de
variabilidad y estabilidad a
través del graficos de control
para valores individuales

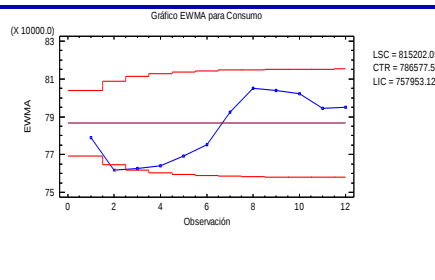


Figura 11: Análisis de variabilidad
y estabilidad a través del graficos
de control para valores
individuales

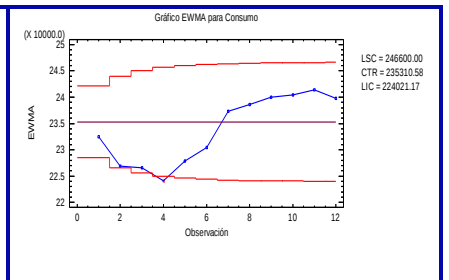


Figura12:Análisis de
variabilidad y estabilidad a
través del graficos de control
para valores individuales

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:

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

Donde:

K_c: 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_a: 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_{comp} siguiendo los criterios siguientes:

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