

Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial

Gestión de los residuos sólidos urbanos como potencialidad energética en el  
desarrollo local del municipio de Cienfuegos

Autores: Hany Rodríguez Delgado  
Jorge Andrés Abreus Vázquez

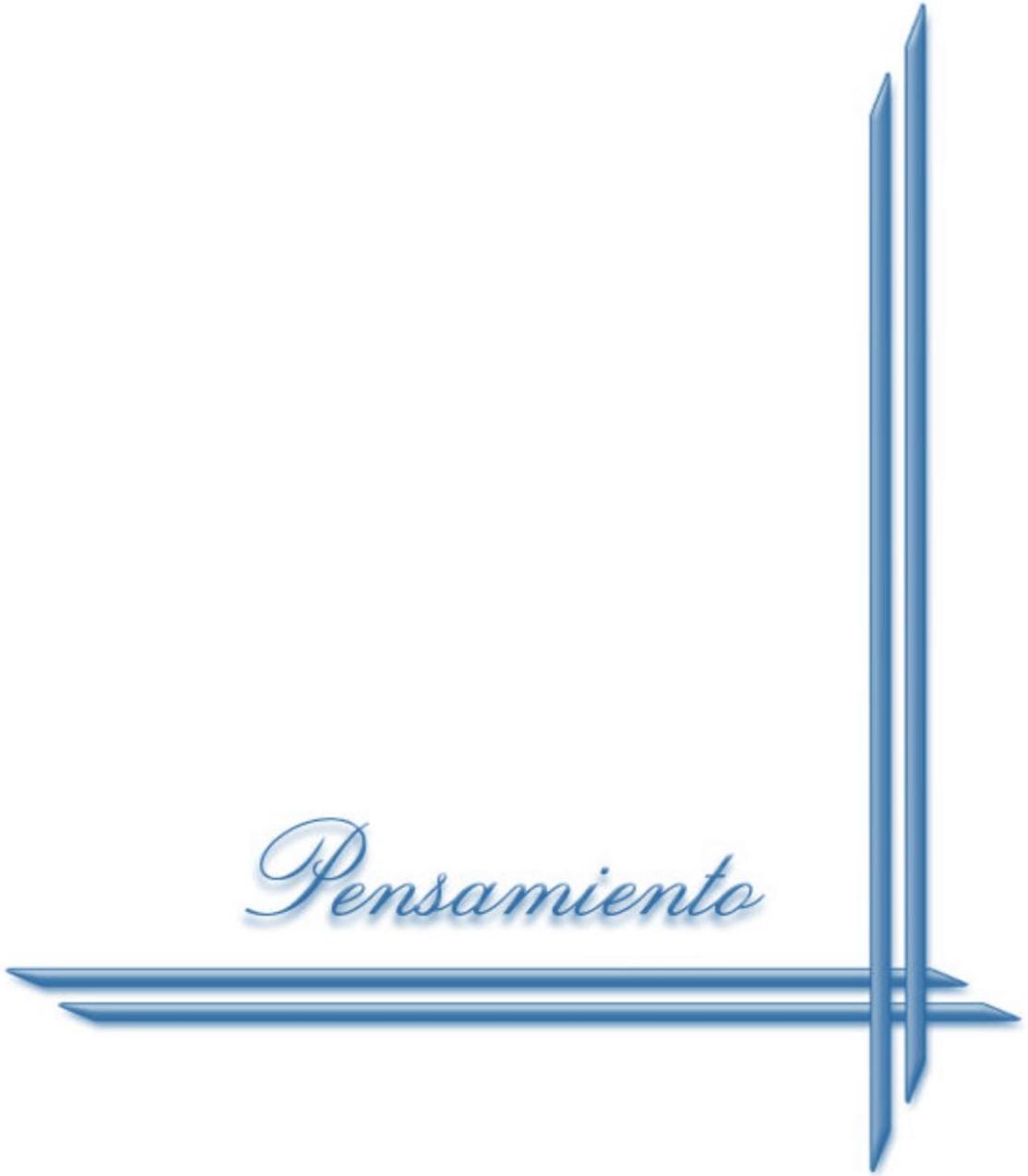
Tutoras: MSc. Ing. Jenny Correa Soto  
Ing. Sandra Rodríguez Figueredo

Cienfuegos, 2018

“Año 60 de la Revolución”



*Pensamiento*



*“Preguntando, trabajando, soñando, se puede llegar a las estrellas”.*

*Excilia Saldaña*

CONFIDENCIAL

*Dedicatoria*



*Este triunfo se lo quiero dedicar:*

*A DIOS que ha sido el autor intelectual de este éxito.*

*A mis padres, por su amor y entrega infinita en todo el trascurso de la vida, por estar siempre presente brindándome su apoyo incondicional en cada momento, por depositar en mí toda su confianza, dedicación y sacrificio, todo lo que hago es pensando en ustedes ya que la mejor recompensa para mí, es verlos felices.*

*A mi marido por su ayuda, paciencia y sacrificio, por poner a mi disposición todos sus medios y apoyarme cada día de mi vida*

*A mi hermana Madelín porque, aunque no estuvo presente físicamente en este largo proceso, siempre me apoyó y me dio aliento desde la distancia, sin su ayuda no hubiera logrado concebir este sueño hecho realidad.*

*A mis hermanos, Mayelín y Misael porque siempre estuvieron cuando más necesitaba de su ayuda y por hacerme compañía en los momentos buenos y malos de mi vida.*

*En general a toda mi familia que tanto me ha apoyado y me han dado fuerzas para seguir adelante en especial a mi tía Carmita, a mis amigos Denise, Yamila y Juan José (JJ) que me han considerado y ayudado, a mis tutoras que tanto me ha enseñado, en especial a Yeny Correa por creer en mí y brindarme su ayuda cuando más lo necesitaba.*

***A todos:***

***“Infinitas Gracias”***

***Hany.***

➤ *Al Amor: de padres, de la familia, por la educación, el estímulo, el apoyo y el cariño que nunca nos ha faltado.*

➤ *A la Amistad: de todos los que demostraron que un amigo es aquel que siempre está presto a extender su mano.*

➤ *A las tutoras: por apoyarnos y poner a nuestro servicio sus conocimientos, en especial a Yeny Correa.*

➤ *A nuestros profesores: por ayudarnos a crecer con sus enseñanzas.*

*A todos:*

*“Infinitas Gracias”*

*Jorge Andrés.*

*Agradecimientos*



*A mis padres las personas que más amo en este mundo, gracias por su comprensión, esfuerzo y cariño, por estar pendiente de mí siempre, por su entrega incondicional, preocupación y por el ejemplo que me han brindado. Sin su apoyo no hubiese sido posible alcanzar esta meta, los quiero.*

*A mi marido por su ayuda incondicional, por estar a mi lado en todo momento, por compartir mis alegrías y tristezas, por amarme y darme fuerza para seguir adelante y hacerme feliz día a día.*

*A mi hermana Madelín por ser fuente de inspiración en mi vida, motivo y estímulo de seguir adelante superándome como persona y profesionalmente. A mis hermanos Mayelín y Misael por estar dispuesto a ayudarme siempre., por estar siempre a mi lado alentándome y apoyándome.*

*A mi tía Carmita por su amor, su maravillosa compañía y su apoyo incondicional.*

*A mi suegra por estar ahí presente cuando más lo necesité.*

*A mi abuela, tíos, tías, primos, sobrinos y demás familiares; gracias por ser la familia que son, por darme la fuerza y el apoyo necesario para lograr este momento tan importante de mi vida.*

*A mis tutores Yeny y Sandra, en especial a Yeny por su presteza a asistirme en todo momento, por brindarme la posibilidad de compartir conocimientos, por su tiempo, por su apoyo, desvelo y preocupación durante toda la tesis, durante este tiempo fuiste como mi madre.*

*A mis amigos Denise, Yamila y JJ que más que amigos los considero mis hermanos, sin su ayuda no estaría hoy aquí llegando a esta meta. Gracias por compartir conmigo los mejores momentos de mi vida.*

*A mis compañeros de aulas en especial a Jorge Andrés por ser mi apoyo durante todo este tiempo de tesis, gracias por estar siempre conmigo.*

*A todos los profesores: que durante los cinco años de carrera me apoyaron y contribuyeron a mi formación, por su empeño, abnegación y dedicación como profesor. A todos los quiero y muchas gracias.*

*Hany.*

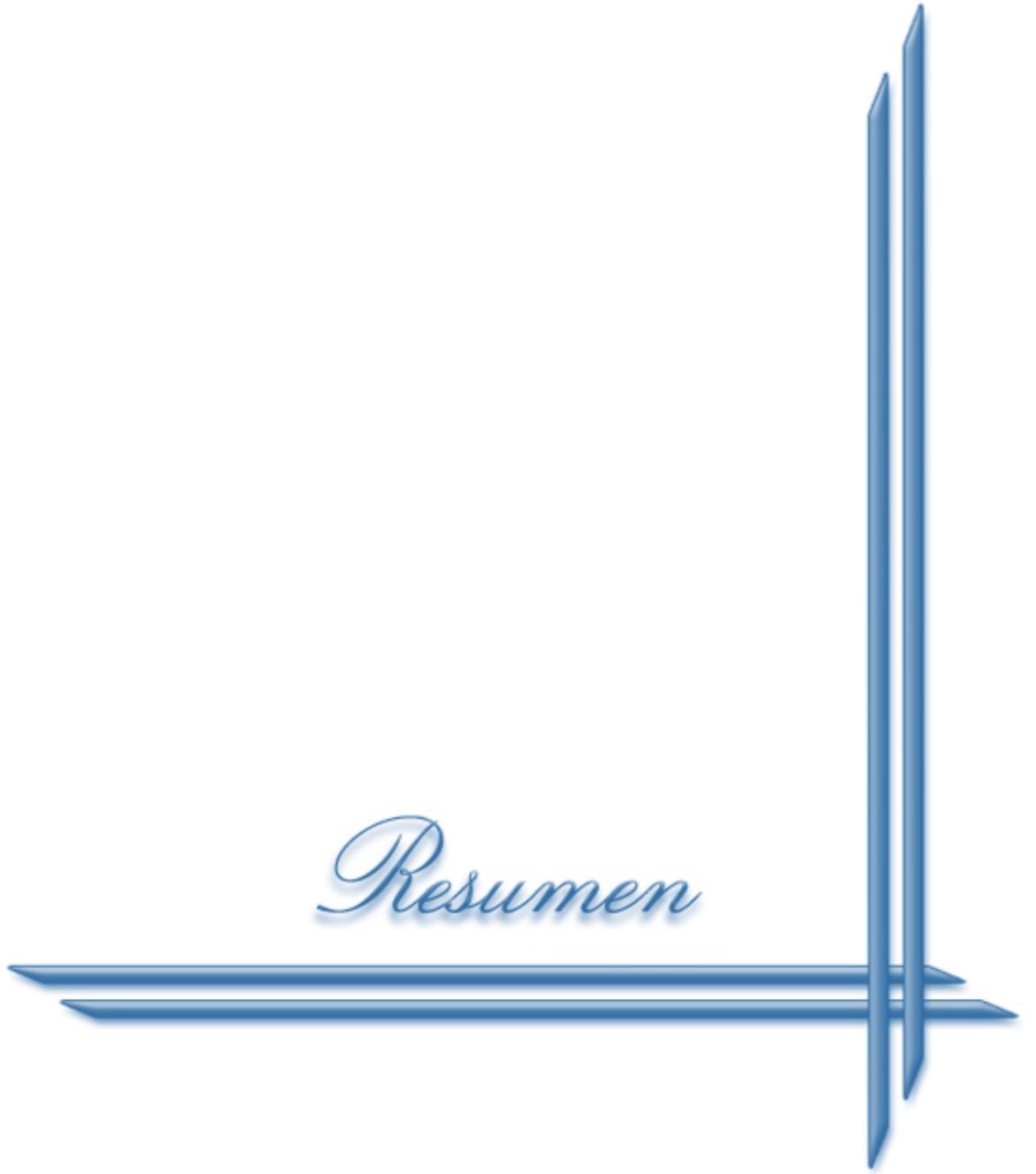
*“Un amigo tiene lo que te falta, y aun lo que no tiene lo comparte contigo. Es el que te brinda su vida, el que te da su abrigo, el que te señala el camino, el que te habla en un solo sentido, el que te da su alegría y quiere suyo su castigo. El que no lo impone la sangre, sino la fuerza del cariño”.*

*Excilia Saldaña.*

*A todos los que estuvieron a nuestro lado, y ofrecieron lo que expresó Excilia Saldaña: infinita gratitud.*

*Jorge Andres.*

*Resumen*

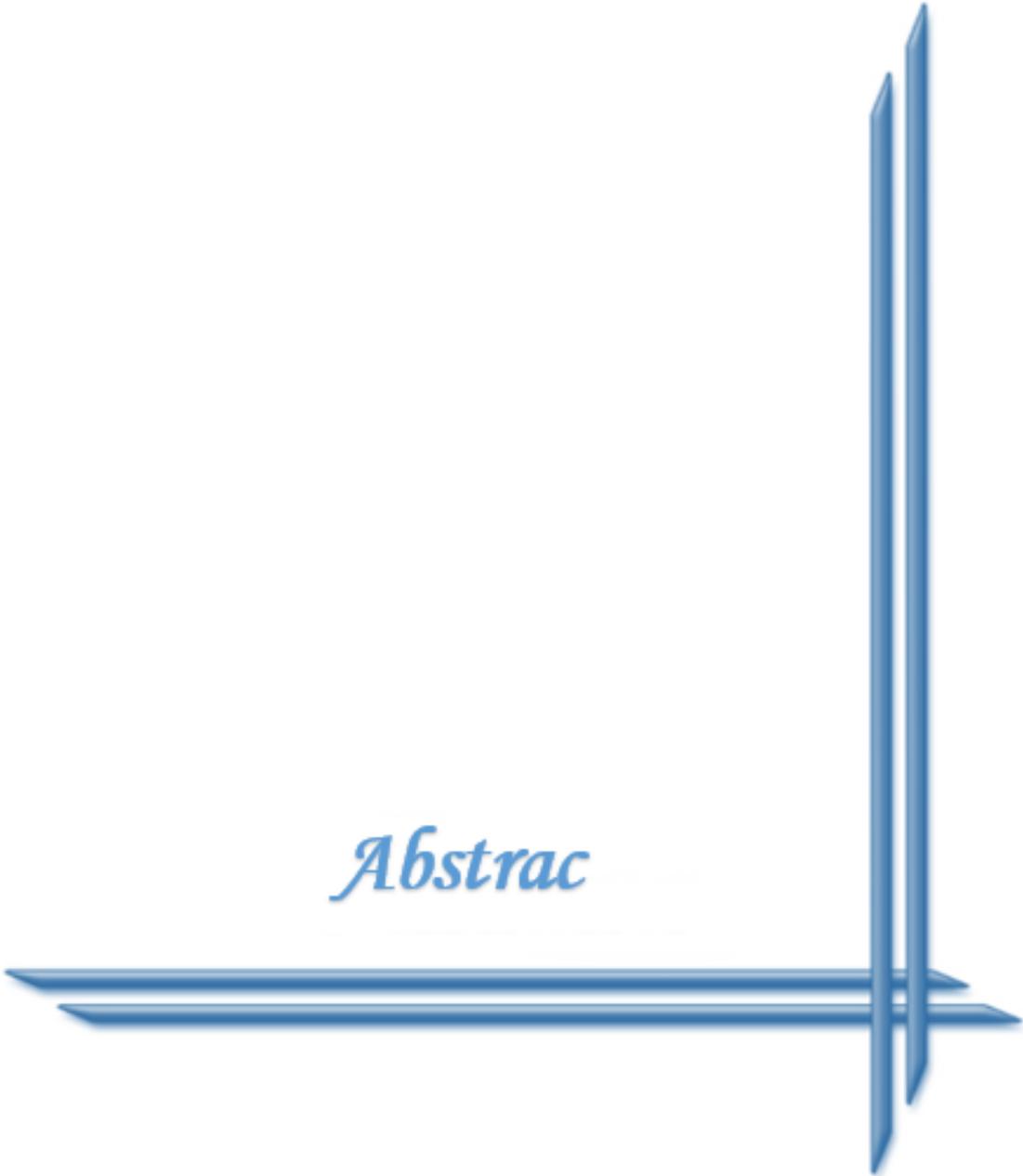


## **Resumen**

La presente investigación titulada "Gestión de los residuos sólidos urbanos como potencialidad energética en el desarrollo local del municipio de Cienfuegos" tiene como objetivo general: Integrar la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión del gobierno local de Cienfuegos. En el desarrollo de la investigación se realiza la revisión de literatura de impacto, que aborda las energías renovables y se hace referencia a temáticas como los residuos sólidos urbanos en el mundo en general, en Cuba y posteriormente en Cienfuegos, así como la generación de energía a través de estos. Se utilizaron técnicas y herramientas tales como: entrevistas, revisión de documento, trabajo con expertos, tormenta de ideas, concertación de actores, diagrama causa-efecto, análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC) y la aplicación del método Saaty para la priorización de alternativas. También fueron usados softwares como Statgraphics, Visio y Excel para el procesamiento de datos e información.

**Palabras claves:** gestión energética local, gobierno local, residuos sólidos urbanos.

*Abstrac*



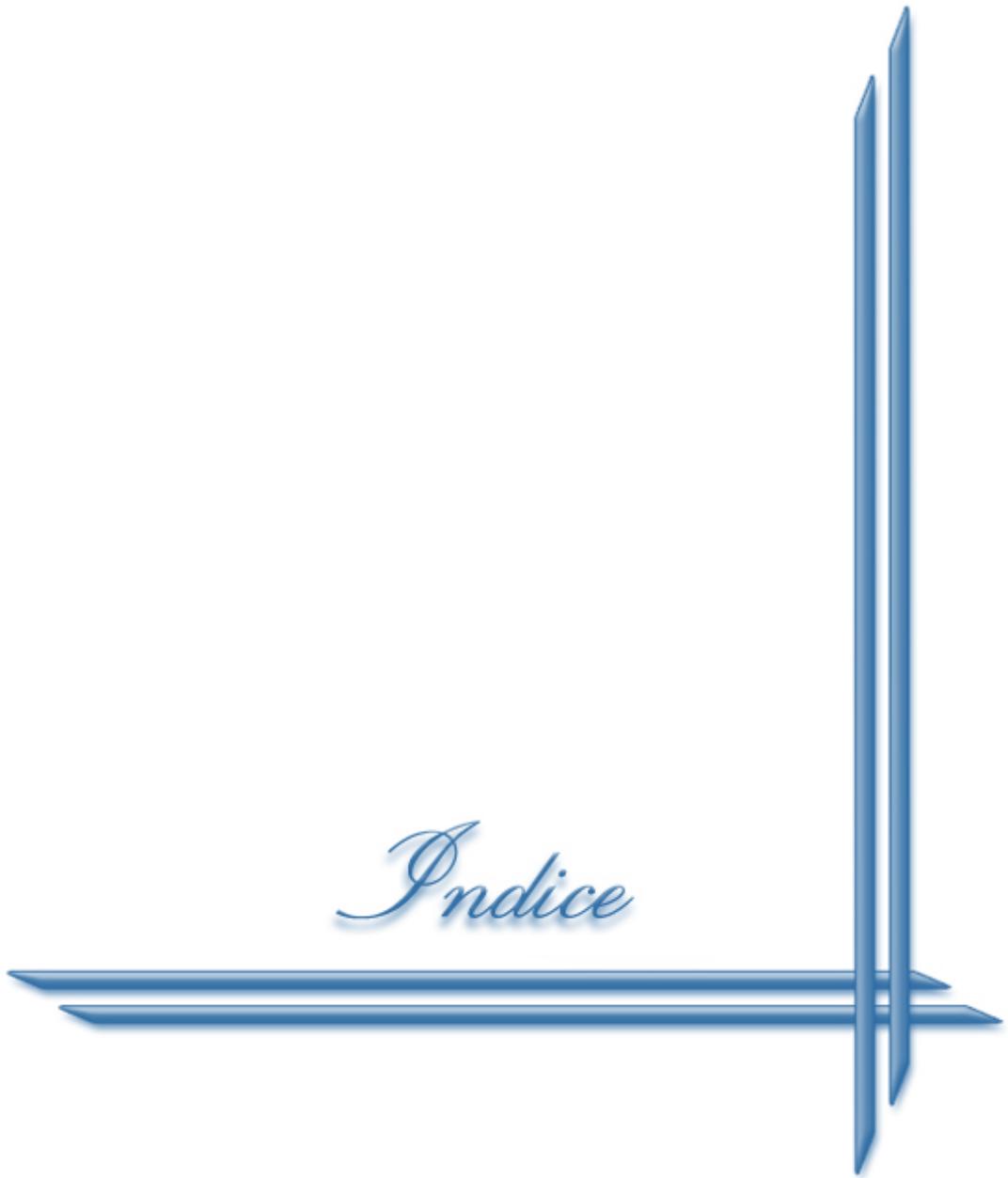
## **Abstract**

This research entitled "Management of urban solid waste as an energy potential in the local development of the municipality of Cienfuegos" has as a general objective: Integrate the management of solid urban waste in the management of the local government of Cienfuegos. In the development of the research, the impact literature review is made, which deals with renewable energies and refers to issues such as solid urban waste in the world in general, in Cuba and later in Cienfuegos, as well as the generation of energy through these.

Techniques and tools were used such as interviews, review of documents, work with experts, brainstorming, coordination of actors, cause and effect diagram, analysis of the effect and failure mode criticism (FMEAC) and the application of the Saaty method for the prioritization of alternatives. We also use software such as Statgraphics, Visio and Excel for data and information processing

Key words: local energy management, local government, urban solid waste.

*Indice*



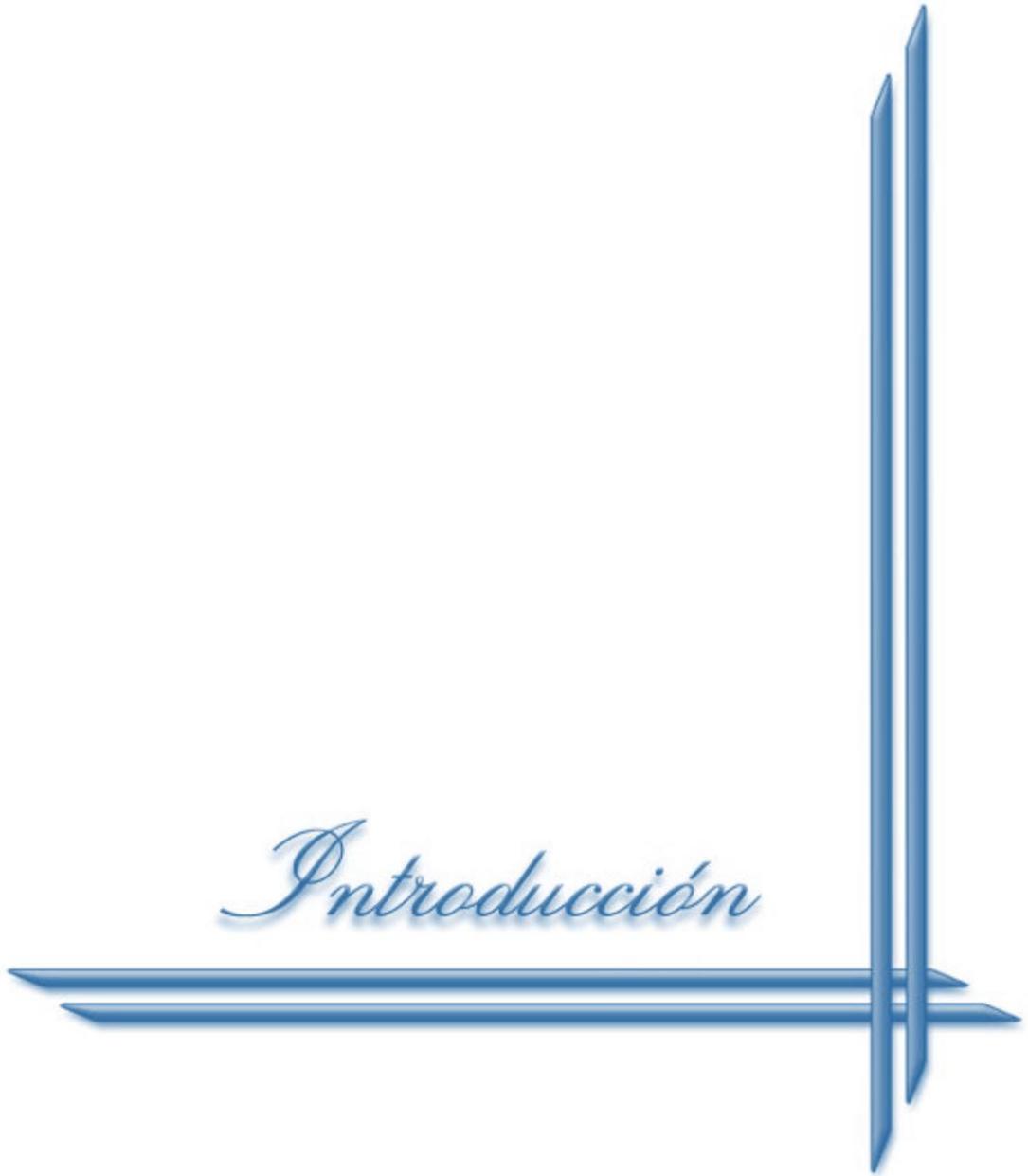
## Índice

Resumen.....	9
Abstract.....	11
Índice 13	
Introducción .....	1
Capítulo I: Los residuos sólidos urbanos como fuentes renovables de energía.....	6
1.1 Introducción .....	6
1.2. Fuentes de energía.....	6
1.3. Fuentes renovables de energía .....	7
1.3.1. Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo.....	8
1.4. Agenda 2030 .....	10
1.5 Integración de las fuentes de energías en los municipios del mundo .....	11
1.6 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo .....	12
1.6.1 Energía renovable como política de estado.....	12
1.7 Política del estado cubano para el uso de las fuentes renovables de energía .....	14
1.7.1 Política aprobada en el 2014.....	15
1.8 Potencial energético para las fuentes renovables de energía en Cuba .....	16
1.9 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba.....	19
1.10. Utilización de los residuos sólidos urbanos en la generación de energía.....	21
1.10.1. Clasificación de los residuos.....	21
1.10.2. Residuos sólidos urbanos .....	22
1.10.3. Tratamiento de residuos sólidos urbanos.....	23
1.10.4. Generación de residuos .....	23
1.10.5. Situación actual del manejo de los residuos sólidos urbanos en el mundo .....	24
1.10.6 Situación actual del manejo de los RSU en Cuba .....	26

1.11 Gestión de proyectos para el desarrollo .....	29
1.11.1 Tipos de proyectos .....	30
1.11.2. Proyectos de desarrollo local .....	31
2.1 Introducción .....	34
2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos .....	34
2.3 Caracterización energética del municipio de Cienfuegos .....	36
2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica .....	37
2.4 Análisis de la Gestión Energética Local en el municipio de Cienfuegos.....	43
2.4.1 Información, datos y actores que gestionan la energía en el municipio .....	44
2.4.2- Matriz de fuentes renovables de energía y potencialidades del municipio .....	45
2.4.3- Indicadores para el sector residencial municipal.....	48
2.4.4 Herramientas para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para la Gestión Energética Municipal.....	52
2.5 Análisis situacional actual de la Gestión Energética Local en Cienfuegos .....	53
Capítulo III: Propuesta para la incorporación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión energética del gobierno local de Cienfuegos .....	60
3.1. Introducción .....	60
3.2. Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial .....	60
3.2.1. Definición y análisis del problema .....	61
3.2.2. Análisis, selección y diseño de la solución .....	62
3.2.3. Implementación .....	62
3.3. Aplicación de la metodología para la solución de problemas .....	62
3.3.1. Definición y análisis del problema .....	62
Del análisis anterior se listan las causas potenciales que influyen en el deficiente manejo de los RSU en el municipio:.....	65
1.    Insuficientes equipos para la recolección de los RSU .....	65
2.    Insuficiente tratamiento de los RSU.....	65

3.3.2. Análisis, selección y diseño de la solución .....	66
Para el análisis, selección y priorización de las acciones de mejoras se utilizó la herramienta .....	66
Figura 3.4:.....	68
3.3.2.1 Diseño de la acción de mejora .....	68
3.3.2.4 Valorización energética y valor calorífico de la tecnología mecánico- biológico en el municipio de Cienfuegos.....	86
3.3.3 Implementación de la acción de mejora.....	87
Conclusiones generales .....	97
Recomendación .....	97
Anexos.....	109

# *Introducción*



## Introducción

Las energías renovables constituyen una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. Buenos ejemplos de su utilización lo constituyen: la navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la energía solar. (González, 2016).

Sin embargo, con el invento de la máquina de vapor en 1769 estas formas de aprovechamiento de energía se abandonan y comienza a recurrirse a las fuentes convencionales, caracterizada esta época por escaso consumo de energía, por consiguiente, no se preveía el agotamiento de las fuentes convencionales de energía, ni otros problemas ambientales que posteriormente, a finales del siglo XX, fueron perceptibles (González, 2016).

Hacia la década del setenta del siglo XX, las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, por esta razón, fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, a través de las tecnologías energéticas renovables (González, 2016; Nfumu, 2017).

El empleo de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en un 20% anual, si se asumen todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para explotar las diversas fuentes renovables de energía (FRE), por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica, se aprecian avances importantes en los biocombustibles y residuos sólidos urbanos (RSU) (Rodríguez, 2016).

Sobre los residuos sólidos urbanos es necesario enfatizar que, a nivel mundial, su generación se remonta a 1.3 billones de toneladas anuales y se pronostica que en el 2025 ascienda a 2.2 billones de toneladas. Para los países en vía de desarrollo la generación de los RSU se duplicará en los próximos veinte años y su costo anual escalará de los \$205.4 billones a unos \$375.5 billones de dólares para 2025, mayor en los países subdesarrollados. América Latina y el Caribe son los más constantes, con unos ciento sesenta millones de toneladas per cápita al año (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

En Cuba, se han utilizado los residuos en la generación de la energía enfocada en la reutilización de los desechos de la industria azucarera, la agricultura y, sobre todo, en el fomento del biogás con los desechos de la industria porcina, sin embargo, no se ha estudiado la viabilidad de la utilización de los RSU en ciudades que emanan grandes cantidades de desechos para generar energía eléctrica que contribuya al cambio de la matriz energética.

Por otra parte, cuando se habla de energía se consideran los términos eficiencia energética y gestión de la energía (Borroto, 2002), generalmente relacionados con las organizaciones industriales y de servicios, sin embargo, abarcan a toda la sociedad (Correa et al., 2017) y se reconoce a las zonas urbanas como consumidoras significativas de energía y grandes emisoras de Hidróxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) al medioambiente; por lo que la Gestión Energética (GE) es una necesidad a escala urbana o municipal (Correa et al. 2017), y que los gobiernos locales la integren a su gestión pública.

La importancia de esta integración radica en que los gobiernos locales fomenten la eficiencia energética y el uso de las FRE, debido a su influencia sobre los sectores sociales y la promoción de políticas y programas para el uso de la energía (Erario, 2010; Correa et al., 2017). Existen diferentes experiencias en el mundo donde se gestiona la energía y consideran las FRE en la matriz de generación y consumo de un municipio, esto propicia la certificación por la norma internacional ISO 50 001 referente a los Sistemas de Gestión de la energía de algunos municipios, ejemplos de ello son los municipios de: Bad Eisenkappel, Austria; Soto de Real, España; Atlacomulco de Fabela, México y Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos (Correa et al., 2016).

En Cuba, en el año 2011, se proyectó la actualización del Modelo Económico y Social. Se aprobaron en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución sobre eficiencia energética: 135, 251, 245, 252, 254 y desarrollo de las fuentes renovables de energía: 113, 131, 247 y 267 (Rodríguez, 2016).

En el año 2014 se aprobó la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Puig, 2014) por último, en el 2016 la Declaración de la Protección de los recursos y el medioambiente, como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (Correa et al., 2017).

La gestión de los residuos sólidos urbanos presenta grandes dificultades en todo el país por causas comunes como:

- obsolescencia o inexistencia de redes de alcantarillado
- conexiones ilegales de conductoras de residuales domésticos a las descargas pluviales
- ausencia, ineficiencia u obsolescencia de los sistemas de tratamiento de residuales albañales en ciudades, pueblos y comunidades
- indisciplinas sociales
- falta de mantenimiento y evacuación de los tanques sépticos y fosas en edificios multifamiliares y viviendas

En general, el insuficiente financiamiento dedicado a la solución, en el caso de los residuales líquidos, provoca que actualmente las aguas negras se derramen en las calles, produzcan graves enfermedades epidemiológicas como: diarreas agudas, hepatitis, leptospirosis, dengue y recientemente ZIKA. Esto ha conllevado al sensible deterioro de las condiciones higiénico-sanitarias en los asentamientos humanos (CITMA, 2016).

La provincia de Cienfuegos posee sesenta vertederos, solo cuentan con tratamiento cuarenta y siete, de ellos en el 2014, se recolectaron 828,4 m<sup>3</sup> de residuos sólidos y únicamente existe tratamiento para el estiércol porcino del cual se aprovecha una pequeña parte (ONEI, 2015a).

Las principales dificultades para el reciclaje de los residuos colectados, en la provincia, están determinadas por:

- infraestructura no apta para la clasificación en origen
- baja o nula disponibilidad técnica del equipamiento propio para el reciclaje
- insuficiente logística para enfrentar la dispersión de las fuentes generadora
- inexistencia de una Ley de Reciclaje y en general basamento legal desactualizado
- incumplimiento de la Ley 1288 por las entidades estatales
- entidades que no cuentan con registro de entrega de los residuos reciclables generados
- existencia de contratos no actualizados entre las partes
- falta de seguimiento al cumplimiento de las cláusulas pactadas
- ausencia de reclamaciones legales para los incumplimientos
- la mayoría de las entidades y organismos no cuentan con el personal seleccionado y preparado para cumplir con la tarea recuperativa
- inexistencia de estadística confiable de los desechos reciclables generados
- lentos procesos para aprobar las bajas técnicas de equipos en desuso
- insuficiente número de casas de compras a la población e inestabilidad en su servicio (Correa et al., 2017).

En el año 2016 se accionó en el municipio de Cienfuegos con el diseño de un procedimiento para el diagnóstico energético local, con el objetivo de conocer las características energéticas de generación y consumo del municipio con alcance al diagnóstico del sector residencial; (Ávila, F, 2016; Aureliano, G, 2016; Cantero, A, 2016; Fernández, L, 2016; Nápoles, O, 2016 & Rodríguez, S, 2016).

Se evidenció tendencia al aumento del consumo en el sector residencial sustentado en el uso de combustibles fósiles. En el mes de julio se produjo el mayor consumo. Un solo mes equivale a 155.22 GWh, lo que representa para el país un subsidio equivalente a trece millones de pesos (Correa et al., 2016).

A lo anterior se suma la determinación, en el 2017, de la matriz energética municipal (Nfumu, 2017) y las potencialidades de utilización de las FRE en el municipio (Kimbutu, 2017); esto evidencia la necesidad del empleo de FRE en la matriz energética de generación y consumo municipal, aun cuando los residuos sólidos urbanos no se consideraron en ese estudio y sí, por Correa et al. (2017) y que debe ser considerada la gestión de la energía, por el gobierno local, como elemento del desarrollo local a través de la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDESM).

Todo lo anteriormente mencionado constituye la situación problemática de la investigación, por lo que se declara como **Problema de Investigación**: ¿Cómo incorporar las potencialidades energéticas municipales en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos?

En correspondencia al problema declarado se plantea el **Objetivo General** de la investigación: Integrar la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión del gobierno local de Cienfuegos.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto se proponen como **Objetivos específicos**:

1. Realizar un análisis documental referente a la eficiencia energética, la gestión energética, las fuentes renovables de energía su uso en el mundo y Cuba, con énfasis en los residuos sólidos urbanos como fuente de energía.
2. Realizar la caracterización energética del municipio de Cienfuegos.
3. Proponer la incorporación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión energética del gobierno local de Cienfuegos.

La investigación se estructura de la siguiente forma:

Capítulo I. Estudio documental sobre generalidades de: la eficiencia y gestión energética, caracterización y empleo de las fuentes renovables de energía, su desarrollo a nivel internacional y en Cuba, que manifiesten la actualidad y pertinencia de la investigación, con énfasis en la utilización de los residuos sólidos urbanos como fuente de energía.

Capítulo II. Caracterización energética del municipio de Cienfuegos, análisis de la gestión energética local (GEL), determinación de las causas que la afectan y establecimiento del plan de mejora.

Capítulo III. Propuesta de incorporación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión del gobierno local a través de la EDESM.

Otros elementos de la investigación son: Resumen, Abstrac, Introducción, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

# Capitula I

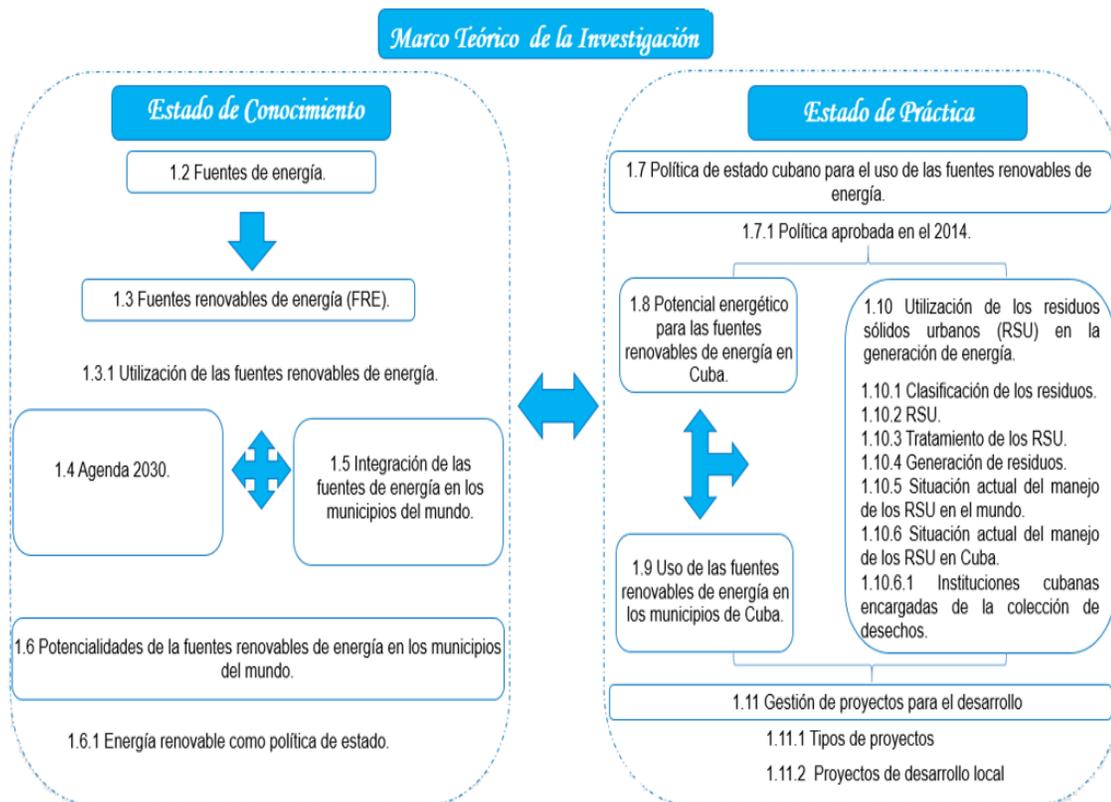


# Capítulo I: Los residuos sólidos urbanos como fuentes renovables de energía

## 1.1 Introducción

Para la construcción de este capítulo fue indispensable la revisión bibliográfica que sustente la temática abordada, la revisión de documentos relacionados con la eficiencia y gestión energéticas, las fuentes de energía renovables, el desarrollo local (DL), la gestión energética local (GEL) y la utilización de residuos sólidos urbanos (RSU) en la generación de energía.

Para su comprensión se presenta en la Figura 1.1 el hilo conductor para elaborar el capítulo.



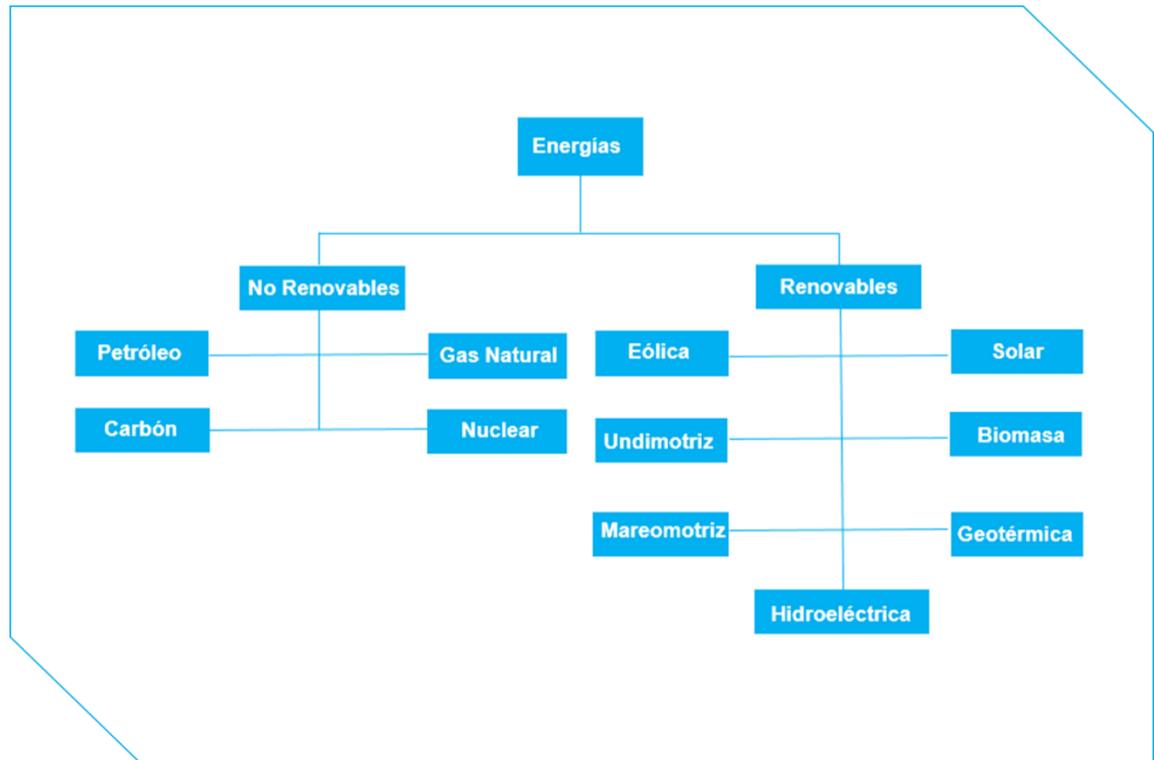
**Figura 1.1** Hilo conductor. **Fuente:** Elaboración propia.

## 1.2. Fuentes de energía

La demanda y el consumo de energía se encuentran estrechamente relacionados con el desarrollo sustentable y la calidad de vida. La energía es esencial para la satisfacción de muchas necesidades, sin ella, sería imposible la producción de bienes y servicios y la realización de labores cotidianas como cocinar, viajar de un lugar a otro, comunicarse o iluminar una casa u oficina. El flujo de materiales necesarios para mantener estas actividades depende de la existencia y disponibilidad de fuentes de energía. Esta es la capacidad de los cuerpos o

de un conjunto de ellos, para efectuar un trabajo; es lo que permite que un cuerpo se mueva o desplace, o bien, que cambie sus propiedades (Santana, 2013).

La energía proviene de fuentes energéticas que son recursos o medios capaces de producir algún tipo de energía para consumirla posteriormente. En la figura 1.2 se muestra, de forma resumida, la clasificación de las fuentes de energías en: renovables y no renovables.



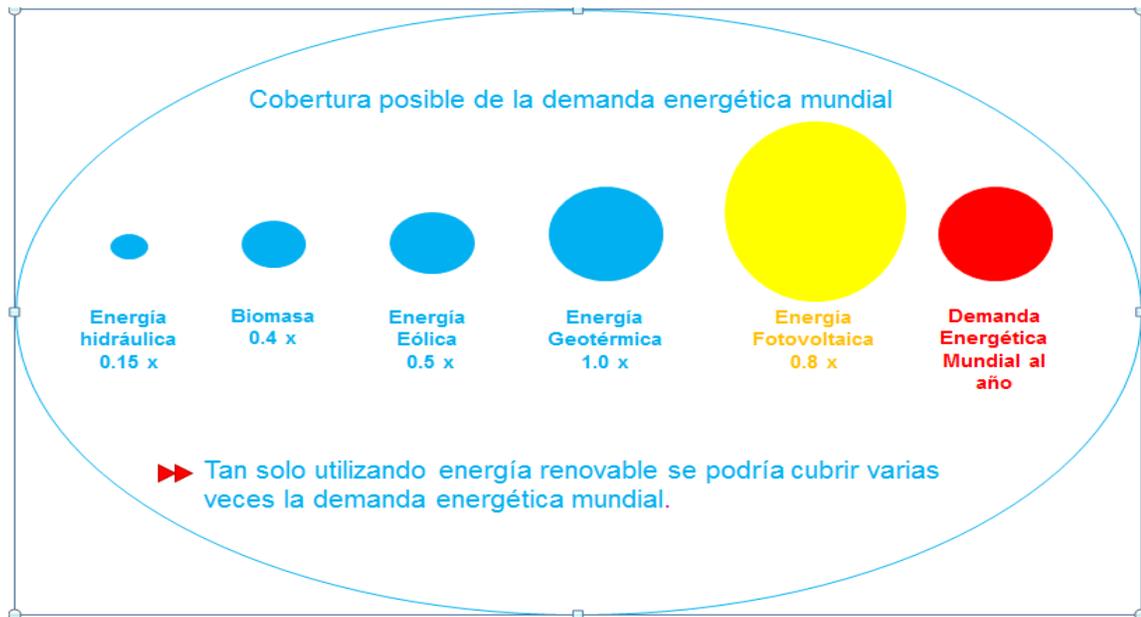
**Figura 1.2:** Clasificación de las fuentes de energías. **Fuente:** Elaboración propia.

Santana (2013) clasifica como energías renovables aquellas obtenidas de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Las energías renovables son ilimitadas y permiten reducir las emisiones nocivas para el medio ambiente. Pueden regenerarse, lo que permite prever su disponibilidad futura. Es el caso de ríos, olas, sol, viento, mareas, biomasa (leña y residuos), calor de la tierra. Por otra parte, las energías no renovables existen en cantidad limitada en la naturaleza, lo que supone su eventual agotamiento. Por ejemplo: carbón, petróleo, gas natural, energía nuclear.

### 1.3. Fuentes renovables de energía

Entre las energías renovables se encuentran: eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar (térmica y fotovoltaica), undimotriz, la biomasa y los biocombustibles. Solo con energía

fotovoltaica se podría cubrir 3,8 veces la demanda energética mundial (Santana, 2013; González, 2016) tal como se muestra en la figura 1.3.



**Figura 1.3:** Cobertura posible de la demanda energética mundial. **Fuente:** (Nfumu, 2017)

### 1.3.1. Utilización de las fuentes renovables de energías en el mundo

Velázquez (2013) señala que la energía es fundamental para desarrollar las tecnologías y proporcionar la mayoría de los servicios esenciales que mejoran la condición humana. Sin embargo, el uso de la misma produce invariablemente una ruptura del equilibrio ambiental y provoca una reacción de la naturaleza que puede causar consecuencias adversas para el propio hombre.

Desde que se manifestó mundialmente la necesidad de desarrollar una política ambiental, se comenzó a considerar el desarrollo y la utilización de fuentes renovables de energía (FRE).

La participación de las tecnologías energéticas renovables crece a nivel mundial en 20% anual, si se tienen en cuenta todas sus manifestaciones. La mayoría de los países desarrollados invierten sumas millonarias para explotar las diversas FRE, por ser limpias y sobre todo sostenibles. Los mayores progresos se observan en las energías eólica y fotovoltaica, además se aprecian avances importantes en los biocombustibles y en el empleo de residuos sólidos urbanos. (Rodríguez, 2016).

Las FRE son parte de la solución hacia un desarrollo sostenible, es decir, un desarrollo que responda a las necesidades de hoy sin comprometer la capacidad de las próximas generaciones de responder a las suyas. Se pueden utilizar de forma auto gestionada y poseen

la ventaja adicional de complementarse lo que favorece la integración entre ellas (Roqueta, 2014).

Estadísticas aportadas por Agency International Energy (AIE) revelan que el crecimiento de las energías limpias es imparable, representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en el 2014, toda vez que constituyen en la segunda fuente global de electricidad, solo superada por el carbón (AIE, 2015).

La capacidad de generación de energía con fuentes y tecnologías renovables aumentó a escala mundial en ciento sesenta y un gigawatts (GW) en el 2016, lo que representa el año de mayor crecimiento en este tipo de recursos energéticos. El fuerte crecimiento de la energía solar, registró un incremento en la potencia instalada superior a la energía eólica, fue el primer año, desde 2013, en que el crecimiento de la energía solar superó al de la energía eólica, que aumentó en el año 2016 en 51 GW.

Por otro lado, la energía hidroeléctrica y la bioenergía aumentaron respectivamente 30 GW y 9 GW, mientras la capacidad de energía geotérmica aumentó en poco menos de 1GW (IRENA, 2017). Al finalizar 2016 la capacidad de energías renovables a nivel global era de 2 017GW.

Si se excluyen los proyectos de hidroeléctrica, el total es de 921 GW. Desde luego las centrales hidráulicas dominan el sector, con 1 096 GW, pero el resto de los segmentos aumentan a buen ritmo.

La eólica es la siguiente, con 487 GW, seguida de la solar, que cuenta con 303 GW de capacidad. Por detrás se halla la capacidad de la biomasa, con 112 GW y, mucho más alejadas, la geotérmica en 13,5 GW y la termosolar en 4,8 GW (Bejerano, 2017).

El Acuerdo de París, en las energías renovables, fija entre otros objetivos: elevar los “flujos financieros” para caminar hacia una economía baja en emisiones de gases de efecto invernadero, cuya sobreacumulación en la atmósfera por las actividades humanas ha desencadenado el cambio climático.

La lucha contra el cambio climático consigue poner de acuerdo casi al mundo entero. Los representantes de aproximadamente doscientos países, reunidos en la Cumbre del Clima, adoptaron el primer acuerdo global para atajar el calentamiento desencadenado por el hombre con sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Los esfuerzos realizados, no son suficientes para impedir que el aumento de la temperatura a final de siglo quede por debajo de los dos grados, objetivo que persigue el pacto. Todos los países firmantes deben limitar sus emisiones, aunque los desarrollados deben asumir mayor esfuerzo y movilizar cien mil millones de dólares anuales (Planelles, 2016).

#### **1.4. Agenda 2030**

Los Estados Miembros de las Naciones Unidas (ciento noventa y tres), junto a un gran número de actores de la sociedad civil, el mundo académico y el sector privado, entablaron un proceso de negociación abierto, democrático y participativo, que resultó en la proclamación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, con sus diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en septiembre de 2015.

La Agenda 2030, la Agenda de Acción de Addis Abeba de la Tercera Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo y el Acuerdo de París sobre Cambio Climático, aprobados todos en el 2015, representan una oportunidad sin igual para Latinoamérica. (CEPAL, 2016)

Sus diecisiete objetivos y ciento sesenta y nueve metas, muestran una visión ambiciosa del desarrollo sostenible e integra las dimensiones económica, social y ambiental.

Esta nueva Agenda es la expresión de los deseos, aspiraciones y prioridades de la comunidad internacional para los próximos quince años, es transformadora, sitúa la igualdad y dignidad de las personas en el centro y llama a cambiar el estilo de desarrollo y respetar el medio ambiente. Es un compromiso universal adquirido tanto por países desarrollados como en vías de desarrollo, en una alianza mundial reforzada, que toma en cuenta los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos naturales extremos, así como la mitigación y adaptación al cambio climático (CEPAL, 2016).

Revé (2016) plantea que el objetivo fundamental es garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, se propone erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.

Entre las metas expresadas para alcanzar este objetivo está aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía para el año 2030, de igual modo, se prevé incrementar la cooperación internacional, a fin de facilitar el acceso a la investigación y las inversiones en tecnologías energéticas no contaminantes, incluidas las fuentes de energía renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos dañinas de combustibles fósiles.

Cuba fue uno de los ciento noventa y tres países que respaldaron la aprobación de estos objetivos mundiales. La labor que en este sentido ha desarrollado el país, desde el triunfo de la Revolución, evidencia el interés político para fomentar el uso de este tipo de energías (Revé, 2016). Ejemplo de ello es la visita a Cuba de Paloma Durán, directora del Fondo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDGF, por sus siglas en inglés), quien explicó en entrevista que el Fondo que dirige fue creado para implementar la Agenda 2030, según tres pilares fundamentales:

- la integralidad de los programas que se llevan a cabo, o sea que su aplicación pueda beneficiar en varios ámbitos, tanto en la alimentación, como la agricultura o la salud.
- la apropiación nacional, la Agenda 2030 debe aplicarse en cada municipio, provincia o país según sus necesidades específicas y prioridades.
- el cumplimiento en sí de los objetivos, el fundamental es erradicar la pobreza y lograr que todas las personas disfruten mejores condiciones de vida.

En aras de trabajar en estos tres pilares, a nivel local se diseña un proyecto que ayudará a cumplimentar sus necesidades, este se efectúa de la mano del gobierno local y las Naciones Unidas.

El proyecto que actualmente se implementa en Cuba, gracias al SDGF, es el “Suma tu gota”, el cual posee como propósito mejorar el acceso al agua segura y a la seguridad alimentaria y nutricional en Santiago (Ávila, 2017).

En noviembre de 1994 se fundó la Sociedad Cubana para la promoción de las Fuentes Renovables de Energías y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR), gestado por la Academia de Ciencias de Cuba y la Comisión Nacional de Energía, su órgano de referencia es el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Esta sociedad se creó con el objetivo fundamental de contribuir al desarrollo de las actividades encaminadas al conocimiento y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, en la solución de los problemas económicos y sociales del país. Su principal función es elevar la cultura energética y de respeto ambiental (CUBASOLAR, 2017).

Revé (2016) comenta que en el año 2016 fueron aprobadas las bases del Programa de desarrollo económico y social del país a largo plazo que, a decir del expresidente cubano Raúl Castro, asume como principios: “...mantener la propiedad social sobre los medios fundamentales de producción y forjar un modelo de desarrollo con eficiencia en todas las esferas, encaminado a asegurar bienestar, equidad y justicia social para los cubanos”.

### **1.5 Integración de las fuentes de energías en los municipios del mundo**

Las primeras acciones relacionadas con la gestión energética local (GEL o GEM) datan de finales de los años ochenta del siglo XX en Suecia, a partir del desarrollo de un modelo para la planificación energética en los municipios (Wene & Rydén, 1988; Correa *et al.*, 2017) 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; Correa et al., 2016).

Páez (2009) expone que 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 o 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. Manifiestan como elementos comunes el establecimiento de metas, objetivos, auditorías energéticas de edificios públicos y la creación de comités de gestión de la energía.

Por su parte Correa et al (2016) consideran que estudios realizados por varios actores evidencian las potencialidades de los gobiernos locales para desarrollar modelos energéticos, en la búsqueda de una sostenibilidad energética, la utilización de las FRE y la independencia de la importación de petróleo.

La Universidad de Dardesheim, Alemania, está vinculada a un proyecto que convierte la calefacción convencional en calefacción a partir de la biomasa. El 100 % de energías renovables en Dardesheim no es una visión futura, sino una realidad. Después de reducir la demanda, la zona o ciudad es capaz de autoabastecerse con fuentes renovables de energía, en presencia así de la denominada "ciudad neutra o de cero energías". Esta proyección no se encuentra lejos de la realidad, al contrario, cada día son más las ciudades o regiones, con este objetivo energético a mediano y largo plazos (Moreno, 2016).

## **1.6 Potencialidades de las fuentes renovables de energías en los municipios del mundo**

El desarrollo humano sostenible apunta a una formación que contamine cada vez menos, un ambiente más sano y mejor calidad de vida de todos los habitantes. En este plan, cada ciudadano obtiene un espacio de intervención, como también todas las áreas municipales. Se pondera el apoyo emprendedor que permite fabricar en las ciudades: cocinas solares, colectores y luminarias, la instalación de la energía solar en espacios públicos y la creación de una campaña de sensibilización con fomento municipal (Nfumu, 2017).

### **1.6.1 Energía renovable como política de estado**

La publicación de la AIE, en el 2016, alerta de la necesidad de una mayor acción sobre el cambio climático. Las energías renovables son un grupo clave de tecnologías para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Las fuentes renovables suministran energía que, de otro modo, vendría de la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo que producen gases contaminantes. La AIE indica que los objetivos internacionales para limitar el cambio climático "requerirán tasas más

fuerzas de descarbonización (sustitución de los combustibles fósiles) y acelerada penetración de las energías renovables en tres sectores: energía, transporte y calor” (AIE; 2016).

La utilización de FRE en un mundo cada vez más consumidor constituye, sin lugar a dudas, una alternativa prioritaria. De ahí que muchos países han comenzado a implementar nuevas fuentes de energía. (Mallorca, 2017).

Granma (2017) publica en un artículo que el grande asiático camina hacia un futuro libre de emisión de carbono con el objetivo de reducir los niveles de gases tóxicos producidos por el país. Para el 2020, el gobierno chino planea que el 27% de su producción total de energía sea a partir de energías renovables; de modo que, en el 2050, este modelo se haya adoptado en un 80%. Sin embargo, China ya no es quien encabeza la lista de los países que miran hacia un desarrollo sostenible, amigable con el medio ambiente.

En la actualidad reemplaza a esta potencia mundial Chile, que encabeza la lista de líderes en energías renovables del 2017 con la planta de energía solar *El Romero*, ubicada en el Desierto Atacama.

La planta, con una inversión de trescientos cuarenta y tres millones, es la más grande de Suramérica y busca generar ciento noventa y seis megavatios para transportar energía a miles de casas: un proyecto que entrará en vigor en abril del 2019. Con *El Romero*, se espera compensar los daños generados por las plantas de carbón, reducir cuatrocientas setenta y cuatro mil toneladas métricas de emisiones de CO<sub>2</sub> (Granma 2017).

Kenia, por su parte, un país del este africano, posee un gran potencial en energías geotérmicas que todavía son exploradas; Japón es uno de los países que ha mostrado interés en el desarrollo de energías renovables en Kenia a través del proyecto geotermal *Olkaria*, donde se invirtieron cuatrocientos ocho millones y se espera comience a finales de 2018. (Granma, 2017)

El otro país latinoamericano dentro de esta clasificación es Brasil, con cerca de mil turbinas de viento que reducen tres millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Además, con otros ciento setenta y cinco proyectos en construcción, Brasil se suma a la tecnología de energías renovables.

Al otro lado del mundo, en la pequeña isla de Taiwán, el gobierno estima invertir cincuenta y seis mil millones de dólares para aumentar su producción de energías renovables en un 20% para el 2025. Es decir, cinco veces más de lo generado actualmente.

El último de la lista es Egipto, que ha mejorado su participación en el campo de la sostenibilidad ambiental, pues recibió un premio del Oxford Business Group (colectivo de investigadores económicos) por los esfuerzos para lograr un planeta más sano. En el 2022, Egipto espera incrementar su energía a partir de energías renovables en un 20%, ocho puntos más de lo producido actualmente (Granma ,2017).

Más de la mitad del aumento de la capacidad del planeta de producir energía, se debió a las energías renovables. En el 2015, todos los días se instaló medio millón de paneles solares en todo el mundo. En China, se instalaron dos turbinas de viento cada hora (AIE, 2016).

Según IRENA (2017) Asia representó el 58% de las nuevas adiciones renovables en 2016, alcanzó 812 GW (aproximadamente el 41% de la capacidad mundial). Además, fue la región de más rápido crecimiento, con 13,1% de aumento en la capacidad renovable.

África instaló 4,1 GW de nueva capacidad en el 2016, dos veces más que en el 2015.

### **1.7 Política del estado cubano para el uso de las fuentes renovables de energía**

El periódico Granma (2017) señala que la transformación de la matriz energética del país no es solo una necesidad para disminuir los consumos de combustible fósiles y, como consecuencia, la erogación de divisas por este concepto, se trata además de una alternativa beneficiosa para el medio ambiente.

Por tal razón, para Cuba constituye una prioridad refrendada en los documentos rectores emanados del 7mo. Congreso del Partido y se ha trabajado duro en el proceso de inversiones, no ya de cara al 2030, sino para adelantar en lo posible, en el 2021, muchos de los resultados esperados.

Informó López (2017) que al término del 2017 se encuentran operativos 87,5 MW de potencia, distribuidos entre las diferentes fuentes de energía renovable: “El próximo año estarán en proceso 453 MW, de los cuales debe contarse con 283 MW. Trabajamos en la implementación de la energía bioeléctricas con la puesta en marcha de los centrales *Héctor Rodríguez* (Villa Clara), *30 de noviembre* (Artemisa) y *Batalla de Las Guásimas* (Camagüey), entre otros”, añadió.

Asimismo, existe un fuerte movimiento para incrementar los parques solares fotovoltaicos, con emplazamientos en Matanzas, La Habana, Pinar del Río y la Zona de Desarrollo Mariel, algunos de los cuales cuentan con inversión extranjera.

En la termoeléctrica del Mariel se instalará, en el 2018, una máquina eslovaca que reemplazará la afectada por el paso del huracán Irma. Con el propósito de lograr una mayor eficiencia energética, se instalan tres nuevas unidades generadoras de 200 MW cada una, en la central Este Habana, ubicada en Santa Cruz del Norte, provincia de Mayabeque y otra, de igual potencia, en Mariel. De igual modo, se proyecta la puesta en marcha de un ciclo combinado, que permitirá aprovechar mejor las potencialidades del gas existente en Santa Cruz del Norte (López, 2017).

De todo el programa de generación eléctrica mediante energías renovables, la construcción de bioeléctricas es el reto más fuerte, es necesario concentrar los esfuerzos para hacerlo bien,

porque se trata del 60% de toda la energía que generarían las FRE y la más estable de todas (García, 2017).

### **1.7.1 Política aprobada en el 2014**

Los problemas energéticos fundamentales en Cuba son la alta dependencia de combustibles importados, el elevado costo promedio de la energía entregada, la fuerte contaminación ambiental y la baja utilización de las FRE a ello se le adiciona el aumento del consumo eléctrico promedio de los hogares de 140,2 KWh en 2005 a 172,2 KWh en el 2014, para un incremento del 22,8%.

A pesar de las medidas adoptadas fue necesario crear en 2012 una comisión multidisciplinaria encargada de diseñar la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía para una transformación a fondo de la matriz energética. Los análisis realizados se dirigieron a continuar el desarrollo de la producción petrolera nacional, incrementar la seguridad energética y disminuir la dependencia externa en los portadores energéticos (Rodríguez, 2014).

Rodríguez (2014) afirma que en diciembre de 2012 se creó por decreto presidencial una comisión gubernamental para elaborar la política de desarrollo de las FRE en el periodo 2014-2030. El ambicioso programa proyecta la construcción de trece parques eólicos con una capacidad de generación de seiscientos treinta y tres megavatios, diecinueve plantas bioeléctricas con capacidad de setecientos cincuenta y cinco megavatios y la generación de setecientos megavatios a partir de paneles solares fotovoltaicos, de las cuales ya hay instalados más de veinte megavatios.

Rodríguez (2014) explica que Cuba multiplicará por seis su producción actual de energía, acción impostergable dado que la generación del país depende altamente de la quema de combustibles fósiles, preocupa el alto costo que demanda y simultáneamente el elevado costo de energía entregada a los consumidores. El programa de desarrollo de las FRE en Cuba se proyecta en su totalidad para producir dos mil cien megavatios, para ello se requiere una inversión de tres mil setecientos millones de dólares.

En Cuba existen veintidós pequeñas centrales hidroeléctricas y se construirán otras setenta y cuatro, igualmente el país explota en la actualidad mil ochocientos dieciocho digestores de biogás, pero se estima la instalación de ocho mil setecientas nuevas plantas de ese tipo.

Sobre el sector residencial cubano, se señaló que en el 2015 existían setenta y cuatro mil cuatrocientas setenta y ocho viviendas sin servicio eléctrico, todas ubicadas en zonas montañosas de difícil acceso, lo que representa el 1,9% de las residencias del país.

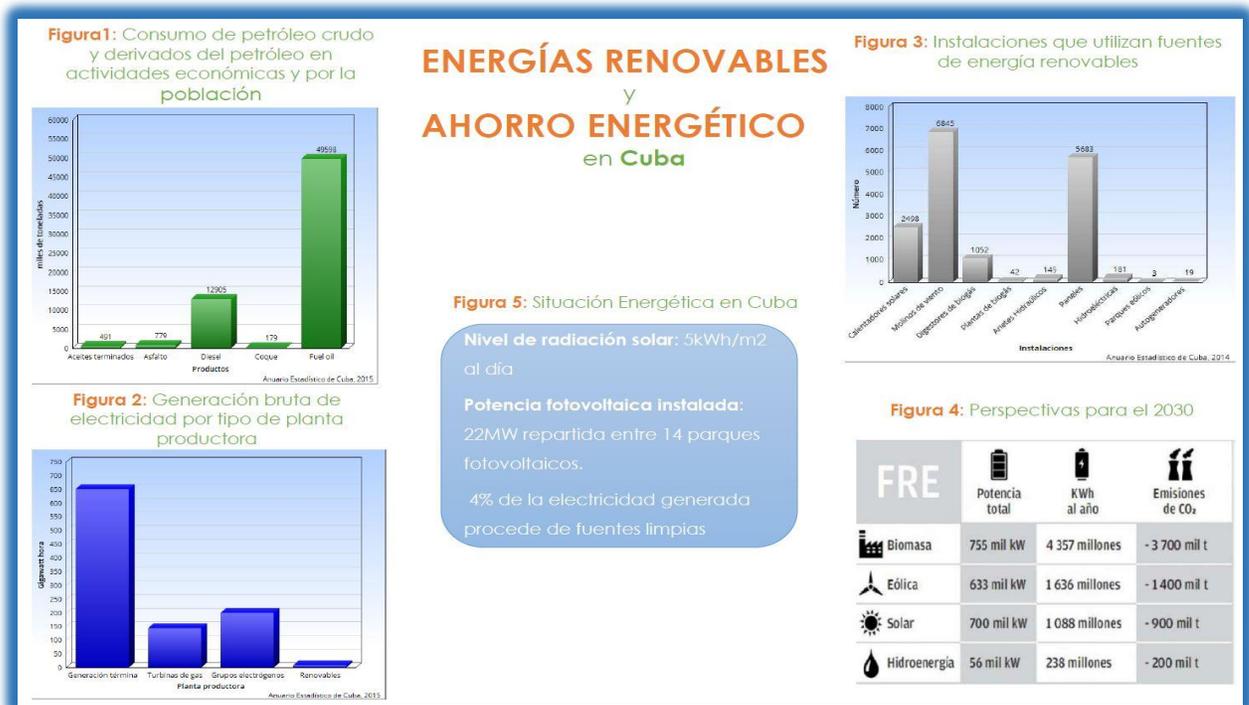
Entre los planes dirigidos al sector residencial se encuentra la sustitución de trece millones lámparas fluorescentes en los hogares y doscientas cincuenta mil luminarias fluorescentes para el alumbrado público por lámparas de tecnología LED, así como la introducción de las cocinas de inducción (Rodríguez, 2014).

La figura 1.4 presenta, una comparación de las energías renovables y el ahorro energético en Cuba en cuanto a la generación bruta de electricidad por tipo de planta productora, desde una situación energética actual y las perspectivas para el año 2030, se muestra dicho comportamiento para todas las fuentes renovables de energía utilizadas en el país.

### **1.8 Potencial energético para las fuentes renovables de energía en Cuba**

El nivel de electrificación en Cuba es de 99,2 %, cerca del 98% lo suministra el Sistema Electro Energético Nacional y el resto responde a las FRE, sobre todo en zonas apartadas o montañosas donde se emplean paneles solares fotovoltaicos.

Cuba cuenta con un abundante potencial en FRE , la energía solar es favorecida, pues la Isla conserva una elevada radiación durante todo el año, que permite la aplicación de tecnologías fotovoltaicas y térmicas; una producción cañera en crecimiento que posibilita al país el uso más eficiente del bagazo residual como combustible complementado con el desarrollo de la biomasa forestal y los residuos de cosechas agrícolas; un potencial eólico significativo sobre todo en la zona oriental del país, uso creciente de las tecnologías para obtener biogás a partir de las excretas de animales y otras para la valoración de los residuos sólidos urbanos (Nfumu, 2017).



**Figura 1.4:** Plan de ahorro energético y uso de energías renovables en Cuba. Perspectiva 2030. **Fuente:** Moreno (2016).

Según Revé (2016) el potencial hidroenergético en presas y embalses se ubica en doscientos treinta y dos sitios, con una potencia energética estimada de 97,43 MW, sin explotación.

El país debe trabajar para comenzar la producción de pico turbinas hidráulicas (menos de 1 kW), dirigidas a suministrar electricidad a viviendas aisladas, así como al desarrollo y asimilación de turbinas hidráulicas de flujo variable y alta eficiencia, para el aprovechamiento de presas con baja carga, como las destinadas al riego agrícola. Existe otro potencial hidroenergético disponible para la generación de energía no empleado en el país.

Exponen Rodríguez (2002) y el Programa de Ahorro de Energía (PAEC) que la caña de azúcar es una fuente de energía renovable que cubre, fundamentalmente con el bagazo, un 30% de la demanda energética del país. En su procesamiento se obtienen residuos susceptibles de ser empleados como energéticos: los llamados residuos agrícolas cañeros (RAC). Estos constituyen un potencial aprovechable para la recuperación de la energía (biogás).

Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Cuba se halla entre los países latinoamericanos de mayor potencial bioenergético aprovechable de residuales agropecuarios (PAEC, 2015).

La energía hidráulica, por su aporte energético, estabilidad, autonomía, ventajas operacionales y dispersión territorial, es una de las fuentes renovables de energía de importancia en Cuba.

El potencial hidroenergético estimado es de unos 350 MW, con una generación anual de unos 700 GWh, equivalentes, según su efecto económico en el sistema, aproximadamente a trescientas mil toneladas de combustible convencional dejadas de utilizar en la generación termoeléctrica.

Esta energía permite ofrecer soluciones energéticas en zonas rurales, principalmente en las montañas. Se prevé el aprovechamiento de un potencial de 25 MW en algo más de cuatrocientas localidades con mini y micro centrales, de las cuales existen ciento ochenta construidas y brindan servicio eléctrico a más de treinta mil usuarios en doscientos treinta asentamientos rurales y otros objetivos económicos y sociales (Rodríguez, 2002; PAEC, 2015).

Moreno (2016) plantea que entre el 2005 y 2010 se realizaron mediciones del viento prácticamente en todo el país, lo que constituyó una prospección intensiva del recurso y se pudo caracterizar con mayor precisión el potencial eólico técnicamente instalable. Esto permitió precisar que existen veintiuna áreas en la costa norte de la isla en la zona oriental, que son las más ventajosas para la instalación de parques eólicos.

Si se suman las potencialidades de esas veintiuna zonas, el total arroja que el potencial técnicamente instalable es de 1100 MW hasta hoy. Si se instalaran estos 1 100 MW la generación de electricidad alcanzaría 2 500 GW.h.

Por lo que se espera que, en el país se multiplique por seis el uso de las FRE para 2030 cuando se prevé alcanzar 24% de la participación de las mismas en su esquema para producir electricidad (Camacho, 2016). Hasta el segundo semestre de 2016, Cuba contaba con una capacidad total instalada de unos once millones de Watt en sistemas de energía eólica (Revé, 2016).

Moreno (2016) enuncia que, en Cuba, la radiación solar fotovoltaica alcanza unos 5 kWh/m<sup>2</sup> diarios es decir unos 1 825 kWh/m<sup>2</sup> al año, distribuidos en todo el territorio nacional, calificada de buena comparada con otras regiones como Europa donde esta fuente posee un alto nivel de aplicación.

Hasta el momento se han instalado unos 3 MW, básicamente en sistemas aislados, que resuelven necesidades sociales en zonas remotas, donde más de nueve mil instalaciones prestan estos servicios con una alta repercusión social.

Estas tecnologías se prevén para un ciclo de vida útil de veinticinco años, generando electricidad de forma eficiente, con capacidad para aprovechar el potencial solar disponible en todo el territorio, pueden aportar durante el ciclo de vida útil por cada MW de potencia un total de 38 750 MWh, que representa un ahorro de más de 2,5 millones de USD solo por concepto de combustible y se dejan de emitir ciento veintisiete mil ochocientos setenta y cinco toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Se ha demostrado que el costo del kWh fotovoltaico es menor que el kWh producido con combustibles fósiles, de acuerdo con los precios actuales de estos últimos (Moreno, 2016).

Con 100 km<sup>2</sup> se generarían 15 000 GWh/año, lo que se iguala con la generación actual a base de combustibles convencionales. Estas instalaciones pudieran ubicarse en terrenos, techos, cubiertas, bordes de autopistas, etcétera. En la actualidad, solo el 4% de la energía empleada en Cuba es renovable y de esa cifra un 0,2% procede de la energía solar fotovoltaica, de acuerdo con datos ofrecidos en la Primera Reunión Cumbre para la Inversión Energética en Cubasolar (Revé, 2016).

El consumo de agua caliente de una vivienda cubana es de 80-100 L a 45 °C diarios, que requiere una energía eléctrica menor de 3 kWh, por lo que la energía solar incidente por metro cuadrado es superior a este valor. Por tanto, este gasto de electricidad se puede satisfacer con un metro cuadrado de colector solar.

El empleo del agua caliente solar en instalaciones industriales y turísticas traería ahorros apreciables de electricidad y otros portadores no renovables de energía. Un gran potencial en el empleo de las FRE es la biomasa. La introducción de la caña energética y el marabú como fuente de energía, además de un correcto uso de la biomasa forestal disponible como combustible para la generación y calor en la industria representaría una disminución considerable del uso de los combustibles fósiles en la generación de electricidad (Moreno, 2016).

La gasificación en pequeñas y medianas centrales de generación de electricidad a partir de los desechos forestales, residuales de aserríos e industrias de beneficio de las cosechas del arroz, coco y café representan otro potencial aún no utilizado totalmente en el país.

El gas metano que emiten los vertederos existentes en el territorio nacional y su aprovechamiento en la generación de electricidad, es un portador energético aún no aprovechado en su totalidad. Los vertederos de las grandes ciudades como Santiago de Cuba, Matanzas, Camagüey, Cienfuegos, Holguín y La Habana, necesitan de inversiones para su explotación (Moreno, 2016).

### **1.9 Uso de fuentes renovables de energías en los municipios de Cuba**

El uso de la hidroenergía como fuente de generación de electricidad, en Cuba, data de principios del siglo XX, cuando se pusieron en explotación pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, entre los que figuran la pequeña central hidroeléctrica del Guaso, en Guantánamo, con una potencia de 1 800 kW; la Hidroeléctrica de San Blas, en Cumanayagua

provincia de Cienfuegos, con 2 000 kW; la de Piloto, con 295 kW y San Vicente, con 71 kW, ambas en Pinar del Río y Barranca, en Granma, con 200 kW, todas en operación.

En la actualidad operan ciento ochenta instalaciones hidroeléctricas: una central hidroeléctrica, siete pequeñas centrales hidroeléctricas, treinta y cinco mini hidroeléctricas y ciento treinta y siete micro hidroeléctricas. La capacidad instalada total es de 62,22 MW, con una producción de energía eléctrica de 149,5 millones de KWh/año (Nfumu, 2017).

Nfumu (2017) plantea que, en la provincia de Cienfuegos, se encuentra el parque fotovoltaico en el municipio de Palmira, ejecutado por fuerzas pertenecientes a la Empresa de Obras de Arquitectura (ECO A-37).

La instalación, financiada por la Empresa Desarrolladora de Inversiones de Fuentes Renovables y Energía, cuenta con catorce mil cuatrocientos paneles solares y una capacidad de 3,6 MW en el horario de mayor radiación solar. Con un costo de más de diez millones de pesos, es la de mayor capacidad generadora instalada en dicha provincia y se suma a las ya existentes en Cantarrana y Cruces, para entregar entre las tres más de 9 MW al Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Por otro lado, a tan solo 26 km del centro de la ciudad, a la mitad de su ejecución, se encuentra el parque solar fotovoltaico *El Pino*, tutorada por las mismas empresas.

La pequeña central solar, ubicada en áreas cercanas a la cabecera municipal de Rodas, es erigida a un costo de seis millones quinientos cuarenta mil pesos, moneda total, con una capacidad generadora de 2,2 MW, dispone de tres mil quinientos veinte cimientos, ochocientos ochenta mesas y ocho mil ochocientos paneles. Con estas instalaciones la capacidad total de la provincia por este concepto será de 11,4 MW de entrega al Sistema Electro energético Nacional tal como se puede evidenciar en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1:** Resumen de las centrales solar fotovoltaicas de la provincia de Cienfuegos. **Fuente:** (Nfumu, 2017)

Central Solar Fotovoltaico	Costo de inversión (millones de pesos)	Capacidad de generación (MW)	Total al SEN (MW)	Provincia
Cantarranas		2.6		Cienfuegos
Cruces		3.0		Cienfuegos
Palmira	10 000	3.6	11.4	Cienfuegos
Rodas	540 000	2.2		Cienfuegos

Se prevé hacia el 2030 alcanzar los 50 MW de generación fotovoltaica en una provincia donde se edificarán además otras dos instalaciones de este tipo en los municipios de Aguada de Pasajeros y Rodas, como parte de la decidida apuesta por la energía renovable establecida en el territorio (Fernández & R. Digital, 2015; Molina, 2016).

### **1.10. Utilización de los residuos sólidos urbanos en la generación de energía**

La producción de residuos no es un tema nuevo, aparece con el nacimiento de las ciudades y es consustancial con la actividad del hombre. Sin embargo, adquiere connotaciones de problema ambiental a partir de la Revolución Industrial, pues con ella nacen dos focos diversificados de producción: la actividad industrial y la concentración en grandes núcleos urbanos (Portugal, 2013).

Según el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD) se entiende por residuo al material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y se encuentra en estado sólido o semisólido o, es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (CNGMD, 2017).

#### **1.10.1. Clasificación de los residuos**

Aristizabal y Sachica (2013) Cruz, (2013) y Sabina (2013) catalogan a los residuos según su origen, su composición química, desde el punto de vista económico y por el riesgo que ocasionan. Los residuos, según su origen, se agrupan en: domiciliarios, comerciales, institucionales, industriales y especiales. De acuerdo a su composición química se dividen en: putrescibles u orgánicos y no putrescibles o inorgánicos. Desde el punto de vista económico se clasifican en: desechos recuperables y no recuperables. Además, se catalogan por su riesgo como peligrosos.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se clasifican en sólidos según su composición y estos a su vez, se dividen en orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos son restos de la elaboración de alimentos, vegetales y animales; se descomponen con fuertes olores y son origen de propagación de bacterias y los inorgánicos, restos de elementos que no son consecuencia directa de la naturaleza, sino de la industrialización de recursos naturales.

En dependencia de su heterogeneidad se consideran: homogéneos o heterogéneos (cuando poseen más de tres componentes). Por el modo de tratamiento pueden ser: incinerables, biodegradables y reciclables. Según la forma de almacenamiento son residuos manuales y mecánicos (Ministerio de Cultura y Educación, 2013).

El crecimiento demográfico, el desarrollo industrial y tecnológico, la fabricación de productos de rápido envejecimiento y la generación del uso de envases sin retorno son algunas de las principales causas de que cada día exista mayor volumen de residuos y en especial RSU.

Lo anterior provoca una presión excesiva al medio ambiente porque este no los puede eliminar con la suficiente celeridad (Portugal, 2013). De esta forma son considerados, además de un problema higiénico sanitario por dañar la salud pública, una problemática ambiental al afectar los tres sistemas abióticos (aire, suelo y agua) y la belleza paisajística. Por ello es necesario realizar una gestión ambiental como vía de solución a lo planteado (Portugal, 2013).

### **1.10.2. Residuos sólidos urbanos**

Los RSU son los generados en las casas y resultan de la eliminación de los materiales que las personas utilizan en sus actividades domésticas, de los productos consumidos y de sus envases, embalajes o empaques. Proviene de cualquier actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que generen residuos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (CNGMD, 2017).

La recolección y disposición de los RSU muestran serias afectaciones debido a fuertes limitaciones con el parque automotor y con la disponibilidad de depósitos para la recolección de la basura, ocurre además la proliferación de micro vertederos en zonas habitadas y en los límites de centros educacionales con régimen de internado y campamentos de escuelas al campo o de trabajadores.

Existen deficiencias en el estado higiénico-sanitario de los vertederos y su protección adecuada, problemas en la operación de los rellenos sanitarios, así como inadecuada recolección y disposición de los residuos hospitalarios que en muchas ocasiones se recolectan con la basura domiciliaria y constituyen un riesgo para la salud (CITMA, 2015).

La gestión y el tratamiento de los RSU se deben realizar con una visión integral, que considere los factores propios de cada territorio para asegurar su adecuado manejo y beneficio.

El continuo crecimiento del volumen de RSU, tanto en valores absolutos como por habitante, ha hecho necesario poner en marcha políticas y programas de tratamiento que en un principio iban encaminadas a la eliminación de los residuos y más tarde adquirieron un carácter integral, se incorporaron además políticas de reducción, educación, divulgación, reutilización y valorización, mediante la aplicación de incentivos (fiscales, ayudas económicas) y al mismo tiempo de penalizaciones.

Las ciudades generan más de dos millones de toneladas de residuos sólidos, se prevé se duplique en los próximos quince años (ONU-HABITAT, 2015).

### **1.10.3. Tratamiento de residuos sólidos urbanos**

El tratamiento de los (RSU) es el conjunto de acciones orientadas a la separación de los residuos para su valorización, reducción del volumen, así como la modificación física o química de las propiedades de los materiales para facilitar su disposición final y reducir los impactos a la salud humana y de los ecosistemas (CNGMD, 2017).

La gestión de los RSU utiliza las dos visiones del desarrollo sustentable, a corto y mediano plazo la opción es reciclar para disminuir las cantidades que llegan a sitios de disposición final. En el largo plazo se busca reducir la producción de residuos y la transformación de los hábitos de consumo de la población (Bernache, 2015).

La forma en que se podrían reducir los residuos, consiste en que las tasas de emisión de residuos sean iguales a la capacidad natural de asimilación de los ecosistemas o que todo lo que se produzca pueda integrarse al final de su vida útil a un ciclo natural o productivo. Por otro lado, en el consumo se buscará sustentabilidad, es decir, que los consumidores seleccionen productos que favorezcan objetivos de conservación ambiental y equidad social (Bernache, 2015).

### **1.10.4. Generación de residuos**

Como resultado de las actividades productivas que desarrollan las sociedades, se generan desechos sólidos, líquidos y gaseosos, que pueden tener efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana. La cantidad y tipo de desechos se asocian al grado de desarrollo industrial y de servicios que tiene el país o región, así como al índice de consumo social. Al igual que otros servicios sanitarios básicos, como el suministro de agua potable y la eliminación de excretas, la limpieza pública es de interés colectivo y no solo individual (Fabregat y Cezar, 2016).

Cid (2016) plantea que la generación de residuos ha estado ligada desde siempre a las actividades productivas humanas. El aumento en la calidad de vida, crecimiento de la población y estilo de vida, influyen directamente en la cantidad de basura producida.

No obstante, la ciudadanía exige que las actividades productivas se desarrollen de forma sustentable tal que cumplan con las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Es por ello que la percepción de los residuos ha cambiado desde la visión convencional de materia inutilizable a material valorizable e insumo para diversos usos que permite la liberación de otros recursos escasos.

En este sentido, la valorización térmica de residuos sólidos municipales con recuperación de energía se presenta como una opción de tratamiento interesante debido a sus ventajas frente a la disposición final. Estas tecnologías forman parte de las estrategias de manejo de residuos en los países desarrollados para disminuir el volumen de desechos eliminados y frenar el crecimiento de sitios de disposición final. Además, estas se alinean con una visión sustentable de tratamiento de residuos ya que generan energía renovable compensando las emisiones desde combustibles fósiles a la vez que aminoran la generación de gases de efecto invernadero en rellenos sanitarios (Cid, 2016).

#### **1.10.5. Situación actual del manejo de los residuos sólidos urbanos en el mundo**

Según el informe del Banco Mundial “What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management”, el mundo en desarrollo tendrá que enfrentar, en el 2025, mayores niveles de producción de desperdicios de los que sus ciudades podrán manejar.

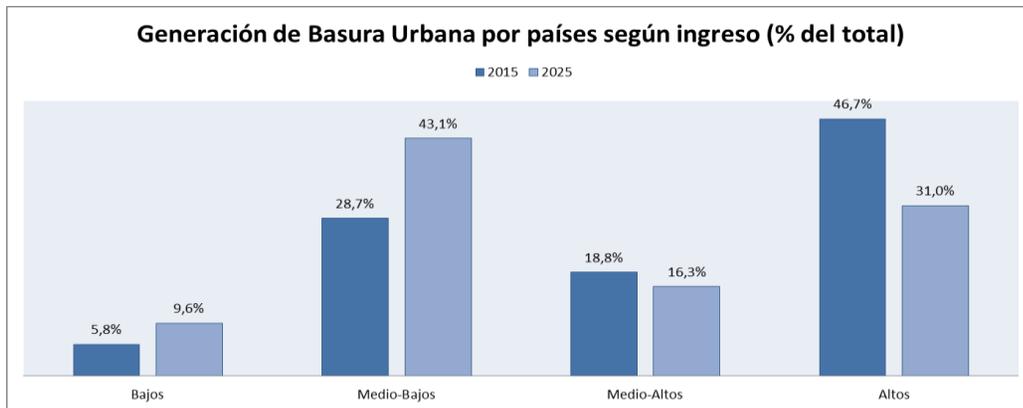
No es novedad que se produce cada vez más basura, es preocupante saber que crece más rápido que la tasa de urbanización del mundo. Esto significa que las ciudades originan más desperdicios inútiles de lo que ellas mismas pueden manejar.

Las estimaciones resaltan que mil cuatrocientos millones de personas más, vivirán en las ciudades del mundo en el 2025. En promedio, cada una de las personas de ese entonces, producirá 1,42 Kg de basura urbana al día, más del doble de lo producido hoy que es 0,64 Kg. Significando que, en los próximos diez años, pasarán de producirse seiscientos ochenta millones de toneladas de desechos en las ciudades al año a dos mil doscientos millones de toneladas anuales (BM, 2015).

Cifras oficiales del BM (2015) revelan que en el mundo el promedio per cápita diario de generación de residuos inútiles es de 1,2 Kg, en el 2025 habrá aumentado un 18% aproximadamente.

Por niveles de ingreso los países de renta alta son actualmente los mayores productores de basura urbana en el mundo, aportando el 46,7% de la generación global como se muestra en la Figura 1.5, esta tendencia se revertirá, pues se calcula que en la próxima década, la población urbana de los países de ingresos medios-bajos (actualmente el 43,4% de la población urbana mundial) aumente en más de setecientos millones de personas, se eleve significativamente el consumo y se originen mayores cantidades de desperdicios en las ciudades.

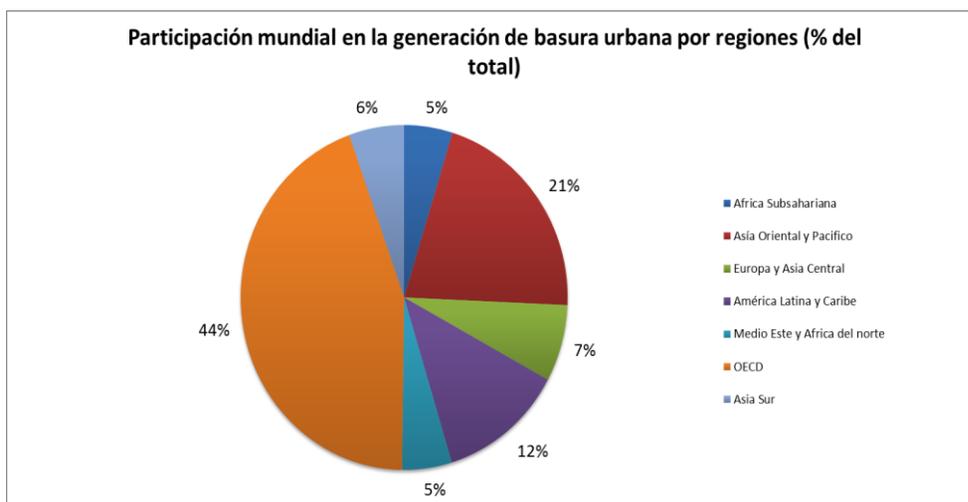
Por otro lado, el que los países ricos produzcan un menor porcentaje de basuras no significa que su consumo caerá, sino que participarán menos en la población urbana mundial, aumentando menos de ciento cincuenta millones.



**Figura 1.5:** Generación de basura urbana por países. **Fuente:**(BM, 2015).

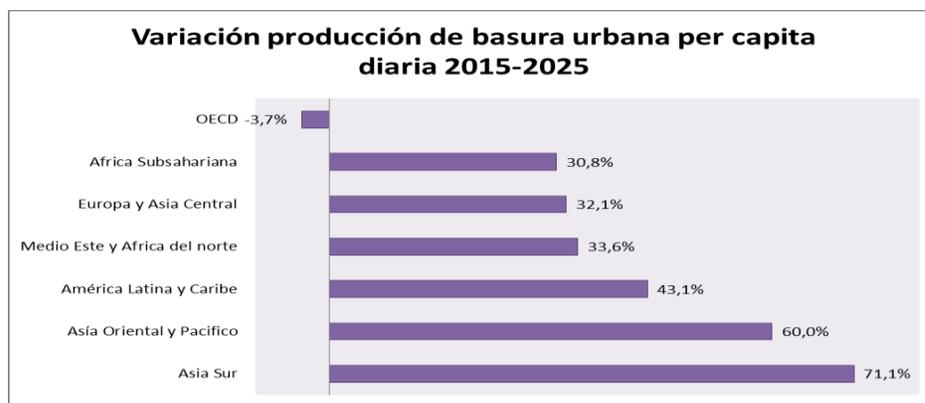
Por regiones los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) son los que más producen basura en el planeta y aportan el 44% de la generación total. Medio Oriente, África Subsahariana y Asia Sur son las regiones que menos aportan al nacimiento de nuevos desperdicios mundiales con menos del 18% entre las tres. (BM, 2015). La figura 1.6 se ilustra esta información.

Aunque la OCDE es la de mayor producción, pasará a un segundo plano, al ser la única región en donde gracias a la reducción de la proporción de su población, también se reducirá su peso en la generación de basuras mundial. Asia en concreto liderará el crecimiento gracias a las expectativas de crecimiento tanto de consumo como poblacional de China, India e Indonesia (BM, 2015).



**Figura 1.6** Generación de basura urbana por regiones **Fuente:** (BM, 2015).

En la figura 1.7 se muestra la variación de producción de basura urbana per cápita diaria para el período 2015- 2025.



**Figura 1.7** Generación de basura urbana por per cápita diaria **Fuente:** (BM, 2015).

Dentro de la OCDE, la generación de energía eléctrica a partir de residuos municipales representa un porcentaje igual a 1,3% de la energía eléctrica renovable total generada. El porcentaje más elevado se encuentra en los Países Bajos, donde la generación eléctrica a base de residuos municipales alcanza 14,4%. Sin embargo, el mayor generador de electricidad desde residuos municipales es Estados Unidos con 26,1% de la generación total de los países OCDE, seguido por Alemania con un 18,4% y Japón con 10,2%. (IEA, 2016)

Por países según los resultados del informe, son las naciones de pequeñas islas las que producen mayor cantidad de basura por persona en el planeta. Trinidad y Tobago (14.4 Kg), Antigua y Barbuda (5,5 Kg), Saint Kitts and Nevis (5,45 Kg), Sri Lanka (5,10 Kg) y Barbados (4,75 Kg) lideran la lista de países productores de basura per cápita diaria.

Para los países desarrollados: Nueva Zelanda, Irlanda, Noruega, Suiza y los Estados Unidos lideran la lista de producción con 3,68; 3,58; 2,8; 2,61 y 2,51 kg respectivamente.

Colombia genera 0,95 Kg de basura urbana por habitante al día en la actualidad. En el 2025 se espera genere 1,5 Kg, es decir, un 57% superior al promedio de crecimiento latinoamericano y del mundo.

En el otro extremo de la lista, Ghana con 0,09 Kg y Uruguay con 0,11 Kg son los menos productores de basura urbana en el mundo (BM, 2015).

#### **1.10.6 Situación actual del manejo de los RSU en Cuba**

Cuba no escapa de la situación internacional que presentan los residuos sólidos comunes, pues a pesar de ser identificados sus problemas en la política ambiental, no se han minimizados los males que causan al medio ambiente. Lo anterior se agrava a partir de que el país no cuenta con recursos financieros suficientes para realizar la gestión de los mismos (Cruz, 2013).

Toda la problemática ambiental que generan los residuos sólidos en Cuba, como consecuencia de su incremento y las implicaciones al medio ambiente, evidencia la necesidad de buscar soluciones. La correcta gestión ambiental de los mismos constituye una de ellas (Cruz, 2013). Según Peña (2011) en Cuba, a pesar de contar con normas que establecen los requisitos higiénicos sanitarios y ambientales para cada fase de gestión de los residuos sólidos comunes existen dificultades aún no resueltas. Dichos problemas son principalmente de índole financiera, pero unido a esto, existe una manifestación de indisciplina social que contribuye al deterioro de la imagen urbana y la higiene comunal, pues se arrojan desperdicios en las áreas públicas por la falta de conciencia ambiental, la inexistencia de una red de depósitos y la levedad del sistema de control estatal.

#### **1.10.6.1. Instituciones cubanas encargadas de la colección de desechos**

El Ministerio de Industrias (MINDUS), el Ministerio de Salud Pública (MINSAP), el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Instituto de Planificación Física (IPF), el Ministerio de la Construcción (MICONS), entre otros organismos, comparten responsabilidades en lo referido al tratamiento de residuos. No obstante, es la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, la entidad estatal encargada de la recuperación, procesamiento, y comercialización de desechos reciclables generados tanto en el sector residencial como el estatal (en las esferas productivas, comerciales y de prestación de servicios).

Estos materiales, por lo general son: chatarra de acero, hierro fundido, aluminio, cobre, zinc, plomo, y níquel, desperdicios y desechos de metales preciosos, desperdicios de papel y cartón, envases de vidrio, plásticos, textiles, y desechos de plástico (Correa et al 2017b).

Las empresas que conforman el grupo se mencionan a continuación:

- Empresa de Desmantelamiento de Equipos S.A. Recuperación (DESEQUIP)
- Empresa de Producciones Metálicas y Madera (FUSA)
- Empresa de Reparación y Desmantelamiento
- Empresa de Transporte
- Empresa de Servicio y Aseguramiento
- Empresa Conformadora de Explosivos
- Empresa de Fundición "Hermanos Ruíz Aboy" (FUNALCO)

En su investigación (Correa et al 2017b) exponen que en cada provincia existe una empresa territorial que desarrolla esa actividad y se encargan de la recuperación, procesamiento y comercialización de los residuos reciclables generados en el sector residencial y estatal.

La organización emplea actualmente más de siete mil trabajadores distribuidos en veinticinco empresas radicadas en todo el país, pero en estos momentos esta tarea también es llevada a cabo por cinco mil ochocientos trabajadores por cuenta propia, cifra que tiende a aumentar como parte del proceso de reordenamiento laboral que busca la reducción de trabajadores estatales, y crear formas de gestión privada y cooperativa.

Las vías legales utilizadas para la recuperación de desechos reciclables en el país son (Correa et al 2017b):

- A. A través de contratos de compra entre las empresas recuperadoras provinciales y las entidades estatales, obligadas por ley a entregar para el reciclaje los desechos que no vayan a ser reutilizados por ellos mismos. Por esta vía, las empresas hacen llegar a la Empresa Provincial de Materias Primas, los materiales, ya clasificados, para su reciclaje
- B. Las casas de compras de materias primas a la población, que conforman una red de trescientos doce establecimientos y reciben anualmente más de un millón de vendedores. Estas casas captan los residuos en poder de la comunidad, en manos de los recuperadores por cuenta propia y los que recuperan las cooperativas de reciclaje creadas recientemente.
- C. Los recolectores, con medios propios, llevan hasta las Casas de Compra, el volumen de desechos que colectaron directamente de los vertederos, micro vertederos, latones de basura particulares o públicos, y de las empresas que no reciclan sus desechos. Allí se pesa y se le paga de acuerdo a una norma de precios establecidos según oferta/demanda.
- D. El llamado Movimiento Pioneril *Recuperadores del Futuro*, que intenta educar a los infantes en la importancia económica y medioambiental de esta actividad. A través de acciones puntuales, los maestros llevan a los niños a la comunidad a recoger materiales (básicamente botellas de cristal y cartón).
- E. Los mini festivales de recogida de materias primas a través de los Comités de Defensa de la Revolución (CDR), solo en fechas señaladas y organizados previamente de conjunto con esta organización. Del mismo modo que el punto anterior, se trata de actividades muy puntuales, quienes participan no reciben ningún tipo de remuneración.

Las vías A y B realizan los aportes más significativos al volumen total recuperado el 35 y 64% respectivamente, mientras que las vías C y D aportan menos del 1% de lo que se recibe anualmente, y son mecanismos fallidos, propios de una lógica e institucionalidad disfuncional, y que son básicamente ejercicios de propaganda del sistema para crearse una imagen internacional de participación popular (Correa et al 2017b).

En otras palabras, las personas comunes en Cuba no realizan la separación de los desechos en papel, plástico, cristal, u orgánico. La recolección de basura es una función de la Empresa Estatal de Servicios Comunes, que mezcla todo tipo de desechos. El mecanismo empleado es diferente en las distintas localidades, pero el destino de estos desechos no es el reciclaje, sino los vertederos, donde son depuestos, enterrados y una parte incinerada, pero no se poseen evidencias de que esto ocurra (CITMA, 2015).

Los desechos sólidos se recogen empleando tres técnicas fundamentales:

- la especializada, mediante el uso de camiones con mecanismos que voltean el contenedor para vaciar su contenido en la tolva.
- la convencional, por medio de camiones de volteo y tractores equipados con cargadores frontales, que recogen los desechos arrojados fuera del contenedor u operan en las zonas urbanas sin asignación de contenedores.
- la tracción animal, empleada en áreas rurales (CITMA, 2015).

La gestión recuperativa en las empresas de materias primas comenzó a obtener resultados típicamente alentadores a partir del 2013, con la venta de residuos reciclables por poco más de ciento sesenta millones en CUC. De ellos, cincuenta y cinco millones correspondieron a la exportación.

Ese año se realizaron ventas de 439 500 toneladas de residuos reciclables, que representaron cuatro mil quinientas toneladas más que las comercializadas en el 2012, cifra que representa las ventas más significativas de los últimos diez años (Sánchez, 2015).

La industria de envases y embalajes durante el 2013 produjo 1 387 millones de bolsas plásticas y una planta, radicada en Santa Clara, elaboró doscientos diecinueve millones de preformas PET para botellas plásticas (Sánchez, 2015).

Cuba invierte aproximadamente quinientos millones de dólares para remodelar y modernizar el sector de los envases y embalajes, dedica entre un 25 y un 30% de esta inversión a la industria del plástico. El país importó en el año 2013, mil quinientas toneladas de tereftalato de polietileno a un costo de veinte mil CUC. Hasta mayo de 2014 se habían importado dos mil quinientas toneladas de este producto a un precio de veintiocho mil CUC. (MINCEX, 2016).

### **1.11 Gestión de proyectos para el desarrollo**

Los proyectos constituyen la célula básica para la organización, ejecución, financiamiento y control de las actividades y tareas de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, dirigidas a materializar objetivos concretos, obtener resultados de impacto y contribuir a la solución de los problemas que determinaron su puesta en ejecución. Abarcan un sinnúmero de ámbitos y circunstancias desde industriales, empresariales e institucionales hasta

particulares o privados, cambian de esa forma, varias de las técnicas, procedimientos y herramientas utilizadas para hacerlos realidad (CITMA, 2014).

### **1.11.1 Tipos de proyectos**

Los tipos de proyectos se pueden clasificar según el ámbito en el cual se desarrolle el proyecto y la especificidad del mismo:

- **Proyectos Asociados a Programas (PAP):** proyectos interrelacionados en el contexto de un programa determinado, para ofrecer solución integral a un problema complejo que responde a prioridades nacionales. La ejecución y los resultados de estos proyectos no pueden verse únicamente de forma independiente, sino tomando en consideración el carácter integrador del programa (CITMA, 2014).
- **Proyectos No Asociados a Programas (PNAP):** responden a prioridades nacionales u otras prioridades debidamente demostradas, cuya solución no requiere de la implementación de un programa. Estos proyectos reciben el mismo tratamiento organizativo, financiero y de control que los proyectos asociados a Programas (CITMA, 2014).
- **Proyectos Institucionales (PI):** responden a demandas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación identificadas por las entidades no empresariales de cualquier actividad económica, dirigidos a la obtención de un nuevo conocimiento o la solución de un problema concreto. Son controlados por las propias entidades, que para ello se auxilian de los órganos y dispositivos de Ciencia, Tecnología e Innovación que existan en las mismas, en base a lo establecido en el país (CITMA, 2014).
- **Proyectos Empresariales (PE):** responden a las demandas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación identificadas por las empresas o grupos empresariales dirigidos a la solución de un problema específico. Son controlados por las propias empresas o grupos empresariales a los que pertenecen éstas, auxiliados por los órganos y dispositivos de Ciencia, Tecnología e Innovación que existan en los mismos, en base a lo establecido en el país (CITMA, 2014).
- **Proyecto en ejecución normal (PEN):** marcha según cronograma y obtiene los resultados previstos en el tiempo planificado (CITMA, 2014).
- **Proyecto atrasado (PA):** no marcha según cronograma y no obtiene los resultados previstos en el tiempo planificado, pero continúa su ejecución (CITMA, 2014).
- **Proyecto detenido (PD):** proyecto que por presentar dificultades en los recursos materiales, humanos, financieros, técnicos u otros, se ve en la necesidad de detener su ejecución por un

período no mayor de seis meses. Transcurrido ese plazo, de no resolverse las dificultades, se cancela (CITMA, 2014).

- Proyecto cancelado (PCAN): presenta incumplimientos del cronograma o problemas de recursos materiales, humanos, financieros, técnicos u otros, imposibles de resolver en un plazo de 6 meses o que las condiciones existentes (necesidad, factibilidad, interés del usuario u otros) o los resultados alcanzados, hacen recomendable no continuar su ejecución (CITMA, 2014).
- Proyecto concluido (PC): proyecto que concluye su ejecución y cuyo informe final ha obtenido el dictamen aprobatorio según corresponda por su categoría (CITMA, 2014).
- Proyecto con prórroga (PP): proyecto con dificultad para cumplir las etapas de investigación según lo planificado, ya sea por falta de aseguramiento técnico-material, por condiciones climáticas, por dificultades del jefe de proyecto y que, excepcionalmente sea importante su continuación (CITMA, 2014).
- Proyectos internacionales (PINTER): aquellos ejecutados, total o parcialmente, fuera del país de la organización encargada de este. Esto puede ocurrir porque la organización amplía su actividad a otros países, o porque el proyecto se ejecuta conjuntamente con filiales de otros países.

Trabajar en un proyecto internacional significa hacerlo en un entorno diferente, el cual habitualmente incluirá diferentes culturas y formas de trabajar. Esto genera una dificultad adicional sobre su gestión. De forma general la planificación de un proyecto internacional sigue los mismos pasos que uno nacional, los cuales se detallan en los artículos de planificación de proyectos (IEP, 2016).

- Proyectos locales (PL): su alcance se limita a ciertas comunidades, localidades, pueblos o comarcas. La acción es mucho más específica (OBS, 2016).

Existen otros tipos de proyectos según su clasificación los cuales se muestran en el Anexo 1.

### **1.11.2. Proyectos de desarrollo local**

El desarrollo local en Cuba ha sido y es una acción política de enorme trascendencia para el progreso nacional. Hoy está enmarcado en el sistema de gestión económica cubana y propone como elemento base las potencialidades locales para el desarrollo mediante la activación del potencial local existente (Steyners et al, 2017).

Se define como: “proceso que persigue el fortalecimiento a largo plazo de la capacidad productiva de una región, adoptando enfoques de fomento integrados y de amplio espectro, que consideren en igual medida los aspectos económicos, ecológicos, socioculturales y político-institucionales y la participación de todos los implicados” (Espina, 2017).

Los proyectos de desarrollo local son aquellos dedicados a contribuir al desarrollo del territorio y la comunidad donde actúa, e impactar en la calidad de vida de la población bajo el criterio fundamental de potenciar las capacidades y la autogestión de los grupos y actores participantes y aprovechar los propios recursos y potencialidades en la solución de las problemáticas planteadas.

Deben ser partes o subsistemas de la estrategia de desarrollo local, los proyectos de desarrollo local que se planifiquen y realicen sin corresponderse con una clara estrategia de desarrollo local que le sirva de marco corren el riesgo de quedar aislados, inconclusos, circunscritos a la solución de un problema puntual sin generar un impacto real.

Estos proyectos deben ejecutarse mediante un conjunto de tareas relacionadas en forma lógica para obtener un resultado deseado, esto es, como proceso (Steyners et al, 2017).

*Capitula* II



## **Capítulo II: Caracterización energética del municipio de Cienfuegos**

### **2.1 Introducción**

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

### **2.2 Caracterización del municipio de Cienfuegos**

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

La ciudad de Cienfuegos es el asentamiento principal del municipio de Cienfuegos declarada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Patrimonio Cultural de la Humanidad en el 2005. Cuenta con Monumentos Nacionales como: Museo Naval Cayo Loco, Cementerio Tomás Acea, Cementerio de Reina y la zona La Punta en el barrio Punta Gorda, Jardín Botánico y la Fortaleza de Nuestra Señora de los Ángeles de Jagua, entre otros (ONEI, 2016).

Las características ambientales están determinadas por los indicadores de clima que representan una lluvia total anual de 963,8 mm, que abarcaron ciento veintiún 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 rumbo NE a 7.2 km/h, humedad relativa del 77% y una nubosidad media de tres octavos (ONEI, 2017).

Los principales ríos que posee son: el Caonao, Arimao con vertiente Sur y una extensión de 84 y 82 km respectivamente, los ríos el Damují y Salado que atraviesan o recorren parte del territorio y desembocan en la bahía Cienfuegos la cual goza de una extensión 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 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: inundaciones por intensas lluvias, penetraciones marinas y afectaciones por fuertes vientos, dado por los ríos y arroyos. En el caso de la ciudad se

incrementan las inundaciones por problemas de drenajes generados por la urbanización. Las penetraciones marinas ponen en peligro a las costas bajas y acumulativas y se manifiestan de manera diferente en el interior y exterior de la bahía.

La exposición a los fuertes vientos es 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 diecinueve consejos populares (CP) de ellos once urbanos y ocho mixtos que responden a las necesidades gubernamentales y político – administrativas y son utilizados como base para el control territorial, a los cuales se refiere en la Tabla 2.1 y Figura 2.1.

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

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



**Figura 2.1:** Mapa consejos populares municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Dirección Provincial de Planificación Física

El municipio posee una población residente de 174 478 habitantes, con 88 179 mujeres y 86 299 hombres, los menores de quince años representan el 24.3 % de la población, las edades entre quince y cincuenta y nueve el 64.1% y los mayores de sesenta años, 34 521, representan 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 setenta y seis años y mujeres, 79.6 años.

La tasa anual de crecimiento es de 5,9 con una relación de masculinidad de novecientos setenta y nueve y un total de 56 946 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 seiscientos cuarenta y cinco pesos, este sector en el año 2014 generó 2 627 939,7 de pesos en ventas netas.

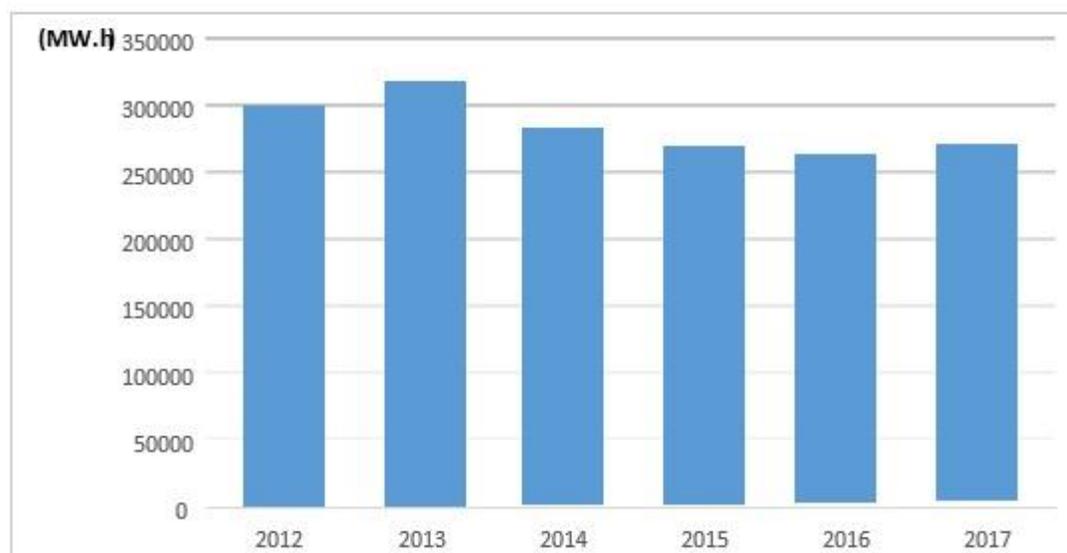
El sector estatal está conformado en el municipio por 133 organismos (71 empresas, 49 unidades presupuestas, 10 cooperativas y 3 empresas mixtas), estos para el cumplimiento de su objeto social consumen energía desglosada en: energía eléctrica, gas, gasolina motora, combustible diésel, aceites, grasas y lubricantes, petróleo crudo, y petróleo combustible. Los organismos de mayor consumo pertenecen al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Construcción y el MINAL (ONEI, 2016; Correa, et.al., 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

Por otra parte, el sector residencial compuesto por las 56 946 viviendas consume energía eléctrica, gas, queroseno, alcohol; el portador de mayor significancia es la energía eléctrica y los consejos populares Centro Histórico y Guaos los de mayor y menor consumo respectivamente.

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 parque fotovoltaico (Cantarrana), biodigestores, calentadores solares, paneles solares, arietes hidráulicos (Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017).

### **2.3 Caracterización energética del 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, se observa disminución del consumo de energía eléctrica a partir del año 2013, sin embargo, se aprecia estabilidad en los siguientes años.



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

**Fuente:** Elaboración propia.

Uno de los análisis de importancia en la caracterización energética del municipio está dada por el consumo de energía eléctrica con la aplicación parcial del procedimiento para el diagnóstico energético municipal en Cuba propuesto por (Correa, et.al., 2016) y cuyos primeros resultados se obtuvieron con Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016).

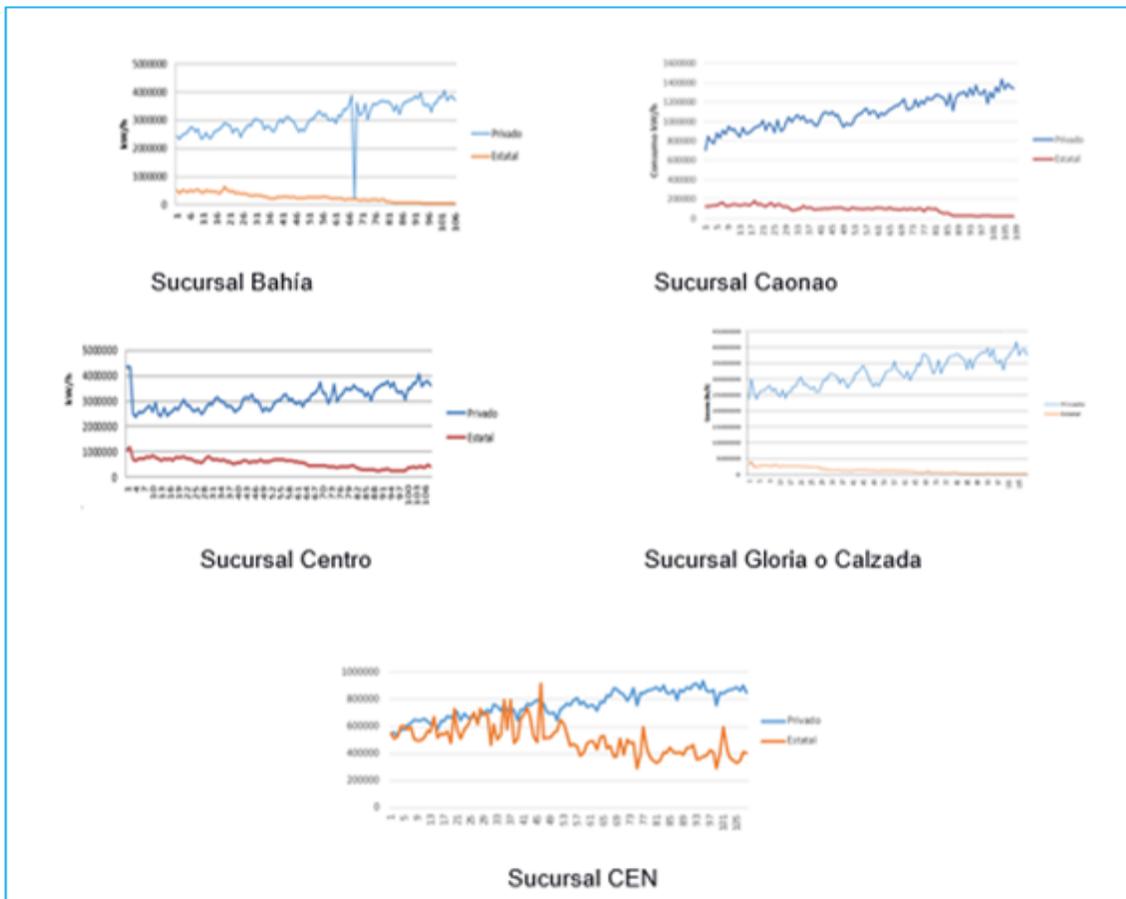
### **2.3.1 Análisis del consumo de energía eléctrica**

Con las investigaciones de Agüero (2016), Aureliano (2016), Ávila (2016), Cantero (2016), Fernández (2016), Nápoles (2016) y Rodríguez (2016) se obtuvieron que los consumos de energía eléctrica a nivel municipio se llevaban sin tener en cuenta las características de los CP, que permitan tomar decisiones al gobierno local en cuanto a los consumos energéticos y el fomento de la utilización de las fuentes renovables de energía.

En este estudio inicial se considera la energía eléctrica demandada por el sector estatal y residencial para un período de nueve (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:

- 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.



**Figura 2.3:** Análisis del consumo de energía eléctrica de las cinco sucursales del municipio.  
**Fuente:** (Correa, et.al., 2016).

De forma general, el sector estatal en el periodo 2007- 2015 tuvo la tendencia a disminuir, sin embargo, el sector privado presentó un consumo de energía eléctrica irregular con una tendencia creciente en este período.

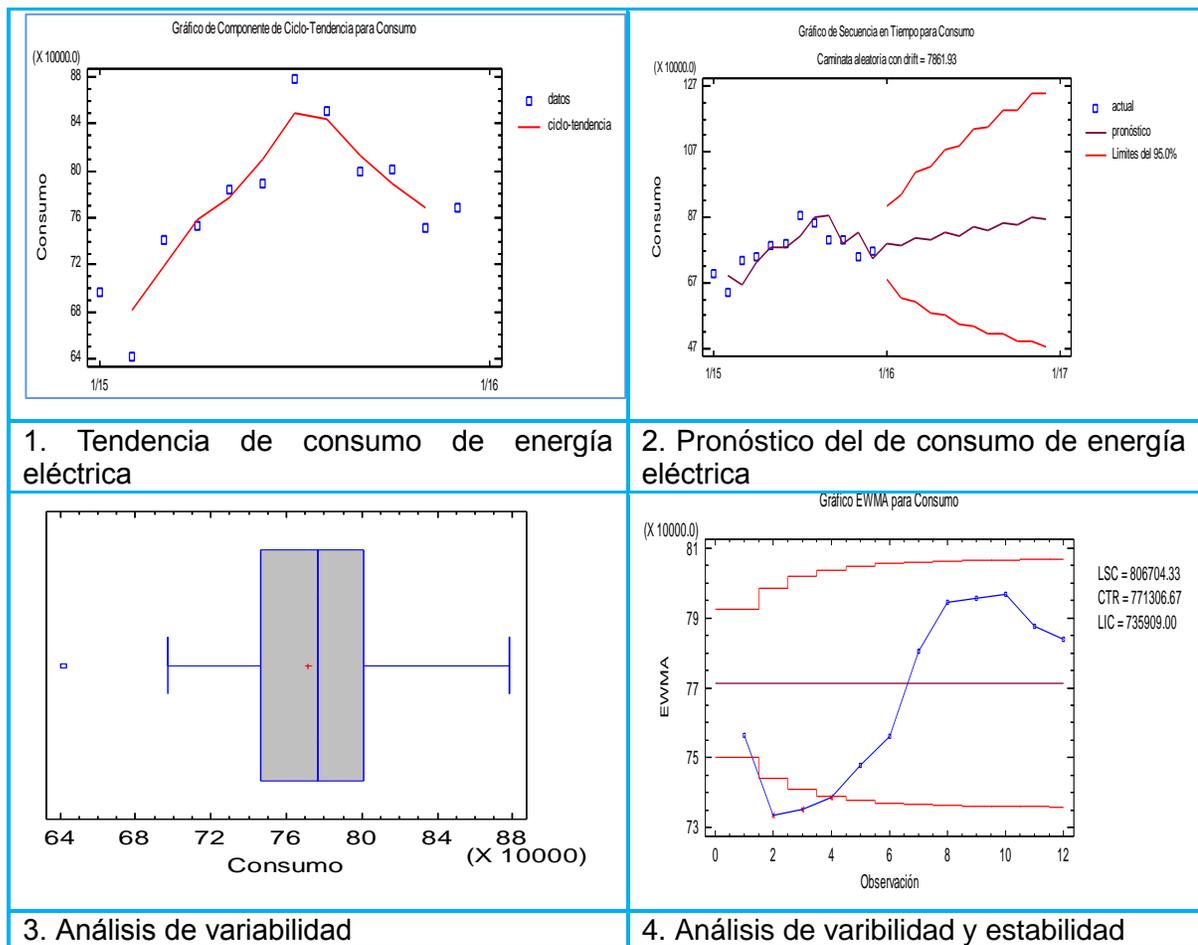
A modo de conclusión se puede afirmar que el sector privado para todas las sucursales posee una tendencia a aumentar debido a que en el mismo se encuentran las cooperativas y el sector residencial donde confluyen no solo los hogares sino una gran inserción del sector no estatal como casas de renta, restaurantes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

Por tanto, un análisis de consumo de energía eléctrica en el sector privado es de vital importancia, para ello se utilizaron datos del 2015 con sus rutas correspondientes a cada

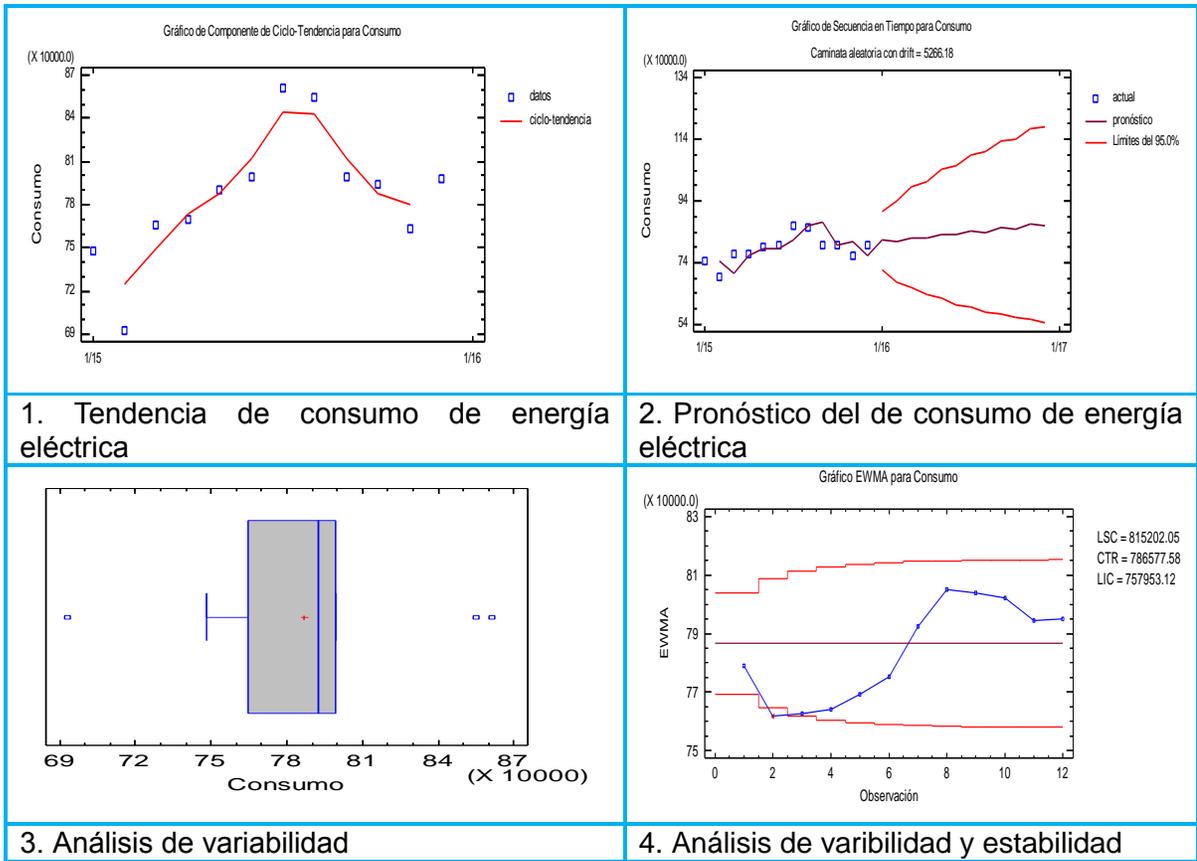
consejo popular (CP), solo se utilizan datos del 2015 porque a partir de ese año la OBE comienza a registrarlos como información.

Fue necesario determinar los CP por cada Sucursal, para esto se realizó el análisis de las 243 rutas (trayectoria por la que se hacen las lecturas de los metrocontadores de los consumidores residenciales).

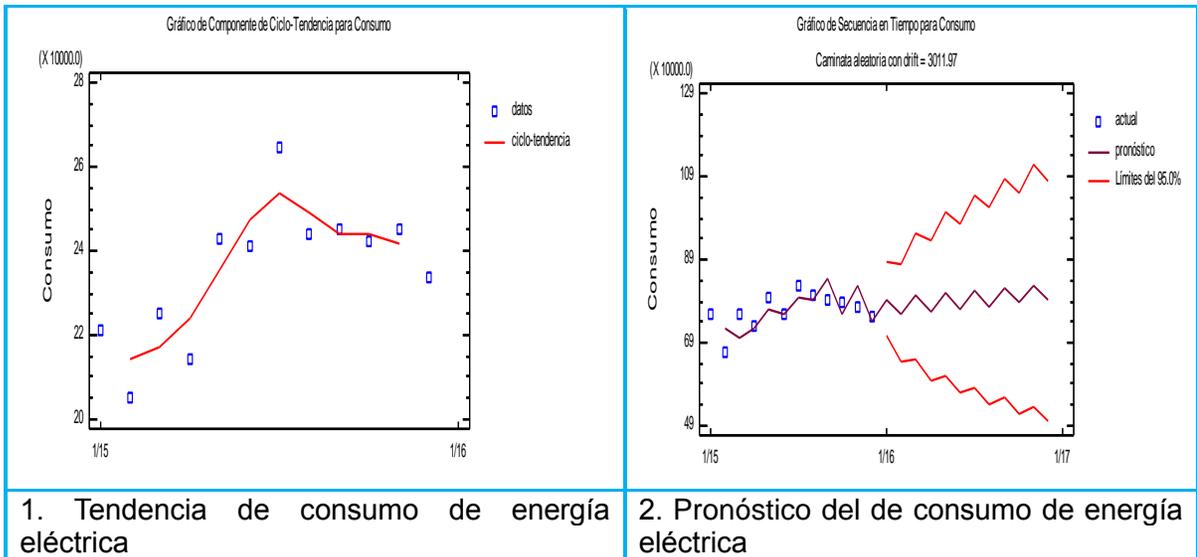
El análisis del consumo de energía eléctrica por CP se realizaron análisis de variabilidad, estabilidad, tendencia y pronóstico de consumo para el periodo siguiente (año), una representación de estos se muestra en las figuras 2.4, 2.5 y 2.6 con una representación de los CP Punta Gorda, Junco Sur y Guaos ya que estos responden a las clasificaciones, urbano, rural-urbano y rural respectivamente.

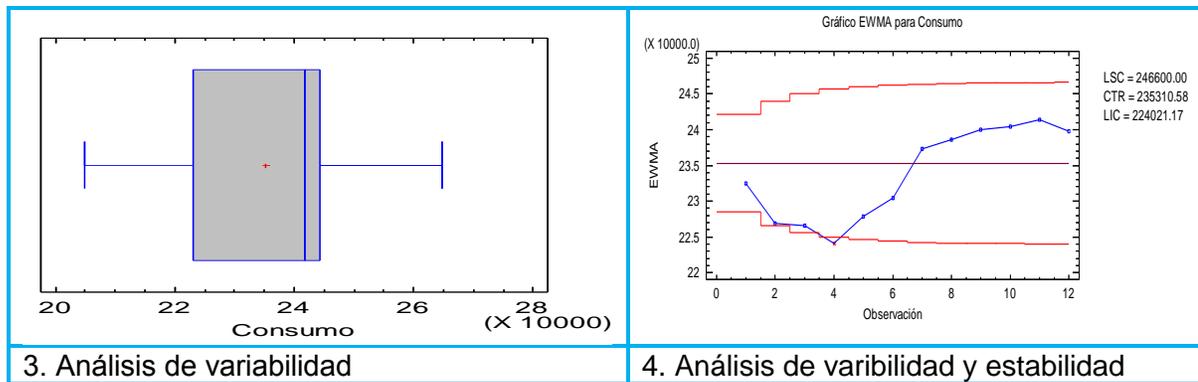


**Figura 2.4:** Análisis del consumo de energía eléctrica, consejo popular Punta Gorda. **Fuente:** (Correa, et.al., 2016).



**Figura 2.5:** Análisis del consumo de energía eléctrica consejo popular Junco Sur. **Fuente:** (Correa, et.al., 2016).





**Figura 2.6:** Análisis del consumo de energía eléctrica, consejo popular Guaos. **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 en altos, medios o bajos consumos según las características de cada CP.

Los CP Reina, Buena Vista-Esperanza, La Gloria y Juanita la variabilidad es media, por lo que sus consumos de energía se concentran en valores medios, en el caso de los CP Paraíso, Pastorita-Obourke, Pueblo Griffo, Caonao, Pepito Tey, Guaos, San Lázaro, Junco Sur, Tulipán, Castillo CEN y Rancho Luna, la variabilidad es alta dado a que los consumos de energía eléctrica tienen valores muy bajos como muy altos.

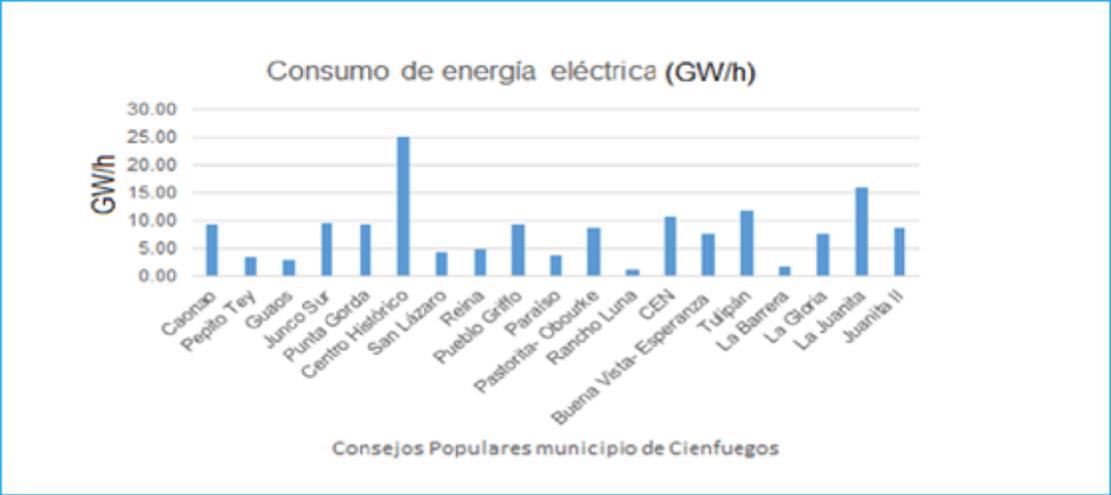
- Estabilidad: describe si los patrones de consumo de energía eléctrica se mantienen en el periodo de análisis, para los CP Caonao, Guaos, Buena Vista-Esperanza y La Barrera se evidencia una buena estabilidad, no siendo así para los 15 restantes CP del municipio de Cienfuegos.

- Tendencia: describe el comportamiento a crecer, mantenerse o decrecer en el consumo de energía eléctrica, donde se pueden evidenciar ciclos (crecer y decrecer y viceversa en el tiempo), en el análisis se obtuvo que los CP Pueblo Griffo, Guaos, Buena Vista-Esperanza, Tulipán y La Barrera presentan ciclos, aumenta el consumo de febrero a julio y disminuye de agosto a enero, los CP Centro Histórico y San Lázaro la tendencia es a disminuir el consumo de energía eléctrica y los restantes doce CP tienden a aumentarlo.

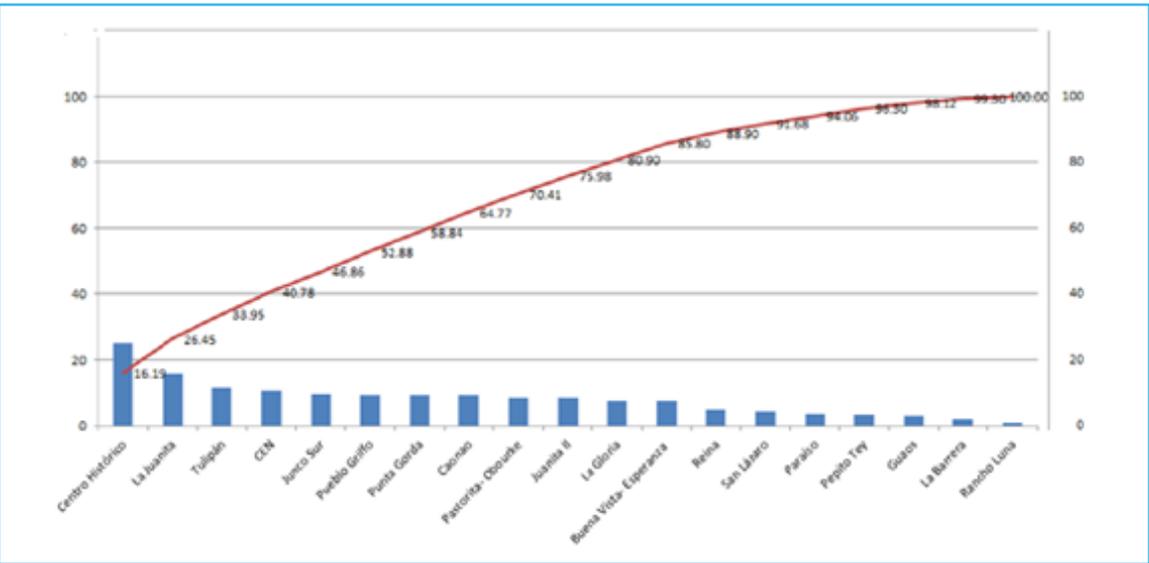
- Pronóstico: pronostica valores futuros de consumo de energía eléctrica para los CP, para los CP Pueblo Griffo, Buena Vista – Esperanza y La Barrera el consumo de energía eléctrica tendrán un comportamiento similar al año base (2015), sin embargo, para los otros dieciséis CP se pronostica un aumento 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 2.7 y 2.8 se muestran los consumos de energía eléctrica por CP y su significación en el consumo municipal. Aquí se utiliza como unidad de medida el Giga Watt/hora (GW/h) que representa 1000 Mega Watt/hora (MW/h) y a su vez 1000 000 de kilowatt/hora (kW/h). Evidenciándose que los CP de mayor consumo de energía eléctrica son: Centro Histórico, Juanita y Tulipán, los de menor consumo Rancho Luna, La Barrera y Guaos.



**Figura 2.7:** Consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa, *et.al.*, 2016).



**Figura 2.8:** Estratificación del consumo de energía eléctrica en los Consejos Populares del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (Correa, *et.al.*, 2016).

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

En el año 2016 se detectaron 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.

En el año 2017 se detectaron las causas principales y se proponen acciones de mejoras al respecto (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	Realizar el Diagnóstico Energético Municipal
	No se considera en la GE el consumo de todos los portadores energéticos en el sector residencial	
Desconocimiento de	En el consumo de electricidad solo se	Determinar las variables

las variables que influyen en el consumo de electricidad en el sector residencial municipal	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)	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 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 y 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).

#### **2.4.1 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 se identifican los actores que gestionan la energía en el municipio.

**Tabla 2.3:** Actores que gestionan la información referente a las FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Blanco y Santana, 2017; Hurtado, 2017; Kimbutu, 2017; Nfumu, 2017; Santana y Cabrizas, 2017.

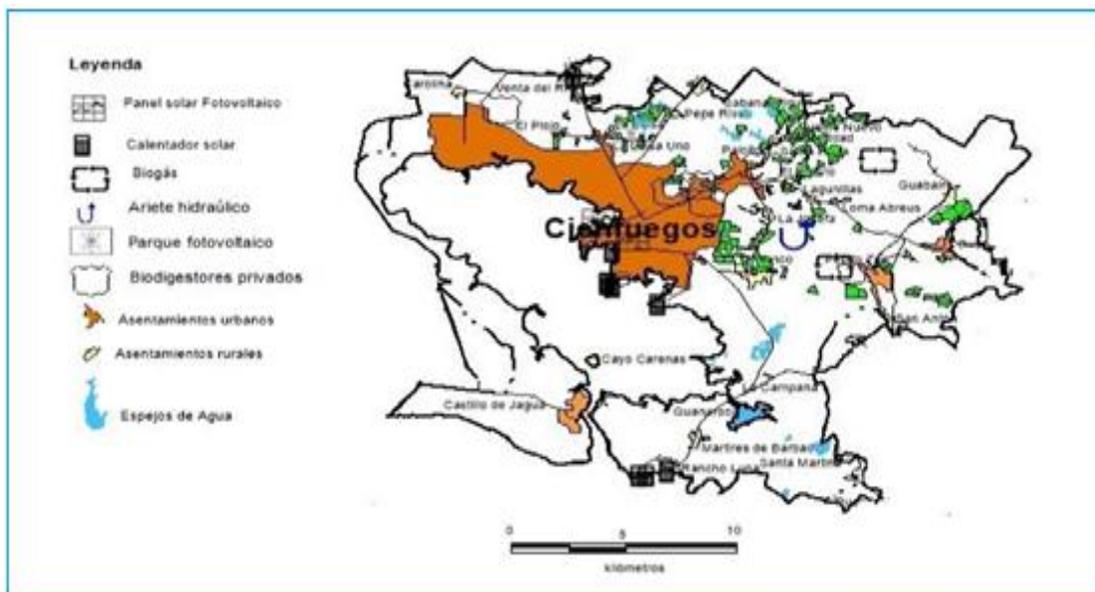
No.	Actor	Información
1	Organización Básica Eléctrica (OBE)	Generación para energía solar fotovoltaica (parques fotovoltaicos), donde aparecen todos los parques fotovoltaicos de la provincia en el período 2013-2017. Consumo de energía eléctrica sector estatal y privado.
2	Cubasolar	Estado de las FRE en la provincia de Cienfuegos. Relación digestores de biogás en el municipio.
3	Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)	Anuario Estadístico Municipal.
4	Ministerio del Turismo (MINTUR)	Ubicación de los calentadores solares en los hoteles del municipio.
5	Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF)	Georeferenciación de las FRE del municipio de Cienfuegos a través de la herramienta informática MapInfo.
6	Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE)	Resumen de la facturación de energía eléctrica en el sector estatal.
7	Cuba Petróleo (CUPET)	Resumen de la distribución de la cuota y de la reserva del gas licuado, el queroseno y el alcohol.
8	Dirección Provincial de Vivienda	Evaluación de fondo habitacional (viviendas por consejos populares).

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

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

La Figura 2.9 muestra la Matriz FRE referenciadas a través del MAPINFO las FRE tales como:

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



**Figura 2.9:** Matriz FRE en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Nfumu, 2017.

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:** Nfumu, 2017.

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	Ministerio del Turismo (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 Río)	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

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 dadas por las características de la Matriz FRE del municipio y el criterio de los expertos donde el gobierno local debe incidir en el desarrollo de biodigestores de gas y los paneles fotovoltaicos, sobre la base del ganado porcino para la primera y la utilización de paneles solares en el sector residencial.

La Tabla 2.5 muestra el cálculo de la potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal, la clasificación de edad de la población porcina, el total de biogás al año, el total de energía eléctrica por día y por año respectivamente.

**Tabla 2.5:** Potencialidad de producción de energía eléctrica desde las potencialidades calculadas de generación de biogás municipal. **Fuente:** Elaboración propia.

Población Porcina municipal (cabezas de ganado)	Total de biogás año(m3)	Total energía eléctrica año (kWh)
198442	7540935.84	12593362.86

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

En el sector residencial según la Matriz FRE existen 29 biodigestores en determinados CP. La Tabla 2.6 muestra la potencialidad de generación anual de biogás y de energía eléctrica a partir de los diferentes CP.

**Tabla 2.6:** Potencialidad de producción de energía eléctrica desde biodigestores. **Fuente:** Elaboración propia.

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

En la investigación de Kimbutu, 2017 también se propone como potencialidad la utilización de paneles fotovoltaicos en el sector residencial en el municipio sin embargo no se realiza el estudio debido a que los datos e información referente a:

- Tipo de tecnología
- Eficiencia neta
- Tipología de las edificaciones
- Metros cuadrados de fabricación de la vivienda (contenido Catastro, DPPF)
- Selección de las viviendas
- Selección del consejo popular

No se tenían en el momento de la determinación de esta potencialidad de uso de la FRE.

#### 2.4.3- Indicadores para el sector residencial municipal

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

En la Tabla 2.7 se muestra la captación de los datos e información por las fuentes identificadas.

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

No	Variables relevantes	Tipo de variables	Descripción
1	Consumo de energía eléctrica	Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realiza la captación de datos del consumo de energía eléctrica facilitado por la OBE.</li> </ul>

			<p>Creación de una base de datos a partir de la extracción de la base de datos del SIGECO de la Unión Eléctrica (UNE), con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación por rango de consumo definido por la UNE.</li> <li>• Clasificación por tipo de clientes considerando rango de consumo.</li> </ul> <p>Clasificación por consejo popular(19)</p>
2	Temperatura seca del aire	Independiente	<p>Se realiza la captación de datos en la página web Weather Underground que contiene el registro histórico de la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González perteneciente al Instituto de Meteorología por su proximidad a la ciudad de Cienfuegos, siendo los valores más representativos para el municipio.</p>
3	Humedad relativa	Independiente	<p>Se crea una base de datos del período 2002-2017 que contiene las siguientes variables: temperatura, punto de rocío, humedad, presión al nivel del mar, visibilidad, viento, precipitaciones.</p>
4	Temperatura de bochorno	Independiente	<p>Calculado a partir de la relación, de los valores, contenida en la tabla definida en la página web Meteomurcia de temperatura y humedad relativa proporcionados por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González en el municipio de Cienfuegos.</p>
5	Días grado (DGE)	Independiente	<p>Para la determinación de DGE se utiliza el Energy Signature Method, que requiere de una alta resolución de datos, y el Performance Line Method (PLM), (Krese, Prek, &amp; Butala, 2012; Cabello &amp; et_al, 2015). Según Krese, Prek, &amp; Butala (2012) y Cabello &amp; et_al. (2015) el PLM es más práctico. Para el cálculo de DGE se hace necesario la construcción de un año climático (Yang &amp; et_al., 2011; Cabello &amp; et_al. ,2015) con periodos continuos de 12 meses para completar el ciclo anual (Haller &amp; et_al., 2013; Cabello &amp; et_al, 2015), para la construcción del año climático según Yang &amp; et_al., (2011) se requieren datos diarios de 30 años, sin embargo, en este estudio se considera el período 2002-2016, 15 años, según la información facilitada por la estación meteorológica del aeropuerto Jaime González en el municipio de Cienfuegos.</p>

6	Hogares que usan cocción eléctrica	Independiente	Utilizando el porcentaje provincial de hogares que usan cocción eléctrica se realiza una estimación para el municipio de Cienfuegos en su conjunto y por Consejos Populares.
7	Población	Independiente	Se determinó a partir de los datos suministrados por la ONEI y la Estrategia de Desarrollo para cada CP facilitador por el Gobierno local
8	Ubicación - Urbano - Rural	Independiente	Se realiza la clasificación a través del Plan General de Ordenamiento Territorial Facilitado por la DPPF.

En el diseño de indicadores energéticos en el sector residencial se utilizó el Modelo de Regresión Lineal Múltiple, que predice una única variable respuesta (consumo de energía eléctrica), pues considera todas las posibles regresiones que implican diferentes combinaciones de las variables independientes (temperatura seca del aire, temperatura de bochorno, humedad relativa, población y hogares que usan cocción eléctrica).

No se incluyó en el análisis la variable DGE, debido a que esta tiene un comportamiento anual. Además, compara los modelos obtenidos con base en la R-Cuadrada ajustada, la estadística Cp de Mallows y el cuadrado medio del error (CEM), determinándose el mejor por número de variables independientes, según el procedimiento definido por Kialashaki & Reisel, (2013). Para el procesamiento de los datos en el software estadístico Statgraphics se utilizó la leyenda que se muestra a continuación.

**Tabla 2.8:** Leyenda para el procesamiento de las variables. **Fuente:** Blanco y Santana, 2017.

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

Quedan determinadas las rectas de regresión lineal múltiple para cada CP las cuales se muestran en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9:** Rectas de regresión lineal múltiple para cada CP. **Fuente:** Blanco y Santana, 2017.

No.	CP	Rectas de Regresión Lineal Múltiple
1	Caonao	$Y_1 = 33381.7 - 6823.75*X1 + 11929.6*X3 + 539.837*H1$
2	Pepito Tey	$Y_2 = 260344 + 382.554*X2 + 2120.11*X3 - 94.144*P2 + 311.686*H2$
3	Guaos	$Y_3 = -190772 + 544.823*X2 + 1778.56*X3 + 43.1587*P3 + 196.214*H3$
4	Junco Sur	$Y_4 = -72481.0 + 2643.43*X2 + 6399.3*X3 + 128.259*H4$
5	Punta Gorda	$Y_5 = -56110.7 + 3357.48*X2 + 8396.31*X3 + 4.56825*P5 + 245.148*H5$
6	Centro Histórico	$Y_6 = -7.06625E6 + 3375.66*X2 + 10669.5*X3 + 814.784*P6$
7	San Lázaro	$Y_7 = -63407.4 + 1371.74*X2 + 3551.75*X3 + 105.235*H7$
8	Reina	$Y_8 = -59095.4 + 1420.33*X2 + 2870.71*X3 + 64.8991*H8$
9	Pueblo Griffo	$Y_9 = 487936. + 1130.99*X2 + 6983.91*X3 - 26.6067*P9 + 64.4438*H9$
10	Paraíso	$Y_{10} = 29921.1 + 1617.53*X2 + 3327.75*X3 + 10.6466*P10 + 59.2676*H10$
11	Pastorita-Obourke	$Y_{11} = 101010. - 1556.32*X2 + 7358.93*X3 + 28.4635*P11$
12	Rancho Luna	$Y_{12} = -57286.7 - 130.406*X2 + 906.129*X3 + 26.8721*P12 + 89.1507*H12$
13	Castillo-CEN	$Y_{13} = -304453 + 22324.4*X1 - 2220.19*X2 - 7099.51*X3 + 37.0097*P13 + 127.253*H13$
14	Buena Vista	$Y_{14} = 469187 - 2460.11*X2 + 9491.62*X3 - 25.0777*P14 + 126.762*H14$
15	Tulipán	$Y_{15} = -67098.9 + 29404.6*X1 - 3355.5*X2 - 6557.17*X3 + 325.671*H15$
16	La Barrera	$Y_{16} = 62460.6 - 476.497*X2 + 2265.46*X3 - 3.25476*P16 + 38.9227*H16$
17	La Gloria	$Y_{17} = -7992.61 + 1.28993*P17 - 447.81*X2 + 2297.72*X3 + 45.6078*H17$
18	La Juanita	$Y_{18} = 17393.5 - 706.764*X2 + 8835.02*X3 + 255.735*H18$
19	Juanita II	$Y_{19} = 8981.92 + 223.972*H19 - 656.741*X2 + 7577.25*X3$

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

- *Indicador energético sector residencial por CP*

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

donde:

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

$Consumo\ real_{Cpi\ períodoj}$ : consumo real del consejo populari en el período j,  $j \in [1; n]$

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

- *Indicador energético sector residencial municipal*

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

donde:

$EnPI_m$ : índice energético municipal

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

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

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

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

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

El producto informático posee una construcción estática y muy sencilla, destacándose inicialmente el logo de identificación donde se muestra el nombre de la página web, además se enfatiza en la energía renovable en el banner a través de una imagen donde se capta de forma natural las fuentes de energías.

Sujeto a ello se visualiza los ítems de menú que contiene la misma para poder acceder a los distintos links que hacen referencia a las páginas relacionadas con la gestión de la energía en Cuba; así como los propios de ella. Contiene tres apartados relacionados con la temática: (1) Educación, (2) Socialización y (3) Operacional, Accediendo a cada apartado se obtiene mucha información sobre el tema que se trata de comunicar.

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

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

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

donde:

k: constante que depende del nivel de significación estadística.

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

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

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

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

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

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 del Departamentos de Ingeniería Informática (DIF), Contabilidad y Finanzas (DCF) Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos (DIUCF) y la Universidad de Matanzas (DIUM), y representantes de la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) y del Gobierno municipal de Cienfuegos, siendo estos:

- Dr. C. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- Dr. C. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- Dra. C. Dunia García Lorenzo (DCF-CEEMA)
- Dr. C. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- DrC. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- DrC. Eduardo René Concepción Morales (FIUCF)
- DrC. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Ing. Ignacio Verdecia Nápoles (ONURE)

- DraC. Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

Para el cálculo del coeficiente de competencia se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005), la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto.

A continuación, se les realiza un análisis de experticia a dichos expertos según se muestra en la Tabla 2.11.

**Tabla 2.11:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración propia.

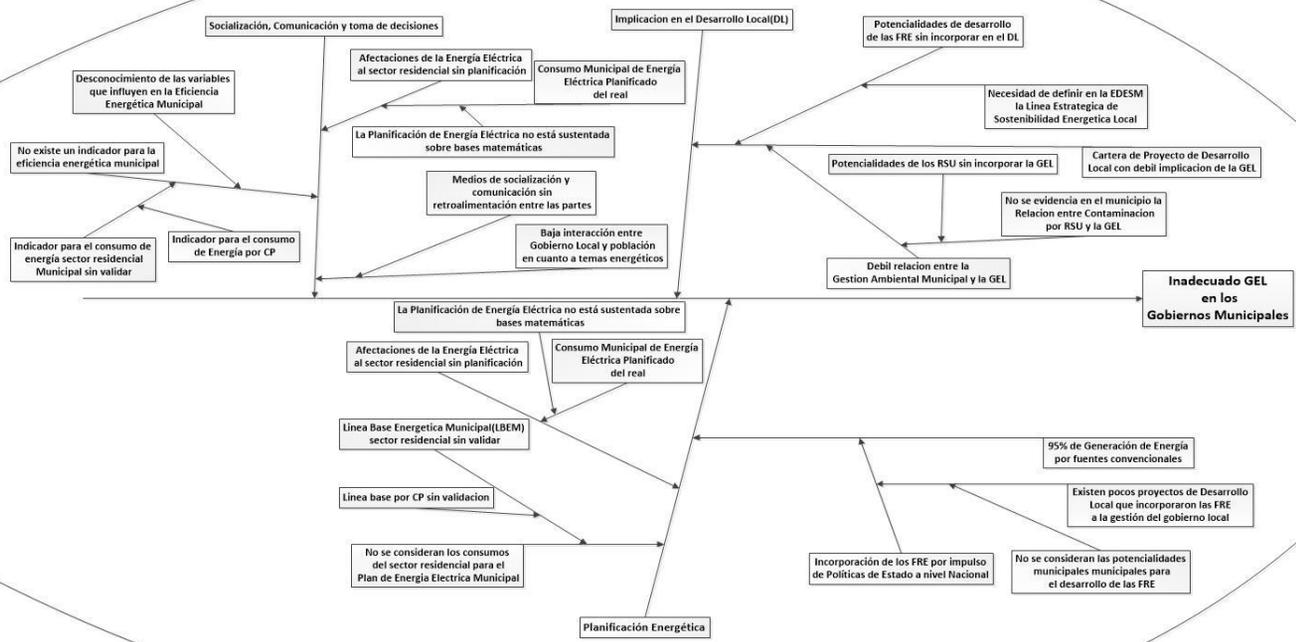
Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de Competencia (Kcomp=Kc+Ka/2)	Nivel
1	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	Alto
2	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
3	0.80	$0.3+0.5+0.03+0.04+0.05+0.04=0.96$	0.88	Alto
4	0.90	$0.2+0.4+3(0.05)+0.04=0.79$	0.85	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	0.70	$0.3+0.4+0.03+4(0.03)=0.79$	0.76	Medio
9	0.70	$0.3+0.4+4(0.03)=0.76$	0.73	Medio
10	0.80	$0.2+0.4+4(0.05)=0.90$	0.80	Alto
11	0.70	$0.2+0.4+0.05+3(0.04)=0.77$	0.74	Medio

El análisis de la GEL en el municipio de Cienfuegos a través del diagrama Causa- Efecto que se muestra en la figura 2.10. Se procede a listar las causas potenciales que inciden en la deficiente GEL en Cuba tomando como caso de estudio el municipio de Cienfuegos, en el consenso se obtuvo índice de concordancia igual a 0.89 (W de Kendall).

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

1. Línea base energética municipal (LBEM) sin validar.
2. Consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.

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



**Figura 2.10:** Diagrama Causa-Efecto de la GEL en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia.

Se procede a realizar la verificación de las causas y las acciones de mejora en la tabla 2.12:

**Tabla 2.12:** Verificación de las Causas y acciones de mejora propuestas. **Fuente:** Elaboración propia.

Causas potenciales	Verificación de la causa	Acción de mejora
Línea base energética municipal (LBEM) sin validar.	Se determinaron las LBE de los 19 CP el municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, pero no se aplicó hasta la etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial. (Santana y Blanco, 2017)	Realizar la aplicación de las restantes etapas de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba
Consumo de energía eléctrica planificada en el municipio difiere del real.	La planificación de la energía eléctrica municipal no se realiza sobre bases matemáticas de pronóstico donde se consideren las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial	Validación de las LBEM e indicadores energéticos en el municipio para el sector residencial
Existen pocos proyectos de DL que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local.	La cartera de proyectos de DL de los 14 proyectos en ejecución solo el Proyecto "Minindustria - Identidad criolla, visita guiada a la finca "LA ORIENTAL" y potenciación de producciones cárnicas locales", está relacionado con la utilización de las FRE y las proyecciones (26 proyectos) ninguna tiene en consideración esta temática	<b>Incorporación de las potencialidades energéticas municipales ( Kimbutu, 2017) en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos</b>
Indicador para el consumo de energía eléctrica en el sector residencial municipal ( $EnPI_m$ ) sin validar.	Se determinaron los Indicadores energético por consejo popular y del municipio a través de la Metodología de diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en Cuba, pero no se aplicó hasta la etapa 4: Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial. (Santana y Blanco, 2017)	Validación de los $EnPI_{CP}$ y $EnPI_m$ para el sector residencial municipal
Medios de socialización y comunicación sin retroalimentación entre las partes.	Se desarrolló el producto informático GEM ( Hurtado, 2017) sin embargo este no ha propiciado la interacción entre las partes e incidir en la planeación energética del municipio	Mejora de la Planificación energética municipal a través del rediseño del producto informático GEM.

Necesidad de definir en la EDESM de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local.	La EDESM se encuentra en diseño por el Gobierno Local	Incidir en la incorporación en la EDESM de una línea estratégica que responda a la sostenibilidad energética local
No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por RSU y la GEL	Los análisis sobre RSU solo se realiza teniendo en cuenta su generación y manejo y no lo considera como una FRE para su integración a la GEL	<b>Incorporación de los RSU como una potencialidad energética municipal en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos</b>

Todas las acciones de mejora poseen la misma prioridad es por ello que, conjuntamente a esta investigación, se realicen otras paralelas. En el caso del presente estudio se desarrolla la acción de mejora: Incorporación de las potencialidades energéticas municipales (Kimbutu, 2017) en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos, se dio respuesta a la causa potencial:

- Existen pocos proyectos de DL que incorporen las FRE a la gestión del gobierno local - Incidir en la incorporación en la EDESM de una línea estratégica que responda a la sostenibilidad energética local, dando respuesta a la causa potencial: Necesidad de definir en la EDESM de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local y Incorporación de los RSU como una potencialidad energética municipal en el desarrollo local en el municipio de Cienfuegos, en respuesta a la causa potencial: No se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por RSU y la GEL.

*Capitula* III



## Capítulo III: Propuesta para la incorporación de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la gestión energética del gobierno local de Cienfuegos

### 3.1. Introducción

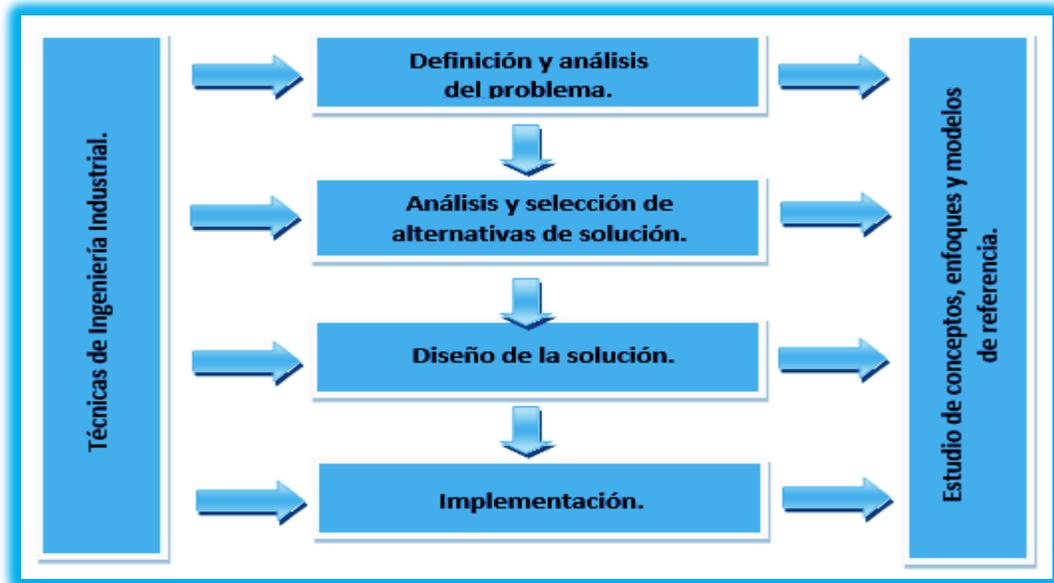
En el desarrollo de este capítulo se utiliza, para el análisis, la metodología para la solución de problemas del ingeniero industrial donde en la etapa de análisis, selección y diseño de la solución, es necesario recurrir a la herramienta Análisis de modos y efectos de fallo y criticabilidad. Para el diseño de la acción de mejora se realizó una revisión documental sobre la generación de residuos sólidos RSU en diferentes ciudades del mundo. En la selección de la tecnología propuesta se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico.

En la implementación de la acción de mejora se proporciona respuestas a las causas potenciales analizadas en el capítulo anterior.

### 3.2. Metodología de solución de problemas del ingeniero industrial

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

Para su aplicación, en las etapas generales, se realizan las siguientes tareas:



**Figura 3.1:** Etapas generales de la solución de problemas en Ingeniería Industrial

**Fuente:** (Alonso et al., 2005).

### 3.2.1. Definición y análisis del problema

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

- Mapa de procesos
- Mapa general de procesos
- SIPOC
- Flujogramas
- Aplicación de listas de chequeo
- Cuestionarios
- Priorización de causas
- Análisis estadísticos
- Análisis de distribuciones
- Capacidad de cumplir las especificaciones
- Observación directa
- Revisión de documentos
- Métodos de expertos. Este permite conocer las opiniones de los especialistas con mayor dominio del tema y realizar una investigación profunda. Se realizó el cálculo del número de expertos a través de la siguiente expresión:

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

Donde:  $i^2$

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error cometido al hacer estimaciones del problema con n expertos.

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

<b>1 - <math>\alpha</math></b>	<b>k</b>
99%	6.6564
95%	3.8416
90%	2.6896

Se emplearon los siguientes criterios para la selección de los miembros del equipo de trabajo:

- Años de experiencia
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible

- Capacidad para trabajar en equipo
- Conocimiento sobre el tema a tratar

Se utilizó la metodología de Cortés e Iglesias (2005) para el cálculo del coeficiente de competencia, la misma posee como objetivo asegurar que los expertos consultados verdaderamente puedan aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionaron con un coeficiente de competencia entre medio y alto.

### **3.2.2. Análisis, selección y diseño de la solución**

Se unieron los pasos: análisis y selección de la alternativa de solución y diseño de la solución, debido a que en la etapa anterior se realizó el análisis de: el problema, las causas y su priorización. En esta etapa se utiliza la metodología de la 5 Ws y 2 Hs o 5 Ws y 1 H con la finalidad de establecer el plan de mejora para lograr el objetivo de la investigación.

### **3.2.3. Implementación**

En esta etapa se implementan las acciones y se da seguimiento a la mejora del proceso de calibración a través de los indicadores establecidos.

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

Se aplicaron las etapas de la metodología de solución de problemas que permitirán mejorar la gestión energética del gobierno municipal de Cienfuegos.

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

Para el análisis del problema se determinó el grupo de expertos. Después de efectuar los cálculos, para determinar su número, se obtuvo que once era la cantidad perteneciente a: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (FCEE) de la Universidad de Cienfuegos, Gobierno municipal, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) y Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

- Dr. C. Juan José Cabello Eras (CEEMA)
- Dr. C. José Monteagudo LLanes (CEEMA)
- Dr. C. Eduardo Julio López Bastida (CEEMA)
- Dr. C. Julio Gómez Sarduy (CEEMA)
- Dra. C Dunia García Lorenzo (FCEE- CEEMA)

- Dr. C. Mario Álvarez-Guerra Plasencia (CEEMA)
- Dra. C Dianelys Nogueira Rivera (DIIUM)
- MSc. Milagros Montesinos Pérez (CEEMA)
- MSc. Jenny Correa Soto (DIIUCF)
- MSc. Evelio Ángel Álvarez López (CITMA)
- MSc. Arnaldo Cruz Cruz (Gobierno Municipal)

A todos se les realizó un análisis de experticia según se muestra en el anexo 3.

Los expertos analizaron la situación actual del manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos, a partir del sistema de evaluación del manejo de los RSU, el diagnóstico a través del Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU) de la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF) e investigaciones de la Universidad de Cienfuegos.

### **3.3.1.1 Análisis de los antecedentes y situación problemática en el contexto del manejo de los RSU en Cienfuegos**

Se analizaron los estudios realizados por De La Peña (2012) con Sistema para evaluar el manejo de los RSU en la ciudad de Cienfuegos y la Dirección Provincial de Planificación Física con el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU) en el municipio Cienfuegos.

A continuación, se evidencian los resultados obtenidos:

- Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Cienfuegos en el año 2011 (De La Peña, 2012):

Se ejecutó mediante el Sistema de Evaluación del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos, donde se evalúan las etapas del manejo de los RSU a través de indicadores. En la evaluación de estos, solo en trece de los diecinueve consejos populares del municipio, el cumplimiento del plan de disposición final resultó satisfactorio durante el año 2011, mientras el cumplimiento del plan de costos de proceso fue satisfactorio (S) durante nueve meses.

El resto de los indicadores se comportó de forma no satisfactoria (NS), por lo que la evaluación general del manejo de los residuos sólidos resultó en el municipio de Cienfuegos no satisfactoria (NS) para el año 2011.

- Dirección Provincial de Planificación Física con el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), municipio Cienfuegos: El diagnóstico al medioambiente realizado a través el Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), municipio Cienfuegos, arrojó los siguientes resultados:

1. La problemática de los desechos sólidos urbanos, aunque identificada desde hace varios años, no ha obtenido soluciones adecuadas y definitivas, consecuencia de una carencia de planificación estratégica y manejo integral de la actividad, pues mantiene un carácter operativo.
2. Existen vertederos microlocalizados de desechos sólidos en todos los asentamientos urbanos: dos en la Ciudad de Cienfuegos, uno en Pepito Tey, uno en Guaos, uno en Castillo de Jagua y además en el asentamiento rural Mártires de Barbados. Excepto el vertedero de Baldosa, ubicado en la ciudad y que actualmente se encuentra en proceso constructivo para realizar tratamiento de relleno sanitario, el resto de las áreas de depósito no poseen tratamiento y su vertimiento final es a cielo abierto, contrario a las Normas Cubanas 135,136 y 137:2002, que regulan lo relacionado con esta actividad.
3. La basura está compuesta fundamentalmente por: residuos de alimentos, plásticos, metales de diversos tipos, cristal, desechos de hospitales, compuestos químicos, escombros y otros; se desconoce el volumen y la proporción de los mismos respecto al total generado pues no existe clasificación primaria de ellos, ni control estricto sobre el tema. Tampoco se registra la estadística del total de entidades generadoras y la cantidad que aportan per cápita.
4. Aparecen, además, diversas áreas de vertederos ilegales en los barrios Reina y oeste de O'Bourke, que afectan en gran medida la bahía y su zona costera. Asimismo, se originan en barrios de la periferia como: Buena Vista, Tulipán, San Lázaro y Caonao y causan serios daños al suelo por la lixiviación de los mismos. Esta situación es, además, causa de la generación de vectores, malos olores, obstrucción del drenaje, deterioro de la imagen urbana y afectación de áreas para el crecimiento prospectivo de la ciudad.
5. El sistema de recogida en la ciudad se realiza con siete camiones colectores especializados de la Empresa de Comunales y siete camiones abiertos contratados a otras instituciones, estos últimos no cumplen las normas establecidas para la actividad. Aún existen grandes deficiencias con la recogida en los barrios de Reina, Juanita 2 y Tulipán, que genera la proliferación de microvertederos y desencadenan una seria problemática higiénico-estética en estos espacios urbanos.
6. Los consejos populares de Paraíso, Caonao y los asentamientos urbanos Guaos, Guabairo y Pepito Tey asumen el servicio de recogida mediante carretones de tracción animal. Las zonas industriales no poseen dicho servicio.

Los principales problemas detectados por el PGOTU en el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cienfuegos son:

- ✓ Insuficiencia de instrumentos y medios técnicos para todas las actividades relacionadas con los residuos sólidos.

- ✓ Inadecuada transportación, tratamiento y disposición final de la basura y los residuos sólidos peligrosos.
- ✓ Carencia de financiamiento para enfrentar las inversiones necesarias.
- ✓ Indisciplina social y empresarial.
- ✓ Falta de educación y conciencia ambiental ciudadana.
- ✓ Incumplimiento de reglamentos, ordenanzas, normas y leyes establecidas respecto a toda esta temática.
- ✓ Ineficiente control sobre las contravenciones que se realizan.
- ✓ Proliferación de viviendas en áreas de vertederos y viceversa. Se destacan el barrio de Reina y los dos vertederos legales de la ciudad.
- ✓ Predominio de desinterés social e institucional por el tema de la basura.
- ✓ No existe un inventario y control de cada una de las entidades que brindan servicios de recogida de basura por lo que se desconocen los mecanismos utilizados para la disposición final.

- Investigación Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio (Correa et al., 2017). Se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Se realizó un análisis de la situación actual del manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos y se catalogó como deficiente, debido a una serie de causas principales como: inestabilidad en la recogida de las RSU, insuficientes equipos de medición, recolección, transporte y tratamiento y práctica de acciones puntuales para la educación ambiental solo en algunos consejos populares (CP) del municipio.

2. Se propone una estrategia de monitoreo para el cumplimiento del plan de acción para el manejo de residuos sólidos en el municipio de Cienfuegos, para su ejecución se utilizaron los indicadores planteados en: Sistema de evaluación para el manejo de RSU (De La Peña, 2012), PGOTU para el municipio de Cienfuegos (DPPF, 2012) y la Oficina Municipal de Estadística e Información (OMEI). De quince indicadores se determinaron medir: ocho mensualmente, uno semestral y seis anual.

Con el grupo de expertos se identificaron las causas incidentes en el deficiente manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos, mediante el Diagrama Causa- Efecto, mostrado en la Anexo 4.

Del análisis anterior se listan las causas potenciales que influyen en el deficiente manejo de los RSU en el municipio:

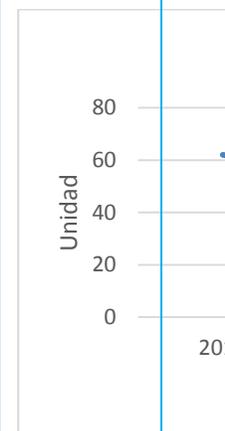
1. Insuficientes equipos para la recolección de los RSU
2. Insuficiente tratamiento de los RSU

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

Para el análisis, selección y priorización de las acciones de mejoras se utilizó la herramienta Análisis de modos y efectos de fallo y Criticabilidad (AMEFC), con el estudio correspondiente de equipos recolectores de RSU y el comportamiento de los indicadores para su manejo en el municipio.

**Tabla 3.1:** Promedio de equipos recolectores de desechos sólidos trabajando. **Fuente:** (ONEI, 2016).

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Promedio de colectores trabajando	8	7	7	5	2	5
Promedio de tractores c/carretas trabajando	1	1	1	2	4	5
Promedio de camiones abiertos trabajando	11	10	10	5	10	8
Promedio de carros de tracción animal trabajando	41	31	31	43	34	29
Promedio de buldóceres trabajando	1	2	2	1	1	1
<b>Total de equipos trabajando</b>	<b>62</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>56</b>	<b>51</b>	<b>48</b>

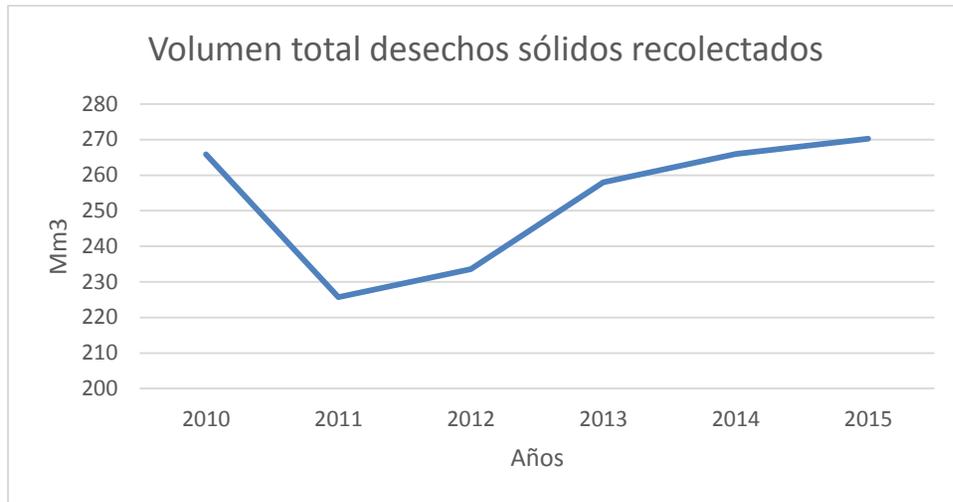


**Figura 3.2:** Total, de equipos trabajando en el municipio de Cienfuegos en la recolección de RSU. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.2 se puede apreciar el total de equipos recolectores de desechos sólidos que trabajaron durante el periodo 2010- 2015. Se evidencia el 2010, como el año de mayor promedio de equipos en funcionamiento con más de sesenta equipos activos. No sucedió lo mismo en 2011 y 2012 pues ocurrió una disminución, más notable en el 2015. Comparado con el año 2010 se puede observar el déficit de equipos debido a su deterioro.

En el centro de la ciudad se utilizan los colectores y en los consejos populares más alejados, los carros de tracción animal, tractores con carreta y camiones abiertos. Otra forma de mantener las calles limpias en el municipio es mediante el barrido de calles, actividad esta que comienza a partir de las 4:40 am hasta las 12:40 pm, con un doble barrido de 1:00 pm a 7:00 pm.

En el manejo de los RSU se muestra a través de los indicadores descritos a continuación y se aprecia su comportamiento durante el periodo 2010-2015 (ver anexos 5 y 6).



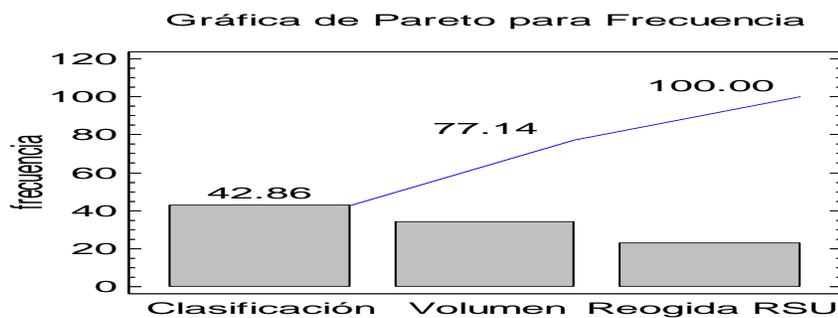
**Figura 3.3:** Volumen total de RSU recolectados en el municipio de Cienfuegos en la recolección de RSU. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.3 se aprecia el volumen total de RSU recolectados en el municipio de Cienfuegos durante el periodo 2010- 2015. En ella se observa una disminución en el 2011, probablemente causado por la rebaja en el total de equipos en funcionamiento existente en ese año, como bien se explicó anteriormente en el análisis de la figura 3.2. En los años posteriores se denota un aumento en la recolección de volumen de RSU.

Para la priorización de las acciones de mejora se utilizó la herramienta Análisis de Modo Fallo Efecto y Criticabilidad (FMEAC), cuyos resultados se muestran en el anexo 7, tabla 3.2 y figura 3.4.

**Tabla 3.2:** Modos de fallo en el manejo de RSU en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Modo de Fallo	RPN	% de participación	% Acumulado
No se clasifica en el sector residencial los RSU	900	42.8571429	42.8571429
Aumento de volumen RSU	720	34.2857143	77.1428571
Recogida ineficiente de los RSU en los CP	480	22.8571429	1763.26531
Total	2644	100	



**Figura 3.4:** Modos de fallo en el manejo de RSU en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.4 se puntualiza, mediante una gráfica de Pareto, la frecuencia de los modos de fallos en el manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos, estos no se clasifican en el sector residencial, ni su aumento a nivel municipal, por lo que la acción de mejora a priorizar es: La propuesta de una tecnología para tratamiento eficiente de los RSU municipales.

### 3.3.2.1 Diseño de la acción de mejora

El tema de la generación de los RSU en Cuba constituye un problema que se acrecienta, dicha afirmación se fundamenta principalmente en el aumento del volumen y su composición debido a la existencia de una generación de cuatro mil toneladas de los mismos para un promedio de 0.5 Kg cada día por habitante.

El municipio de Cienfuegos en el año 2001 era el mayor generador de residuos sólidos con un aproximado de 116173 Kg/día, posee el mismo índice de generación de RSU que Ciudad de la Habana con un 0,75 Kg/día por habitante (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012.), esta última con

mayor número de habitantes. En el año 2005 en municipio de Cienfuegos se evidenció una disminución en el índice con respecto al 2001. La tabla 3.3 muestra este análisis.

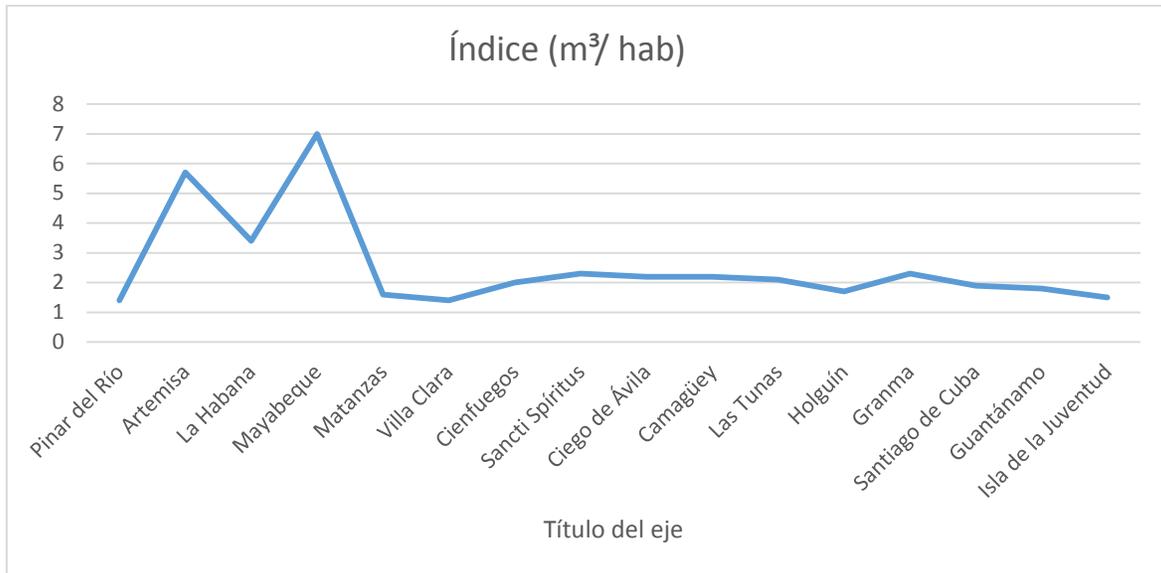
**Tabla 3.3:** Generación de Residuos diario en Ciudad Habana y Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Ciudad	Año	Población	Índice per cápita kg per cápita /día	Total kg/día	Total ton/día
Ciudad de La Habana	2001	2186.632	0.75	1639.974	1,640
Cienfuegos	2001	154.897	0.75	116173	116
Cienfuegos	2005	164.749	0,58	150311	150

Es necesario considerar que estos datos corresponden al 2001 porque es entonces que se comienza a conceder importancia a la generación de los RSU, aunque no existen referencias de continuidad de estudios hasta el año 2016 con las investigaciones realizadas por (De la Peña 2012), (Rodríguez; Brito; Bériz, 2013) y (Correa et. al., 2017), por lo que existe desproporcionalidad entre el volumen de desechos generados en la práctica y el desconocimiento de la magnitud real de los mismos, pues la recogida no se planifica según los volúmenes materialmente existentes.

No existen registros hasta el momento de cuántas toneladas se generan al día, ni el índice per cápita. No cuentan, en primer lugar, con una computadora para el registro en una base de datos, pero tampoco son capaces de archivar en hojas esta documentación.

En el anexo 8 se presenta para el año 2016 el volumen de RSU recolectados por provincia en miles de metros cúbicos, así como la población existente de las mismas, datos obtenidos de ONEI (2016), obteniéndose el índice generado en metros cúbicos por habitantes en dichas provincias.

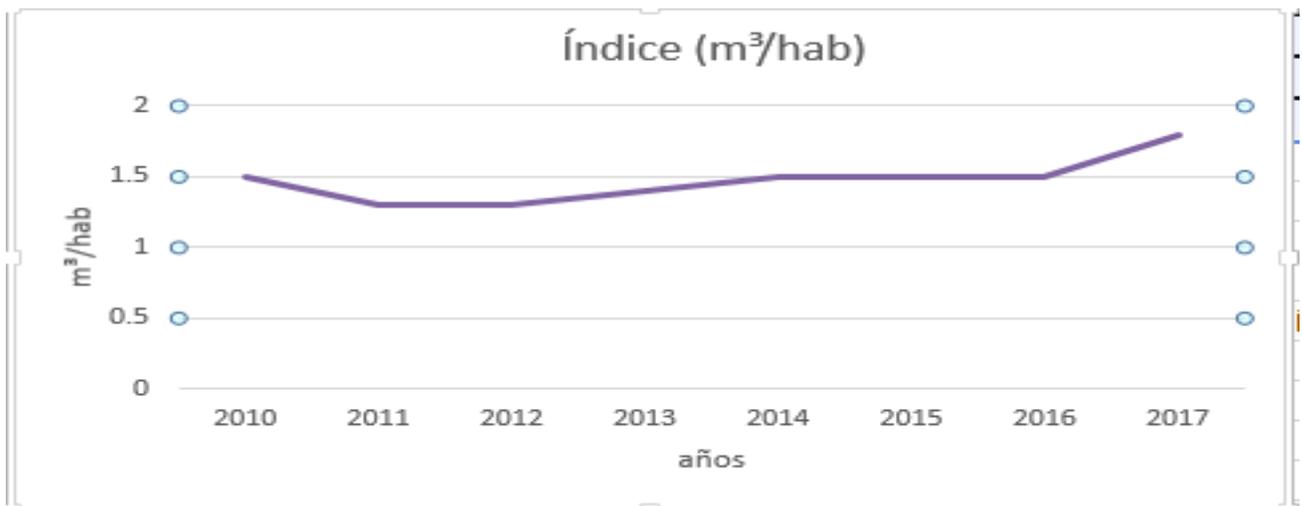


**Figura 3.5:** Índice de la relación volumen de RSU/población por provincia, 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.5 se aprecia el índice de la relación volumen RSU/población por provincia en el año 2016. Se comprobó que ocho poseen el índice más bajo, en un rango de 1,4 a 2,0, entre ellas Cienfuegos con 2,0 m<sup>3</sup> por habitantes, que la sitúa en el lugar nueve.

El anexo 9 muestra una actualización del volumen total de desechos sólidos recolectados en el municipio de Cienfuegos, así como la cantidad de habitantes, datos publicados por ONEI (2016).

Al no estar actualizada la población del 2017, se utilizó la misma del año 2016, pues de un año al otro no debe variar significativamente y el anuario 2018 no había sido publicado hasta el momento de la investigación.



**Figura 3.6:** Índice de la relación volumen de VDSR/población en el municipio de Cienfuegos.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.6 se aprecia que el índice de relación volumen de VDSR/población en el municipio de Cienfuegos a partir del año 2013 comienza a ascender notablemente y se incrementa en 1,8 metros cúbicos por habitantes en el 2017.

Los RSU se depositan en vertederos, el municipio de Cienfuegos cuenta con un total de siete y de ellos solo seis funcionan, los cuales están localizados por consejos populares como se muestran en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4:** Resumen de vertederos del municipio Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Cantidad	Funcionamiento	Ubicación	
		Cantidad	Consejos Populares
7	6	1	Rancho Luna
		1	Caonao
		1	Pepito Tey
		1	CEN
		1	Paraíso
		1	Pueblo Griffó

Los RSU denominados residuos domésticos provienen del sector residencial, se generan en los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios. Estos tipos de RSU son inorgánicos y orgánicos cuya clasificación detallada se encuentra en el anexo 10.

Se realizó una revisión de documentos como se muestra en la tabla 3.5

**Tabla 3.5:** Generación en diferentes ciudades del mundo. **Fuente:** Elaboración propia.

País	Ciudad	Total-RSU	% orgánico	% inorgánico	Población (Habitantes)
Perú	Huánuco	6855.616 T/año	64.41	35.59	854.234
Ecuador	Distrito metropolitano de Quito	651 803 T/año	57	43	2 505 344
Argentina	Rosario	288000 T/año	51	49	654,789
Colombia	Bogotá	437.760 T/año	71	29	7 980 001
Argentina	Buenos Aires	6000 T/día	41	59	2 890 151
Bolivia	Yacuiba	65 T/día	37	63	91.998
México	Ciudad de México (capital)	12.920 T/día	52.4	45	8'851 ,080
Venezuela	Zulia	4205106 Kg/ día			
Uruguay	Tacuarembó	40 T/día			54 757
China	Changzhou		44.40	34.60	4 592 431

Bolivia	Santa Cruz	1.044 T/día	53.2	46.8	2.785.762
España	Andalucía	4.6 millones de T/año	44	56	8.399.043
Perú	Callao	5 970 T/día	53.16%	44.11	800 000
Brasil			55	45	
Bolivia	La Paz	553 T/día	47.3	52.7	764 617
España	Cataluña	3.6 millones de Ton/año	42	55	7 504 008

En Cuba los RSU están compuestos por: 59.45 % de materias orgánicas y 40.55 % inorgánicas. (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Por tanto, se considera para el municipio de Cienfuegos esta misma composición de RSU, debido a que la Dirección Provincial y Municipal de Servicios Comunes no posee esta información. El municipio genera, según la Dirección Municipal de Servicios Comunes, los RSU como se muestra en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6:** Residuos sólidos urbanos orgánicos e inorgánicos diario, mensual y anual. **Fuente:** Elaboración propia.

Volumen	Día	Mes	Año
		600 (m <sup>3</sup> )	22 (Mm <sup>3</sup> )
<b>RSU orgánico</b>	356.7	13.079	156.948
<b>RSU inorgánico</b>	243.3	8.921	107.052

Por estas razones es de vital importancia maniobrar sobre el municipio Cienfuegos en la gestión de RSU para lograr convertir en una oportunidad la generación de energía pues de no mediar acciones urgentes, en cuanto al nivel de generación, empeorarán los problemas relacionados con la gestión inadecuada.

El camino hacia una gestión adecuada de los residuos sólidos recién se ha iniciado, varias líneas de acción deben profundizarse para lograr el objetivo en común de desarrollo sostenible del sector en nuestros países.

### 3.3.2.2 Tecnologías que se pueden utilizar para el tratamiento de los RSU

Existe actualmente gran cantidad de tipos de tratamientos de los RSU, pero en lo particular lo referente en el tratamiento, la separación y aprovechamiento de diversos subproductos y a la disposición final de los residuos.

Algunas clasificaciones de los tratamientos de RSU, con una breve descripción de en qué consiste cada tratamiento se muestra a continuación.

1. Tratamiento Mecánico-Biológico: El Tratamiento Mecánico-Biológico es una tecnología de pre-tratamiento de los residuos sólidos y de manejo especial.
2. Arco de plasma por gasificación: La gasificación por plasma es una tecnología de tratamiento de residuos que utiliza energía eléctrica de alta temperatura, creada por un gasificador de arco eléctrico.
3. Proceso de manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente: Es una tecnología que se denomina reactor UASB por sus siglas en inglés (Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket), que es una forma de digestor anaerobio que se utiliza en el tratamiento de aguas residuales.
4. Fijación química y solidificación de residuos peligrosos: La estabilización y solidificación tienen como objetivo inmovilizar los componentes tóxicos de los residuos peligrosos, para prevenir la lixiviación de los residuos una vez eliminados.
5. Autoclave de residuos sólidos urbanos: Una autoclave de los residuos es una forma de tratamiento de residuos sólidos que utiliza el calor, vapor y la presión de una autoclave industrial en el tratamiento de los residuos.
6. Proceso de oxidación térmica: El proceso, basado en la oxidación térmica y gasificación de residuos, es un método puntero en la reducción de residuos médicos, industriales y municipales, desde su forma original de depósito hasta conseguir un pequeño volumen
7. Operación del sistema TOPS: El proceso comprende una primera etapa de combustión, donde el desecho se quema en una dirección arriba a abajo.
8. Vitrificación: La vitrificación es el proceso de conversión de un material en un sólido amorfo similar al vidrio, carente de toda estructura cristalina.
9. Biodrying: Es el proceso por el cual los residuos biodegradables se calientan rápidamente a través de las etapas iniciales de compostaje para eliminar la humedad de un flujo de residuos y por lo tanto reducir su peso total.
10. Gasificación: La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (residuo orgánico) es transformado en un gas combustible de bajo poder calorífico, mediante una serie de reacciones que ocurren a una temperatura determinada en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua).
11. Separación (manual o mecanizada): Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización.
12. Trituración: Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte.
13. Compactación: Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos.

14. Composteo: Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los residuos sólidos municipales que, generalmente, representa el 40-60% del volumen total.
  15. Digestión Anaerobia: Es el proceso natural por el cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios.
  16. Hidrólisis: Proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas.
  17. Oxidación: Esta tecnología está basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como Peróxido de Hidrógeno, Ozono o Hipoclorito de Calcio para oxidar la materia orgánica.
  18. Incineración: Es una tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos (municipales). La incineración exige que los residuos tengan un poder calorífico superior a 1,200 [KCal/Kg].
  19. Pirólisis: Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, etc.
  20. Microondas: La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas.
  21. Esterilización: Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos.
- Una vez analizadas estas tecnologías y las características de los RSU en el municipio de Cienfuegos, se procedió a determinar las propuestas más apropiadas para el procesamiento adecuado de los RSU, de acuerdo a los recursos y disponibilidades del territorio.

1. Separación (manual o mecanizada)
2. Proceso de oxidación térmica
3. Tratamiento Mecánico-Biológico
4. Pirólisis

Para la selección de la tecnología a proponer para el tratamiento de RSU en el municipio de Cienfuegos se utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process), cuya metodología se muestra en el anexo 11.

Procediéndose a determinar los criterios necesarios para la aplicación de la tecnología siendo estos criterios:

- 1- Criterio medioambiental
- 2- Criterio socio-cultura
- 3- Criterio económico
- 4- Criterio técnico

Estos criterios de selección se toman en cuenta según lo que plantea (Prada 2016), (Bleda 2017)

#### 1- Criterio medioambiental

Engloba cualquier cambio, tanto positivo como negativo, en la tierra, los ecosistemas y la salud pública como consecuencia de una gestión de residuos deficiente y tiene en cuenta aspectos como:

- Contaminación del aire y de las aguas
- Exposición a patógenos
- Uso, requerimiento y contaminación de los suelos
- Recuperación de materiales
- Eliminación y cubierta de residuos
- Recuperación neta de energía
- Molestias por ruidos, vibraciones y olores

#### 2- Criterio socio-cultura

La característica más importante de la sociedad en lo que a gestión de residuos de refiere, es que ella misma es la productora de los mismos, estando la fase de producción estrechamente relacionada con la prevención de residuos. No obstante, en la fase de gestión también se debe tener en cuenta a la sociedad, particularmente en estos aspectos:

- Aceptación y comprensión de la tecnología a emplear
- Usabilidad y compatibilidad con la política general de gestión
- Flexibilidad ante cambios políticos/administrativos
- Facilidad de implementación
- Posibilidades de mejora en el empleo y la mejora de las condiciones de trabajo
- Vulnerabilidad (social) del área

#### 3- Criterio económico

Sin duda uno de los criterios más relevantes, abarcando cuestiones como:

- Costes de construcción y de capital
- Costes de operación y mantenimiento
- Rentabilidad y comerciabilidad de productos resultantes
- Plan financiero

#### 4- Criterio técnico

Engloba todo lo relacionado con la capacidad de procesamiento de residuos, su manejo y evolución futura:

- Posibilidad real de implementación

- Robustez
- Facilidad de ampliación
- Grado de especialización de los empleados
- Adaptabilidad a sistemas existentes

En la tabla 3.7 se adopta una puntuación mediante escala numérica con los siguientes significados para cada valor.

**Tabla 3.7:** Significados de la cuantificación de preferencias de Saaty. **Fuente:** (Bleda, 2017)

Preferencia cuantitativa	Preferencia cualitativa
1	Igual
3	Moderada
5	Esencial
7	Manifiesta
9	Extrema
2,4,6,8	Posibles niveles intermedios

Por lo que se procede a construir la matriz de comparación de pesos relativos que se muestra en la tabla 3.8 y figura 3:7.

**Tabla 3.8:** Comparación de pesos relativos. **Fuente:** Elaboración propia.

	Medioambiental	Socio-Cultural	Económico	Técnico
Medioambiental	1	4	3	9
Socio-Cultural	1/4	1	1/3	5
Económico	1/3	3	1	8
Técnico	1/9	1/5	1/8	1

$$\begin{bmatrix}
 1 & 4 & 3 & 9 \\
 0.25 & 1 & 0.33333333 & 5 \\
 0.33333333 & 3 & 1 & 8 \\
 0.11111111 & 0.2 & 0.125 & 1 \\
 1.69444444 & 8.2 & 4.45833333 & 23
 \end{bmatrix}$$

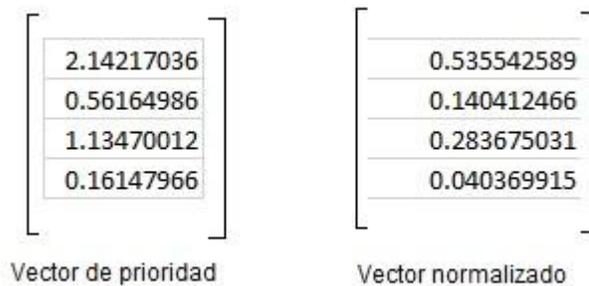
**Figura 3:7:** Matriz de Comparación de Criterios. **Fuente:** Elaboración propia

Para determinar el vector de prioridad, se realiza a partir de la matriz de prioridades la cual se muestra en la figura 3.8.

0.59016393	0.48780488	0.6728972	0.39130435
0.14754098	0.12195122	0.07476636	0.2173913
0.19672131	0.36585366	0.22429907	0.34782609
0.06557377	0.02439024	0.02803738	0.04347826

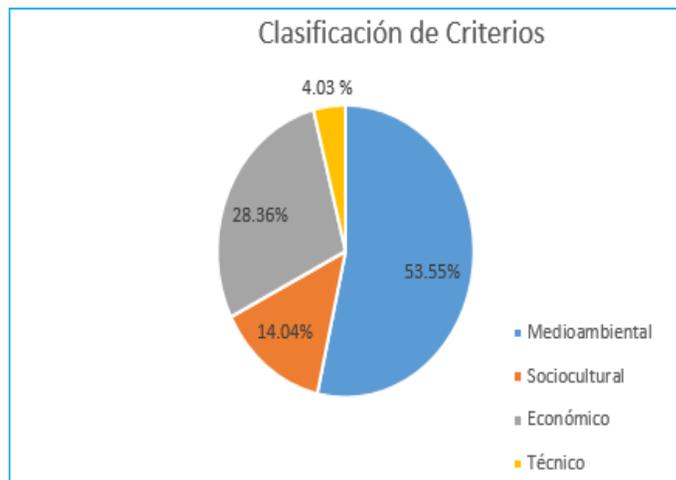
**Figura 3.8:** Matriz de prioridades para los criterios. **Fuente:** Elaboración propia.

Dando como resultado el vector prioridad y el vector normalizado que se muestran a continuación.



**Figura 3.9:** Vector prioridad y el vector normalizado para los criterios. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.10 se muestra la clasificación de cada criterio donde se evidencia que el criterio medioambiental es el de mayor peso con un 53.55% seguido por el criterio económico con un 28.36.



**Figura 3.10:** Clasificación de cada criterio. **Fuente:** Elaboración propia.

El valor propio de la matriz es 4.17036235 ( $\lambda$ ), y la matriz es consistente con un índice de consistencia (IC) de 0.05678745 y una relación de consistencia (RC) de 0.06309717, al ser este valor menor que 0.1 es señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

En esta investigación se consideraron cuatro criterios por lo que se hace necesario relacionar cada criterio con las tecnologías planteadas.

- Criterio Medioambiental

**Tabla 3.9:** Valoración del criterio medioambiental para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Alternativa	Separación (manual o mecanizada)	Proceso de oxidación térmica	Tratamiento Mecánico-Biológico	Pirólisis
Separación (manual o mecanizada)	1	2	1/3	6
Proceso de oxidación térmica	1/2	1	1/5	4
Tratamiento Mecánico-Biológico	3	5	1	9
Pirólisis	1/6	1/4	1/9	1

1	2	0,33333333	6
0,5	1	0,2	4
3	5	1	9
0,16666667	0,25	0,11111111	1
4,66666667	8,25	1,64444444	20

**Figura 3.11:** Matriz de valoración del criterio medioambiental para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Para determinar el vector de prioridad, se realiza a partir de la matriz de prioridades la cual se muestra en la figura 3.12.

0,21428571	0,24242424	0,2027027	0,3
0,10714286	0,12121212	0,12162162	0,2
0,64285714	0,60606061	0,60810811	0,45
0,03571429	0,03030303	0,06756757	0,05

**Figura 3.12:** Matriz de prioridades para la valoración del criterio medioambiental para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Dando como resultado el vector prioridad y el vector normalizado que se muestran a continuación.

0,95941266	0,23985316
0,5499766	0,13749415
2,30702586	0,57675646
0,18358488	0,04589622

Vector de prioridad

Vector normalizado

**Figura 3.13:** Vector prioridad y el vector normalizado para la valoración del criterio medioambiental para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

En el anexo 12 (a) se muestra la clasificación de la valoración del criterio medioambiental para alternativas donde se evidencia que el Tratamiento Mecánico-Biológico es el de mayor peso con un 57.67% seguido por la Separación (manual o mecanizada) con un 23.98%.

El valor propio de la matriz es 4.07862611 ( $\lambda$ ), y la matriz es consistente con un índice de consistencia (IC) de 0.0262087 y una relación de consistencia (RC) de 0.02912078, al ser este valor menor que 0.1 es señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

- Socio-Cultural

**Tabla 3.10:** Valoración del criterio Socio-Cultural para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Alternativa	Separación (manual o mecanizada)	Proceso de oxidación térmica	Tratamiento Mecánico-Biológico	Pirólisis
Separación (manual o mecanizada)	1	3	9	7
Proceso de oxidación térmica	1/3	1	6	4
Tratamiento Mecánico-Biológico	1/9	1/6	1	1/2
Pirólisis	1/7	1/4	2	1

1	3	9	7
0,33333333	1	6	4
0,11111111	0,16666667	1	0,5
0,14285714	0,25	2	1
1,58730159	4,41666667	18	12,5

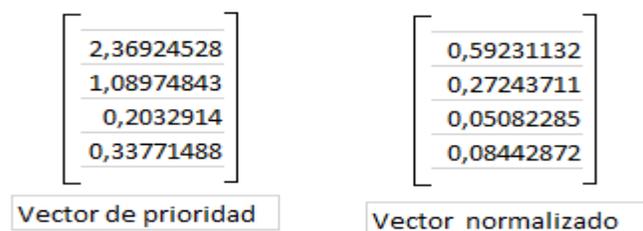
**Figura 3.14:** Matriz de valoración del criterio Socio-Cultural para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Para determinar el vector de prioridad, se realiza a partir de la matriz de prioridades la cual se muestra en la figura 3.15.

0,63	0,67924528	0,5	0,56
0,21	0,22641509	0,33333333	0,32
0,07	0,03773585	0,05555556	0,04
0,09	0,05660377	0,11111111	0,08

**Figura 3.15:** Matriz de prioridades para la valoración del criterio Socio-Cultural para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Dando como resultado el vector prioridad y el vector normalizado que se muestran a continuación.



**Figura 3.16:** Vector prioridad y el vector normalizado para la valoración del criterio Socio-Cultural para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

En el anexo 12 (b) se muestra la clasificación de la valoración del criterio Socio-Cultural para alternativas donde se evidencia que la Separación (manual o mecanizada) es el de mayor peso con un 59.23% seguido por el Proceso de oxidación térmica con un 27.24

El valor propio de la matriz es 4.0663311 ( $\lambda$ ), y la matriz es consistente con un índice de consistencia (IC) de 0.02211037 y una relación de consistencia (RC) de 0.02456708, al ser este valor menor que 0.1 es señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

- Económico

**Tabla3.11:** Valoración del criterio Económico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Alternativa	Separación (manual o mecanizada)	Proceso de oxidación térmica	Tratamiento Mecánico-Biológico	Pirólisis
Separación (manual o mecanizada)	1	3	6	1/3
Proceso oxidación térmica	1/3	1	3	1/6
Tratamiento Mecánico-Biológico	1/6	1/3	1	1/9
Pirólisis	3	6	9	1

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 & 0,33333333 \\ 0,33333333 & 1 & 3 & 0,16666667 \\ 0,16666667 & 0,33333333 & 1 & 0,11111111 \\ 3 & 6 & 9 & 1 \\ 4,5 & 10,3333333 & 19 & 1,61111111 \end{bmatrix}$$

**Figura 3.17:** Matriz de valoración del criterio Económico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Para determinar el vector de prioridad, se realiza a partir de la matriz de prioridades la cual se muestra en la figura 3.18.

$$\begin{bmatrix} 0,22222222 & 0,29032258 & 0,31578947 & 0,20689655 \\ 0,07407407 & 0,09677419 & 0,15789474 & 0,10344828 \\ 0,03703704 & 0,03225806 & 0,05263158 & 0,06896552 \\ 0,66666667 & 0,58064516 & 0,47368421 & 0,62068966 \end{bmatrix}$$

**Figura 3.18:** Matriz de prioridades para la valoración del criterio Económico para alternativas.

**Fuente:** Elaboración propia.

Se vio como resultado el vector prioridad y el vector normalizado mostrado a continuación.

$\begin{bmatrix} 1,03523083 \\ 0,43219128 \\ 0,1908922 \\ 2,34168569 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,25880771 \\ 0,10804782 \\ 0,04772305 \\ 0,58542142 \end{bmatrix}$
Vector de prioridad	Vector normalizado

**Figura 3.19:** Vector prioridad y el vector normalizado para la valoración del criterio Económico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

En el anexo 12 (c) se muestra la clasificación de la valoración del criterio Económico para alternativas donde se evidencia que la Pirólisis es el de mayor peso con un 58.54% seguido por la Separación (manual o mecanizada) con un 25.88%.

El valor propio de la matriz es 4.08205147 ( $\lambda$ ), y la matriz es consistente con un índice de consistencia (IC) de 0.02735049 y una relación de consistencia (RC) de 0.03038943, al ser este valor menor que 0.1 es señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

- Técnico

**Tabla 3.12:** Valoración del criterio Técnico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Alternativa	Separación (manual o mecanizada)	Proceso de oxidación térmica	Tratamiento Mecánico-Biológico	Pirólisis
Separación (manual o mecanizada)	1	1	1/6	1/8
Proceso oxidación térmica	1	1	1/7	1/9
Tratamiento Mecánico-Biológico	6	7	1	1/2
Pirólisis	8	9	2	1

1	1	0,16666667	0,125
1	1	0,14285714	0,11111111
6	7	1	0,5
8	9	2	1
16	18	3,30952381	1,73611111

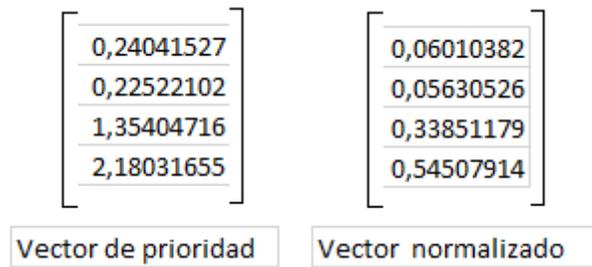
**Figura 3.20:** Matriz de valoración del criterio Técnico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Para determinar el vector de prioridad, se realiza a partir de la matriz de prioridades la cual se muestra en la figura 3.21.

0,0625	0,05555556	0,05035971	0,072
0,0625	0,05555556	0,04316547	0,064
0,375	0,38888889	0,30215827	0,288
0,5	0,5	0,60431655	0,576

**Figura 3.21:** Matriz de prioridades para la valoración del criterio Técnico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

Dando como resultado el vector prioridad y el vector normalizado que se muestran a continuación.



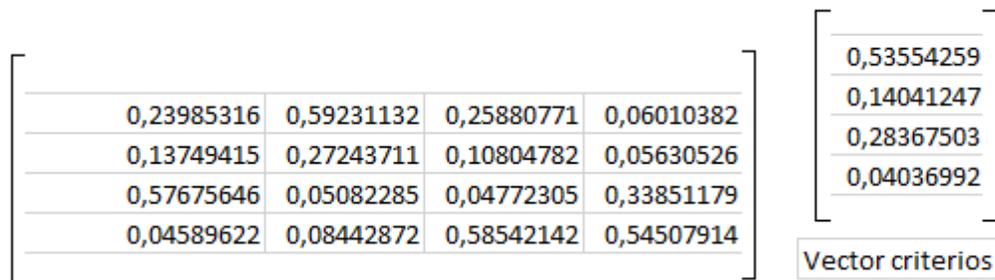
**Figura 3.22:** Vector prioridad y el vector normalizado para la valoración del criterio Técnico para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.

En el anexo 12 (d) se muestra la clasificación de la valoración del criterio Técnico para alternativas donde se evidencia que la pirólisis es el de mayor peso con un 54.50% seguido por el Tratamiento Mecánico-Biológico con un 33.85%.

El valor propio de la matriz es 4.02492617 ( $\lambda$ ), y la matriz es consistente con un índice de consistencia (IC) de 0.00830872 y una relación de consistencia (RC) de 0.00923191, al ser este valor menor que 0.1 es señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

Una vez obtenidos los vectores de la priorización de las alternativas para cada uno de los criterios: medioambiental, socio-cultural, económico y técnico, se procedió a la etapa final que es la selección de la tecnología para el sistema de tratamiento.

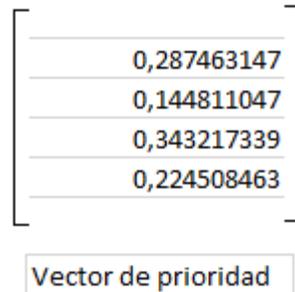
- Comparación de alternativas y orden de preferencias



**Figura 3.23:** Matriz y vector de criterios normalizado para la clasificación final de alternativas.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como resultado el vector de prioridad normalizado que se muestra a continuación.



**Figura 3.24:** Vector de prioridad normalizado. **Fuente:** Elaboración propia.

Así, los resultados reflejan que la tecnología de gestión de residuos que mejor desempeño demuestra es el Tratamiento Mecánico-Biológico, como se muestra en el anexo 13. El resto de alternativas quedan como sigue:

- En segundo lugar, con un 28.74% menos de atractivo, el tratamiento mediante separación (manual o mecanizada).
- En tercer lugar, con un 22.45% menos de atractivo, la pirólisis.
- En último lugar y con un 14.48% menos de atractivo, el tratamiento mediante el proceso de oxidación térmica.

### 3.3.2.3 Tecnología Tratamiento Mecánico Biológico

El Tratamiento Mecánico-Biológico es una tecnología de pre-tratamiento de residuos sólidos y manejo especial. Armoniza la clasificación, tratamiento mecánico y tratamiento biológico de la porción orgánica de los residuos. El fin primordial es eliminar las contaminaciones a la atmósfera (biogás) y al subsuelo (lixiviados). El potencial riesgo de biogás para el cambio climático es veintiuna veces más alto que el del dióxido de carbono. Llamado en ocasiones TBM (Tratamiento Biológico Mecánico) se refiere al orden del tratamiento.

Los residuos entregados se someten a tratamiento mecánico y de homogeneización. En el primero, la degradación ocurre por microorganismos aeróbicos y se logra una descomposición casi completa que ocurrirá en un periodo de nueve meses aproximadamente. Se puede emplear, como alternativa, la implementación del tratamiento biológico en dos etapas. La primera, comprendería el tratamiento biológico anaeróbico y enseguida, la segunda etapa de tratamiento aerobio hasta obtener las características apropiadas para proceder al relleno sanitario final.

Los residuos orgánicos recolectados separadamente se transfieren en abono para la agricultura. Los residuos tratados contienen una elevada concentración de materiales re-  
aprovechables para generar energía o el reciclaje.

### 3.3.2.4 Valorización energética y valor calorífico de la tecnología mecánico- biológico en el municipio de Cienfuegos

Para la tecnología propuesta TMB se realiza la valorización energética y el valor calorífico de los RSU a tratar en el municipio de Cienfuegos, solo se considerarán los RSU de clasificación orgánico, pues requieren un tratamiento rápido.

El municipio de Cienfuegos genera según la tabla 3.13 los siguientes RSU orgánicos.

**Tabla 3.13:** Residuos Sólidos Urbanos orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos, 2017. **Fuente:** Elaboración propia.

RSU orgánicos generados en el municipio	UM	diarios	mensual	anual
	Mm <sup>3</sup>	0.3567	13.079	156.948
	ton	48.54	1 780	21 360
	kg	48 540	1 780 000	21 360 000

- Valorización energética

La valorización energética es la estimación de los RSU potencialmente valorizado para la generación de la energía, para el TMB se considera entre 5200 – 6000 kcal/kg es equivalente a 24. 28 MJ/kg (Atabella, J.E.; Colomer, F.J. y Gallardo, A., 2016). Por la que la valorización energética para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos en el año 2017 es la siguiente:

**Tabla 3.14:** Valorización energética para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Valorización energética	UM	Valor
diaria	MJ	1 178 551,2
mensual	MJ	43 218 400
anual	MJ	518 620 800

- Valor calorífico

El valor calorífico considera la obtención de biogás a través de los RSU orgánicos, es necesario mencionar que el biogás se utiliza para la cocción de alimentos, iluminación de naves y viviendas, quemado en calderas de procesos industriales, alimentación de motores de combustión interna de transporte, bombeo o generación de energía eléctrica (Guardado, 1999;

González y Almeida, 2007). Donde se plantea que el biogás tiene un valor calorífico entre 4700-5500 kcal/m<sup>3</sup> y 1m<sup>3</sup> de biogás es equivalente a 1,25 – 1,6 kW y a 0.7 kg de petróleo.

Para los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos el valor calorífico se muestra en la tabla 3.15.

**Tabla 3.15:** Valor calorífico de los RSU orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Período	RSU orgánicos (m <sup>3</sup> )	Valor calorífico para generación de energía eléctrica (kW)		Valor calorífico equivalente a petróleo (kg)	Valor calorífico equivalente a petróleo (ton)
		mínimo	máximo		
día	356.7	445.875	570.72	249.69	0.24969
mes	13079	16348.75	20926.4	9155.3	9.1553
año	156948	196185	251116.8	109863.6	109.8636

Esta tecnología posibilita un ahorro al país, representando al año 196.185 MW a 251.1168MW, lo que equivale en petróleo una reserva de 109.8636 ton y a nivel monetario se economizarían teniendo en consideración que el costo total del MWh entregado en el año 2016 según datos aportados por la OBE fue de 203,73 pesos/ MWh representando un rango de ahorro entre 51 160.03 - 39 968.77 pesos por generación de energía eléctrica y un ahorro por petróleo no consumido de 54730,25 USD, los RSU son la potencialidad energética en el desarrollo del municipio de Cienfuegos.

### 3.3.3 Implementación de la acción de mejora

En la Estrategia de Desarrollo Económico Social Municipal (EDESME) de Cienfuegos se hace necesaria la incorporación de una línea estratégica que responda a la sostenibilidad energética, en la actualidad la EDESME se encuentra en fase de elaboración por un grupo multidisciplinario donde intervienen una serie de actores, los mismos se relacionan a continuación:

- Presidente Asamblea Municipal del Poder Popular (AMPP)
- Vicepresidente AMPP
- Secretaría AMPP- Consejo Administración Municipal (CAM)
- Grupo de trabajo Municipal de Desarrollo Local (GTMDL)-CAM
- Universidad de Cienfuegos
- Presidentes Consejos Populares
- Delegados del Poder Popular

- Medios de Comunicación Masivos
- Comisiones de la AMPP
- Actores locales (Economía y Planificación, CITMA, Planificación Física, Otros).

Este grupo realiza una propuesta de visión de desarrollo del municipio quedando enunciada de la siguiente manera:

Visión de desarrollo del municipio:

“Los cienfuegueros aspiramos a un municipio socialista próspero. Con un desarrollo turístico, industrial y agropecuario sostenible. Gestor del desarrollo local en la diversificación económica de la actividad productiva y de servicios, en condiciones higiénico-sanitarias satisfactorias, con el patrimonio cultural y natural conservado, vida cultural activa, con calidad de vida y valores cívicos fortalecidos”.

Quedan definidas las potencialidades y barreras dentro de la EDESM, de ellas las que se relacionan con la sostenibilidad energética local se muestra en el anexo 14.

Según las características municipales y también en estudios realizados en consenso con el gobierno municipal, debe incorporarse la potencialidad relacionada con los RSU como elemento de las FRE a la matriz energética dentro del municipio. En la tabla 3.16 se muestra la propuesta de la línea estratégica No.4 “Gestión energética y medioambiental” que responde a la sostenibilidad energética local.

**Tabla 3.16:** Líneas estratégicas del municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos del Grupo de Proyectos del CAM.

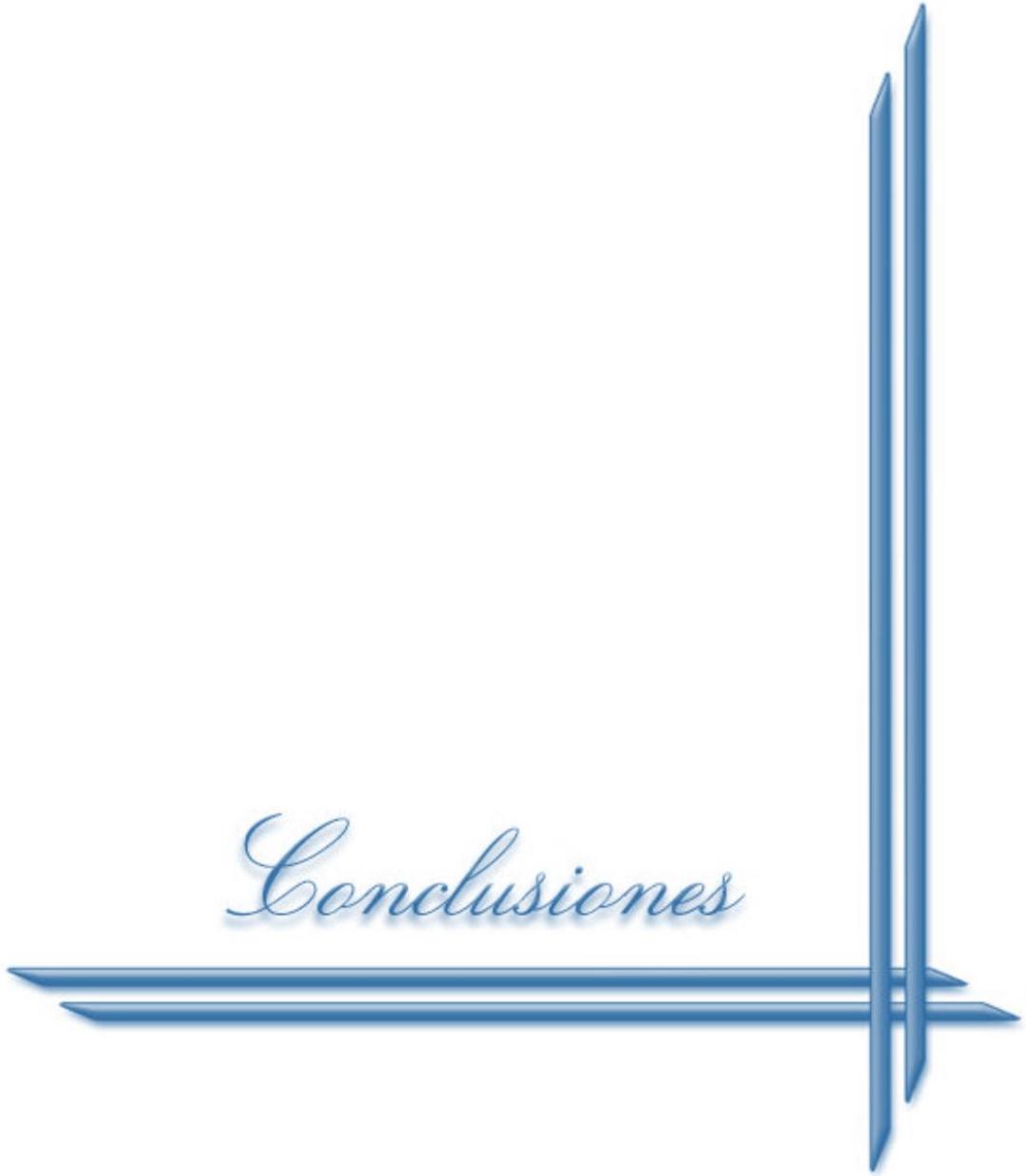
Líneas Estratégicas del Municipio de Cienfuegos	
Línea estratégica No. 1	Producción de alimentos
Línea estratégica No. 2	Transformación económica productiva y de servicios e inserción internacional.
Línea estratégica No. 3	Gestión del conocimiento, la innovación y la comunicación.
Línea estratégica No. 4	Gestión energética y medioambiental.
Línea estratégica No. 5	Gestión del Gobierno Local para el desarrollo local.

La línea estratégica Gestión energética y medioambiental, posibilita la incorporación de proyectos enfocados en la GEL, tales como:

1. Proyecto titulado: "Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera. (III Fase)": Este proyecto tributa al mejoramiento del Hábitat y la gestión eficiente de la de Energía y el Medio Ambiente, temas identificados en las Líneas Directrices para la Colaboración Internacional aprobadas por el Consejo de la Administración Municipal de Cienfuegos dentro de la Estrategia de Desarrollo Local, y se corresponde con las Líneas Prioritarias para el Desarrollo Territorial de la Provincia potencializando el desarrollo económico territorial a través de proyectos locales, desde las oportunidades y potencialidades endógenas hacia la sostenibilidad del territorio: Desarrollados procesos de articulación para continuar preservando el desarrollo social-comunitario y el ambiente a partir de la mejora de la estructura de la cobertura de saneamiento de las aguas servidas e incrementar el tratamiento del residual doméstico, fortalecer el sistema de higiene en el área de los desechos sólidos urbanos.

2. Proyecto titulado: "Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local. Fase II". Responde a las necesidades detectadas en su ejecución, pues la validación se realizó en un municipio y existe la necesidad de extenderlo a los restantes municipio de la Provincia de Cienfuegos, agregando que la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) ha mostrado su interés en continuar el proyecto y extenderlo en tiempo, aplicación y recursos. Además, el Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local, en su ejecución ha identificado y está en la elaboración de dos proyectos que responden al Programa Eficiencia y Conservación Energética.

*Conclusiones*



## Conclusiones generales

1. La generación de residuos sólidos urbanos, a nivel mundial, alcanza niveles alarmantes, dado por: el crecimiento poblacional, esquemas y patrones de vida que asocian erróneamente conceptos como calidad de vida. En Cuba, la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) se realiza mediante el presupuesto municipal, asociada a un servicio de recolección deficiente y una disposición final en vertederos a cielo abierto, con el menor costo de operación, pero el mayor impacto ambiental.
2. En el municipio de Cienfuegos se han realizado estudios sobre la gestión energética local sin embargo, existen deficiencias que afectan la GEL en los gobiernos municipales provocadas por causas como: una línea base energética municipal sin validar, el consumo de energía eléctrica difiere de lo real, la existencia de pocos proyectos de DL que incorporen las FRE, la necesidad en la EDESM de la línea estratégica relacionada con la sostenibilidad energética local entre otras, especial atención merece que no se evidencia en el municipio la relación entre la contaminación por RSU y la GEL.
3. Se propuso una tecnología para el tratamiento de RSU donde se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico, a partir de comparaciones y determinación de criterios como: medioambiental, económico, social y técnico con varias alternativas y se obtuvo como resultado que la tecnología óptima es el tratamiento mecánico- biológico, que para los residuos sólidos urbanos orgánicos generados en el municipio de Cienfuegos posee un nivel de valorización energética al año de 518 620 800 MJ y un nivel calorífico para la generación de energía eléctrica entre 196185 kW y 251116.8 Kw, equivalente a petróleo de 109 ton; lo que representaría al año un ahorro de 51 160.03 - 39 968.77 pesos y un ahorro de 54730,25 USD.
4. Se logró la propuesta de una línea estratégica, Gestión energética y medioambiental, que responde a la sostenibilidad energética municipal donde se incorporan como potencialidad los residuos sólidos urbanos dentro de los elementos de desarrollo local y se propicia la incorporación, a la cartera de

proyectos municipales, los proyectos Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera (III Fase) y Modelo de Gestión Energética en los órganos cubanos de gobierno local. Fase II.

*Recomendaciones*



### **Recomendación**

Incorporar al proyecto Gestión de residuos sólidos urbanos en la localidad cienfueguera (III Fase), que responde a la línea estratégica No. 4: la valoración energética y calorífica.

# *Bibliografia*



## Bibliografía

- (20 diciembre 2017). Caminos de la Energía Renovable en Cuba. *Periódico Digital Granma*. Recuperado de: <http://mesaredonda.cubadebate.cu/noticias/2017/12/20/caminos-de-la-energia-renovable-en-cuba/>
- Agencia Internacional de Energías Renovables. (2017). Informe Renewable Energy Capacity Statistics, *Difundido por IRENA* con fecha 30 de marzo. Recuperado de: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2017.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2017.pdf)
- Agencia Internacional de la Energía (AIE). La capacidad mundial de las fuentes renovables para producir energía eléctrica supera a la del carbón <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37771100>
- Agüero, O. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Cen y Rancho Luna*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Arellano, D. (2013). Propuesta para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio valera del estado trujillo. Doctorate of Science in Civil Engineering Project and Construction Management.
- Aristizabal, C. & SÁCHICA, M. S. (2013). El aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios no tóxicos en Bogotá D.C. Recuperado de: <http://www.ambitojuridicores.com>.
- Atabella, J. E., Colomer, F. J. & Gallardo, A. (2016). Herramienta de cálculo para el diseño y explotación de vertederos. XV Conferencia ATEGRUS sobre vertederos controlados.
- Aureliano, G. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Buena Vista, Tulipán y La Barrera*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Ávila, F. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Caonao, Pepito Tey y Guaos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Bejerano, P. G. (2017) Política de privacidad y normas de uso. *World Economic Forum*. Recuperado de: <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/06/asi-estan-las-energias-renovables-en-el-mundo>
- Bernache, P. G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales,

- Sociedad y ambiente, México. El Colegio de la Frontera Sur, 1(7):72-101. Recuperado de: <http://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/1592>
- Blanco, M. & Santana, F. (2017). *Diseño de indicadores energéticos para el sector residencial en el municipio de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Bleda, S. (2017). Estudio de alternativas de tratamiento y eliminación de residuos sólidos urbanos. Aplicación a un plan zonal de gestión de la comunidad Valenciana. Universidad politécnica de Valencia.
- Borroto, A. (2002). Gestión energética empresarial. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Camacho, L. (2016). Cuba en camino de renovar su matriz energética. *Semanario Económico y Financiero de Cuba*.
- Cantero, A. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio Consejos Populares San Lázaro, Centro Histórico y Reina*. (Trabajo de Diploma Inédito), Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. (2017) (CNGMD) 2017) Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/372657415/Resultados-del-Censo-Nacional-de-Gobiernos-Municipales-y-Delegacionales-2017>
- Centro de Información para la Prensa de la Unión de Periodistas de Cuba. Dirección: Territorial y General Suárez, Plaza de la Revolución, La Habana | Teléfono: 882-0712. E-mail: servicios@cip.cu. Recuperado de: <http://revolucioncubana.cip.cu/logros/desafios-del-desarrollo-economico/estrategia-y-politicas-de-cuba-con-respecto-al-uso-de-fuentes-de-energia-alternativa/>
- CEPAL. (2016). Comisión Económica para América Latina y el Caribe página web de las Naciones Unidas. Recuperado de: [www.un.org/sustainabledevelopment/es](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es)
- Cid, C, A.T. (2016). Análisis técnico económico de planta térmica de generación de energía eléctrica a partir de residuos sólidos municipales para Santiago de Chile. Recuperado de: [http://biblio.uchile.cl/client/es\\_ES/sisib/search/results;jsessionid=4CAE3B1D838E18783EFA17048FE280BF?qu=Energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica&ic=true&ps=300](http://biblio.uchile.cl/client/es_ES/sisib/search/results;jsessionid=4CAE3B1D838E18783EFA17048FE280BF?qu=Energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica&ic=true&ps=300)
- Correa, J. (2011). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos* (Tesis de Maestría Eficiencia Energética). Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios de

- Energía y Medioambiente. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez.”. Recuperado de: <http://biblioteca.ucf.edu.cu>.
- Correa, J. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería energética.*, 35(1): 38 Recuperado de: <http://biblioteca.ucf.edu.cu>.
- Correa, J., Cabello, J., Nogueira, D., Rodríguez, S., Campillo, E. & Cruz, A. (2016). Diagnostico al consumo de energía eléctrica en el municipio de Cienfuegos: sector residencial. I Conferencia Científica Internacional, *Universo Sur*, ISBN 978-959-257-454-0
- 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>
- Correa, J., Tartabull, Y., Silva, P., Pino J.; Espinosa, A. & Rodríguez, A. (2017). *Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Cienfuegos*. (Tesina en opción al nivel del Diplomado Inédito). Universidad de La Habana, Cuba.
- Cortés, M. & Iglesias, M. (2005). Metodología para el cálculo de competencias. Universidad de Cienfuegos. *Editorial UniversoSur*
- Cruz, P. D. (2013). Manejo de residuos sólidos urbanos en Cuba. Recuperado de: <http://www.residusocub.com/>
- Cuba y su camino por alcanzar los objetivos de la Agenda 2030. Recuperado de: <http://www.granma.cu/mundo/2017-12-06/cuba-y-su-camino-por-alcanzar-los-objetivos-de-la-agenda-2030-06-12-2017-01-12-52> Gabriela Ávila Gómez
- Cuellar, E., Chiri, C. & Small, M. (2014). Plan de manejo de residuos sólidos 2014 – 2018 municipalidad distrital de ate. Asociación de municipalidades en red del Perú.
- De La Peña, A. G. M. (2011). Propuesta de un Sistema para Evaluar el Manejo de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Cienfuegos. (Tesis de maestría Inédita). Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- De La Peña, G. (2012) *Propuesta de un sistema para evaluar el manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos en Bolivia. (2011). Recuperado de: [www.anesapa.orgwp-content/uploads201407INTRODUCCION.pdf](http://www.anesapa.orgwp-content/uploads201407INTRODUCCION.pdf)
- DPPF (2012). Dirección Provincial de Planificación Física. Plan General de Ordenamiento Territorial Urbano (PGOTU), Municipio de Cienfuegos.

Energías renovables en Cuba. (2017). *Cubasolar y cubahora*. Recuperado de: <http://www.cubasolar.cu/> & [cubahora@cip.cu](mailto:cubahora@cip.cu).

Energías renovables. Agencia Internacional de la Energía. (2015). *Revista National Geographic* en su número especial del cambio climático. 10 argumentos a favor de las energías renovables-sostenibilidad para todos.

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>.

Estrategia Ambiental Nacional 2011-2015. (2015). Documento rector del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente. Pág. 10. Recuperado de: <http://www.granma.cu/cartas/2015-07-24/sobre-vertederos-municipales-informa-comunales-de-la-habana>

Fabregat, R. M.G. & Cezar L. A. (2016). Departamento de importaciones de productos plásticos. MINCEX. Revista científica CENTROS,5(2). Recuperado de: <http://www.revistacentros.com>

Fernández, L. (2016) *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio municipio de Cienfuegos, Consejos Populares Pastorita, Pueblo Griffó y Paraíso*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.

Fernández, W. (2015). Cuba construirá este año nuevos parques fotovoltaicos en varias provincias. *Cubainformacion*. Recuperado de: <http://www.cubainformacion.tv/>.

Fierro A.; Armijo C; Buenrostro O.; Valdez B. (2010) Análisis de la generación de residuos sólidos en supermercados de la ciudad de Mexicali, México.

García, M. (2017). Integrante de la Comisión Permanente de Implementación y Desarrollo. Recuperado de: <http://mesaredonda.cubadebate.cu/noticias/2017/12/20/caminos-de-la-energia-renovable-en-cuba/>

González A. 2016 Alternativas y retos para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en municipios medianos: el caso de Xicotepec, Puebla. (Tesis de maestría en administración integral del ambiente). Tijuana, B. C., México.

González, D. (2016). *Análisis para la conexión de PSFV de Rodas y otros propuestos a la red de la barra de Yaguaramas*. (Tesis de grado inédita). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética, Cuba.

- Guerrero, J. (2002). Desarrollo de un modelo de decisión para realizar la asignación presupuestal del portafolio de inversión en publicidad en General. Motors Colmotores. Bogotá, Colombia.
- Hurtado, L. (2017). *Diseño de un producto informático para la gestión de la energía del gobierno municipal de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Informe del Banco Mundial (BM) “What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management”. (2015) Recuperado de: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/302341468126264791/What-a-waste-a-global-review-of-solid-waste-management>
- International Energy Agency (IEA). 2016. Recent trends in the OECD: energy and CO2 emissions. Recuperado de: [http://www.iea.org/media/statistics/Recent Trends in the OECD.pdf](http://www.iea.org/media/statistics/Recent_Trends_in_the_OECD.pdf)
- Kimbutu, P. (2017). *Potencialidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en el municipio de Cienfuegos hasta el 2030*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Lim, E. (2012). Smart energy management for small municipalities. *Strategic Energy Innovations*.
- López, A. (20 diciembre 2017). Ministro de Energía y Minas. *Periódico Digital Granma*. Recuperado de: <http://mesaredonda.cubadebate.cu/noticias/2017/12/20/caminos-de-la-energia-renovable-en-cuba/>
- Medio Ambiente. (13 de marzo 2017). Los cinco países líderes en energías renovables. Recuperado de: *El Espectador* <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/los-cinco-paises-lideres-energias-renovables-del-2017-articulo-672197>
- Ministerio de Cultura y Educación. (2013). Gestión de residuos sólidos urbanos. Recuperado de: <http://www.gestipolis.com>.
- Molina, M. (2016). Cienfuegos continúa apostando a la energía solar. Recuperado de: [internet@granma.cu](mailto:internet@granma.cu).
- Moreno, C. (2016). Cuba 100% con energías renovables. Imperativo de las actuales generaciones de cubanas y cubanos. *En El CETER, CUJAE. La Habana-Cuba*

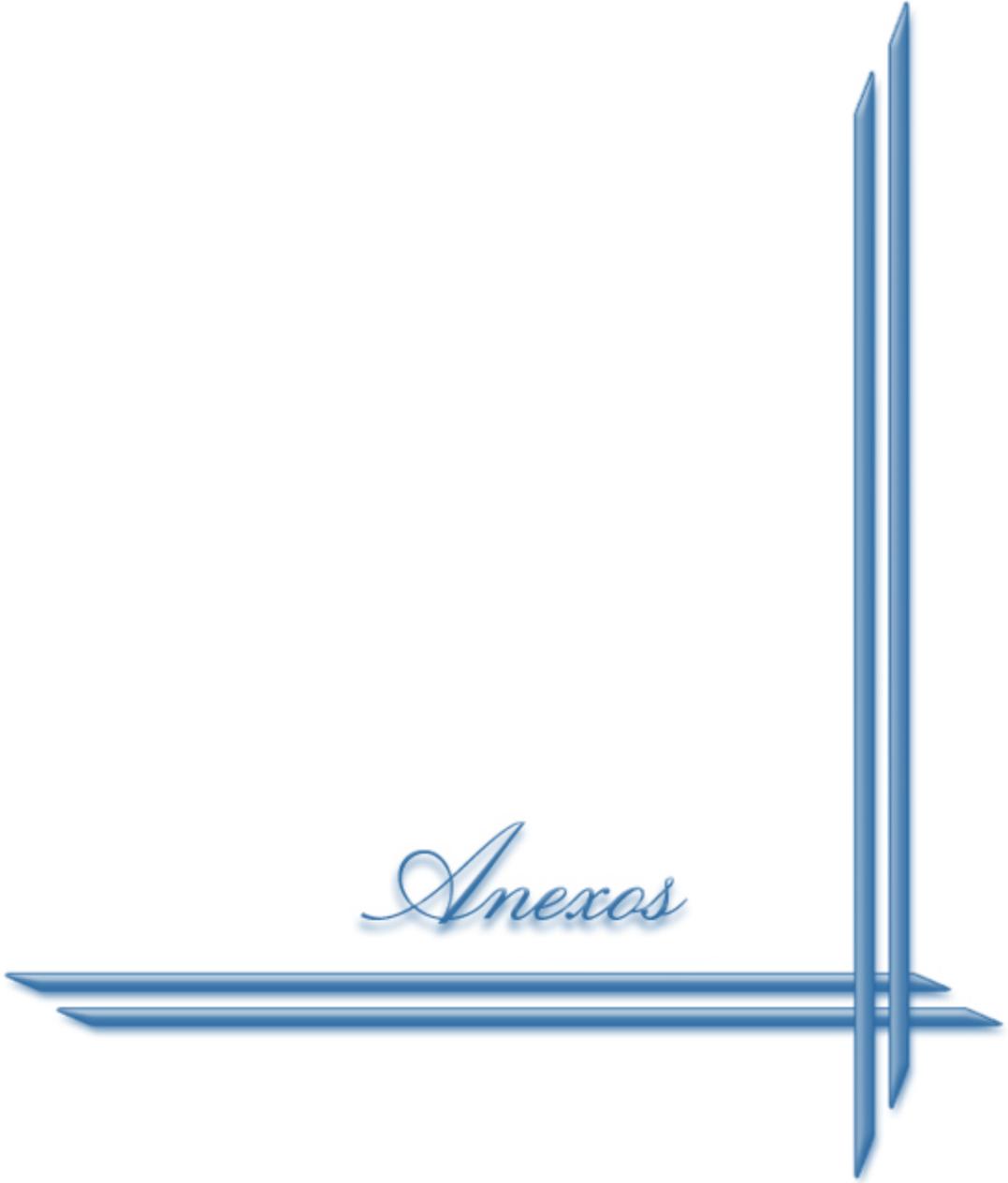
- Nfumu, K. (2017). *Matriz de fuentes renovables de energía del municipio de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial, Cienfuegos, Cuba.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2015). *Anuario Estadístico de Cuba 2014*. Recuperado de: <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2015). *Anuario Estadístico de Cuba 2014*. Recuperado de: <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. (2016). *Anuario Estadístico de Cienfuegos 2015 de la Oficina Municipal de Estadística e Información de Cienfuegos*. Recuperado de: <http://www.onei.cu>.
- Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba. *Panorama Ambiental. Cuba 2016 (ONEI 2017)*.
- ONU-HABITAT. (2015). *Temas Hábitat III. Infraestructura urbana y servicios básicos, incluida la energía*. Recuperado de: <http://www.dinero.com/economia/articulo/generacion-basura-mundo/212829>
- Ósorio, J. & Orjuela, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica*, 14(39):247-252.
- Páez, A. (2009). *Sostenibilidad urbana y transición energética. Un desafío institucional. Universidad Autónoma de México, México*.
- Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos (2016-2024). Recuperado de: [www.unpei.org/sites/default/files/library\\_documents/Solid%20Waste%20Management%20National%20Plan%20%28PLANRES%29%202016-2024%20.pdf](http://www.unpei.org/sites/default/files/library_documents/Solid%20Waste%20Management%20National%20Plan%20%28PLANRES%29%202016-2024%20.pdf)
- Portugal, J. A. (2013). *La Judicialización del Marco Espacial del Desarrollo de la Actividad Humana: Los Residuos Sólidos Urbanos*. Recuperado de: <http://www.utj.edu.exu/documentos/conf04.pdf>
- Prada, P. (2016) *Metodología para la selección del sistema de tratamiento térmico de los residuos peligrosos generados en la actividad hidrocarburífera en la provincia de Neuquén*. (Tesis Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mención Ambiente) Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Promedio calculado a partir de la tabla "Volumen de desechos sólidos recolectados por provincias". *Anuario Estadístico de Cuba 2014*. Edición 2015. Oficina Nacional de Estadística e Información. Recuperado de: <http://www.onei.cu>
- Puig, Y. (2014). *Tomando el pulso de la economía cubana*. *Periodico Granma*. Recuperado de: <http://www.granma.cu/cuba/2014-06-22/tomando-el-pulso-de-la-economia-cubana>.

- Ramos, R. (2017). Discusión de los ODS en clave rural y en el ámbito de Bolivia. Recuperado de: <http://boliviarural.org/component/opiniones/opinione/708-ods-11-discusion-de-los-ods-en-clave-rural-y-en-el-ambito-de-bolivia-lograr-que-las-ciudades-y-los-a.html>
- Ramos, S. (2017). El mercado de la gestión de residuos en China. Recuperado de: [www.ivace.es/Internacional/Informes/Publicaciones/Pa%C3%ADses/China\\_y\\_Hong-Kong/China\\_gestion\\_de\\_residuos\\_ICEX2017.pdf](http://www.ivace.es/Internacional/Informes/Publicaciones/Pa%C3%ADses/China_y_Hong-Kong/China_gestion_de_residuos_ICEX2017.pdf)
- Revé. (2016). Avanza Cuba en el empleo de energías renovables. *Cubahora*. Recuperado de: <http://www.evwind.com/>.
- Revé. (2016). Energías renovables y ahorro energético en Cuba. *Cubahora*. Recuperado de: <http://www.cubahora.cu>.
- Roda, C. (2017) Bases para la convocatoria a las sesiones del data room [www.rivera.gub.uy/portal/wp-content/uploads/2017/10/Bases-de-llamado-a-Data-Room-IBA-231017-rev-20171023-3-IBA.pdf](http://www.rivera.gub.uy/portal/wp-content/uploads/2017/10/Bases-de-llamado-a-Data-Room-IBA-231017-rev-20171023-3-IBA.pdf)
- Rodríguez, J. (2014). Cuba y sus perspectivas energéticas, una revisión reciente (II). *Cubadebate*. Recuperado de: <http://www.cubadebate.cu/>.
- Rodríguez, S. (2016). *Procedimiento para el diagnóstico energético en los municipios. Caso de estudio en el municipio de Cienfuegos, consejos populares de Punta Gorda y Junco Sur*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial, Cienfuegos, Cuba.
- Roqueta, R. (2014). *Procedimiento de cálculo para la ubicación de paneles fotovoltaicos*. (Trabajo de Diploma inédito). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética, Santa Clara, Cuba.
- Saaty, T. (2001). *The seven pillars of the Analytic Hierarchy Process, Chapter 2*. Springer: Murat Köksalan and Stanley Zionts.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Ed. McGraw-Hill, New York, EU.
- Sabina, R. Y. (2013). *Gestión Ambiental y Sostenibilidad-Logística inversa de los residuos en la empresa gráfica de Villa Clara*. Recuperado de: <http://www.gestiopolis.com>
- Sánchez, A. J. E. (2015). “El reciclaje de los residuos plásticos y sus oportunidades para Cuba”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Recuperado de: <http://xn--caribea-9za.eumed.net/2015/04/reciclaje.html>
- Santana, H. (2013). *Determinación de la incidencia de la instalación de nuevos parques fotovoltaicos en la red de 33kV de Yaguaramas*. (Tesis de grado inédita). Universidad

Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética, Santa Clara, Cuba.

- Santana, L. & Cabrisas, V. (2017). *Comportamiento del consumo de energía eléctrica en el sector estatal y de portadores energéticos en el sector residencial del municipio de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Facultad de Ciencias Económicas y Empresarial. Cienfuegos, Cuba.
- Santiago, R C. Estructura económica de Cuba. *Granma Internacional Revista Medio Ambiente y desarrollo. Sector Energético*. En: *La Habana*: Editorial Félix Varela, 2002. t.2.
- Tello P.; Martínez E.; Daza D.; Soulier M.; Terraza H. (2011). Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe.
- Toskano, G. (2005). El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Lima, Perú.
- Velázquez, G. (2013). *Explotación de red de 33 kV en Villa Clara con parques fotovoltaicos*. (Trabajo de Diploma Inédito). Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética, Santa Clara, Cuba.
- Wene, C. & Rydén, B. (1988). A comprehensive energy model in the municipal energy planning process. *European Journal of Operational*.

*Anexas*



## Anexos

### **Anexo 1:** Tipos de Proyectos según su clasificación. **Fuente:** (OBS, 2016.)

Cuando se habla de proyecto es necesario especificar algo más que permita definir el área o sector donde sus competencias se desarrollarán. Existen muchos tipos de proyectos, pero otros muy comunes son:

- Según el grado de dificultad que entraña su consecución:
  - a) Proyectos simples: aquellos cuyas tareas no poseen demasiada complejidad y se pueden realizar en un tiempo relativamente corto.
  - b) Proyectos complejos: demandan mayor planificación o cuyas tareas son numerosas y requieren de una organización distinta a la de un proyecto simple. El tren de alta velocidad en La Meca es un buen ejemplo.
- Según la procedencia del capital:
  - a) Proyectos públicos: se financian en su totalidad con fondos públicos o provenientes de instituciones gubernamentales.
  - b) Proyectos privados: sus aportes provienen exclusivamente de la iniciativa privada o de empresas con capital particular.
  - c) Proyectos mixtos: combinan las dos formas de financiación: la pública o de entidades estatales y la privada.
- Según el grado de experimentación del proyecto y sus objetivos:
  - a) Proyectos experimentales: exploran áreas o campos donde, hasta el momento, nadie ha realizado aportes o cuya consecución supone una apuesta por algo inédito o novedoso.
  - b) Proyectos normalizados: asumen una serie de normas o parámetros que marcan las fases de ejecución y monitorización.
- Según el sector:
  - a) Proyectos de construcción: suponen la puesta en marcha de una obra de tipo civil o arquitectónico. Por ejemplo, cuando se construyen edificios, puentes, vías ferroviarias, presas, carreteras, entre otros.
  - b) Proyectos de energía: se basan en el aprovechamiento y el uso de la energía o en el hallazgo de nuevas formas de producirla.
  - c) Proyectos de minería: consisten en la extracción de minerales, productos o materias primas que se hallan en la naturaleza.
  - d) Proyectos de transformación: se ejecutan en un escenario con el objetivo de generar una transformación de sus condiciones y características.

e) Proyectos de medioambiente: orientados al fomento de prácticas para el cuidado y la preservación de los recursos naturales y el equilibrio del planeta. Por ejemplo, iniciativas de reciclaje o de conservación de bosques.

f) Proyectos industriales: pretenden impulsar la industria en cualquiera de sus sectores a través de la elaboración de un producto o servicio.

g) Proyectos de servicios: a diferencia de los proyectos de productos, en este caso se trata de proporcionar bienes inmateriales a un tercero.

h) Proyectos de banca o finanzas: se orientan a la gestión en el campo de la banca o a las inversiones de capital. Por ejemplo, cuando una empresa compra las acciones en busca de un aumento de sus beneficios.

- Según el ámbito:

a) Proyectos de ingeniería: dirigidos al diseño y elaboración de herramientas técnicas y tecnológicas, maquinaria de uso industrial, y otra serie de elementos, en función de la especialidad.

b) Proyectos económicos: se enfocan en temas monetarios o en actividades que reporten alguna oportunidad de negocio para las empresas.

c) Proyectos fiscales: se relacionan con temas como leyes, procedimientos y reglamentos propios de la Hacienda Pública. Son propios del sector público y entidades con facultades regulatorias.

d) Proyectos legales: apuntan a la redacción y puesta en marcha de leyes en un determinado contexto, país, región o localidad.

e) Proyectos médicos: orientados al refuerzo de la salud y la sanidad y a la atención de pacientes en un lugar específico. Muchas Organizaciones No Gubernamentales (ONG) realizan proyectos de este tipo en países con necesidades de cobertura médica.

f) Proyectos matemáticos: impulsan las ideas para la publicación de teoremas académicos en este campo o que puedan tener una aplicación en la realidad.

g) Proyectos artísticos: buscan el impulso de iniciativas relacionadas con las artes plásticas, la arquitectura, el cine, la literatura, la escultura, etc.

h) Proyectos literarios: se especializan en la producción, redacción, revisión y publicación de una obra expresada en lengua escrita.

i) Proyectos tecnológicos: llevan a cabo iniciativas que poseen como principal objeto la producción de un bien tecnológico que suponga una mejora en áreas o regiones específicas. El acceso a internet en países con escaso desarrollo es un buen ejemplo de este tipo de proyectos.

j) Proyectos informáticos: se relacionan con la instalación y puesta en marcha de sistemas informáticos con determinados fines. Las empresas requieren cada cierto tiempo una actualización de dichos sistemas.

- Según su orientación:

a) Proyectos productivos: orientados a promover la producción de bienes, servicios o productos con un determinado objetivo.

b) Proyectos educativos: se focalizan en el área de la educación, cualquiera que sea el nivel de enseñanza. En España, por ejemplo, uno de los proyectos que se desarrolla en este momento es la implementación de escuelas bilingües en varias comunidades autónomas.

c) Proyectos sociales: apuntan a la mejora de la calidad de vida de una región, país o localidad. Las personas son sus principales beneficiarios.

d) Proyectos comunitarios: similares a los proyectos sociales, con la única diferencia de que las personas beneficiadas gozan de un papel activo durante la ejecución de las labores previstas.

e) Proyectos de investigación: todo aquel que disponga de medios a grupos de trabajo focalizados en la indagación y análisis de áreas o campos específicos.

- Según su área de influencia:

a) Proyectos supranacionales: se implementan en grandes regiones, que por lo general superan las fronteras nacionales y continentales. Un claro ejemplo son las iniciativas que surgen al interior de la Unión Europea.

b) Proyectos internacionales: en este caso, son proyectos que comparten dos o más países, por ejemplo, cualquier iniciativa bilateral.

c) Proyectos locales: su alcance se limita a ciertas comunidades, localidades, pueblos o comarcas. La acción es mucho más específica.

d) Proyectos nacionales: se implementan a lo largo y ancho de un territorio o país. Son propios de sistemas de gobierno centralistas en los que se marcan directrices desde la administración y el resto de territorios las adoptan.

e) Proyectos regionales: su nivel de incidencia es mayor que la de un proyecto local, pero a la vez menor que la de uno nacional. En España, las diputaciones provinciales promueven iniciativas de este tipo.

**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 consultados verdaderamente puedan aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio.

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

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

**Nombre y Apellidos:**

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

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

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$K \text{ comp.} = \frac{1}{2} (Kc + Ka)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene al multiplicar la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

Ka: 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

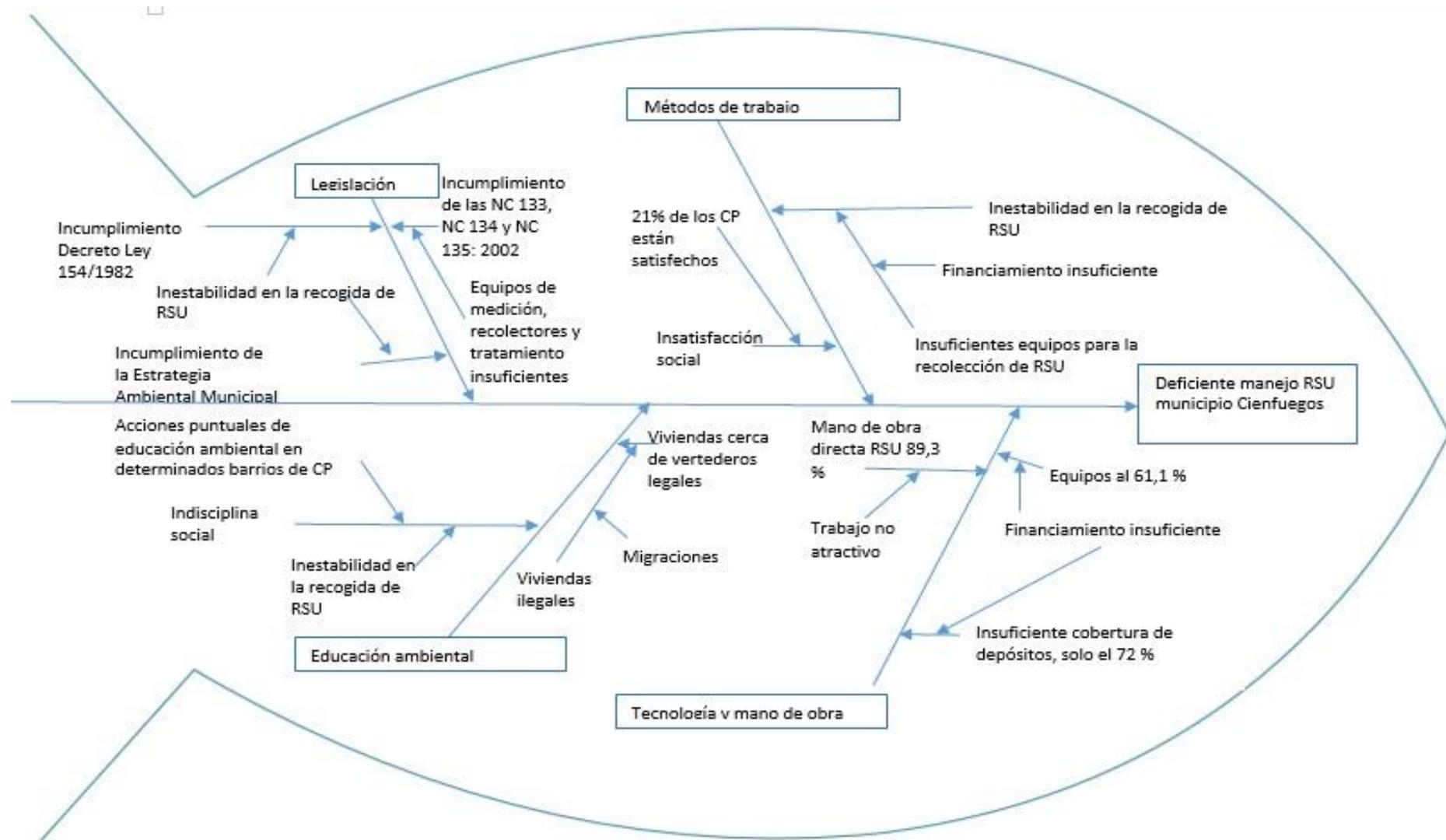
Dados los coeficientes  $K_c$  y  $K_a$  se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia  $K_{comp}$  siguiendo los criterios siguientes:

- ✓ 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  $K_{comp} \leq 0.5$

**Anexo 3:** Cálculo del coeficiente de competencia de cada experto. **Fuente:** Elaboración propia.

Expertos	Coeficiente de conocimiento ( $K_c$ )	Coeficiente de argumentación ( $K_a$ )	Coeficiente de Competencia ( $K_{comp} = K_c + K_a / 2$ )	Nivel
1	0.9	$0.2 + 0.4 + 3(0.05) + 0.04 = 0.79$	0.85	Alto
2	0.8	$0.2 + 0.4 + 4(0.05) = 0.90$	0.8	Alto
3	0.8	$0.3 + 0.5 + 0.03 + 0.04 + 0.05 + 0.04 = 0.96$	0.88	Alto
4	0.9	$0.2 + 0.4 + 3(0.05) + 0.04 = 0.79$	0.85	Alto
5	0.8	$0.2 + 0.5 + 2(0.03) + 2(0.04) = 0.84$	0.82	Alto
6	0.9	$0.2 + 0.4 + 3(0.05) + 0.04 = 0.79$	0.85	Alto
7	0.8	$0.3 + 0.5 + 0.03 + 0.04 + 0.05 + 0.04 = 0.96$	0.88	Alto
8	0.7	$0.3 + 0.4 + 0.03 + 4(0.03) = 0.79$	0.81	Alto
9	0.7	$0.3 + 0.4 + 4(0.03) = 0.76$	0.83	Alto
10	0.8	$0.2 + 0.4 + 4(0.05) = 0.90$	0.8	Alto
11	0.7	$0.2 + 0.4 + 0.05 + 3(0.04) = 0.77$	0.74	Medio

**Anexo 4:** Diagrama Causa-Efecto para el análisis causal del manejo de RSU en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



**Anexo 5:** Definiciones metodológicas de los principales indicadores para el manejo de los RSU.

**Fuente:** Elaboración propia.

Indicador	Descripción
Área total de calles existentes	Constituye el área total de calles que existen, con condiciones o sin condiciones para ser barridas.
Área de calles aptas para barrer	Constituye el área total de calles que, por sus condiciones (asfaltadas y con contenes), se haya determinado por los organismos competentes que están aptas para barrer, independientemente que se les preste el servicio o no.
Área de calles barridas	Comprende el área total de calles a las que se le prestó el servicio de barrido, ya sea manual o mecánico.
Volumen total de desechos sólidos recolectados	Constituye el total de basura recolectada de las viviendas, establecimientos, organismos, escuelas, etc., incluyendo el saneamiento
Total de vertederos	Total de vertederos existentes en el territorio, ya sean a cielo abierto o con relleno sanitario.

**Anexo 6:** Indicadores para el manejo de los RSU en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** (ONEI, 2016)

Indicadores	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área total de calles existentes	Mm <sup>2</sup>	670,2	670,2	670,2	670,2	670,2	670,2
Área total de calles aptas para barrer	Mm <sup>2</sup>	620	640	640	620	620	640,0
Área de calles barridas	Mm <sup>2</sup>	330 825,0	330 447,4	330 069,8	344 444,7	334630,6	341 671,6
Total de vertederos	U	6	6	6	6	6	6
De ello: Con tratamiento sanitario	U	5	5	5	6	5	5
Volumen total desechos sólidos recolectados	Mm <sup>3</sup>	265,9	225,7	233,6	258,0	266,0	270,3

**Anexo 7: Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMFE)**

No	Entradas	Modos de fallos	Efectos de fallo	Sev	Causas potenciales	OCC	Acciones de mejora	DET.	RPN
1	Equipos de recolección	Recogida ineficiente de los RSU en los CP	Insatisfacción social	5	Insuficientes equipos para la recolección de los RSU	10	Gestionar financiamiento para la adquisición de nuevos equipos para la recogida de RSU en el municipio	7	350
			Contaminación ambiental en los CP	6		10		8	480
2	Volumen de RSU municipal	Aumento de volumen RSU	Contaminación ambiental en los CP	6	Insuficiente tratamiento de los RSU.	10	Propuesta de una tecnología para tratamiento eficiente de las RSU municipales	9	540
			Contaminación ambiental en las zonas de vertederos	8					720
			No se clasifica en el sector residencial l los RSU	10					900
		Contaminación ambiental en las zonas de vertederos	8	720					

**Anexo 8:** Índice de la relación volumen de RSU/población por provincia, 2016. **Fuente:** Elaboración propia.

Provincia	Volumen-RSU (Mm <sup>3</sup> )	Población (hab)	Índice (Mm <sup>3</sup> / hab)	Índice (m <sup>3</sup> / hab)
Pinar del Río	837.6	588 272	0.0014	1.4
Artemisa	2 889. 9	506 203	0.0057	5.7
La Habana	7 354. 3	2 130 081	0.0034	3.4
Mayabeque	2 704. 8	381 689	0.0070	7.0
Matanzas	1 162. 6	709 707	0.0016	1.6
Villa Clara	1 125. 7	787 857	0.0014	1.4
Cienfuegos	854.3	407 695	0.0020	2.0
Sancti Spíritus	1 100. 0	466 359	0.0023	2.3
Ciego de Ávila	958	434 914	0.0022	2.2
Camagüey	1 722. 6	772 210	0.0022	2.2
Las Tunas	1 171. 7	537 221	0.0021	2.1
Holguín	1 775. 7	1 034 331	0.0017	1.7
Granma	1 988. 4	831 223	0.0023	2.3
Santiago de Cuba	2 093. 1	1 053 966	0.0019	1.9
Guantánamo	927.8	512 964	0.0018	1.8
Isla de la Juventud	129.9	84 532	0.0015	1.5

**Anexo 9:** Índice de la relación volumen de VDSR/población en el municipio de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
VDSR	Mm <sup>3</sup>	265.9	225.7	233,6	258	266	270.3	268	318
Población	U	<b>172013</b>	<b>170420</b>	<b>172055</b>	<b>173453</b>	<b>174478</b>	<b>174769</b>	176244	176244
Índice	Mm <sup>3</sup> /hab	0.0015458	0.0013244	0.0013577	0.0014874	0.0015245	0.0015466	0.0015206	0.0018043
Índice	m <sup>3</sup> /hab	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.8

**Anexo 10:** Clasificación detallada de los componentes de los residuos sólidos domiciliarios. **Fuente:**  
Elaboración propia.

Tipo	Características
1. Materia Orgánica	Restos putrescibles como los restos de animales y vegetales, provenientes generalmente de la cocina tales como cáscara de frutas entre otros
2. Madera, Follaje	Ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas productos del clima y las podas.
3. Papel	Papel blanco tipo bon, papel periódico, otros.
4. Cartón	Cajas gruesas o delgadas
5. Vidrio	Botellas transparentes, ámbar, vidrio de ventanas.
6. Plástico PET	Botellas de bebidas y gaseosas.
7. Plástico duro	Fracos, bateas, otros recipientes.
8. Bolsas	Envoltura de golosinas y bolsas plásticas
9. Tecno por y similares	Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.
10. Metal	Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero
11. Telas, Textiles	Se refiere a restos de tela y algodón
12. Caucho, cuero, jebe	
13. Pilas y Baterías	
14. Restos de medicina	Focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares
15. Residuos sanitarios	Papel higiénico, pañales y toallas higiénicas
16. Residuos inertes	Tierra, piedras y similares.
17. Otros (especificar)	Debe procurarse identificar sus componentes.

**Anexo 11: Proceso Analítico Jerárquico. Fuente:** Prada (2016).

Este método lo desarrolló el matemático Thomas L. Saaty en 1980. Es una metodología fundamentada matemáticamente que tiene en cuenta elementos cuantitativos y cualitativos en la solución de un problema.

El AHP se ha constituido como una herramienta de soporte para las decisiones, que permite estructurar de forma adecuada procesos de toma de decisiones complejas, incorpora conceptos y técnicas existentes, pero que no han sido asociadas entre sí, como: las estructuras de complejidad jerárquica, las comparaciones por pares, los juicios redundantes y los métodos de valores propios para obtener pesos y medir consistencias (Saaty, 2001).

Se fundamenta en:

- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de meta, criterios, subcriterios y alternativas)
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico
- Comparaciones binarias entre los elementos
- Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos
- Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados
- Síntesis
- Análisis de sensibilidad

Utiliza comparaciones entre pares de elementos, construye matrices a partir de estas comparaciones, y emplea elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a otro del nivel inmediato superior (Osorio & Orjuela, 2008).

**Establecimiento de Prioridades con el AHP.** El AHP, solicita, a quien toma las decisiones, señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya cada criterio. Según la información sobre la importancia relativa y las preferencias, se utiliza el proceso matemático denominado síntesis, para resumir la información y proporcionar una jerarquización de prioridades de las alternativas, en términos de preferencia global (Toskano, 2005).

**Comparación por Pares.** Para estas comparaciones se manejan escalas de razón, propuesta por Saaty (1980), en términos de preferencia, importancia o probabilidad, que van desde 1 hasta 9.

**Matriz de Comparación por Pares.** Se construyen las llamadas matrices de comparación por pares en las que se colocan los elementos en filas y columnas y se evalúan de acuerdo a la escala propuesta.

Sea **A** una matriz  $n \times n$ . Sea  $a_{ij}$  el elemento  $(i, j)$  de **A**, para  $i = 1, 2, \dots, n$ , y,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Decimos que **A** es una matriz de comparaciones pareadas de  $n$  alternativas, si  $a_{ij}$  es la medida de la

preferencia de la alternativa en el renglón  $i$  cuando se le compara con la alternativa de la columna  $j$ . Cuando  $i = j$ , el valor de  $a_{ij}$  será igual a 1, pues se compara la alternativa consigo misma.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Además se cumple que:  $a_{ij} * a_{ji} = 1$ ; es decir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

**Síntesis.** Este paso asume como objetivo la producción de un vector de pesos compuesto. En él se agregan todos los pesos relativos resultado de la matriz anterior, con el fin de determinar un rango de decisión que permite alcanzar el objetivo principal (Guerrero, 2002). El procedimiento para sintetizar los juicios se puede resumir en los siguientes pasos:

- Paso 1. Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones.
- Paso 2. Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna, a la matriz resultante se le denomina matriz de comparaciones pareadas normalizada.

Paso 3. Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos comparados.

**Matriz de Prioridades.** Se consideran las prioridades de cada criterio en términos de la meta global:

$$\begin{array}{c} \text{Meta} \\ \text{Global} \\ \text{Criterio 1} \\ \text{Criterio 2} \\ \dots \\ \text{Criterio } m \end{array} \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{bmatrix}$$

Donde  $m$  es el número de criterios y  $P'_i$  es la prioridad del criterio  $i$  con respecto a la meta global, para  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Se denomina matriz de prioridades a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Para  $m$  criterios y  $n$  alternativas se tiene:

$$\begin{array}{l}
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa } n
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{Criterio 1} & \text{Criterio 2} & \dots & \text{Criterio } m \\
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{bmatrix}$$

Donde  $P_{ij}$  es la prioridad de la alternativa  $i$  con respecto al criterio  $j$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ ; y  $j = 1, 2, \dots, m$ .

La prioridad global para cada alternativa de decisión se resume en el vector columna que resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios.

$$\begin{bmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 P_{g1} \\
 P_{g2} \\
 \dots \\
 P_{gn}
 \end{bmatrix}$$

Donde  $P_{gi}$  es la prioridad global (respecto a la meta global) de la alternativa  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

**Consistencia lógica.** El AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el tomador de decisiones. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y posiblemente modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

La consistencia implica lo siguiente:

Transitividad de las preferencias: Si C1 es mejor que C2 y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3.

Proporcionalidad de las preferencias: Si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3.

El AHP calcula la relación de consistencia **RC** como el cociente entre el índice de consistencia y el índice de consistencia aleatorio.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad \text{Donde } IC \text{ es el índice de consistencia y se calcula como sigue:} \quad IC = \frac{\lambda \max - n}{n - 1}$$

El  $\lambda$  se calcula mediante el siguiente procedimiento:

1. En la matriz de comparación por pares se multiplica cada uno de los valores por la prioridad relativa del primer elemento considerado; se multiplica cada valor de la segunda columna por la prioridad relativa del segundo elemento y así cada columna por el elemento correspondiente. Se suman los valores ubicados a lo largo de los renglones para obtener un vector de valores conocido como suma ponderada.
2. Se dividen los elementos del vector de sumas ponderadas obtenidas en el paso 1, entre el valor de prioridad correspondiente.
- 3- Se calcula la media de los valores encontrados en el paso 2; esta se identificará como  $\lambda$ .

**IA** es el índice de consistencia aleatoria, el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. Se puede mostrar que el **IA** depende del número de elementos que se comparan y asume los siguientes valores:

**Índice aleatorio (Saaty, 2001)**

N° de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio de consistencia (IA)	0.00	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Se calcula la relación de consistencia **RC**. Este cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 señalan juicios inconsistentes; es probable que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10, o menos, son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

**Anexo 12:** Clasificación de la valoración del criterio para alternativas. **Fuente:** Elaboración propia.



a) medioambiental



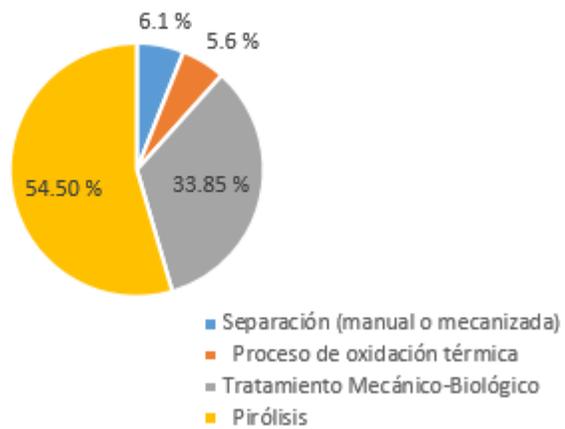
b) socio-cultural

### Clasificación de la tecnología por el criterio económico



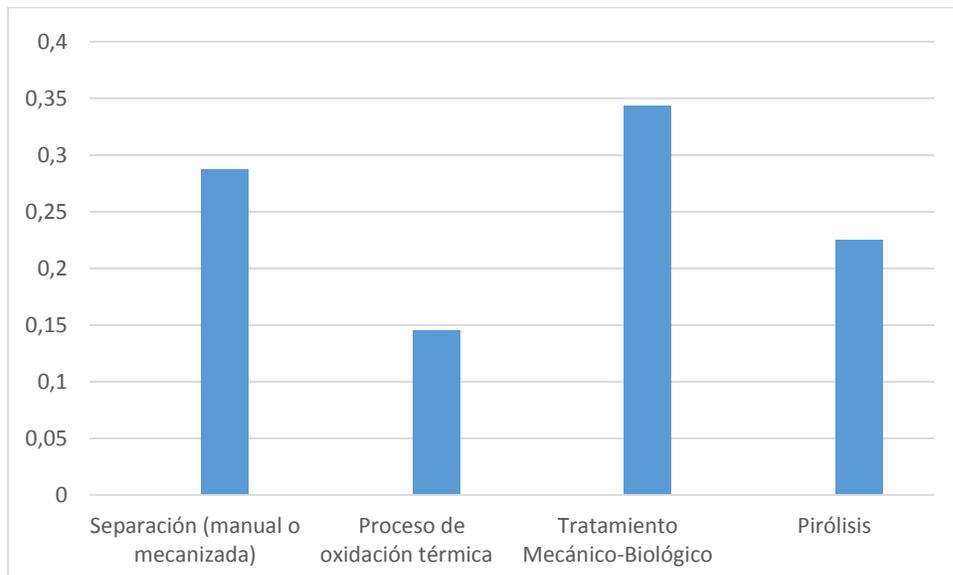
c) económico

### Clasificación de la tecnología por el criterio técnico



d) técnico

**Anexo 13:** Clasificación final de alternativas, y representación normalizada. **Fuente:** Elaboración propia.



**Anexo 14:** Propuesta de potencialidades y barreras del municipio relacionadas con la sostenibilidad energética local. **Fuente:** Elaboración propia a partir de datos del Grupo de Proyectos del CAM.

Potencialidades	Barreras
Existencia de una bahía de 88 km <sup>2</sup> y 115 km de costas.	Deterioro de la tecnología existente en las redes eléctricas y falta de fiabilidad en el sistema eléctrico.
Existencia de una sólida infraestructura industrial, especializada fundamentalmente en las ramas de la construcción, química, derivados del petróleo, entre otras factibles a ser utilizadas.	Existencia de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante los efectos del cambio climático, la incidencia de huracanes, intensas lluvias y focos con peligro de desastres tecnológicos.
Predominio de la vivienda tipo I en buen estado técnico a nivel municipal. (70%).	Deterioro del fondo habitacional con el 30% de las viviendas en regular y mal estado, así como el deterioro de edificios multifamiliares.
Existencia de atraques portuarios de cargas generales y especializadas en diferentes zonas de la bahía.	Carencia o insuficiente infraestructura técnica para asimilar el desarrollo petroquímico propuesto.
100 % de los asentamientos electrificado.	Deficiente fuerza de trabajo en actividades necesarias para el desarrollo productivo del territorio, con inestabilidad en puestos de trabajo menos atractivos en la industria, la agricultura y la construcción, fundamentalmente.
Cabecera municipal dotada con servicios de nivel medio y superior que sirven a su área de influencia, abarcando 3 municipios y al resto de la provincia.	El producto turístico Cienfuegos no cuenta con la puesta en marcha de una estrategia de desarrollo que considere sus tres atractivos fundamentales (ciudad, bahía y naturaleza), actualmente se comercializa como turismo de tránsito.