

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS "JOSÉ MARTÍ"

Dirección de Investigaciones Aplicadas

**Centro de Estudios de Energía y Procesos
Industriales**

MAESTRÍA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA.

TITULO: Matriz Energética de la Provincia Sancti Spíritus.

**Consideraciones desde los Potenciales de las Energías Renovables y el
Consumo del 2014**

AUTOR: Ing. Lelys Marina Lorenzo Brito

TUTOR: Dr. C. Osvaldo Romero Romero

2016.

"Año 58 de la Revolución"

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre.

Eloy.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A la obra de la revolución que ha permitido mi formación hasta el presente.

En primer lugar Al Dr. C. Osvaldo Romero Romero, mi tutor, profesor, compañero y amigo por sus enseñanzas, paciencia y dedicación durante la realización de este trabajo de investigación.

A mis princesas, Lorena y Loreta que nunca se quejaron, como verdaderas amigas me han apoyado incondicionalmente en momentos difíciles y me dieron la ayuda necesaria para alcanzar el objetivo final.

A mi esposo que a pesar de la distancia siempre estuvo presente.

A la Dra. C. Raquel de la Cruz Soriano y familia por estar hay cada vez que los necesito

Al colectivo de profesores de la maestría que hicieron posible el desarrollo de la misma.

A Mamita, Milena, Yariel, Yary, Saimi, Claudia, Sheila a todos mis amigos(as) en especial al Pastor Eduardo Pozo.

A todos mis compañeros de la maestría porque de cada uno de ellos hay un granito.

A ellos y a todos los que de una forma u otra tuvieron que ver con este trabajo.

MUCHAS GRACIAS

*“LUCHAR RESUELTAMENTE POR UNA SOLUCION ESTABLE Y DEFINITIVA A LAS
NECESIDADES ENERGETICAS DEL TERCER MUNDO; TOMANDO EN CUENTA,
ADEMAS DEL PETROLEO, LA UTILIZACION CONJUNTA DE OTRAS **FUENTES DE
ENERGIAS RENOVABLES.**”*

Fidel Castro
VII Cumbre de Países No Alineados
Nueva Delhi, 1983

RESUMEN

El presente trabajo se origina a partir de la necesidad de contribuir al mejoramiento de la eficiencia energética y económica de la provincia Sancti Spíritus y tiene como objetivo caracterizar como se actualizaría la estructura de la matriz energética en la provincia Sancti Spíritus a partir de los potenciales de energías renovables identificados en proyectos y resultados científicos en el contexto del balance energético del año 2014.

En el mismo se realiza una caracterización del territorio provincial, un análisis de las estadísticas provinciales en cuanto a generación y uso de la energía y determinar el aporte real actual de las energías renovables al consumo global del territorio, así como el aporte que pueden dar algunos proyectos concretos para elevar su uso actual.

Se obtienen como resultados más importantes que la provincia tiene una alta dependencia energética de los combustibles fósiles, a pesar de que se ha elevado su capacidad de generación como parte de la Revolución Energética, además se identificó que la energía eléctrica y el diesel son los portadores energéticos que más se utilizan y sobre los cuales debe centrarse toda la atención.

La posible implementación de los potenciales transforma la actual matriz energética de la provincia, donde basada en las FRE elevan la capacidad de generación de electricidad. Con el cambio de la matriz energética son significativos los aportes en ahorro de petróleo, en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y además posicionaría al territorio con indicadores energéticos superiores a los de Cuba, comparable con países desarrollados; todo ello sujeto a cambio de políticas del territorio.

SUMMARY

The present work originates starting from the necessity of contributing to the improvement of the energy and economic efficiency of the county Sancti Spíritus and has as objective to characterize like the structure of the energy womb would be upgraded in the county Sancti Spíritus starting from the potentials of renewable energy identified in projects and scientific results in the context of the energy balance of the year 2014.

In the same one he/she is carried out a characterization of the provincial territory, an analysis of the provincial statistics as for generation and use of the energy and to determine the current real contribution from the renewable energy to the global consumption of the territory, as well as the contribution that there can give some concrete projects to elevate their current use.

They are obtained as more important results that the county has a high energy dependence of the fossil fuels, although he/she has risen its generation capacity like part of the Energy Revolution, it was also identified that the electric power and the diesel are the energy payees that more they are used and on which all the attention should be centered. The possible implementation of the potentials transforms the current energy womb of the county, where the FRE constitutes 55% of the total consumption and they elevate the capacity of electricity generation to 62% based on FRE. With the change of the energy womb they are significant the contributions in saving of petroleum, in the decrease of emissions of gases of effect hothouse and it would also position to the territory with indicators energy superiors to those of Cuba, comparable with developed countries; everything holds it in exchange for political of the territory.

INDICE

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.	Pág.
Introducción -----	10
1.1 Situación energética mundial -----	16
1.2 Situación energética en América Latina -----	20
1.3 Situación energética cubana -----	21
1.4 Fuentes de Energía No Renovables -----	28
1.4.1 Energía fósil I-----	28
1.4.2 Energía nuclear-----	29
1.5 La fuente renovable de energía -----	29
1.5.2 Breve panorámica sobre las Fuentes Renovables de Energía-----	30
1.5.2.1 Energía solar-----	31
1.5.2.2 Energía eólica-----	31
1.5.2.3 Energía hidráulica-----	31
1.5.2.4 Energía mareomotriz-----	32
1.5.2.5 Energía geotérmica-----	32
1.5.2.6 Bioenergía-----	32
1.5.2.7 Biomasa-----	33
1.5.3 Fuentes renovables de energía y medio ambiente -----	33
1.5.3.1 Situación mundial de la utilización de las Fuentes Renovables de Energía-----	34
1.5.3.2 Situación en Cuba de la utilización de las Fuentes Renovables de Energía-----	35

1.6 Matriz energética. Concepto-----	36
1.6.1 Importancia y estado actual-----	36
1.7 Principales Conclusiones del Capítulo-----	36

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE SANCTI SPÍRITUS

2.1 Introducción-----	38
2.2.1 Métodos utilizados para la caracterización sociodemográfica de la provincia-----	40
2.1.2 Métodos utilizados para el diagnóstico histórico de consumo -----	40
2.1.3 Sistema de Generación Energética Distribuida-----	42
2.2 Análisis de potenciales de Energías Renovables-----	43
2.2.1 Determinación de los potenciales por cálculos-----	43
2.3 Posibilidad de utilizar potenciales-----	46
2.2.2 Diagrama Causa y efecto sobre utilización de las ER-----	46
2.3.1 Matriz DAFO para cada fuente-----	47
2.3.2 Determinación de las características técnicas de proyectos seleccionados y sus costos aproximados-----	48
2.4 Determinación de las ventajas energéticas, económicas y ambientales de la utilización de estos potenciales-----	51
2.5 Actualización de la matriz energética-----	52
2.6 Conclusiones parciales-----	52

CAPITULO III. ACTUALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA SANCTI SPÍRITUS

3.1	Introducción -----	53
3.2	Diagnóstico energético actualizado en la provincia de Sancti Spíritus-----	53
3.2.1	Caracterización socio demográfica de la provincia-----	53
3.2.2	Diagnóstico histórico del consumo de energía en el territorio -----	62
3.2.2.1	Diagnóstico del consumo de energía en Sancti Spíritus en el 2014-----	68
3.3.1	Sistema de generación distribuida de energía eléctrica en la provincia Sancti Spíritus-	74
3.4	Oportunidades de nuevos proyectos sobre el uso de las FRE para la actualización de la-	
	matriz energética de Sancti Spíritus-----	80
3.4.1	Proyecto de parque solar para el 2016 en La Sierpe-----	80
3.4.2	Proyecto de generación eléctrica con caña energética en Melanio-----	81
3.4.3	Proyecto de Bioeléctrica en el Uruguay-----	83
3.4.4.	Propuesta de sistema de torrefacción del Marabú-----	85
3.4.5	Producción de biogás por tratamiento de residuos con fines energéticos-----	85
3.5	Estructura previsible de la matriz energética de Sancti Spíritus si consideran los	
	potenciales de energías renovables identificados con el consumo del 2014-----	86
3.5.1	Estructura previsible de la matriz energética de Sancti Spíritus si se	
	consideran los potenciales de energías renovables y los consumos estimados hasta	
	el 2020-----	90
	Conclusiones Parciales-----	95
	Conclusiones -----	96
	Recomendaciones-----	98
	Bibliografía-----	99

INTRODUCCION

La búsqueda continua de la sustentabilidad energética es hoy uno de los principales retos que tiene el planeta en la actualidad, pero a medida que avanza el tiempo, el hombre de la era moderna agota cada vez más los recursos energéticos para la satisfacción de necesidades entre las cuales se encuentran la iluminación, calefacción, refrigeración y transporte. Esta dependencia energética ha acarreado una sobreexplotación de los combustibles fósiles, los cuales son recursos no renovables.

La sociedad de consumo se extiende cada vez más, al utilizar recursos para una mayor calidad de vida, y a esta visible mejora de calidad de vida son llevados los países en vías de desarrollo, sin contar con condiciones que le sean favorables para formar parte de ese modelo, donde la mayor parte de la estructura de oferta energética primaria está basada en petróleo y gas natural.

Por otra parte [1] plantea que el consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. En términos energéticos están involucrados diferentes aspectos como, la economía y política de cada país. Por ejemplo: aumenta el precio del barril de petróleo debido a la oferta cada día más escasa y la demanda en aumento, los conflictos bélicos, los desastres climáticos, que sin duda frenan la producción. Esta alteración de precios también está dada por la cantidad de reservas estratégicas de un país dado que es poco claro por no existir un inventario real.

La Humanidad se enfrenta a una crisis energética mundial y debemos comenzar a buscar soluciones para ponerlas en acción, antes de que se agoten los combustibles fósiles según [2]. Sin embargo la producción mundial de petróleo creció en el 2011 en 20.000 barriles por día, y la demanda mundial de crudo se incrementó en 1,45 millones de barriles por día un 1,7%, a 88,02 millones de barriles por día, frente a los 86,57 millones de barriles por día del 2010. Esta tendencia se mantiene intacta en los años siguientes y en el 2013, el consumo y la producción energéticos aumentaron en todos los combustibles, alcanzando niveles récord para cada tipo de combustible excepto para la energía nuclear cuyo máximo se produjo en 2006. En el propio año 2013 para cada uno de los

combustibles fósiles, el consumo mundial aumentó más rápidamente que la producción [3].

El esquema económico y social en el cual estamos inmersos, al menos una parte importante de la Humanidad, se une a consumos energéticos crecientes, basados en gran medida en los combustibles fósiles, que ya han alcanzado magnitudes preocupantes, se ve ya la posibilidad de que la disponibilidad de hidrocarburo se reduzca en unas pocas décadas, la incidencia de los usos energéticos en el cambio climático es ya para muchos un hecho asumido [4].

El consumo aumenta y es previsible que siga su aumento. Las fuentes de que se dispone son múltiples pero sólo unas pocas tienen una importante aportación al abastecimiento, justamente aquellas que por sus previsible efectos futuros o experiencias del pasado, han ocasionado un importante rechazo popular como la energía nuclear. La humanidad está frente a un dilema energético: Se necesita más energía pero no se aceptan las fuentes más tradicionales que permiten su abastecimiento.

Es definitivo, no se puede continuar con el actual modelo de desarrollo que no cumple con su rol principal, el cual no es la ganancia empresarial, sino asegurar que los habitantes tengan acceso a los recursos energéticos para garantizar buenas condiciones de vida, y obviamente, cuidar el medio ambiente. Se necesita encontrar una estrategia de salida de la era de los combustibles fósiles, para asegurar el futuro de la civilización. Sin embargo, las grandes empresas de energía, de electricidad y servicios públicos, siguen trabajando sin un análisis adecuado de investigación y desarrollo suficiente para explorar alternativas energéticas nuevas y sustentables, algunas de estas fuentes son: energía eólica, solar, geotérmica, hidráulica, biogás, biocombustibles, a partir del hidrógeno y de las olas.

Estas son preocupaciones naturales de una sociedad que en los últimos 20 años viene consumiendo dos barriles de petróleo por cada uno que se descubre y que espera que esta tendencia se acentúe. Algunas estimaciones evalúan que la demanda mundial de petróleo crecerá alrededor de 50% en los próximos 25 años, pasando de los 84 millones de barriles diarios en la actualidad a 126 millones de barriles diarios en el 2030. Se calcula, por ejemplo, que el actual parque automotor mundial, de 700 millones de vehículos, crecerá hasta alcanzar cerca de 1100 millones de unidades en el año 2030

Puede verse que la actual matriz energética está organizada alrededor de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), que proveen casi el 80% del consumo actual de la energía mundial. Y sólo el petróleo contribuye con más de un tercio del total de las fuentes de energía primaria, lo que evidencia la dependencia global del mismo, para esta autora es evidente la necesidad de cambiar estos conceptos de desarrollo energético. El debate actual transcurre entre dos ejes principales: a) los problemas medio ambientales y b) el carácter finito de los combustibles fósiles.

Estos dos vectores de discusión han generado un dinámico intercambio entre los distintos sectores involucrados, analizados de forma individual. Economistas, políticos, científicos, ambientalistas, empresas comerciales e industriales, y la comunidad internacional representan los seis principales actores del debate, cuyas opiniones e interacciones buscan influir sobre los modos actuales de uso de la energía y las políticas futuras en la materia.

La principal tensión entre estas corrientes de opinión radica en la elección entre hacer un uso sustentable de los combustibles fósiles o alcanzar la sustentabilidad de la matriz energética mediante un cambio en las fuentes de energía, sobre todo, mediante el uso de la energía renovable. Lo que resulta evidente es que tanto para generar una verdadera influencia sobre los problemas medio ambientales como para hacer una contribución relevante en materia de disponibilidad de recursos energéticos en el mediano y largo plazo, las fuentes renovables de energía deben ser capaces de proporcionar una alternativa viable. Es decir, asegurar y prever no sólo la provisión de energía propiamente dicha, sino también su conectividad a la red pública para su uso directo o evaluar opciones de almacenamiento y continuidad en la generación. [5]

El análisis sobre los escenarios futuros de la demanda y provisión de energía concluyen que el trabajo para hacer sostenible la matriz energética es posible y necesario. Se trata de una tarea de mediano plazo, que puede llevar entre 30 y 40 años, y que ofrece distintos caminos, unos mejores que otros. La elección del mismo se verá directamente influenciada por varios factores, entre los que se cuentan las tensiones entre los actores del debate mencionado, los patrones de crecimiento de la economía mundial y la estructura de distribución de la renta.

Por razones vinculadas al medio ambiente o por los problemas derivados del consumo progresivo de un stock finito de energía, la matriz energética actual es insostenible en el tiempo, eso es un hecho. El reto actual está en los cambios que se introduzcan, y los condicionamientos que impone el patrón actual de consumo de energía y sus potenciales efectos climáticos.

Analizar en qué medida los desarrollos tecnológicos actuales de la industria energética ayudan a enfrentar el desafío que representa la paulatina reducción en el consumo de los combustibles fósiles y el aumento en la utilización de energías renovables, todo ello acompañado por las adecuadas políticas públicas, necesarias para su promoción y apoyo.

Hasta el momento, ni la industria ni los distintos centros de estudio auguran en sus escenarios una contribución significativa a la matriz energética mundial por parte de las energías renovables, al menos hasta el año 2050; aunque si hay proyecciones nacionales en países como Alemania que plantean cubrir hasta el 80% de su demanda energética con estas fuentes para dicho año [6].

El desarrollo de estas energías se acelerará si las inversiones de la industria concentran sus esfuerzos en esas fuentes. Sin embargo, hay que mencionar que las tecnologías para la explotación de este tipo de energías renovables evolucionan, sin haber alcanzado aún, en la mayoría de los casos, la etapa de maduración necesaria para ofrecer precios competitivos. Asimismo, se considera los actuales precios del petróleo, las fuentes no convencionales de energía comienzan a verse más atractivas y con posibilidades reales de desarrollar aplicaciones comerciales viables.

No obstante un estudio realizado en Alemania en el año 2010 indica que a pesar de los grandes avances de las tecnologías basadas en las energías renovables aún el precio en € de la energía eléctrica a partir de carbón es de 2,4 ¢/KWh, mientras que a partir de energía fotovoltaica es de 54 ¢/KWh, el precio de la energía eléctrica a partir del resto de las fuentes renovables presentan valores intermedios [7].

Lo anterior indica que a pesar del discurso político y el desarrollo alcanzado en la actualidad se persigue más la obtención de beneficios económicos que un cambio real a la matriz energética global.

La actual matriz energética de Cuba en independencia de sus múltiples logros en el campo de la eficiencia, dado por la revolución energética, el 95.7% de la generación de electricidad y el 88% de todo el consumo de portadores energéticos aún se hace de combustibles fósiles[8], por ello el lineamiento número 247 del Congreso del Partido dice: Potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, se fundamenta la utilización del biogás, la energía eólica, hidráulica, biomasa, solar y otros; se prioriza aquellos que tengan el mayor efecto económico.

Se ha visto que algunas provincias del país debido a sus condiciones geográficas naturales y socio-económicas tienen la posibilidad de incrementar las fuentes renovables de energía en su matriz energética, ejemplo de ello el trabajo de solarización territorial que se hace en el municipio Bartolomé Mazó de la provincia de Granma, entre otros.

Por todo lo antes expuesto se define como **problema científico** ¿Cómo podría actualizarse la estructura de la matriz energética en la provincia Sancti Spíritus si se consideran los potenciales de energías renovables identificados mediante proyectos y resultados científicos en el contexto del balance energético del año 2014?

Por lo que el **Objetivo General** del presente trabajo es: Caracterizar como se actualizaría la estructura de la matriz energética en la provincia Sancti Spíritus a partir de los potenciales de energías renovables identificados en proyectos y resultados científicos en el contexto del balance energético del año 2014.

Se desarrollaron los siguientes **Objetivos específicos**:

1. Sintetizar la revisión bibliográfica actualizada sobre consumo de energía, potenciales de energías renovables y sus implicaciones en la matriz energética, que permita crear una base teórico conceptual, así como un marco referencial para la investigación.
2. Diagnosticar el consumo energético de la provincia Sancti Spíritus que permita el cálculo de la actual matriz energética.
3. Caracterizar los principales potenciales de fuentes renovables de energía identificados para la provincia Sancti Spíritus mediante proyectos y resultados científicos de la UNISS.

4. Determinar la estructura de la matriz energética en la provincia de Sancti Spíritus, a partir de los potenciales de fuentes renovable de energía identificados en proyectos y resultados científicos de la UNISS en el contexto del diagnóstico energético realizado.

Por lo que se planteó como **Hipótesis** que, la matriz energética de la provincia Sancti Spíritus podría independizarse de los combustibles fósiles si se implementan los potenciales de energías renovables identificados mediante proyectos y resultados científicos en el contexto del balance energético en el año 2014.

El Objeto de Estudio

La matriz energética de Sancti Spíritus.

El Campo de Acción

La matriz energética en la provincia de Sancti Spíritus considerando el potencial de fuentes de energías renovables.

Variable independiente

Los potenciales de energías renovables identificados mediante proyectos y resultados científicos en el contexto del balance energético del año 2014.

Variable dependiente

Actualización de la de la estructura de la matriz energética de la provincia de Sancti Spíritus.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Situación energética mundial

Desde hace algunas décadas el mundo ha ido concientizándose del peligro que atañe el incremento desmesurado del consumo energético (muy específico en la energía proveniente de combustibles fósiles) y al desarrollar toda una serie de conceptos e ideas tales como: uso racional de la energía, desarrollo sostenible, producciones más limpias, empleo de fuentes de energía renovables, y otros. Las cuales se han convertido en la política oficial de muchos países.

Pero la civilización moderna la disponibilidad de energía está ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. La sociedad actual se puede denominar como "energívora". En los países desarrollados se hizo notable el interés por elevar la eficiencia energética a partir del alza de los precios provocada por la primera crisis del petróleo de inicios de los años 70, acción que se refuerza con el nuevo incremento de precios que se produjo a inicios de los 80, con la aplicación de una política de ahorro que los llevó a disminuir su intensidad energética, las acciones tomadas pasaron a formar parte de la política energética en estos países, con el logro de romper la relación directa entre los ritmos de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y del consumo de energía.

Por lo que en los últimos 20 años los países desarrollados han tenido un crecimiento promedio anual del PIB del 2,8 %, mientras que el consumo de energía solo ha aumentado en 1,1 % anual [9]. Por otra parte, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo este escenario varía de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde será preciso que los países en vías de desarrollo quienes experimentan con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías.

Aunque los países desarrollados no quedan excepto de este problema ejemplo de esto lo tiene en primer lugar Estados Unidos, donde el consumo de energía de un norteamericano

es más de 11.000 kWh/año y por otro lado un indio no llega a 250 kWh/año, o sea 40 veces menos, sin hablar de otros países más pobres aún como el caso de Bangladesh, en donde el consumo de energía per cápita es de poco más de 60 kWh/año [9, 10].

En los países subdesarrollados se presenta un círculo vicioso entre subdesarrollo y deterioro ambiental, causado entre otras causas por la sobreexplotación de los recursos naturales, el alto índice de crecimiento poblacional, la falta de financiamiento y el éxodo rural que provoca el crecimiento desmedido y anárquico de las ciudades. Pero a pesar de lo anterior, no es, por supuesto, en los países subdesarrollados donde se ocasionan los mayores impactos ambientales [11].

Son los países desarrollados los que sufren las consecuencias de una gran deuda ecológica, porque con un 16% de la población mundial consumen el 52% de la energía, producen el 45% de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, generan el 60% de los desechos industriales y el 90% de los desechos peligrosos de altos índices de contaminantes [12].

Estados Unidos consume el 25% de la energía mundial (con una participación de la productividad del 22% y con un 5% de la población mundial). La cantidad de agua necesaria representa casi el 50% de agua usada en EE. UU frente al 35% usado en la agricultura. El crecimiento más significativo del consumo energético como ha sucedido en China, que ha crecido al 5,5% anual durante los últimos 25 años. Su población de 1.300 millones de personas consume en la actualidad a una tasa de 1,6 kW por persona. Los usos industriales (agricultura, minería, manufacturas, y construcción) consumen alrededor del 37% del total de los 15 TW demandados a nivel mundial. El transporte comercial y personal consume el 20%; la calefacción, la iluminación y el uso de electrodomésticos emplea el 11%; y los usos comerciales (iluminación, calefacción y climatización de edificios comerciales, así como el suministro de agua y saneamientos) alrededor del 5% del total. El 27% restante de la energía mundial es perdido en la generación y el transporte de la energía. En 2005 el consumo eléctrico global equivalió a 2 TW. La nueva generación de centrales térmicas de gas alcanza eficiencias mayores, de un 55%. El carbón es el combustible más generalizado para la producción mundial de electricidad [13].

Como es evidente casi toda la energía que se produce a nivel mundial viene condicionada por una fuente de energía primaria, que en este caso son los combustibles fósiles, (energías “no renovables”) y están en constante explotación hace ya más de medio siglo y se prevé que no cesará [13] expresó: “los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, basado en su importancia en el transporte y en el sector industrial. Para el resto de la producción, el 95 % de la energía provenía de la utilización de combustibles fósiles: petróleo (44%), carbón (25%) y gas natural (26%). Sólo un 2,5 % se obtiene de la energía hidroeléctrica y un 2,4% de la energía nuclear. La producción de energía solar y eólica presenta a nivel global casi insignificante, al quedar por debajo del 0,2%.

En los últimos 100 años el CO₂ en la atmósfera ha ascendido a 350 ppm a causa del uso indiscriminado de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados), (Ver figura 1.1). Por ejemplo, según las emisiones per cápita de gases de efecto invernadero, la ciudad de Nueva York produce al año unas 7,1 toneladas de CO₂, comparado con el promedio de Estados Unidos, que es de 23,9 toneladas de CO₂ anuales.

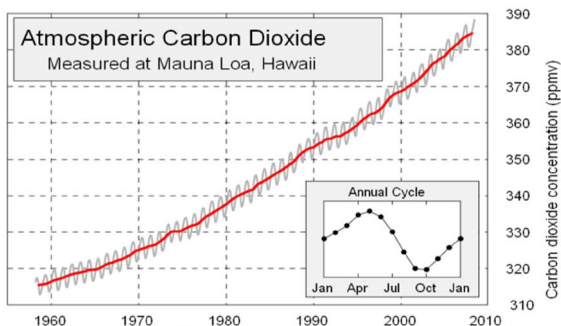


Figura 1.1: Dióxido de Carbono emitido a la atmósfera.

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Mauna_Loa_Carbon_Dioxide-en.svg

Lo significativo de este cambio es que pudiera provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero [14]. (Ver figura 1.2). El CO₂ atmosférico tiende a impedir el enfriamiento normal de la Tierra, absorbiendo las radiaciones que usual ésta emite y que escapan al espacio exterior. Como el calor que escapa es menor, la temperatura global de la Tierra aumenta.

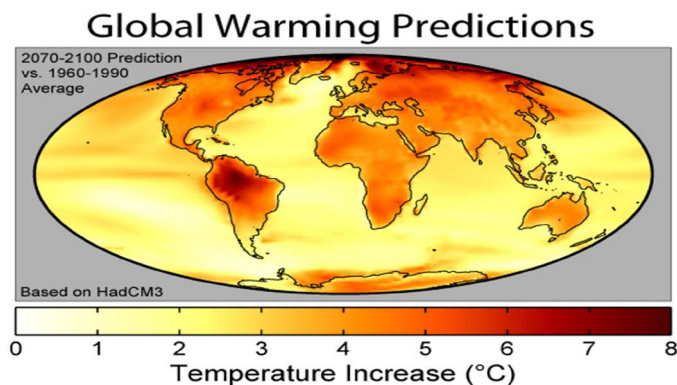


Figura. 1.2: Predicciones de aumento de la temperatura en el mundo.

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ad/Global_Warming_Predictions_Map.jpg

Algunos científicos rechazan las teorías del calentamiento, atribuyendo la subida de la temperatura a fluctuaciones normales del clima global. Sin embargo, otros predicen que el aumento de la concentración en la atmósfera de CO₂ y otros "gases invernadero" originan el incremento de las temperaturas continúen subiendo. Las estimaciones van de 2 a 6 °C para mediados del siglo XXI [15].

El predecible agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que se causa al medio ambiente requiere de un mayor impulso en el uso de las fuentes de energía renovables, esto exige la adopción de nuevas estrategias en materia de energía, como base de un modelo de desarrollo sostenible que permita satisfacer las necesidades energéticas de la generación actual y preservar las posibilidades para que las futuras generaciones puedan también encontrar soluciones para satisfacer las suyas, un modelo que posibilite mejorar la calidad de vida con más y mejores servicios energéticos, pero de una forma racional que permita respetar y cuidar las comunidades de seres vivos, no sobrepasar los límites de la capacidad del planeta para suplir fuentes de energía y asimilar los residuos de su producción y uso, un modelo que posibilite, en definitiva, integrar el desarrollo y la conservación del medio ambiente.

Los recursos renovables están disponibles a lo largo del tiempo, a diferencia de los recursos no renovables. Una sencilla comparación puede ser la de una mina de carbón y un bosque [16]. Mientras que el bosque puede ser agotado, si se maneja de manera adecuada representa un suministro continuo de energía, frente a la mina de carbón que

una vez agotada concluye su ciclo de vida. La mayoría de los recursos energéticos disponibles en la Tierra son recursos renovables.

1.2 Situación energética en América Latina

Esta situación en América Latina y el Caribe [17, 18], salvo algunas excepciones, no se han observado mejoras en este campo, donde el crecimiento del Producto Interno Bruto ha ido en paralelo con el consumo de energía, incluso manifestándose determinada tendencia a la elevación de este indicador en algunos sectores. No obstante hay que señalar una incipiente toma de conciencia en algunos países del área, entre los que se destacan Perú que en apenas tres años de iniciado reporta haber logrado detener el crecimiento de la demanda de electricidad a pesar del incremento del número de consumidores, también reportan resultados similares México, Brasil y El Salvador.

En los países de América Latina de baja eficiencia energética obedece a un conjunto de factores [19], dentro de los que se encuentran: la etapa en que se encuentran en el proceso de industrialización. Las políticas aplicadas por los gobiernos. El deficiente funcionamiento de los mercados energéticos. La falta de financiamiento para proyectos de eficiencia energética. La insuficiente capacidad técnica de la ingeniería local. El bajo nivel de la gestión energética empresarial. La insuficiente información y motivación social por el ahorro de energía.

Sin embargo en América Latina y el Caribe hay grandes oportunidades para aumentar la eficiencia energética a partir de la aplicación de las modernas técnicas de Gestión Energética y del empleo de los nuevos equipos y tecnologías. Para ello puede tenerse en cuenta los siguientes aspectos: en los equipos y tecnologías: incrementar la eficiencia en el uso de las materias primas e incrementar el reciclaje. Introducción de tecnologías y equipos de alta eficiencia energética en las industrias y en el sector comercial y residencial. Incrementar la aplicación de los sistemas de cogeneración. Introducción de ciclos combinados con turbinas de gas y turbinas de vapor para la generación de electricidad. Introducción de ciclos integrados con gasificación de carbón y biomasa. Mejoras en la tecnología y la

infraestructura del transporte incluyendo cambios a modos de transportación de menor consumo y el empleo de combustibles más limpios. Mejoras en sistemas de riego y cultivo en la agricultura. Incrementar la participación del gas natural en el balance de combustibles. Aplicación de la arquitectura bioclimática y de los sistemas pasivos de climatización. Incremento de la eficiencia en la cocción de alimentos. Ampliación de la participación de las energías renovables, en particular:

- Aplicación del calentamiento solar de agua.
- Aprovechamiento energético de los residuos agrícolas e industriales.
- Producción de energía a partir de la biomasa.
- Aprovechamiento máximo de la hidroenergía.
- Aprovechamiento de la energía eólica para la generación de electricidad.
- Utilización de la electricidad fotovoltaica en sitios no conectados a la red.

En la Gestión Energética: incremento de la educación energética ambiental y la promoción del ahorro de energía a todos los niveles. Elevación del nivel de la gestión energética empresarial, mediante la implementación de sistemas avanzados de administración de energía. Reforzamiento institucional en el campo de la eficiencia energética. Desarrollo de seminarios, eventos, cursos, diplomados, especializaciones, sobre eficiencia energética. Establecimiento de legislaciones que promuevan la eficiencia energética. Desarrollo de proyectos pilotos demostrativos de eficiencia energética. Establecimiento de programas de auditorías e incentivos para pequeñas y medianas industrias.

1.3 Situación energética cubana

A partir del desarrollo industrial que experimentó durante el siglo XX, Cuba ha enfrentado el problema de la dependencia externa en lo que se refiere a la satisfacción de sus necesidades en materia de energía. Las causas de este problema están dadas por la pobre reserva de recursos energéticos fósiles con que cuenta el país y por sus propias condiciones y dimensiones geográficas, expresadas por sus particularidades insulares que no brindan ventajas tales como la explotación de grandes recursos hidrográficos, el

aprovechamiento de sistemas con diferentes husos horarios y demás facilidades con que cuentan otras naciones o asociaciones regionales de naciones.

En términos más concretos, Cuba presenta una alta dependencia de la importación de portadores energéticos fósiles, fundamental el petróleo, para todos sus planes de desarrollo.

Es decir Cuba en el progreso de la esfera energética, se distinguen por tres etapas principales [20], cada una de las cuales se enfrentó a la deficiencia energética antes mencionada en un contexto de limitaciones y oportunidades específicas.

La primera hasta 1959, caracterizada por un esquema energético compuesto por una pequeña e insuficiente capacidad instalada para la generación de electricidad, basándose en centrales termoeléctricas, que ascendía a 397 MW, lo que garantizaba el suministro de energía eléctrica al 56% de la población.

La segunda etapa hasta 1989, caracterizada por un sostenido y estable desarrollo, en base a la política trazada por el gobierno cubano y la contribución en cuanto a suministros de combustibles y tecnologías de los países de Europa del Este, en particular de la extinta Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS).

En este período, se llegaron a instalar capacidades para generar un aproximado de 3083 MW con la utilización de petróleo, que aseguran el suministro de energía eléctrica, por medio del Sistema Eléctrico Nacional al 95% de la población.

La tercera etapa se caracteriza por no contar con un suministro suficiente y estable de petróleo debido a la desaparición de la URSS, una vez caído el muro de Berlín el suministro de petróleo, que en su momento se había mantenido eficiente, estable y subvencionado, se convierte en uno de los principales problemas a solucionar. Cuba tuvo que lidiar entonces con los altos precios del crudo en el mercado internacional, fuera de los beneficios de los vínculos comerciales con el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME).

Al inicio de 1989 a la actualidad, el país atraviesa por una etapa crítica en la que su desarrollo, basado en una estructura económico - productiva excesiva dependiente de las importaciones de petróleo, con tecnologías y esquemas de especialización caracterizados

por indicadores de eficiencia relativos inferiores a sus similares internacionales y con una elevada intensidad energética, se ve sometido a la súbita pérdida de los suministros de petróleo que recibe a precios preferenciales.

Ésta crítica situación tiene una repercusión inmediata sobre toda la población del país, tanto de manera directa como indirecta. En cuanto a la disponibilidad de servicios energéticos, los momentos de mayor impacto negativo ocurren durante 1993-1994, época en que los cortes del servicio eléctrico por momentos alcanzaron el 50% diario.

Toda vez, la falta de disponibilidad de energía, entre otros aspectos, deprimió la capacidad productiva del país al repercutir todos los sectores económicos. Reconocido que entre 1989 y 1993 el PIB decreció en un 35%. Dentro de este contexto, la distribución de las disponibilidades energéticas se realiza con el objetivo de dar prioridad a las entidades económicas que podían potenciar una recuperación rápida del país o aquellos servicios indispensables para el funcionamiento de la sociedad. Esto provoca que algunas regiones resultaran más afectadas que otras.

Del 42,6% del total de las fuentes se utiliza para generar energía eléctrica, donde predominaron el crudo nacional, el gas natural y el combustible diesel, uno de los derivados del petróleo. Solo una parte pequeña del bagazo se utiliza en la generación de electricidad; la mayor parte se usa, en la producción de azúcar, debido a la baja eficiencia. En esos momentos una parte importante del petróleo y de gas natural, es de extracción nacional y el resto se recibe desde áreas cercanas por medio de los acuerdos intergubernamentales cubano-venezolanos en el marco de la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA).

Al analizar de manera cuidadosa como base la demanda de recursos energéticos del 2004 y se supone que esa demanda se duplica en un horizonte de más de 20 años, la demanda que pudiera ocurrir entre los años 2030 y 2040 aparece en la figura 1.3.

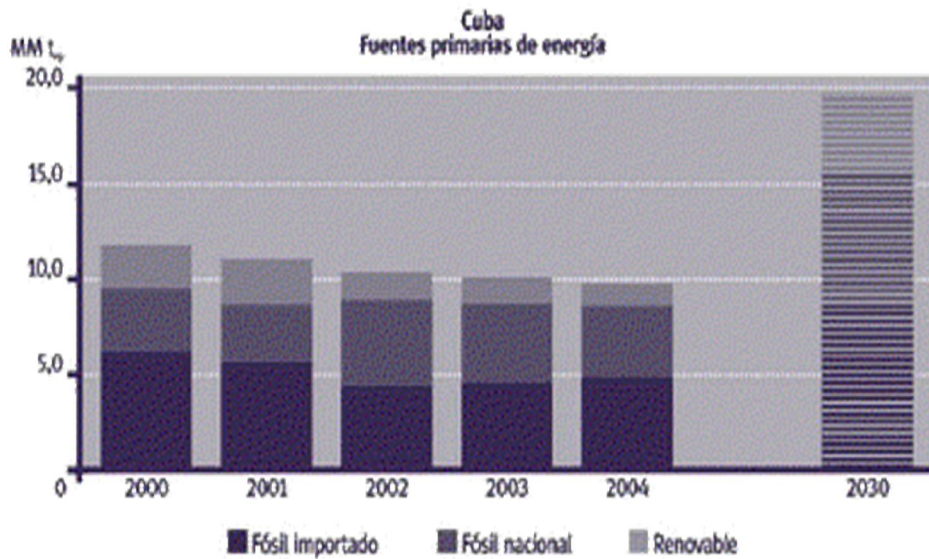


Figura 1.3: Oferta de fuentes energéticas reales en el lustro 2000-2004.

Fuente: CUPET.

A partir de las limitaciones previsibles que imponen la tecnología y las finanzas para el aprovechamiento de cada una de las fuentes renovables mencionadas, ese contexto requerirá el desarrollo balanceado, coherente y simultáneo de todas ellas para lograr el máximo de sustentabilidad, (ver figura1.4).

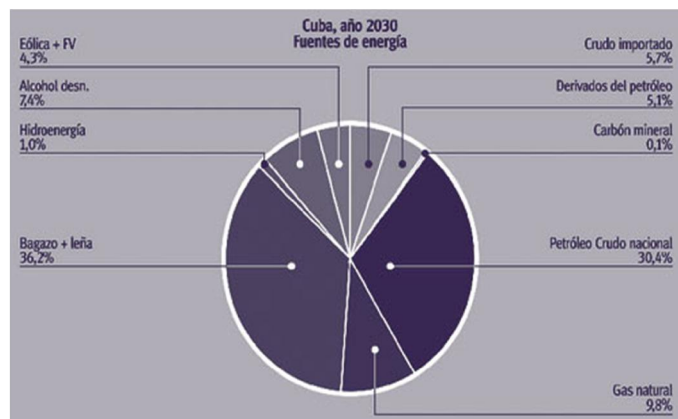


Figura 1.4: Estructura de la oferta de energía al duplicarse la demanda con respecto al 2004.

Fuente: CUPET.

A pesar de la estabilidad en el abastecimiento de combustible que experimenta Cuba después de esta alianza estratégica con Venezuela, en el país se hace evidente la

necesidad de explorar y aumentar el uso de otras fuentes renovables de energía. La alianza con Venezuela depende de factores geopolíticos un tanto frágiles y el gobierno de Cuba conoce del descalabro que representa la pérdida repentina de las subvenciones [21]. Las dificultades económicas resultantes de la crisis influyen de forma determinante en las reformas emprendidas en el sector energético cubano, que tienen como objetivo lograr la recuperación económica y tecnológica (saneamiento financiero, redimensionamiento empresarial e incorporación de nuevos participante, nacional y en especial extranjera).

Dichas transformaciones, si bien no implican cambios significativos en la estructura y modalidad de coordinación del sector energético, sí significaron una flexibilización en la gestión y operación del mismo [22].

El programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía le permite al país a finales del 2005 producir más del 90 % de su energía eléctrica a partir de fuentes nacionales, tanto de origen fósil como renovable. Con ese objetivo, casi todas las universidades cuentan con centros de estudio especializados en la temática energética [23].

A partir del año 2005 el país determina renovar conceptos y modernizar tecnologías dondequiera que se consumiera de petróleo, gasolina o electricidad, a todos estos cambios se le llama Revolución Energética, de acuerdo con [23, 24] las tareas encaminadas al y uso eficiente de la energía fueron:

- Instalación de Grupos Electrógenos diesel sincronizados al Sistema Electro energético Nacional, ubicados en 83 municipios, lo que representa casi el 50 por ciento de lo que necesita el país en el horario de su máxima demanda. La instalación de esta generación más cerca de los centros de grandes consumos y de la población ha posibilitado, además, disminuir las grandes transferencias de electricidad a través de las redes de transmisión y con ello las pérdidas asociadas a este proceso
- Distribución hasta junio de 2006 de más de 10 millones de equipos que conforman el módulo de cocción eléctrico, lo cual permite que el 70 por ciento de las familias cubanas, 2 millones 100 000, tengan la posibilidad de cocinar con electricidad, al dejar atrás el uso de los combustibles tradicionales de alto costo, nocivos para la

salud y que resultaban insuficientes, lo que conllevaba al desvío de combustible en unos casos o a la utilización irracional de la electricidad con artefactos rústicos, peligrosos e ineficientes.

- Sustitución de millones de bombillos incandescentes por ahorradores y 370 000 refrigeradores, también altos consumidores.
- Aplicación de una nueva tarifa eléctrica que ha estimulado una nueva y necesaria conciencia de ahorro energético en la familia cubana.
- Rehabilitación de las Redes Eléctricas, que presentan un alto grado de deterioro debido a la imposibilidad, en períodos anteriores, de ejecutar su mantenimiento sistemático y modernización.
- Instalación de miles de grupos electrógenos con una capacidad de generación de 350g/kWh, que aseguran ya el servicio eléctrico en caso de emergencia a 206 hospitales, 313 policlínicos, 200 zonas de bombeo de agua, 592 panaderías, 105 centros de comunicaciones gráficas, radiales y televisivas, y 33 industrias farmacéuticas y biotecnológicas, entre otros centros.
- Reordenamiento de los servicentros, que hoy se extiende a todas las bases de combustibles de Cuba, al reducir el número de servicentros de 2 093 a 754, se busca mayor racionalidad y control. Asimismo, de un total de 326 bases de combustibles que poseen los Organismos solo continuarán en funcionamiento 23, al pasar estas a formar parte de un sistema único nacional de operación y distribución del combustible.
- Programa de utilización de la energía eólica que contempla el completamiento de la instalación de 100 estaciones de medición del viento y la puesta en explotación, hasta julio del 2007, de una capacidad de 17,5 MW.
- La sustitución de todas las bombas y motores de agua ineficientes, que garantizan el abasto poblacional, el consumo animal y el riego agrícola. Complemento indispensable de este programa será la eliminación de los salideros, tanto en las redes, como en los consumidores finales, con materiales y medios de mejor calidad

- Incremento de las plantas de biogás en el sector empresarial y residencial, lo cual representan ahorros significativos.
- Se aprecia un aumento considerable a todo lo largo y ancho del país de montaje de paneles fotovoltaicos.
- Es ascendente en todo el país la instalación de calentadores solares en todos los sectores.
- Así mismo para contribuir al ahorro de energía se sustituyen calderas de vapor con índice altos de consumos por otras más eficientes.
- Se obtienen resultados positivos en el aprovechamiento energético a través de la biomasa, destacándose la utilización de la paja y el bagazo de caña en la generación eléctrica de los centrales azucareros.

La Revolución Energética de Cuba ha sido el proyecto de eficiencia energética más integral que haya llevado a cabo país alguno en el mundo. Abarca todos los ámbitos de la energía: la extracción de portadores fósiles, las fuentes renovables, la generación, transmisión, distribución y uso final de la electricidad, así como la educación y la cooperación internacional. Se introdujeron el modelo de Generación Distribuida y tecnologías más eficientes para el uso final de la energía. Se impulsa una concepción integral con el fin de masificar el empleo de las fuentes renovables de energía y se conoce el potencial nacional.

Las medidas de eficiencia energética implementadas en Cuba entre 2006 y 2008, permitieron ahorrar 2 365 000 toneladas de petróleo, por lo que se evitó emitir a la atmósfera unos cinco millones de toneladas de gases de efecto invernadero [23, 24]. De haberse vinculado a proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, estas acciones habrían sido una fuente adicional de ingresos para el país.

Como se puede apreciar el balance energético de Cuba viene condicionado por el consumo de energías no renovables. El uso de los combustibles fósiles (petróleo como principal) en la generación de energía eléctrica (energía que no puede faltar para un país en aras de desarrollo económico – social) es el suministro indispensable para todas las

centrales termoeléctricas existentes en la Isla, por lo cual se puede decir que la matriz energética y el desarrollo cubano están directos en su proporción.

Como bien expresamos antes acerca de los programas creado por la Revolución Cubana y de su importancia en cuanto a eficiencia energética, es también importante realizar algunos cambios en cuanto a la concepción de cómo producir energía eléctrica por energías renovables, ejemplo de ello lo tenemos en el municipio de Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, cuya matriz energética posee un alto nivel de energías renovables, dándole un aporte extra a la economía de la provincia, si solo por la sustitución del consumo de petróleo por fuentes energéticas renovables.

Cuba viene dependiendo de los combustibles fósiles hace ya más de un siglo, primero en la época de la neo-colonia, y ahora después del triunfo de la Revolución, donde su principal fuente energética en la producción de electricidad es el petróleo, pero se observan balances energéticos en algunas provincias del país donde las fuentes de energía son energías renovables, esto conllevará a liberar un poco la dependencia de combustibles fósiles y al uso de energías más limpias e inagotables [25]

En los anexos 1 y 2 se reporta la estructura de la generación eléctrica planificada y el costo de producción de la energía

1.4 Fuentes de Energía No Renovables.

Los combustibles fósiles son recursos no renovables: no podemos reponer lo que gastamos. En algún momento, se acabarán, y tal vez sea necesario disponer de millones de años de evolución similar para contar nuevamente con ellos. Son aquellas cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso. Las principales son la energía nuclear y los combustibles fósiles (el petróleo, el gas natural y el carbón).

1.4.1 Energía fósil.

Los combustibles fósiles se pueden utilizar en forma sólida (carbón), líquida (petróleo) o gaseosa (gas natural). Son acumulaciones de seres vivos que vivieron hace millones de años y que se han fosilizado formando carbón o hidrocarburos. En el caso del carbón se

trata de bosques de zonas pantanosas, y en el caso del petróleo y el gas natural de grandes masas de plancton marino acumuladas en el fondo del mar. En ambos casos la materia orgánica se descompuso parcialmente por falta de oxígeno y acción de la temperatura, la presión y determinadas bacterias de forma que quedaron almacenadas moléculas con enlaces de alta energía.

La energía más utilizada en el mundo es la energía fósil. Si se considera todo lo que está en juego, es de suma importancia medir con exactitud las reservas de combustibles fósiles del planeta. Se distinguen las “reservas identificadas” aunque no estén explotadas, y las “reservas probables”, que se podrían descubrir con las tecnologías futuras. Según los cálculos, el planeta puede suministrar energía durante 40 años más (si sólo se utiliza el petróleo) y más de 200 (si se sigue utilizando el carbón).

1.4.2 Energía nuclear.

El núcleo atómico de elementos pesados como el uranio, puede ser desintegrado (fisión nuclear) y liberar energía radiante y cinética. Las centrales termonucleares aprovechan esta energía para producir electricidad mediante turbinas de vapor de agua. Se obtiene al romper los átomos de minerales radiactivos en reacciones en cadena que se producen en el interior de un reactor nuclear.

Una consecuencia de la actividad de producción de este tipo de energía, son los residuos nucleares, que pueden tardar miles de años en desaparecer y tardan mucho tiempo en perder la radiactividad. Ejemplo El accidente de Chernóbil fue un accidente nuclear sucedido en la central nuclear de Chernóbil (Ucrania) el 26 de abril de 1986. Considerado el accidente nuclear más grave según la Escala Internacional de Accidentes Nucleares, se trata de uno de los mayores desastres medioambientales de la historia.

1.5 La Fuentes Renovables de Energía

Las Fuentes Renovables de Energía (FRE) son definidas de forma general como a aquellas fuentes de energía que son inagotables en el horizonte de tiempo de la humanidad y cuyo potencial se mantiene en el tiempo [23], al usarlas no se agotan; como la luz del Sol, el viento, las corrientes de los ríos o las mareas de los mares.

Se designa **energía renovable**, de igual forma a las llamada energía alternativa o blanda a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtuales inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

En correspondencia con [26] Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, como la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello.

Alrededor la década de años 1970 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, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. En la actualidad muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

Toda vez [27] señala que las fuentes de energía renovable - tales como viento, agua, sol - no emiten gases de efecto invernadero y no son limitados. Usar fuentes de energía renovable significa usar los ciclos naturales como el movimiento del agua, el viento y el sol (los cuales se mueven, soplan y brillan) para producir energía. También significa producir energía sin destruir el ambiente, sin causar cáncer a través de la radiación atómica o asma por las emisiones, sin explotar los recursos naturales.

1.5.2 Breve panorámica sobre las Fuentes Renovables de Energía.

Según [28] las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes. Entre las primeras:

- El Sol: energía solar.
- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.

- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Las olas: energía undimotriz.
- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.

Las contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), bien convertida en bioetanol o biogás mediante procesos de fermentación orgánica o en biodiésel, mediante reacciones de transesterificación y de los residuos urbanos.

1.5.2.1 Energía Solar

La energía solar es la más conocida de las energías renovables debido a su mayor visibilidad. Hay diferentes maneras de aprovechar la radiación solar para generar energía, esto hace que existan varios tipos de energía solar, entre los que destacan 3, la energía **solar fotovoltaica** que convierte la energía del Sol en electricidad, la energía solar térmica que la convierte en calor y la energía termosolar o solar termoeléctrica que también produce electricidad [29, 30]. Para cada uno de estos tipos existen aplicaciones muy diferenciadas, desde el calentamiento del agua para la energía solar térmica hasta el consumo de electricidad en edificios para la energía solar fotovoltaica.

1.5.2.2 Energía Eólica

Otra de las fuentes de energía renovable que son muy visibles es la energía eólica generada mediante **aerogeneradores o molinos de viento**. Existen de muy diversos tamaños. Es posible encontrar aerogeneradores desde unos pocos kW de potencia hasta otros que tienen MW de potencia. De acuerdo con [28] un molino es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable, que proviene de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común.

1.5.2.3 Energía Hidráulica

La energía hidráulica **aprovecha los saltos de agua** para obtener electricidad. Es la más extendida de las fuentes de energía renovable, ya que está presente en todos los países

desarrollados del mundo. Para generar esta energía renovable se pueden construir embalse o aprovechar accidentes geográficos naturales para obtener energía hidroeléctrica. En algunos emplazamientos existen centrales minihidráulicas situadas en ríos que aprovechan pequeños saltos de agua para generar electricidad mediante turbinas para pequeñas o medianas industrias. El 7% de la energía que se produce en el mundo es de este tipo. [31, 32]

1.5.2.4 Energía Mareomotriz

La energía mareomotriz puede ser considerada también como una energía marina, pero debido a su especial importancia en muchas ocasiones se considera de forma separada.

La energía Mareomotriz o **energía de las mareas** aprovecha el movimiento que se produce en el agua debido a la bajamar y a la pleamar para generar electricidad. Se trata de una fuente de energía renovable bien conocida en algunas partes del mundo (por ejemplo en Francia, Canadá o Corea del Sur) donde las mareas son muy importantes y se pueden generar enormes cantidades de electricidad gracias a la energía mareomotriz.

1.5.2.5 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es una de las energías renovables menos conocidas. **Aprovecha el calor interno de la Tierra** para generar electricidad y/o calor, dependiendo del tipo de instalación. Tradicionalmente ha sido utilizada desde los tiempos de los romanos mediante el aprovechamiento de las fuentes termales naturales. Hay algunos países como Islandia donde esta energía tiene una gran relevancia. Se puede clasificar según la temperatura de la corteza de la Tierra y puede variar entre geotérmica de muy baja temperatura (entre 20 ° C y 50 ° C) hasta geotérmica de muy alta temperatura (entre 150 ° C y 400 ° C).

1.5.2.6 Bioenergía

La bioenergía es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica, de residuos de plantas, personas o animales. Dependiendo del origen de la bioenergía existen varios tipos, como el **biogás**, procedente del tratamiento de

residuos orgánicos animales o la **biomasa** que se obtiene del procesamiento de materia orgánica, mayoritariamente agrícola o forestal. El **biodiesel o los biocarburantes** se consiguen después de procesar aceites vegetales o grasas animales.

1.5.2.7 Biomasa

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua de productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal, liberando de nuevo el dióxido de carbono almacenado.

Hoy en día el país cuenta con más de 800 plantas de biogás construidas, vinculadas a la producción porcina del sector campesino [33]. En el 2014 se continuaron la producción local de 12 plantas en instalaciones estatales y otras 1000 más en instalaciones de más de 500 biodigestores, recibidos como parte de una donación del Programa Mundial para el Medio Ambiente. [34].

1.5.3 Fuentes Renovables de Energía y medio ambiente.

La utilización de los combustibles fósiles ha provocado daños al medio ambiente [35]. Su combustión en las unidades de generación de electricidad y en los motores que impulsan los medios de transporte, ha provocado la emisión de gases contaminantes y partículas que han ocasionado cambios en la composición de la atmósfera terrestre [36], así como impactos ambientales a nivel local y regional con afectaciones en la calidad del aire, acentuándose en las grandes ciudades.

Sin embargo, a pesar de lo mucho que se habla acerca del agotamiento de estos recursos y del impacto que su empleo ha ocasionado, aún no se percibe una conciencia generalizada de la gravedad de la problemática energético-ambiental y, sobre todo, que se

actúe en consecuencia [37, 38]. Algunos la llaman situación de «emergencia planetaria». La realidad es desafortunada ni se equivocan ni exageran. La concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) ha alcanzado niveles nunca vistos en millones de años. Debido al sobrecalentamiento global los eventos meteorológicos extremos, cada vez más frecuentes, causan muerte y devastación en todo el globo terrestre. Se derriten los hielos polares perpetuos y los glaciares retroceden. Aumenta el nivel del mar y sepulta territorios bajo las aguas oceánicas. [1]

1.5.3.1 Situación mundial de la utilización de las Fuentes Renovables de Energía.

La conjeturas de estas fuentes de energía renovables es que continúen creciendo, por la celeridad del agotamiento de las no renovables. Las renovables se beneficiarán en principio del mantenimiento de los altos precios de los combustibles fósiles, y de su atractivo como fuentes de energías poco contaminantes. De hecho, son muchos los gobiernos que fomentan políticas de las energías renovables, incluso en situaciones en las que no podrían competir con los combustibles fósiles debido a su rentabilidad.

Sus características principales son:

Son limpias no generan residuos de difícil eliminación. Su impacto ambiental es reducido. No producen emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera. Se producen de forma continua por lo que son ilimitadas. Evitan la dependencia exterior, son autóctonas. Son complementarias. Equilibran desajustes interterritoriales. Impulsan las economías locales con la creación de cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales. Son alternativa viable a las energías convencionales. Representan un 20% del consumo mundial de electricidad, siendo el 90% de origen hidráulico. El resto es muy marginal: biomasa 5,5%, geotérmica 1,5%, eólica 0,5% y solar 0,05% según explica [1].

Alrededor de un 80% de las necesidades de energía en las sociedades industriales occidentales se centran en torno a la industria, la calefacción, la climatización de los edificios y el transporte (coches, trenes, aviones). Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones a gran escala de la energía renovable se concentra en la producción de electricidad. En España, las renovables fueron responsables del 19,8 % de la producción

eléctrica. La generación de electricidad con energías renovables superó en el año 2007 a la de origen nuclear. [1].

1.5.3.2 Situación en Cuba de la utilización de las Fuentes Renovables de Energía.

La incidencia del empleo de la FRE y el uso de la eficiente de la energía es tan abarcadora y transversal a los principales objetivos de los planes de desarrollo a largo plazo del país, que se conecta con todos de manera muy directa. Cuba se propone llegar a generar para el 2030 un 24 % de su energía eléctrica a partir de las FRE requerirá de una capacitación del personal calificado para enfrentar el ambicioso programa y priorizar la investigación científica y la innovación sobre la base de una estrategia integral que contemple la modernización de la infraestructura científico-tecnológica [39].

Cuba posee unos 19 000 dispositivos de tecnología energética renovable. Los molinos de viento, los calentadores solares, las hidroeléctricas, los sistemas fotovoltaicos y las plantas de biogás, ahorran al año miles de toneladas de combustibles fósiles y evitan la emisión de GEI. La Revolución Energética de Cuba impulsa también el uso de las fuentes renovables de energía. La generalización del modelo de Generación Distribuida abre paso a la paulatina penetración de las tecnologías energéticas renovables en nuestra matriz energética. [40].

En resumen, el desarrollo del sector energético en Cuba permitió una amplia electrificación del país hasta llegar a cubrir un 95% de la población, pero estuvo caracterizado por la posibilidad de adquirir los combustibles de los países socialistas y por una elevada dependencia del consumo de petróleo, por lo que los cambios en el entorno energético internacional imponen la necesidad de un desarrollo innovador y cambios renovadores en la generación de energía en el país.

Por otra parte, es opinión de la mayoría de los autores, que el bagazo de caña es la principal reserva energética renovable cubana y en la actualidad su utilización no permite cubrir toda la demanda de la industria azucarera; mientras la mayoría de los trabajos sobre este tema indican que las demás fuentes de energías renovables no pueden contribuir aún a una disminución apreciable del consumo de petróleo para el suministro de electricidad en Cuba, por lo que para el país se plantea como una necesidad que la industria azucarera dé pasos hacia el cubrimiento de su demanda y hacia la generación de

excedentes de electricidad para entregar al SEN como vía para independizar la base energética cubana del consumo de petróleo.

1.6 Matriz energética. Concepto.

El concepto de Matriz Energética, hace algunos años, era un término de uso bastante limitado para personal que trabajaba con aspectos relacionados a ingeniería, economía, y otros. Últimamente ha cobrado una relevancia y popularidad considerable en el mundo que vivimos.

1.6.1 Importancia y estado actual

En términos simples, la **Matriz Energética** de un país, es la forma en que está integrado el esquema global que provee energía a las necesidades de dicho país. Es decir es toda la energía disponible para ser transformada, distribuida y consumida por un país o región.

A pesar de la voluntad política expresada a escala internacional por diversificar la matriz energética global a partir de la utilización de las fuentes renovables de energía, se siguen considerando de manera preferencial a los combustibles fósiles en la generación, reduciendo las transformaciones que se requieren a fin de lograr una matriz energética sustentable por los recursos que se utilizan.

La política para el desarrollo Perspectivo de las Fuentes Renovables y el Uso Eficiente de la Energía el país encamina acciones para cambiar su matriz energética, en tanto las FRE se incorporarían a la generación a un 24 % hasta el 2030, a partir del decreto presidencial de diciembre del 2012; lo cierto es que la generación de combustibles fósiles seguirá presente la de mayor aporte[41].

La Matriz energética basado en los proyectos científicos de la UNISS en la provincia de Sancti Spíritus presenta indicadores de resultados asociados a los componentes que se han formulado sobre la base de los escenarios de la política y los lineamientos de la política económica y social del país aprobados en el VI Congreso del Partido [42].

1.7 Principales Conclusiones del Capítulo.

1. Por factores energéticos y ambientales el mundo está obligado a desechar el uso de fósiles e impulsar el uso de los potenciales de FRE de que se dispone.
2. El sistema energético cubano está basado aún en los combustibles fósiles y no se ha logrado impactar de forma significativa en la contribución de las FRE al sector energético.

3. A nivel global se visualiza un incremento del uso de las FRE en países desarrollado, pero es insuficiente en el resto.
4. En Cuba existe un programa de gobierno para incrementar el aporte de las FRE en un 24% a la matriz energética a partir del decreto presidencial de diciembre del 2012.
5. No se encontraron estudios relativos a la penetración de las FRE en la matriz energética de las provincias cubanas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE SANCTI SPÍRITUS.

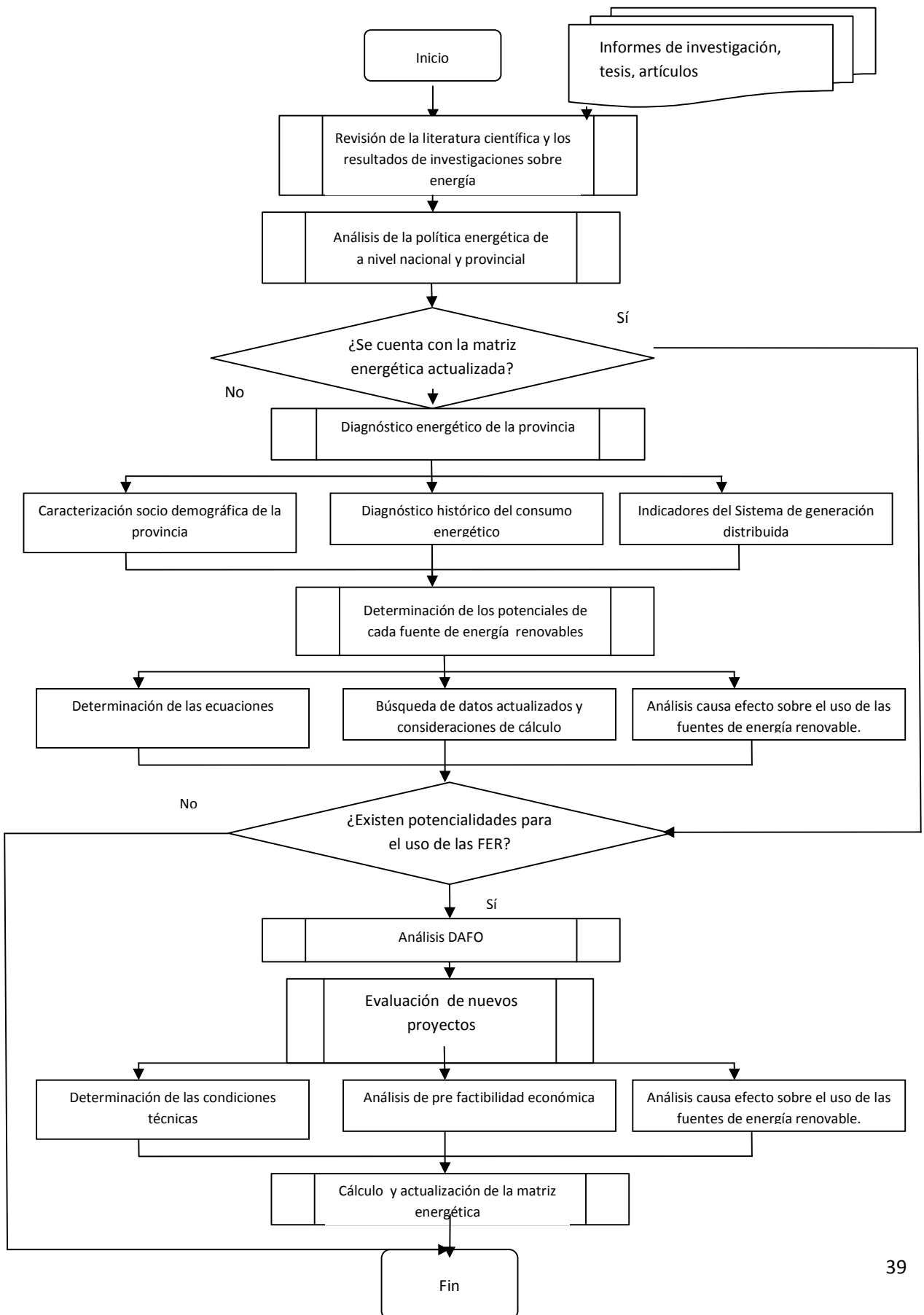
2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se estructuran los epígrafes para establecer las vías y los métodos que permitan realizar el estudio del potencial de las energías renovables de la provincia.

Como aporte se presenta un diagrama heurístico para realizar la investigación que permite la actualización de la matriz energética. Se consideran las tres fases principales que involucran este tipo de análisis: diagnóstico, planificación e implementación. Dadas las características del nivel de estudio de posgrado se utilizaron los antecedentes de investigaciones realizadas en la provincia sobre las potencialidades del uso de las energías renovables, se inicia la presente investigación con la actualización del diagnóstico energético de la provincia, seguidamente se pasa a la etapa de planificación para el logro de la actualización de la matriz energética. La etapa de implementación y evaluación se continúa en estudios posteriores a partir de la ejecución de las acciones concebidas en este trabajo.

En la figura 1 se representa dicho diagrama, donde se toma como punto de partida la revisión de la literatura y se incluye el análisis de la política energética del país con las particularidades de la provincia de Sancti Spíritus, aspectos realizados en el capítulo 1. Es clave la definición del estado de actualización de la matriz energética al considerar los combustibles fósiles y el aporte de cada fuente de energía renovable al balance energético de la provincia, así como los consumos energéticos actuales. Con ello es posible determinar las potenciales de energías renovables y evaluar el nivel de utilización en la práctica socioeconómica.

Seguidamente se hace necesario realizar un análisis de las potencialidades de nuevos proyectos mediante estudios de factibilidad técnica, económica y ambiental. Finalmente se requiere precisar acciones concretas que permitan la actualización de la matriz energética de la provincia de Sancti Spíritus y las perspectivas de nuevos proyectos.



2.1.1 Métodos utilizados para la caracterización sociodemográfica de la provincia.

Para caracterizar el territorio de la provincia en el orden social, económico y demográfico se utilizó como instrumento principal el Anuario Estadístico del 2013 y especialmente la carpeta del presidente, elaborado por la Oficina Territorial de Estadística y que constituye el documento oficial para acreditar las actividades caracterizadas [43, 44]

Así mismo se consultaron otros documentos relacionados con los temas que se confeccionan en dicha oficina, así como en otros organismos e instituciones de la provincia entre las cuales están: Anuario demográfico, Indicadores de desarrollo Económico y Social de la Provincia y otros.

El cálculo de la Relación de Edades (RDE) se calcula de la siguiente forma:

$$RDE = \frac{J+V}{A} \cdot 100 \quad (2.1)$$

Dónde: J (infantil) = población de 0-14 años.

V (adultos mayores) = población de 60 y más años.

A (adultos) = población entre 15 y 19 años.

2.1.2 Métodos utilizados para el diagnóstico histórico de consumo.

Para la realización del Diagnóstico histórico del consumo de energía primaria de la provincia se tomó como referencia las tablas estadísticas de los modelos procesados por la Oficina Territorial de Estadística de los años 2012, 2013 y 2014, que contienen los indicadores del consumo de los diferentes portadores por organismos y municipios.

Así mismo tablas estadísticas de modelos que recopilan la información económica del territorio y se procesa periódicamente por la Oficina Territorial de Estadística. Con la información obtenida en las tablas estadísticas expuestas anteriormente se confeccionaron los gráficos correspondientes con el sistema de computación Excel.

Después de evaluados los datos estadísticos se procede a la confección de los siguientes gráficos:

- De acuerdo con [45] el Gráfico de Energía vs Producción, que consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. La Utilidad de los gráficos Evs P está dada en que muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.
- Comportamiento de la Intensidad Energética. La **intensidad energética**, se define como la relación entre el consumo de energía en unidades tales como: Tcal, TJ o toneladas equivalentes de petróleo (TEP) e indicadores de la actividad económica, normalmente el producto interno bruto (PIB) o el valor agregado (VA) de la rama de actividad. Para la provincia, la intensidad energética sería la relación entre el consumo total de energía primaria y la producción mercantil expresada en valores
- **Comportamiento del consumo por portador.** Con la información que brinda este grafico podemos conocer la tendencia del consumo en un determinado periodo.
- **Estructura de consumo por municipio y por portador.** Con la utilización de estos gráficos podemos obtener información sobre el municipio y el portador donde recae el mayor consumo
- **Pareto de la Provincia.** Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado. La utilidad de este diagrama consiste Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, en predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa

principal que lo produce y determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora. [45]

Estructura de consumo de la provincia, para definir cuál es el portador energético que mayor representatividad tiene en el consumo. Intensidad Energética (TEP/MMP), para conocer la cantidad de portadores energéticos que se consumen en el proceso productivo. Energía contra Producción, para determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción. Así como se confeccionaron los gráficos aplicando Pareto, teniendo en cuenta los consumos y los gastos, para identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía y los mayores costos energéticos.

Para la explicación de los gráficos se utilizaron las tablas de tasas de incremento y decremento promedio anual del Instituto de Investigaciones Económicas del Ministerio de Economía y Planificación. Esta tabla tiene como propósito facilitar la obtención de los ritmos de incremento promedio anual correspondientes al incremento (decremento) de un indicador, en un cierto período de tiempo. El cálculo de las tasas se realiza teniendo en cuenta el valor inicial y el valor final del indicador, así como el número de años transcurridos.

2.1.3 Sistema de Generación Energética Distribuida.

Para el análisis del Sistema de Generación Energética de la provincia se accedió a la información disponible en la Organización Básica Eléctrica del territorio así como informaciones suministrada por organismos y entidades, referidas a las existencias de grupos electrógenos, incluidos los emplazamientos que generan con fuel oil y las baterías de diesel. De igual forma los diagramas de las líneas de distribución del territorio hasta el nivel primario.

2.2 Análisis de potenciales de Energías Renovables.

Se propone teniendo en cuenta la caracterización energética y la necesidad de identificar el potencial existente de las Fuentes de Energías Renovables expuestas, según [46]

definir los siguientes conceptos: **Potencial Teórico, Potencial Práctico y Potencial Económico.**

Potencial Teórico: entendido como la energía disponible en los energéticos renovables primarios, sin someterlo a restricciones tecnológicas o de eficiencia económica. Es decir la identificación de todas las variables existentes en el territorio, así como la posibilidad de aprovechar la energía de acuerdo con su potencial.

Potencial Técnico: fracción del potencial teórico asociado a las ERNC que tienen tecnologías maduras para su explotación. Las restricciones las imponen la tecnología y la localización del recurso.

Potencial Económico: fracción del potencial técnico que es factible de aprovechar a costos razonables.

Tanto el potencial técnico como el potencial económico son dinámicos y están condicionados al desarrollo tecnológico y a la evolución de los precios de la energía.

2.2.1 Determinación de los potenciales por cálculos.

Para realizar los cálculos correspondientes e identificar los potenciales energéticos de las energías renovables de la provincia de Sancti spíritus se obtuvo información primaria del Grupo Empresarial Azucarero en lo referido a la caña de azúcar hasta su procesamiento industrial; referencia las tablas estadísticas de los modelos procesados por la Oficina Territorial de Estadística, que contienen los indicadores del consumo de los diferentes portadores por organismos, municipios y provincia. Así como del Centro de Estudios Energéticos de la Universidad de la provincia. Fue consultada además las tesis de [20, 26, 27]y el inventario nacional de FRE al cierre del 2009 para conocer la cantidad de dispositivos existentes y su aporte.

Basado en la Primera Edición del Mapa de Potencial Eólico de Cuba se obtiene el potencial eólico de la provincia.

Para este estudio se tuvo en cuenta

Área_T(km²) - Área total con Densidad de Potencia del Viento mayor o igual que 400 W/m², velocidad del viento superior a 6.2 m/s y RIX ≤ 15%.

Área_E (km²) - Área aprovechable para el emplazamiento de parques eólicos teniendo en cuenta el uso del 20% del área total (**Área_T**). Se desprecian las áreas ocupadas por asentamientos humanos, campos de cultivo, unidades militares, centros turísticos, industrias, carreteras, áreas protegidas).

FC (%) – Factor de Capacidad (cociente entre la energía real producida por el aerogenerador y su producción nominal de energía).

RIX – Índice que caracteriza el grado de irregularidad de las pendientes (Para RIX > 15% se excluyen las zonas montañosas con pendientes abruptas e irregulares).

Tabla 2.1: Potencial eólico de la provincia

Potencial del Recurso	Densidad de Potencia a 50m (W/m ²)	Velocidad del Viento a 50m (m/s)
Muy Pobre	< 200	< 5.0
Pobre	200 – 300	5.0 – 5.6
Marginal	300 – 400	5.6 – 6.2
Moderado	400 – 500	6.2 – 6.8
Bueno	500 – 600	6.8 – 7.5
Excelente	600 – 800	7.5 – 8.2
Excepcional	> 800	> 8.2

Basado en datos estadísticos de la Empresa de Hidroenergía en el centro del país se identifican potenciales existentes y su utilización, además por medio del inventario nacional de FRE al cierre 2009 se conocen la cantidad de instalaciones existentes en la provincia, para identificar el potencial hidroenergético aproximado se toma como base estudio realizado por la dirección provincial de Recursos Hidráulicos en la provincia.

En este estudio se tiene en cuenta la localización de los potenciales ya sea en presas construidas o redes fluviales de montaña, el tipo de instalación PCHE, MINICHE y MICROCHE, además el gasto en (m³/seg), carga (m), potencia (kw), energía anual (Gwh), tipo de turbina, costo (MP) y por último el ahorro en combustible.

Aporte por cada una de las fuentes

Para obtener el aporte por cada una de las fuentes se tuvo en cuenta lo siguiente:

Índice de consumo para la generación de electricidad = 0,210 kg/kWh.

1m³ de biogás equivale a 0,45 kg de petróleo.

Biomasa

Biogás= m³ generados x 365 días x Factor tep /1000

Biomasa Cañera= kWh generado x 0,210 kg/kWh/1000

Desechos forestales= Toneladas x Factor tep.

Leña = m³ x Factor tep

Solar

Paneles fotovoltaicos= Potencia instalada kW x 5 horas de sol x Factor tep

Calentadores solares = kWh x 0,210 kg/kWh/1000

Hidráulica

PCHE-MINI= kWh generado x 0,210 kg/kWh/1000

Eólica

Molinos de vientos= Cantidad de molinos x Factor tep

Pequeños Aerogeneradores=Cantidad x Potencia (kW) x 19,2 horas x 365 días x 0,210 kg/kWh/1000

2.3 Posibilidad de utilizar potenciales.

Para identificar el uso potencial de las fuentes de energías renovables de la provincia de Sancti Spíritus se procedió a examinar la estructura económica administrativa e institucional de las distintas actividades de trabajo que se desarrollan en el territorio, incluidas: industrias en las distintas ramas; empresas agropecuarias; hospitales y otras instituciones y centros de producción y servicios; es decir se realizó una búsqueda de las posibilidades y limitantes reportadas en la bibliografía para la implementación de las mismas y su manifestación en la provincia.

2.2.2 Diagrama Causa y efecto sobre utilización de las ER

Se utiliza Técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas, la cual relaciona un efecto con las posibles causas que lo provocan, con la misma se pueden encontrar las causas raíces de un problema, simplifica enormemente el análisis y mejora la solución de cada problema, ayuda a visualizarlos mejor y a hacerlos más entendibles, toda vez que agrupa el problema, o situación a analizar y las causas y sus causas que contribuyen a este problema o situación.

Se utiliza siguiente procedimiento:

2. Se define problema.
3. Se traza flecha principal.
4. Se escribe el efecto del lado derecho.
5. Se identifican causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.

6. Se Identifican las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias, se asigna importancia a cada factor [47].

2.3.1 Matriz DAFO para cada fuente.

Para definir las acciones y etapas estratégicas en la utilización de las fuentes de Energía de la provincia de Sancti Spíritus se partió de realizar un trabajo en grupo para obtener una matriz DAFO y a partir de los resultados de la matriz de impacto elaborar las acciones estratégicas subdivididas en etapas, utilizando el método de tormenta de ideas que consiste en dar oportunidad, a todos los miembros del grupo, de opinar o sugerir sobre un determinado asunto que se estudia, ya sea un problema, un plan de mejoramiento u otra cosa, y así se aprovecha la capacidad creativa de los participantes.

El trabajo grupal se inició definiendo solo tres Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas, para seguidamente obtener la matriz de impacto e identificar el cuadrante donde se encuentra la situación que presentan estas fuentes, a partir de ese resultado se define el problema estratégico general, la solución estratégica general y el objetivo estratégico. Se trata de convertir Debilidades en Fortalezas y Amenazas en Oportunidades, en base a esto se proyecta la estrategia de desarrollo.

De acuerdo con [48] Las debilidades y fortalezas pertenecen al ámbito interno de la empresa, al realizar el análisis de los recursos y capacidades; este análisis debe considerar una gran diversidad de factores relativos a aspectos de producción, marketing, financiación, generales de organización, y otros.

Las amenazas y oportunidades pertenecen siempre al entorno externo de la empresa, debiendo ésta superarlas o aprovecharlas, anticipándose a las mismas. Aquí entra en juego la flexibilidad y dinámica de la empresa.

- Debilidades. También llamadas puntos débiles. Son aspectos que limitan o reducen la capacidad de desarrollo efectivo de la estrategia de la empresa, constituyen una amenaza para la organización y deben, por tanto, ser controladas y superadas.

- Fortalezas. También llamadas puntos fuertes. Son capacidades, recursos, posiciones alcanzadas y, consecuentemente, ventajas competitivas que deben y pueden servir para explotar oportunidades.
- Amenazas. Se define como toda fuerza del entorno que puede impedir la implantación de una estrategia, o bien reducir su efectividad, o incrementar los riesgos de la misma, o los recursos que se requieren para su implantación, o bien reducir los ingresos esperados o su rentabilidad.
- Oportunidades. Es todo aquello que pueda suponer una ventaja competitiva para la empresa, o bien representar una posibilidad para mejorar la rentabilidad de la misma o aumentar la cifra de sus negocios.

El método utilizado para determinar la matriz fue la herramienta básica para la solución de problemas lluvia de ideas técnica que consiste en dar oportunidad, a todos los miembros de un grupo reunido, de opinar o sugerir sobre un determinado asunto que se estudia, ya sea un problema, un plan de mejoramiento u otra cosa, y así se aprovecha la capacidad creativa de los participantes.

Se realizó el ejercicio con la participación de especialistas en el tema donde cada cual emitió su idea y al finalizar la recepción de todas ellas se agruparon y preseleccionaron conforme al criterio del equipo.

De acuerdo con todo lo anterior se realizó análisis de matriz DAFO para cada una de las fuentes determinando sus debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades.

2.3.2 Determinación de las características técnicas de proyectos seleccionados y sus costos aproximados.

Se han escogido tres ejemplos de instalaciones de tecnologías factibles de aplicar, así como la referencia de sus costos:

- Sancti Spíritus se beneficiará con la edificación de un primer parque solar fotovoltaico, como parte de un programa nacional que busca elevar la eficacia de la generación y distribución eléctricas en Cuba.

Tabla 2.2 : Resultados esperados del proyecto fotovoltaico en La Sierpe

Indicadores	Unidad de medida
Ahorros por no importación de petróleo	USD/año
Ahorros por disminución de pérdidas	USD/año
Inversión prevista	USD
Período de recuperación de la inversión	años

Fuente: elaboración propia.

- Se ratifica los estudios realizados en las Empresas Azucareras Melanio Hernández y Uruguay en relación con el desarrollo de la caña energética para su uso en la generación de electricidad con sus correspondientes costos.

Melanio Hernández.

Tabla 2.3: Resultados esperados del proyecto con caña energética en Melanio Hernández.

Indicadores	Unidad de medida
Ahorros por no importación de petróleo	USD
Disminución de pérdidas por transmisión y distribución	MWh
Ahorros por disminución de pérdidas	USD
Inversión prevista	USD
Recuperación de la inversión	años

Fuente: elaboración propia.

Uruguay

Tabla 2.4: Resultados esperados del proyecto de bioeléctrica del Uruguay.

Indicadores	Unidad de medida
Ahorros por disminución de pérdidas	USD
Inversión prevista	USD
Recuperación de la inversión	años
Ahorros por no importación de petróleo	USD

Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados de un proyecto realizado por la Universidad de Sancti Spíritus permitieron caracterizar la biomasa del Marabú como combustible, realizar estudios de termo descomposición de esta biomasa, realizar experimentos de torrefacción y realizar una propuesta de una instalación que permitirá generar 19 MW de potencia eléctrica al aumentar el valor energético de la biomasa mediante un proceso de torrefacción.

Tabla 2.5: Resultados esperados de una instalación de torrefacción del Marabú.

Indicadores	Unidad de medida
Ahorros por disminución de pérdidas	USD
Ahorros por no importación de petróleo	USD
Inversión prevista	USD
Recuperación de la inversión	años

Fuente: elaboración propia.

- A la par a los ejemplos anteriores un equipo de investigadores de la universidad ha estado trabajando en un estudio prospectivo para la producción de biogás con fines

energéticos en la provincia de Sancti Spíritus, como parte de ese estudio se caracterizaron los potenciales de biogás a partir de los residuos arroceros, los residuales de la producción de azúcar y derivados en la empresa Melanio Hernández y en los porcinos Cacahual del municipio cabecera y Carbó en Yaguajay, los resultados alcanzados permiten visualizar instalaciones de biogás en la empresa arrocera Sur del Jíbaro, la destilería de la empresa azucarera M. Hernández y los dos centros porcinos mencionados.

Tabla 2.6: Resultados esperados de la generación con biogás.

Indicadores	Unidad de medida
Inversión prevista	USD
Ahorros por disminución de pérdidas	USD
Ahorros por no importación de petróleo	USD
Recuperación de la inversión	años

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Determinación de las ventajas energéticas, económicas y ambientales de la utilización de estos potenciales.

Para determinar las ventajas energéticas, económicas y ambientales de la utilización de los ejemplos expuestos se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en la aplicación de esta tecnología referidas a la utilización de las fuentes de energía de la provincia de Sancti Spíritus, así como el efecto que tendría en la estructura del consumo energético de la provincia el aporte de estos proyectos.

Para evaluar los resultados económicos de la caña energética en una planta de 32 MW se utilizaron las ecuaciones y cálculos dados por [20], mientras que para el análisis del VAN y

el período de recuperación se utilizaron las ecuaciones dadas en la amplia bibliografía sobre evaluación de inversiones y que el propio [20] refiere en su trabajo.

2.5 Actualización de la matriz energética.

El análisis de la matriz energética es fundamental para orientar la planificación del sector energético con el fin de garantizar la producción, la seguridad energética y el uso adecuado de la energía disponible.

La nueva matriz energética se proyectan importantes ahorros por no importación de petróleo de cada uno de los proyectos a la provincia es decir, que la capacidad de generación de electricidad aumentará con la nueva matriz.

2.6 Conclusiones parciales

1. Se elabora un procedimiento mediante un diagrama heurístico que permite establecer los pasos para la caracterización de la actual matriz energética, al considerar los principales potenciales de fuentes renovables de energía.
2. A partir de la literatura consultada e investigaciones previas realizadas en el Centro de Estudio de Energía y Procesos Industriales de la UNISS se determinan las herramientas y ecuaciones de cálculo que permitan materializar los pasos del procedimiento heurístico propuesto.
3. Se establece el cálculo de los potenciales de las Fuentes Renovables de energía y de la actualización de la matriz energética de la provincia de Sancti Spíritus.

CAPITULO III. ACTUALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA SANCTI SPÍRITUS.

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación realizada. Para ello el diagrama sintetizado en la grafico 2.1 orientó la secuencia de las etapas desarrolladas y correspondencia los epígrafes que lo estructuran.

3.2 Diagnóstico energético actualizado en la provincia de Sancti Spíritus.

3.2.1 Caracterización sociodemográfica de la provincia.

Sancti Spíritus, provincia de cuba, situada en la zona central de la isla, por su extensión territorial, ocupa el séptimo lugar entre las provincias cubanas. Situada en la región central del país, limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con el Mar Caribe, al este con Ciego de Ávila y hacia el oeste con las provincias de Villa Clara y Cienfuegos. Su ciudad capital, Sancti Spíritus, está ubicada a 21°55'N de latitud y 79°26'O de longitud. Posee una extensión territorial de 6 777,3 kilómetros cuadrados, al existir con cierre del año 2014, una densidad poblacional de 68,97 habitantes por km². Cuenta con 8 municipios Yaguajay, Jatibonico, Taguasco, Cabaiguán, Fomento, Trinidad, Sancti Spíritus y La Sierpe (figura 3.1). [43, 44]



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.1 Mapa de la provincia de Sancti Spíritus

Con un relieve variado por regiones montañosas rodeadas por zonas topográficas alomadas y áreas cenagosas al sur. Se destacan las lomas de Banao y la sierra de trinidad, ambas pertenecientes a la cadena montañosa Guamuhaia (Escambray),

considerada una de las tres más notables del país. También predominan las rocas sedimentarias.

Desde el punto de vista demográfico, al evaluar la figura 3.2, sobre la información relacionada con la densidad poblacional se hace notable un desplazamiento de la zona rural hacia la zona urbana, este elemento aunque ocurre en todo el mundo y específico en Cuba en todas sus provincias, impone un reto al sistema energético toda vez que incide en un crecimiento de la demanda energética en las ciudades, al mismo tiempo evidencia un desplazamiento de la fuerza de trabajo de las zonas rurales, donde se encuentran algunos de los potenciales más importantes para el desarrollo de las energías renovables.

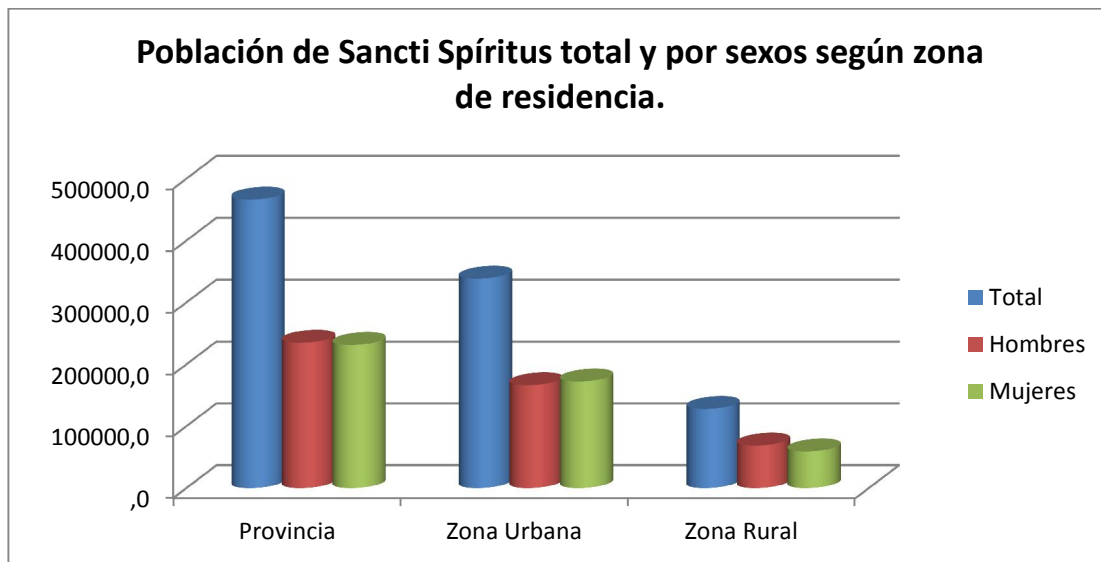


Figura 3.2: Población de sancti spíritus total y por sexos según zona de residencia.
Fuente: Elaboración Propia.

Es preocupante la situación de las cifras alarmantes que toma por sexo la estructura de la población en edad fértil cuando de un total de 232 323 el 49,1% son mujeres al existir una diferencia con respecto a los hombres de 4 020 mujeres menos, en edades comprendidas de cero a 44 años.

Situación está que se revierte según los indicadores pues la población masculina alrededor de los 45 años varía con respecto al sexo femenino como lo muestra la figura 3.3. Por diferentes causas, la negativa de la mujer a la fecundidad ya sea por problemas económicos o de viviendas, fallecen más hombres (por enfermedad o por accidentes), emigran más los del sexo masculino. Todo este fenómeno subyace en el envejecimiento,

de modo que existe una ruptura por grupos de edades de la población y ya es una realidad que ha ocurrido de forma rápida, pasando de 9,7% de la población en 1970 con 60 años y más a un 20,4% en el 2014. Al existir entonces mayor por ciento de mujeres que hombres en el territorio. Como se muestra en la figura 3.3. Esta situación que incide en la demanda de consumo pues la permanencia de las mujeres en casa trae consigo mayor uso indiscriminado de efectos electrodomésticos.

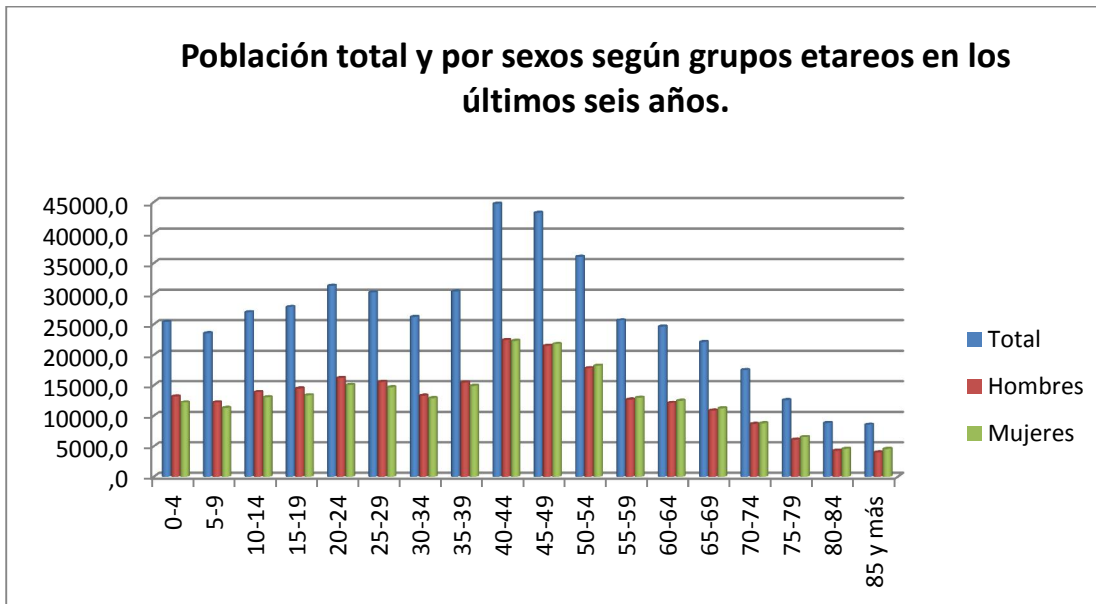


Figura 3. 3: Población Residentes en Capitales de Municipio.
Fuente: Elaboración Propia.

Los factores que subyacen en el crecimiento de la población se encuentran de manifiesto en la fecundidad como variable demográfica, transforma la estructura y composición por edades y sexo de la población. Así como se observa en la figura 3.4 algunos indicadores como el envejecimiento por todo lo anterior se puede resumir que esta provincia es una de las más afectadas en el país por la reducción de la fecundidad, la tasa bruta de reproducción no muestra valores que den nivel de reemplazo con aportes de al menos una hija por mujer que tanto ayudaría en el proceso de contrarrestar el envejecimiento de la población yace la tercera relación de dependencia de la edad es la relación entre la población joven y vieja con respecto a la población adulta, se describe en la figura 3.4.

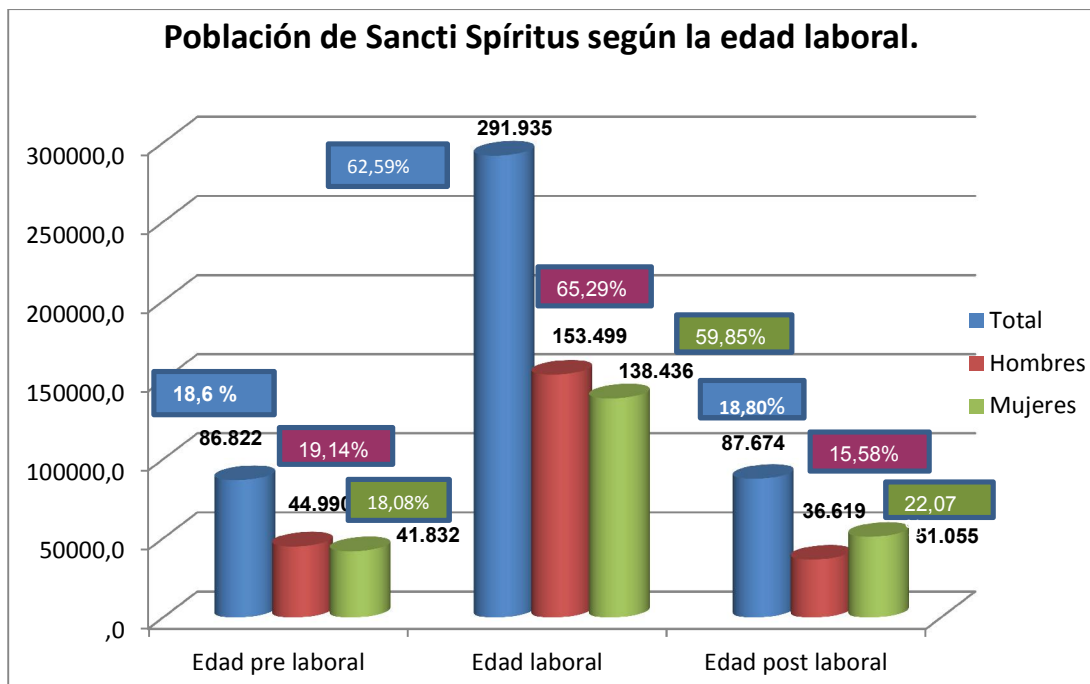


Figura 3.4: Población de Sancti Spíritus según edad laboral.
 Fuente: Elaboración Propia.

El valor del indicador conduce a una aproximación a la idea de la carga o presión sobre los recursos laborales del territorio y su tendencia está asociada al proceso de envejecimiento poblacional de la provincia más envejecida con el 20,4% de personas con 60 años y más. Las mujeres son las de más tendencia al consumo energético.

La figura 3.5, se refiere a los movimientos de la tasa migratoria internos de la provincia con un índice de 1,4 por mil habitante en atributos demográficos de la población hacia las capitales municipales. Lo cual incide en la demanda de consumo por encontrarse residentes en zonas de mayor nivel de ofertas con consumo energético.

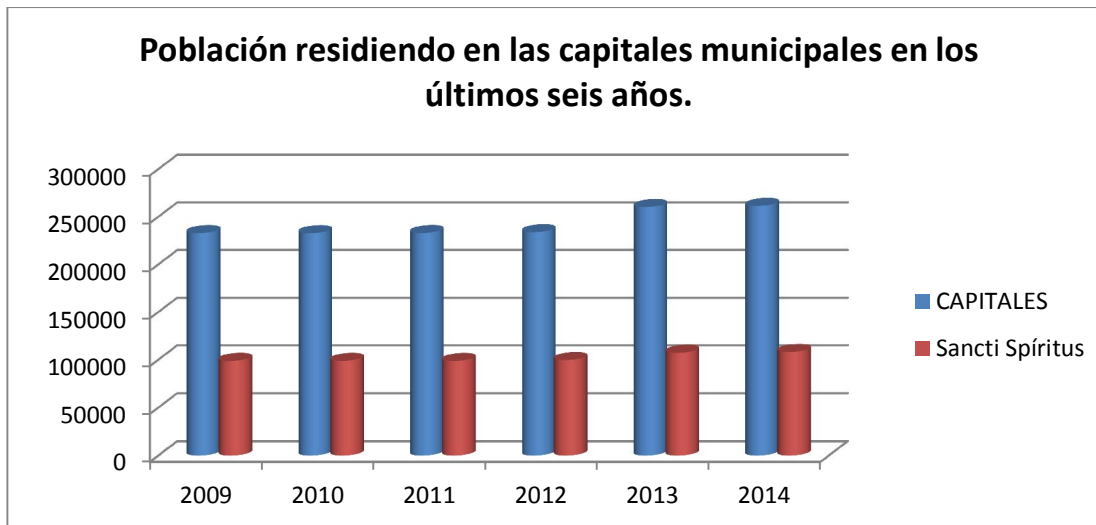


Figura 3.5: Población residentes en las capitales municipales.

Fuente: Elaboración Propia.

Otro elemento a considerar en el análisis de la problemática de la provincia en la actualidad es la protección del medio ambiente y constituye una de las premisas fundamentales en la provincia. La cantidad de carga contaminante se encuentra en los diferentes medio (suelo, agua y atmósfera), o que es liberada a los mismos en una unidad de tiempo. En los 6 años anteriores al 2014 se reporta en el anuario estadístico un decrecimiento con una pendiente muy alta de la carga contaminante en t de DBO, aunque a juicio de esta autora no se visualizan medidas de reducción de emisiones o inversiones grandes en sistemas de tratamiento que puedan producir tal efecto. No obstante se reporta a finales del 2013 un valor de 6 082 toneladas de DBO/año, lo cual evidencia la existencia de una importante fuente de energía renovable si esta carga contaminante se podría convertir en biogás por digestión anaerobia (ver figura 3.6).

De manera adicional se observa en la figura 3.7 la variación anual de la carga contaminante por años que aunque en el 2010 aumentó, esta disminuye con relación en el tiempo desde el 2008 hasta el 2013 con un valor 0,1% según se observa su

decrecimiento.

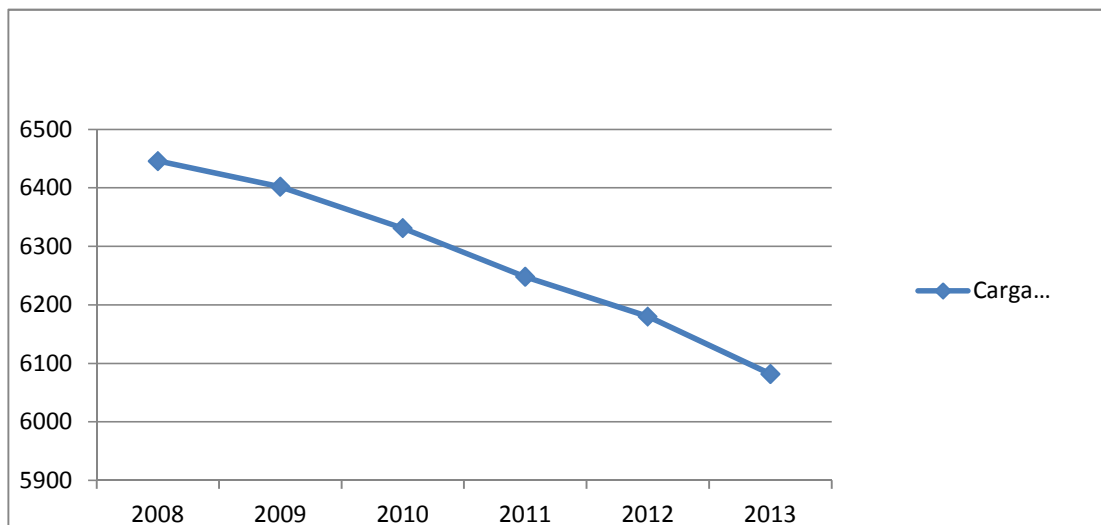


Figura 3.6: Carga contaminante de la provincia
Fuente: Elaboración Propia.

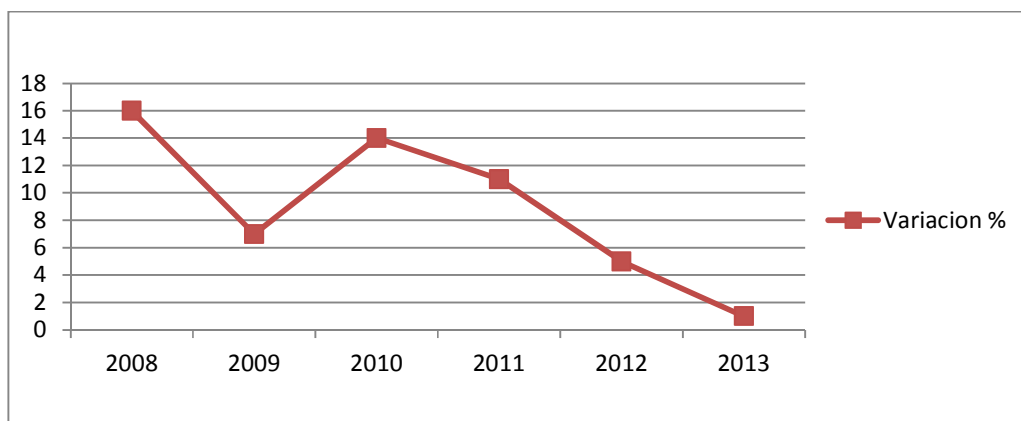


Figura 3.7: Variación anual de la carga contaminante.
Fuente: Elaboración Propia.

El territorio cuenta con un total de 533 entidades, de ellas 91 son empresas estatales, 117 unidades presupuestadas, 1 empresa mixta, 6 sociedades mercantiles. El sector no estatal está compuesto por 104 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), 56 Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y 162 Cooperativas de Crédito y Servicio (CCS). Las principales producciones industriales corresponden a la Industria Alimentaria, del Combustible, Materiales de la Construcción, Bebidas, Tabacos. El grupo empresarial AZCUBA con sus nuevos proyectos. En la agricultura se destacan las producciones de tubérculos y raíces, hortalizas, arroz, maíz, frijoles, plátanos, cítricos y otros frutales.

Independientes a las características de los suelos del territorio predominan los muy pocos productivos, situación ésta que limita la explotación de las energías renovables elemento que tributa que no se puede pensar en utilizar suelo para la producción de biomasa con fines renovables.

En el marco social es de destacar que la provincia tiene 456 escuelas, 33 círculos infantiles con 4 619 niños matriculados; 8 031 docentes frente a las aulas con una matrícula inicial de 75 520 estudiantes.

En cuanto a actividades económicas que se desarrollan dentro de la provincia, el municipio de Yaguajay se destaca por su actividad agropecuaria al igual que Taguasco, aunque este último cuenta también con la fábrica de azúcar y alcohol Melanio Hernández de Tuinucú; el de Cabaiguán por su especialización en el cultivo del tabaco; en Jatibonico se encuentra el coloso “Uruguay”, uno de los centrales de mayor capacidad de molienda de caña del país. Fomento cuenta con una empresa ubicada en el macizo montañoso del Escambray dedicada a la fabricación de utensilios plásticos y carpintería de aluminio. Trinidad se caracteriza por su polo turístico que constituye una importante fuente de ingresos para el país, además entre las actividades económicas que desarrolla está su intensa actividad pesquera. En la Sierpe se cosecha más del 20% del arroz que se dedica al consumo de la población cubana. Sancti Spíritus, que es el municipio cabecera, en él se desarrollan distintas actividades como la agricultura, construcción, industria alimentaria, la pesca, el turismo y otros.

Posee 608 unidades de asistencia médica, de las cuales 19 son de asistencia social. La tasa de mortalidad infantil es de 3,5 por cada mil nacidos vivos, una de las más bajas del país; la de natalidad 10,9 por cada mil habitantes y la de mortalidad general 9,6 por cada mil habitantes; cuenta, además, con 897 instalaciones deportivas y 102 instalaciones culturales.

En la costa sur del territorio, la naturaleza dotó a los espirituanos de la península Ancón, donde está formada la playa con su mismo nombre que resulta de gran disfrute para los que la visitan, se cuenta además con el Complejo Turístico de Topes de Collantes, que

dentro del archipiélago cubano, constituye un lugar perfecto por su ecología para el turismo de salud a nivel internacional.

Como elemento adicional que influye en el entorno energético de la provincia en diciembre del 2014 sumaban 48 125 trabajadores por cuenta propia en la provincia, las actividades más activas de este sector durante el año 2014 fueron: venta de alimentos (2 587 trabajadores contratados), 2 963 transportistas, arrendadores de vivienda 1 488, albañiles 645, mensajeros 690 y carpinteros 377, lo que constituye una demanda importante al sector energético de la provincia.

Áreas productivas de la provincia.

La figura 3.8, ejemplifica que de 152,2 ha de suelos considerados como productivos o muy productivo es muy limitada para la producción de alimentos del territorio, no obstante esta información posee dos formas de interpretación: de una parte no se dispone de amplias posibilidades de suelos productivos para obtener mayor cantidad de biomasa con fines energéticos como producto principal o como residuo y de la otra existe disponibilidad de área suficiente para montar sistemas de energías renovables en las áreas poco o muy poco productivas.

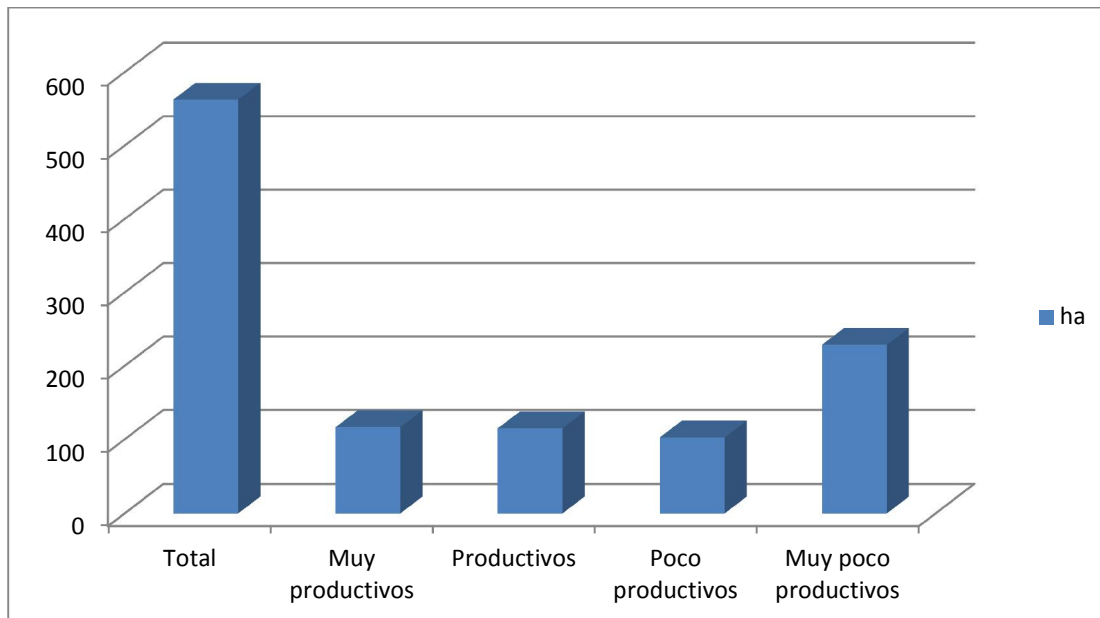


Figura 3.8: Características de los suelos agrícolas de Sancti Spiritus.
Fuente: Elaboración Propia.

Área forestal del territorio.

En la figura 3.9 se representa la superficie forestal que en el 2013 alcanzó una superficie de cerca de 152200 ha, puede observarse que existe una importante área deforestada 14900 ha lo que limita utilizar biomasa de origen forestal con fines energéticos, esto solo será posible con el uso el raleo de los bosques o la biomasa de bosques que se requieren demoler con otros fines o procedente de plantas invasoras como el *Dicrostasis Cinerea* o Marabú.

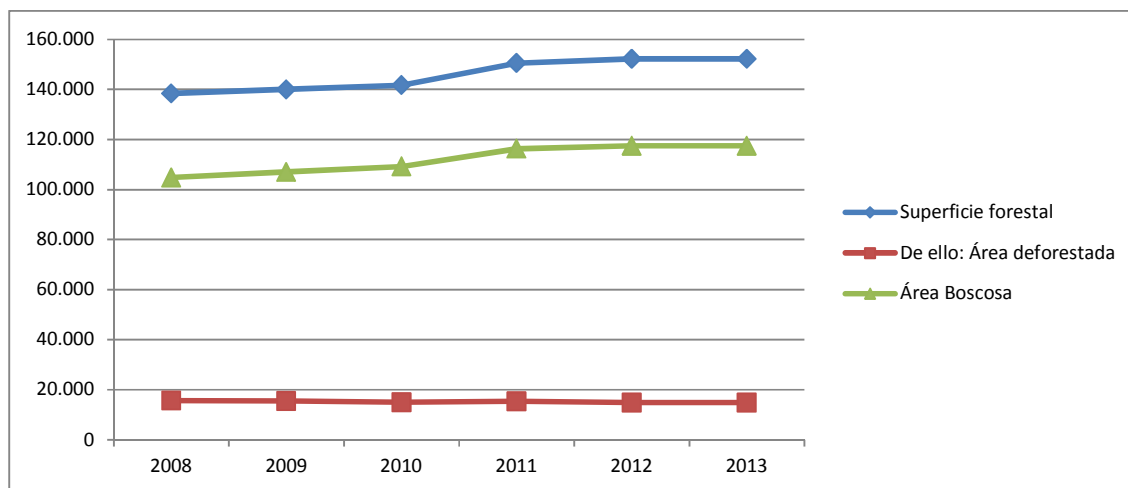


Figura 3.9: Características de la superficie forestal de Sancti spiritus en ha.
Fuente: Elaboración Propia.

Producción mercantil.

Producción mercantil que es el valor de los bienes y servicios producidos y listos para ser vendidos aumenta con relación al tiempo en los seis años anteriores al 2014 (ver la figura 3.10), lo anterior evidencia que al existir mayores producciones deben estar relacionada con un incremento del consumo de energía o al menos un mejoramiento de la intensidad energética del territorio.

En el ámbito económico la provincia alcanza en el cierre del 2014 una producción mercantil de \$ 2 063,3 millones de pesos, posee una fuerza ocupada de 100,2 miles

trabajadores, para una tasa de desocupación de 1,4 %; que constituye la segunda más baja del país; el salario medio mensual se aproxima \$ 487,0 pesos.

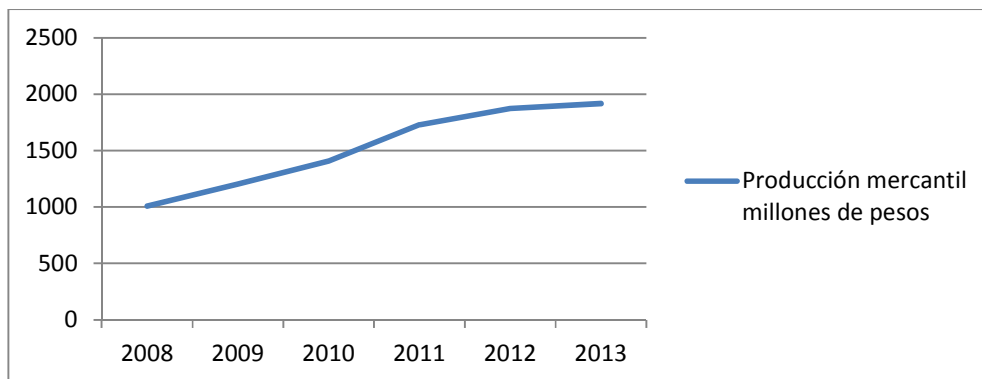


Figura 3.10: Producción mercantil MP.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2 Diagnóstico histórico del consumo de energía en el territorio.

Si se analiza la tendencia de la producción mercantil entre el 2008 y el 2013 según datos del anuario estadístico 2014 y se compara de forma gráfica con la tendencia de los indicadores de consumo de los principales portadores energéticos, combustibles y el balance de la energía eléctrica, puede entenderse que no existe una elevada relación entre ellos, es decir que los consumos de cada uno de los portadores no se relacionan con los movimientos de la producción mercantil, ya que la directriz de crecimiento no es correlativa figura 3.11 y 3.11A.

Esto le permite a la autora considerar que los cambios en el consumo de energía no están siempre acompañados de incrementos en la producción mercantil, por lo cual se profundiza en la relación entre el consumo de cada portador y se determina el coeficiente de correlación y representa el consumo de cada portador con relación a la producción mercantil como se verá más adelante.

Al estudiar la relación de cada uno de los indicadores de consumo de portadores energéticos por separados contra la producción mercantil se observan informaciones muy importantes en la correlación estadística en los últimos seis años.

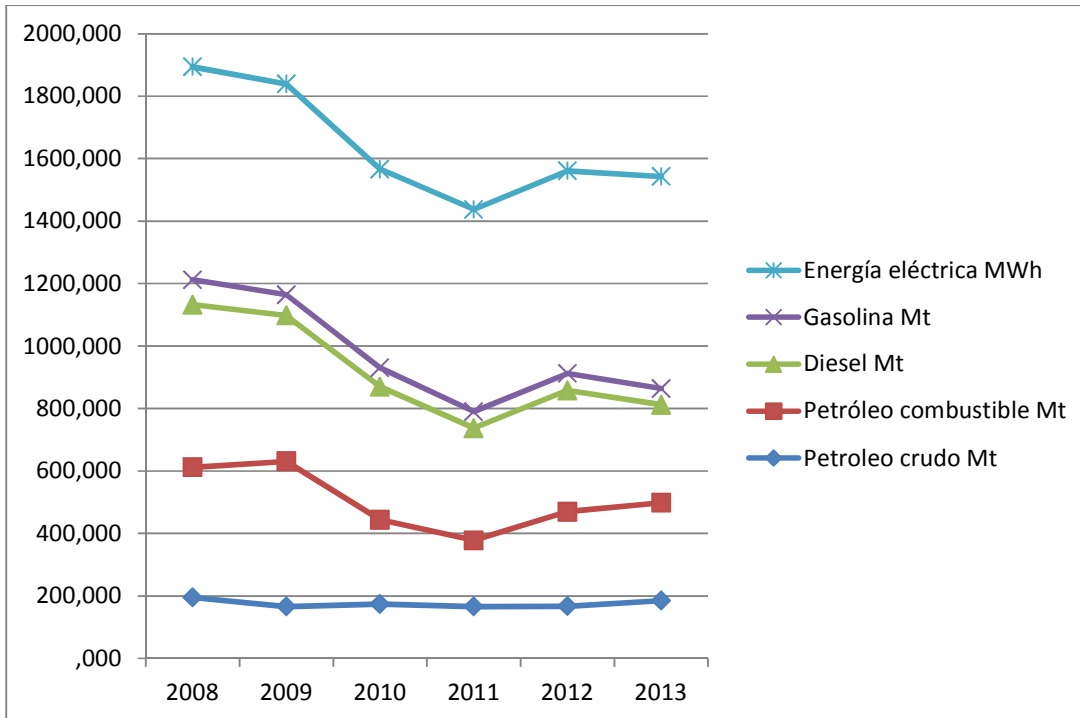


Figura 3.11: Consumo se los principales portadores energéticos contra la producción mercantil.
Fuente: Elaboración Propia.

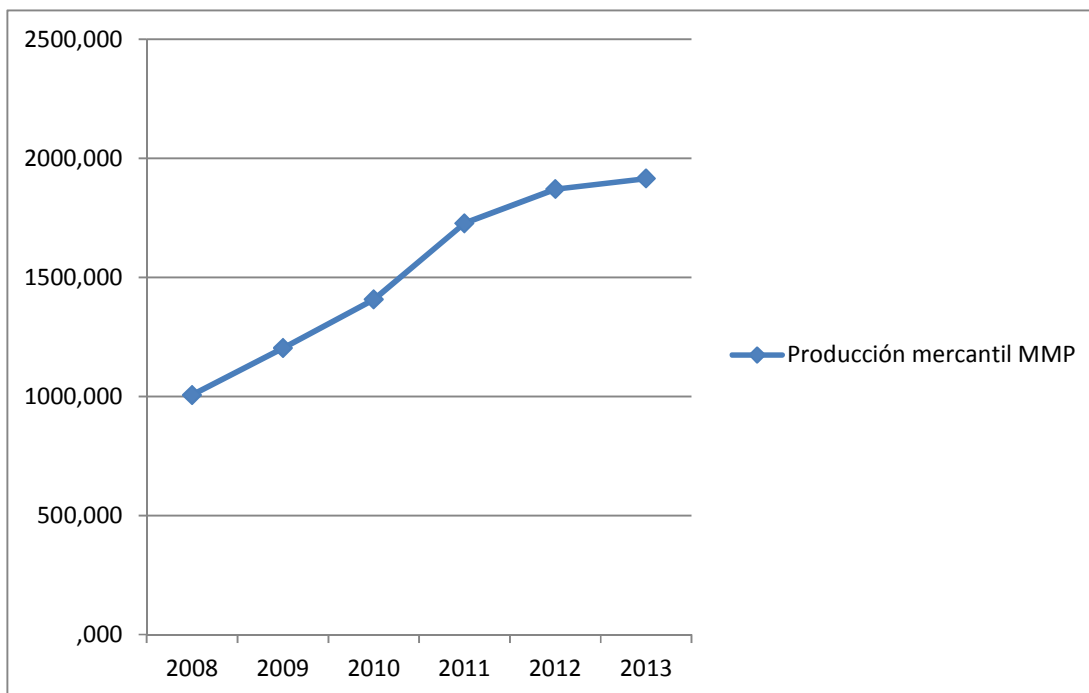


Figura 3.11A: Consumo se los principales portadores energéticos contra la producción mercantil.
Fuente: Elaboración Propia.

Tal y como se aprecia en la figura 3.12 el consumo de petróleo crudo con relación a la producción mercantil muestra una relación muy errática pues los cambios en este indicador no se relacionan de forma directa con los incrementos de producción del territorio. Por otra parte el índice de coeficiente de correlación es de 0,36 demostrándose la falta de correlación entre ambas variables.

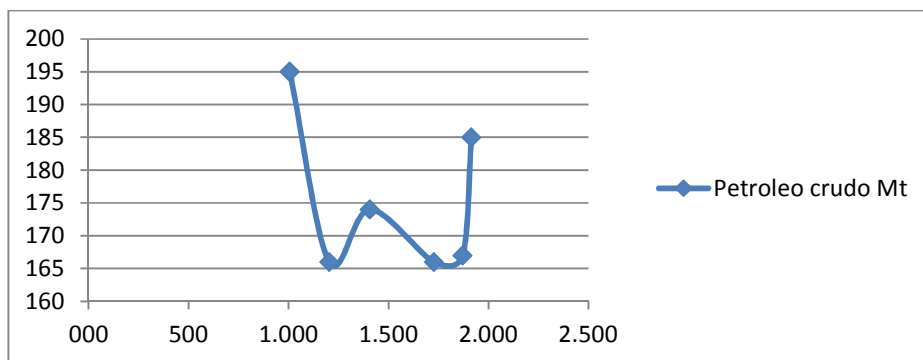


Figura 3.12: Consumo de petróleo crudo Mt contra la producción mercantil MMP.

Fuente: Elaboración Propia.

En el figura 3.13 se observa que el consumo de combustible con relación a la que en el caso del petróleo crudo de igual forma no correlaciona y se confirma por las características de la curva.

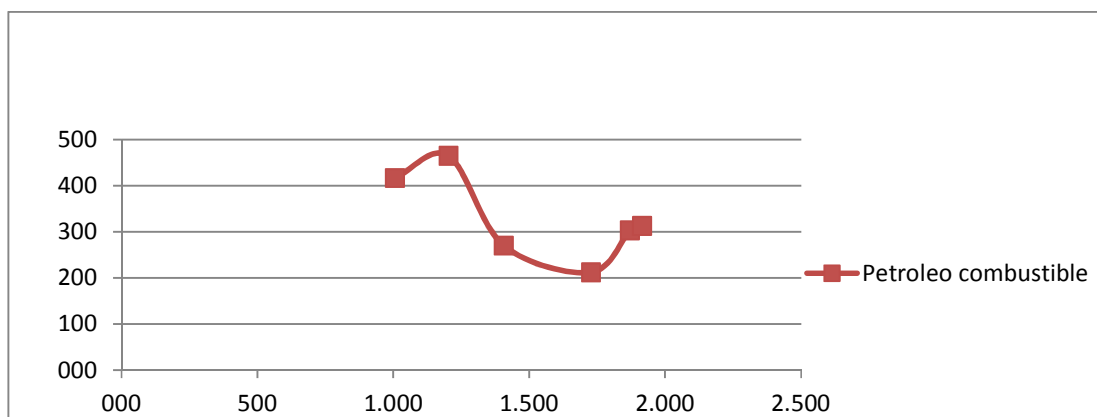


Figura 3.13: Consumo de petróleo combustible en Mt contra producción mercantil en MMP.

Fuente: Elaboración Propia.

El consumo de diesel (Mt) con relación a la producción mercantil (MMP) definen un coeficiente de correlación de 0.95 lo cual es interesante pues si existe una correlación, ya que al aumentar la producción mercantil tiende a disminuir el consumo de diesel como se manifiesta en el figura 3.14.

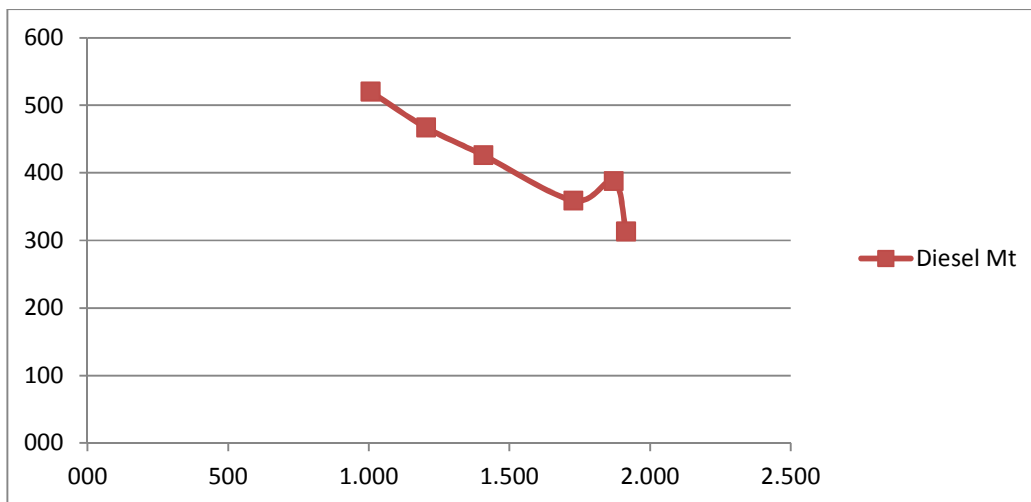


Figura 3.14: Consumo de diesel Mt contra producción mercantil en MMP.
Fuente: Elaboración Propia.

Lo anterior puede deberse a que el aumento de la producción está asociado a mayor estabilidad de suministro y no se requiere el uso de los grupos electrógenos de emergencia o está dado por las medidas de control de eficiencia energética implementadas en Cuba entre 2006 y 2008 que permitieron ahorrar 2 365 000 toneladas de petróleo en el país.

De igual forma se comporta el consumo de gasolina (Mt) con relación a la producción mercantil (MMP) donde prevalece la correspondencia lo cual modela en la figura 3.15 con un índice estadístico de coeficiente de correlación de 0,94. A medida que aumenta la producción mercantil disminuye el consumo de gasolina.

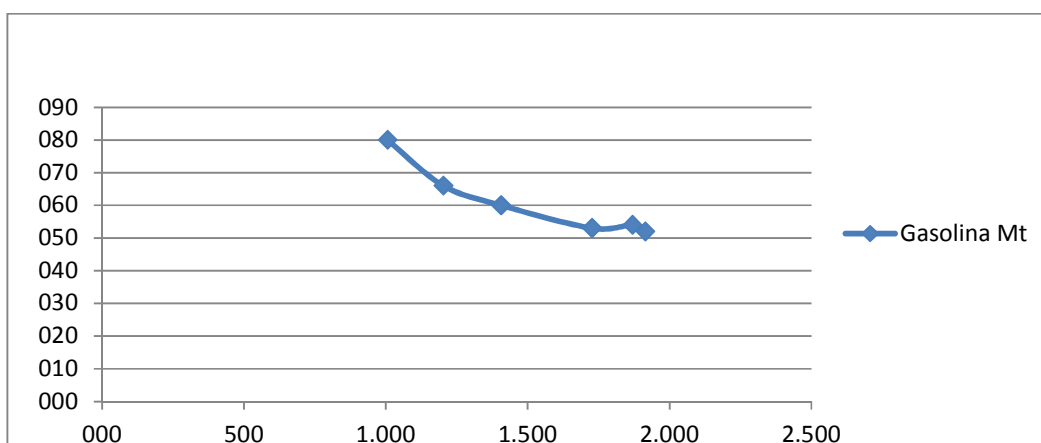


Figura 3.15: Consumo de gasolina en Mt contra producción mercantil en MMP.
Fuente: Elaboración Propia.

Estos resultados positivos en la provincia están dados por la eficiencia de la revolución energética que permitió reordenar y controlar estos indicadores energéticos y seguir de cerca los importantes cambios.

Al evaluar consumo de energía eléctrica (GWh) con relación a la producción mercantil (MMP) como se ilustra en la figura 3.16 se induce que el coeficiente estadístico de la correlación es de 0,34 lo que indica una correlación muy baja que se ratifica por lo errático del comportamiento de la curva.

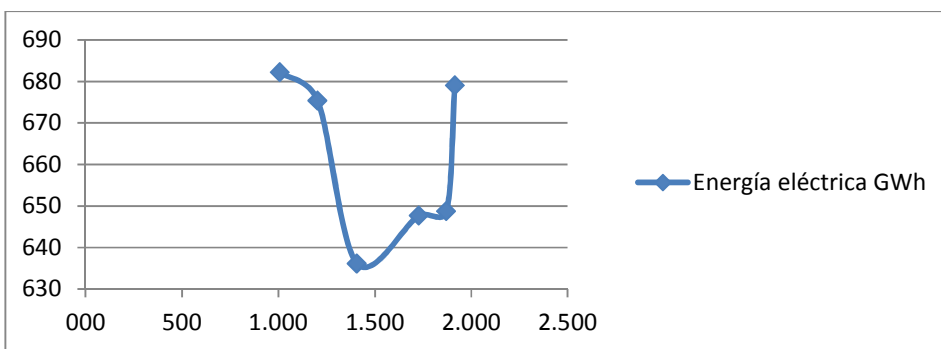


Figura 3.16: Consumo de energía eléctrica en GWh contra producción mercantil en MMP.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 3.17 sin embargo se observa que con un coeficiente de 0,86 existe una buena correlación entre el consumo total de energía (TEP) y la producción mercantil entre el 2008 y el 2013 [49].

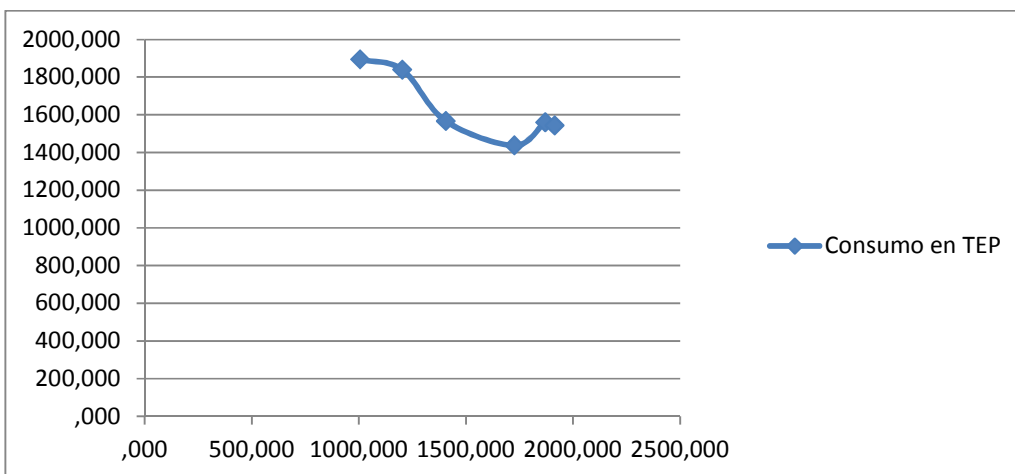


Figura 3.17: Intensidad energética de SS del 2008 al 2013.

Fuente: Elaboración Propia

De todo el análisis puede concluirse que los cambios de consumo total de energía correlacionan con la producción, sin embargo no correlacionan los consumos específicos

de petróleo crudo, petróleo combustible y electricidad por lo que en el análisis debe prestarse especial atención al consumo de estos portadores, a pesar de que en la figura 3.18 se muestra que la intensidad energética ha tenido una tendencia a disminuir entre el 2008 y el 2013 en el territorio.

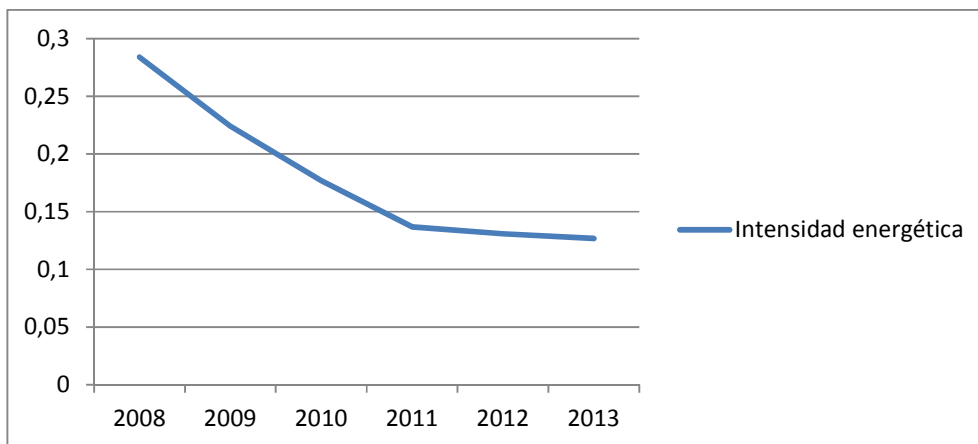


Figura 3.18: Intensidad energética de Sancti Spíritus del 2008 al 2013.
Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar la figura 3.19 puede verse que un diagrama de Pareto del consumo de energía primaria de Sancti Spíritus entre el 2008 y el 2013 indica que en la electricidad y el diesel se concentra el 80% del consumo de energía primaria del territorio, pero por ser el consumo de electricidad una de las variables que menos correlaciona con la producción mercantil, el análisis de la matriz energética se centrará sobre este portador energético como elemento fundamental.

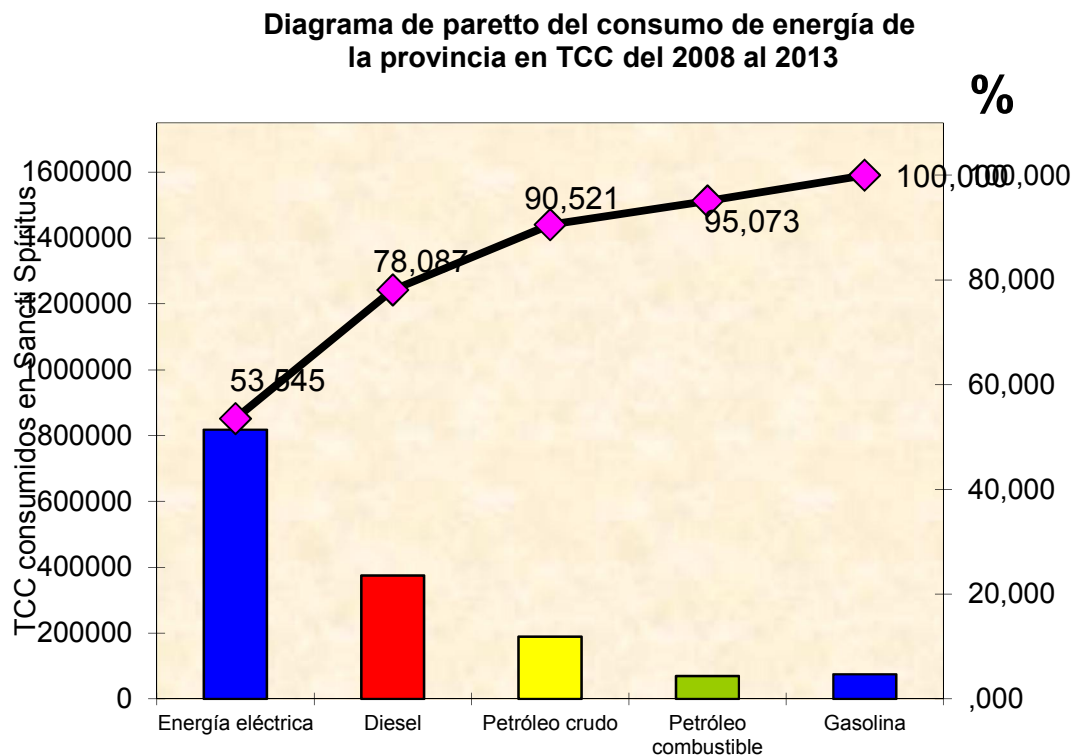


Figura 3.19: Diagrama de Pareto consumo de energía de Sancti Spiritus del 2008 al 2013.
Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.1 Diagnóstico del consumo de energía en Sancti Spiritus en el 2014.

Al analizar la figura 3.20 se observan resultados de la estructura de consumo de los portadores energético de la provincia en el 2014 que está determinado por la energía eléctrica con un 52% del total, por lo que se ratifica que es el principal recurso energético que hay que atender en el análisis de la matriz y su posible transformación. [43] Al analizar la figura 3.20 se observan resultados de la estructura de consumo de los portadores energético de la provincia en el 2014 que está determinado por la energía eléctrica con un 52% del total, por lo que se ratifica que es el principal recurso energético que hay que atender en el análisis de la matriz y su posible transformación. [43]

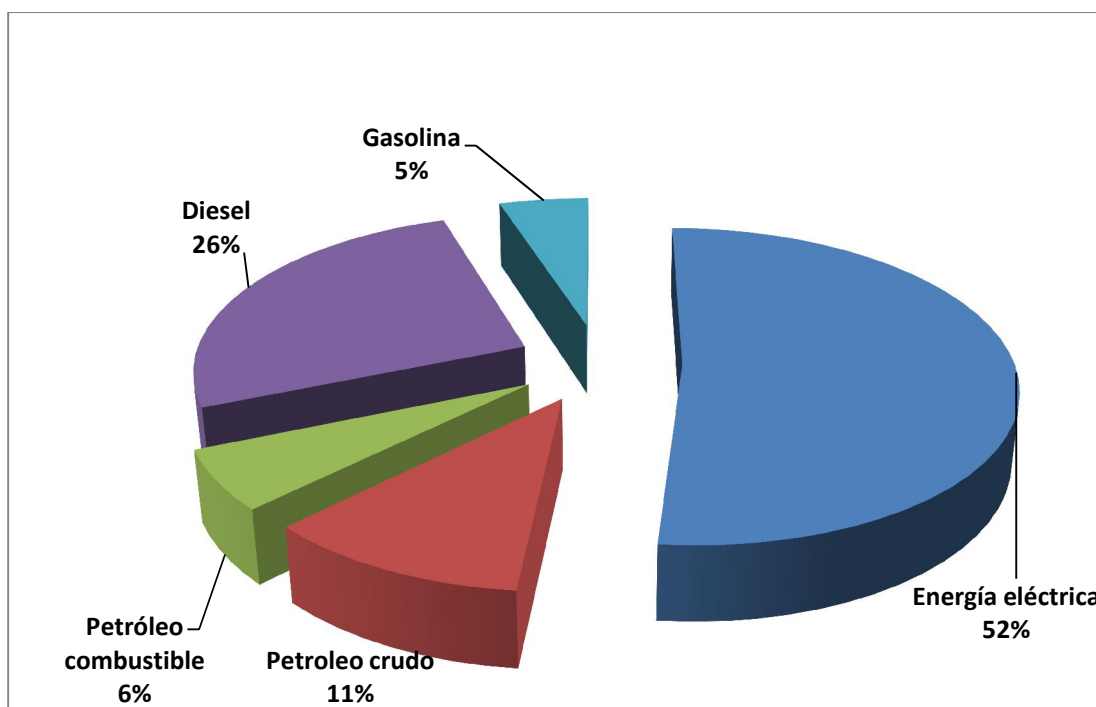


Figura 3.20: Estructura de consumo de portadores energéticos del territorio, año 2014 en TCC.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 3.21 se ratifica la información extraída de la estructura de consumo en el 2014 pues al realizar un diagrama de Pareto se comprueba que en la electricidad y el diesel está el 80% del consumo del territorio en el 2014, al coincidir con el acumulado 2013 – 2016.

Seguidamente se puede observar en la matriz de energía eléctrica de Sancti Spiritus en el 2014 en TEP, según la figura 3.22, depende en gran medida de las fuentes no renovables de energía que aportan el 97% del total, en el caso de las FRE solo existen pequeños aportes a dicha matriz de la siguiente composición: biomasa, hidráulica, eólica y solar; las cuales aportan entre todas solo un 3% del total de electricidad que se consume. De manera que la figura 3.22 puede entenderse que el mayor aporte de estas formas de utilización de las energías renovables pertenece a la energía hidráulica con la PCHE y las mini-hidroeléctricas con el 40% y la biomasa, sobre todo con el aporte de las fábricas de azúcar Melanio Hernández y Uruguay, con un aporte del 36%.

Diagrama de Pareto del consumo de combustibles en Sancti Spiritus en TCC en el 2014

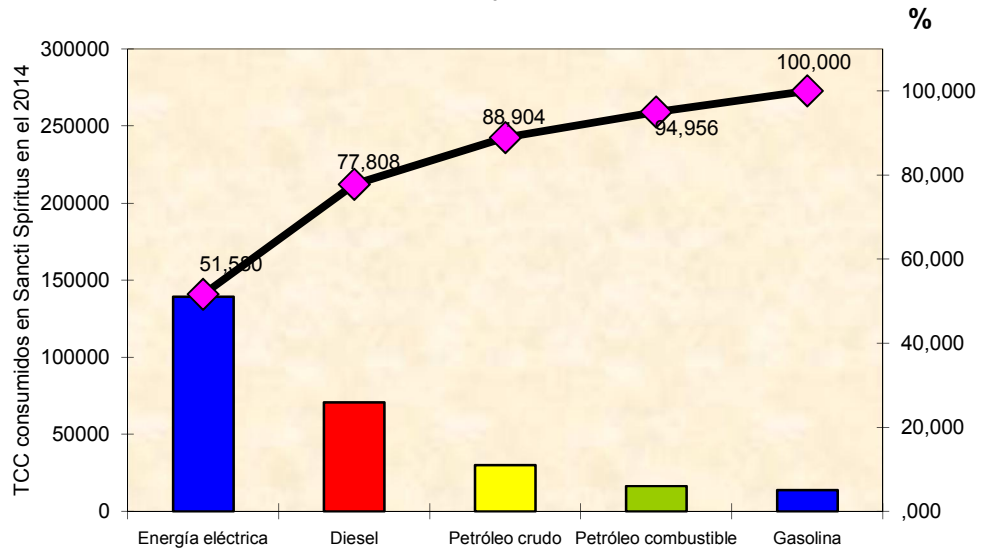


Figura 3.21: Diagrama de Pareto del consumo de combustibles en Sancti Spiritus en TCC en el 2014. Fuente: Elaboración Propia.

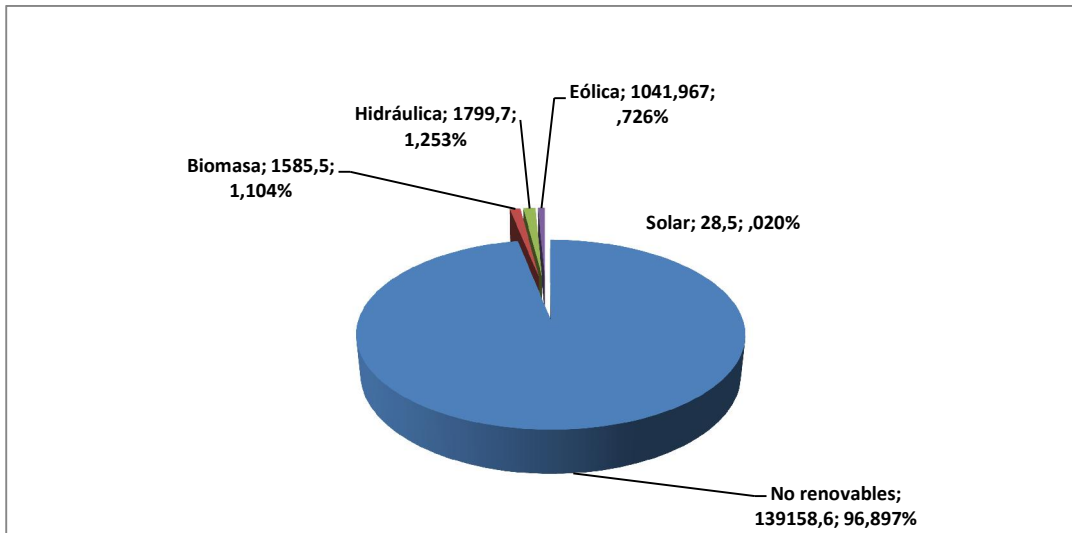


Figura 3.22: Matriz de energía eléctrica en el 2014 en TCC aportada según fuente. Fuente: Elaboración propia.

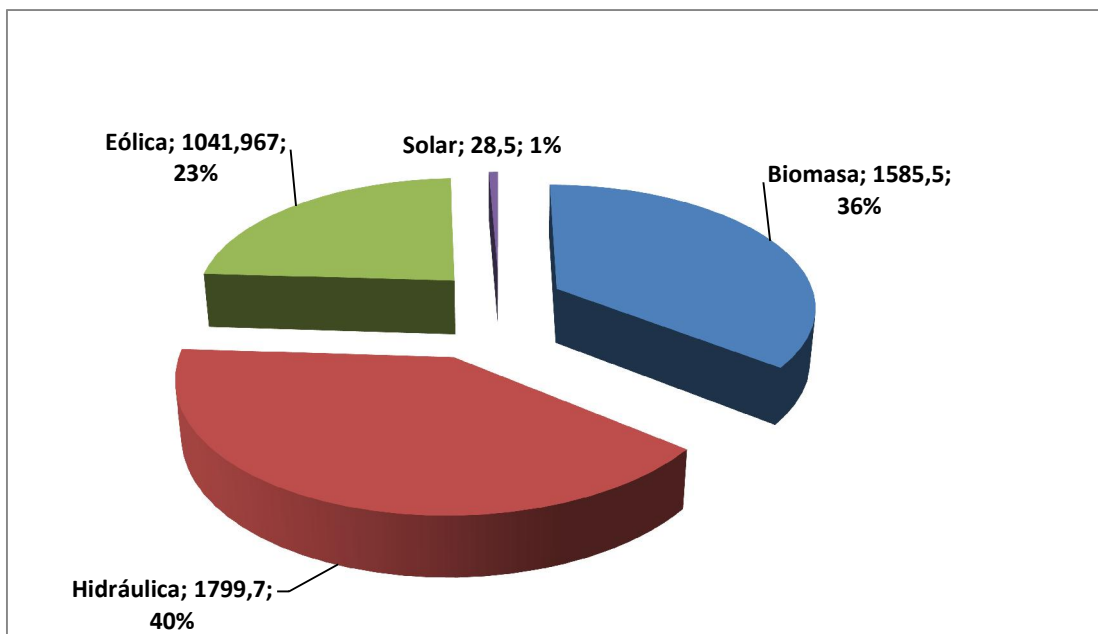


Figura 3. 23: Desagregación del aporte de las FRES por tipo en el 2014.
Fuente: Elaboración Propia.

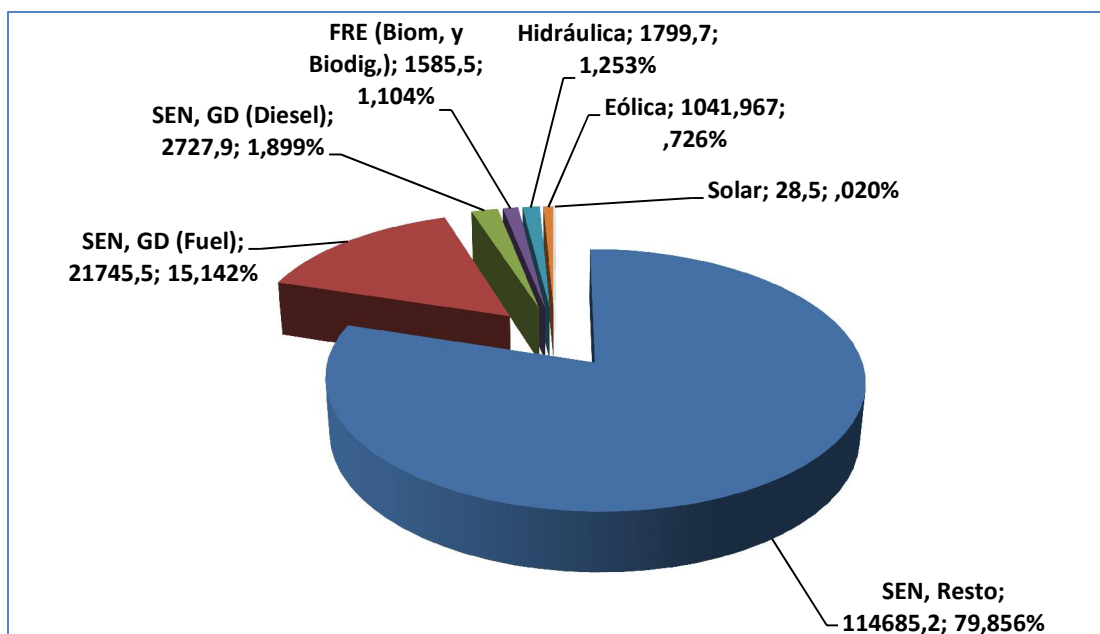


Figura 3. 24: Matriz de energía eléctrica en el 2014 en TCC aportada según fuente.
Fuente: Elaboración Propia.

Si se analizan los dos figuras anteriores (figuras 3.23 y 3.24) se puede interpretar que en la matriz de energía eléctrica de Sancti Spíritus por sistema de generación tanto en GWh generados como en TEP aportados la mayor parte, el 80% de la electricidad que se consume en Sancti Spíritus, es generada fuera de la provincia en las plantas de generación del Sistema Electro energético Nacional (SEN), por lo que la provincia depende forma absoluta de lo que se genera en otros territorios

Así en la figura 3.25 puede verse que el consumo de energía de la provincia está distribuido entre todos los municipios, donde Sancti Spíritus, Trinidad y Cabaiguán los mayores consumidores y se conoce que son los municipios de mayor actividad productiva en el sector industrial y de servicios en ese mismo orden, lo que parece explicar este comportamiento.

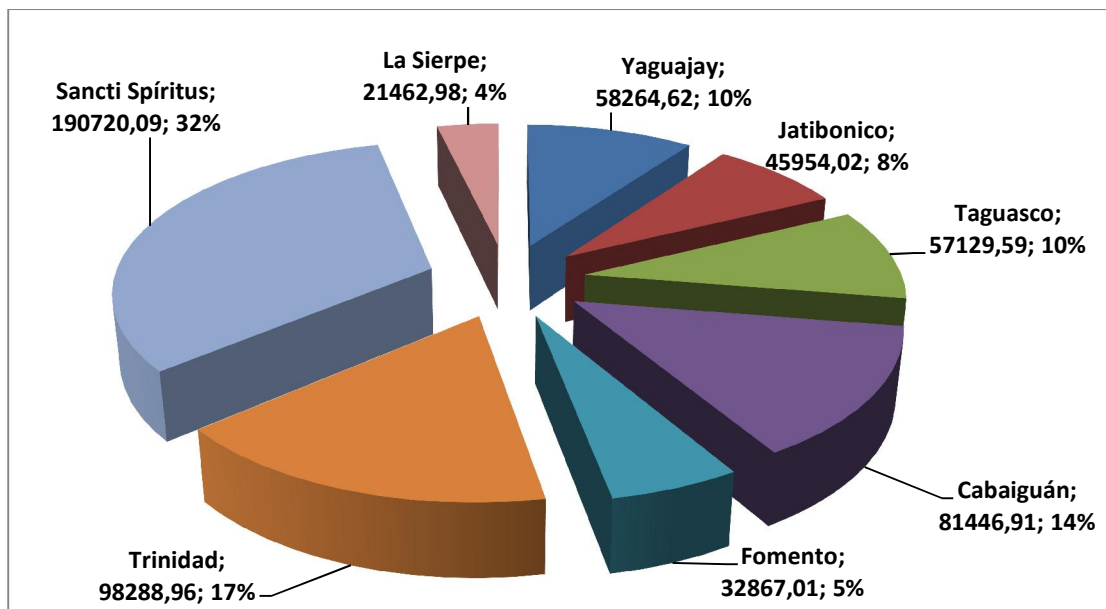


Figura 3.25: Consumo de energía eléctrica por municipios en el 2014.
Fuente: Elaboración Propia.

Si se analiza la figura 3.26 puede verse que la mayoría de los municipios cumplen el plan de consumo de electricidad en el 2014 en valores cercanos o en el 100% lo que indica la planificación y utilización adecuadas de la energía, aunque no asegura que no haya reservas importantes en eficiencia energética; solo Taguasco y Fomento muestran el porcentaje de cumplimiento por debajo del 95%, esto último puede deberse más a errores en la planificación que a la implementación de medidas de ahorro.

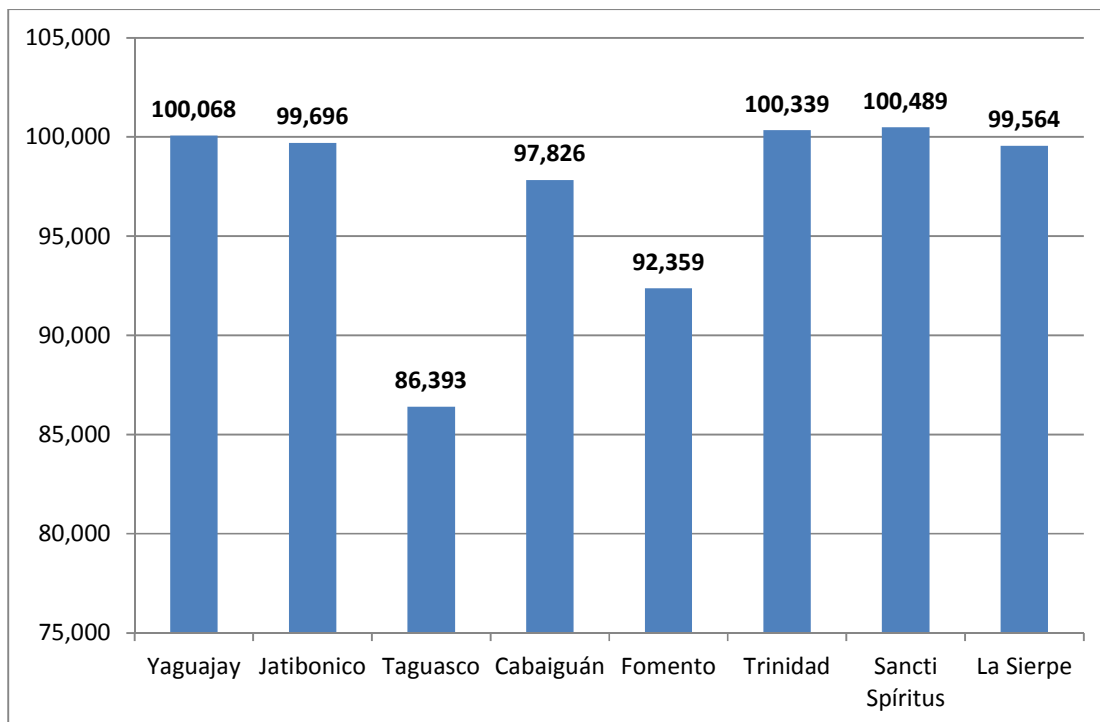


Figura 3.26: Cumplimiento del plan 2014 de consumo de energía eléctrica en % por municipios.
Fuente: Elaboración Propia.

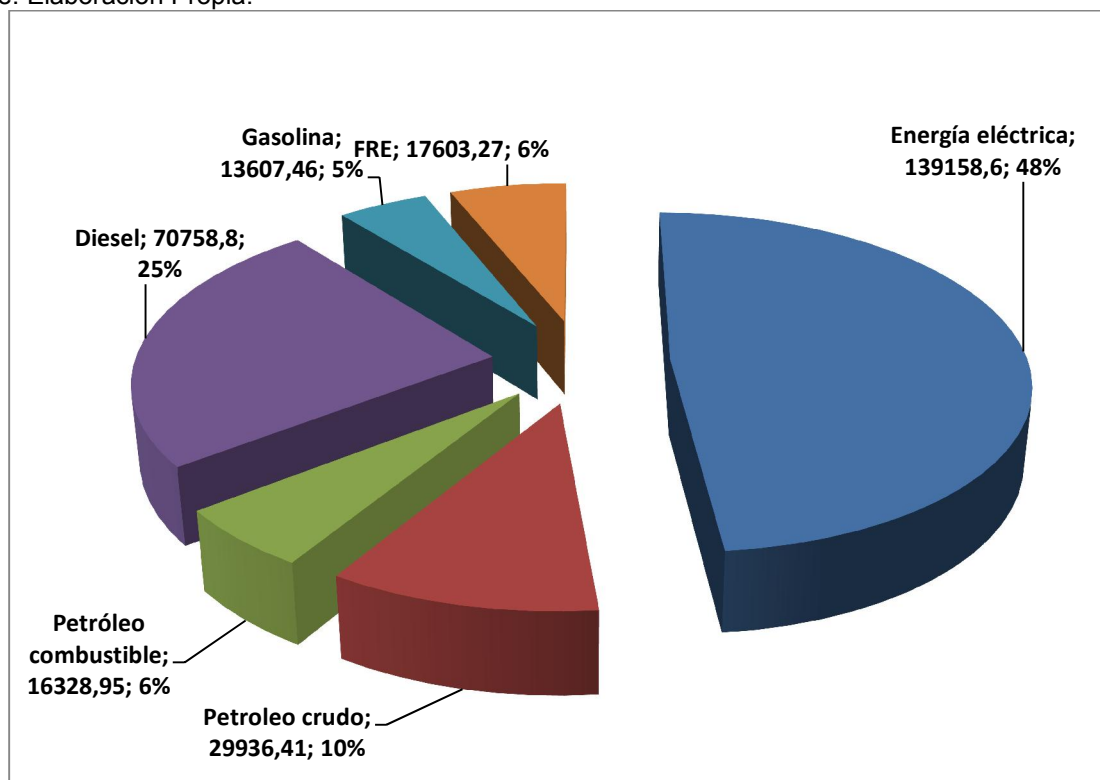


Figura 3.27: Matriz energética de Sancti Spíritus en el 2014 considerando las FRE en TEP
Fuente: Elaboración Propia.

Por último en la figura 3.27 puede verse la matriz energética de Sancti Spíritus al considerar todos los dispositivos instalados incluido los autónomos y los que se utilizan para otros fines y no solo para generar electricidad. Destaca como información que las FRE aportan solo el 6% del consumo de energía primaria de la provincia, aunque se conoce que existen formas de utilización de las FRE que no aparecen reportadas en ninguna de las estadísticas de consumo energético.

Esta información ratifica la necesidad de realizar este estudio para analizar los potenciales de energías renovables identificados en el territorio y evaluar su posible contribución a una nueva matriz energética, con menos dependencia de los combustibles fósiles, y con ello asegurar mayor sostenibilidad en el suministro energético.

3.3.1 Sistema de generación distribuida de energía eléctrica en la provincia de Sancti Spíritus.

Anterior se evaluó que la provincia de Sancti Spíritus depende en un 80% del suministro de energía eléctrica procedente de plantas generadoras ubicadas en otras provincias del país, para ello, como se puede observar a continuación en la figura 3.28 la provincia recibe la energía eléctrica a través de 3 enlaces importantes que la unen a través de la subestación de Tuinucú, la de Jatibonico y la de Trinidad con el SEN (Sistema Electroenergético Nacional).

En correspondencia con (Presentacion, 2003) a red primaria de transmisión la soportan 282 kilómetros de líneas de 220 V y 110 V que se conectan a una capacidad de transformación instalada de 182 MV. La energía que se transforma en estas subestaciones se distribuye a través de 475 kilómetros de líneas de subtransmisión con un total de 95 subestaciones de 33,0 kv con capacidad total 201MVA. Así mismo, para alimentación la totalidad de los clientes, existen 2208,4 km de líneas de distribución primaria con 31 circuitos de 4,16 kv y 74 circuitos de 13,8 kv que se conectan a 7431 transformadores ubicados a su vez en 3041 circuitos.

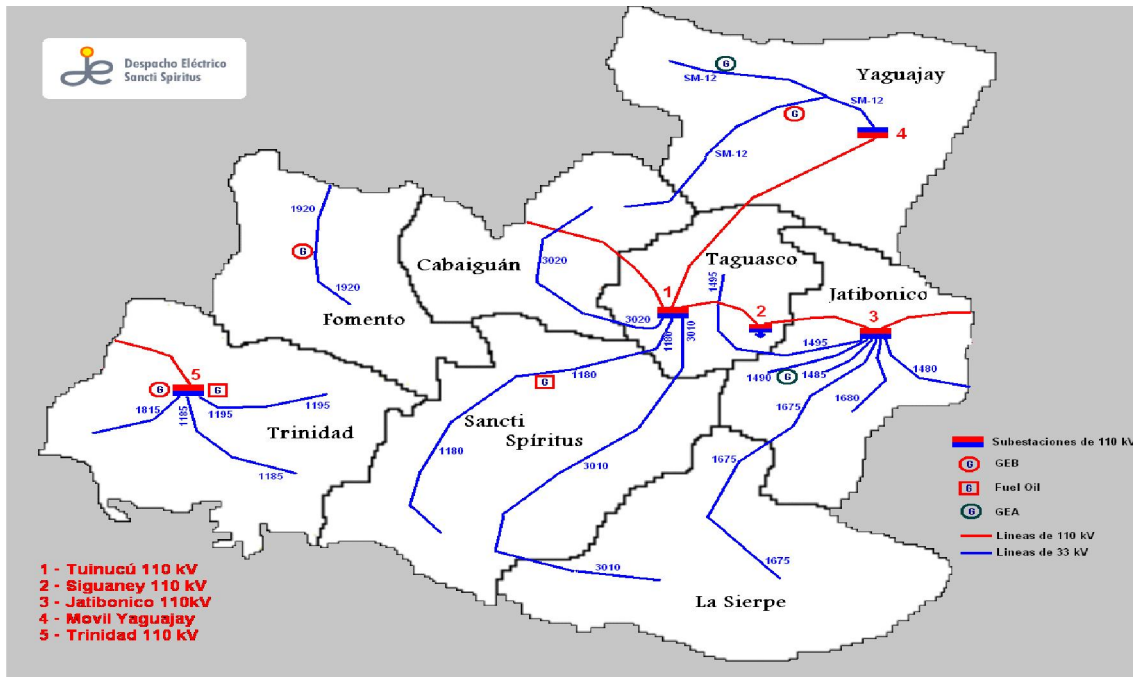


Figura 3.28: Sistema de Generación Energética.
Fuente: OBE Provincial.

Existe como en todo el país un sistema de generación distribuida que está compuesto por los emplazamientos que generan con diesel y los emplazamientos que generan con fuel oil, a continuación se puede analizar el número de motores y la potencia instalada en la provincia a través de la figura 3.29. Puede observarse que la provincia tiene una capacidad propia de generación de 42 MW con diesel y 35 con fuel oil lo que hace un gran total de 77 MW de potencia en generación, sin embargo esta potencia instalada es solo con la utilización de energía fósil. Cuando se analiza en la figura 3.30 la potencia instalada generando con la PCHE Zaza y los turbogeneradores instalados en las fábricas de azúcar Melanio Hernández y Uruguay, existe un potencial de generación con energías renovables de 27 MW, por lo que la capacidad real de generación de toda la provincia a 104 MW y la potencia instalada para utilizar las FRE es solo el 26% del total.

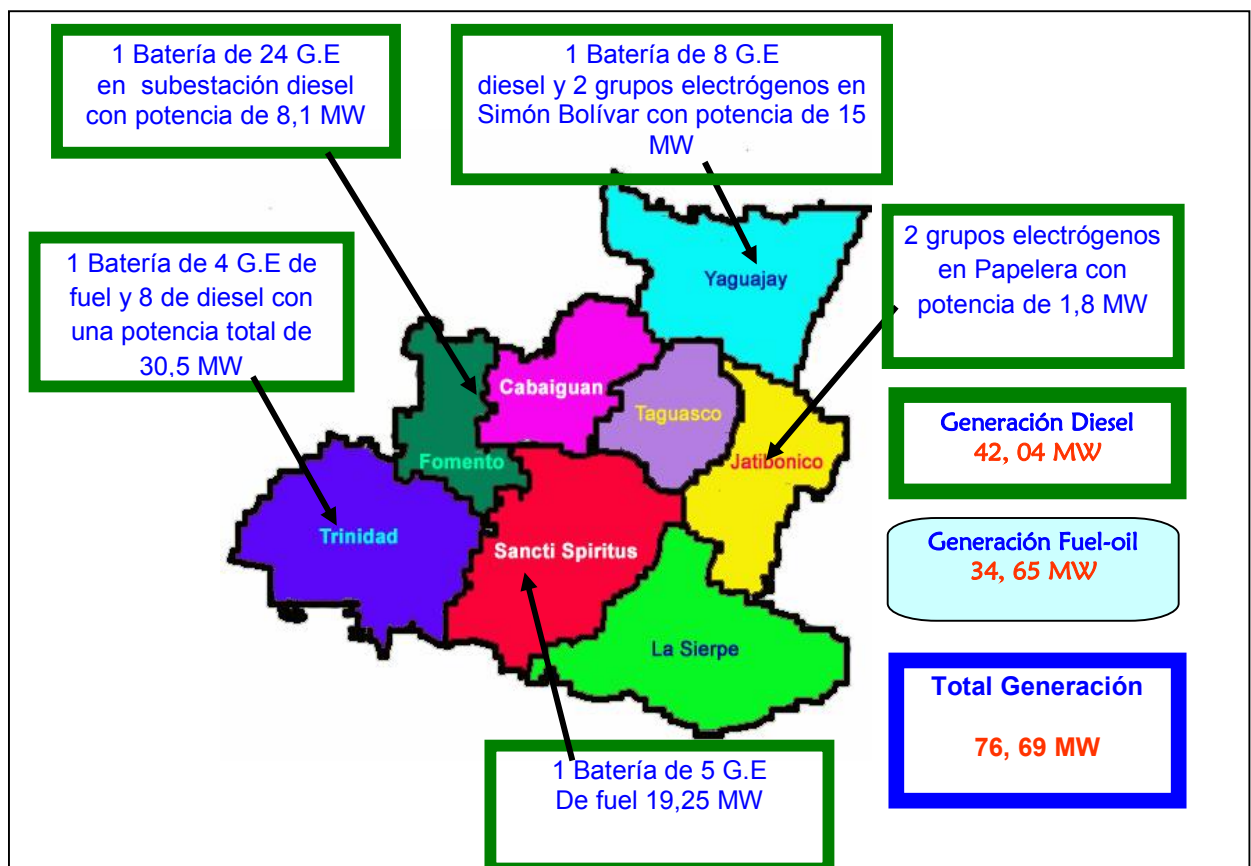


Figura 3.29: Sistema de Generación Distribuida sin las FRE
Fuente: OBE Provincial.

Emplazamientos Generando con diesel:

Subestación construcción papelera (Jatibonico) 34.5 / 13.2kv. 2 unidades de 920 Kw.
Total MW 1,840

Subestación Batey Simón. Bolívar (Yaguajay). 34.5 /13.2 kv. 2 unidades de 920 kw. Total
MW instalados 1,840

Subestación Trinidad 110 / 34.5 kv. 1 bateria de 8 unidades de 1 888 Kw. por unidad
.Total de MW instalados 15,104.

Yaguajay 1 Bateria de 8 unidades de 1,888 MW por unidad. Total de MW instalados
15,104

Batería Scania Fomento 24 unidades de 340 kw por unidad. Total de MW instalados 8,160.

Emplazamientos generando con fuel - oil.

- Emplazamiento Trinidad. 4 motores MAN de 3850 KW. Total 15400 KW
- Emplazamiento S. Spiritus. 5 motores MAN de 3850 KW. Total 19250 KW

Por otra parte los Grupos Electrógenos de Emergencia instalados en centros vitales de la provincia ascienden a 295 Sancti Spiritus (100),Cabaiguán (29),Fomento(28), Jatibonico(15), La sierpe(20),Taguasco(22),Trinidad (48),Yaguajay (33), con una capacidad instalada de 24 MW.

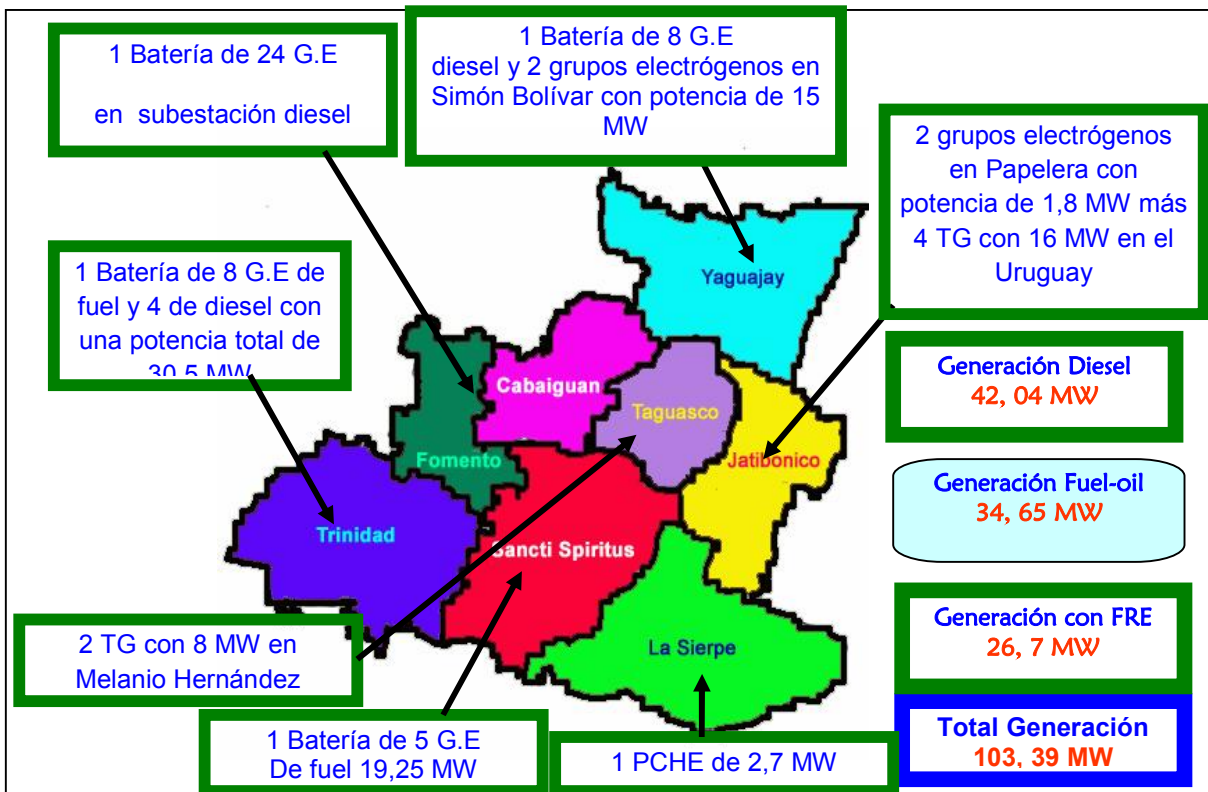


Figura 3.30 Sistemas de Generación Distribuida considerando las FRE interconectados al SEN.
Fuente: Elaboración propia.

Si se revisan las figuras 3.31, 3.32A y 3.32B puede verse que en el anuario estadístico 2014 aparece un número considerable de instalaciones funcionando con energías renovables en el 2013, sin embargo la inestabilidad de los datos indica imprecisiones con esta información. La cáscara de arroz según estas figuras es la que más aporta a la

biomasa utilizada con fines energéticos, aunque se conoce que el uso energético de esta biomasa ha disminuido considerablemente en el territorio.

En general puede verse que es insuficiente el aporte energético de las FRE en el territorio, lo que ha estado motivado por diferentes factores, pero de manera fundamental por elementos asociados a la capacidad innovadora y la cultura general a cerca de las energías renovables, además de las limitaciones financieras para realizar estas inversiones. No obstante estos proyectos chocan frecuentemente con la complicada burocracia cubana, la falta de seriedad y eficiencia en el proceso constructivo y el deficiente mantenimiento una vez instalado el sistema de extracción y conservación de la energía.

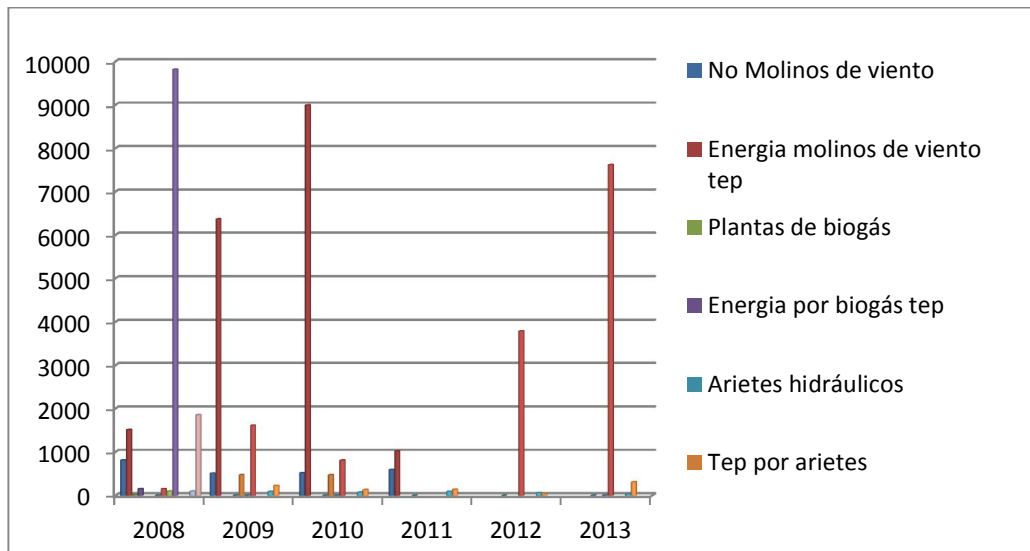


Figura 3.31: Dispositivos generadores de energía renovables en el 2013.
Fuente: Elaboración Propia.

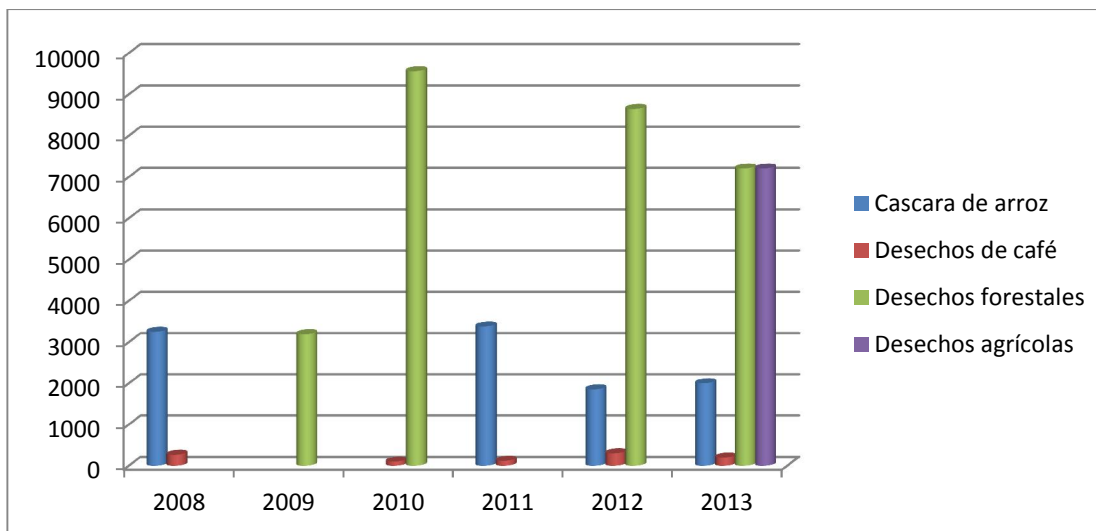


Figura 3.32 A: Biomasa utilizada con fines energéticos en toneladas.
Fuente: Elaboración Propia.

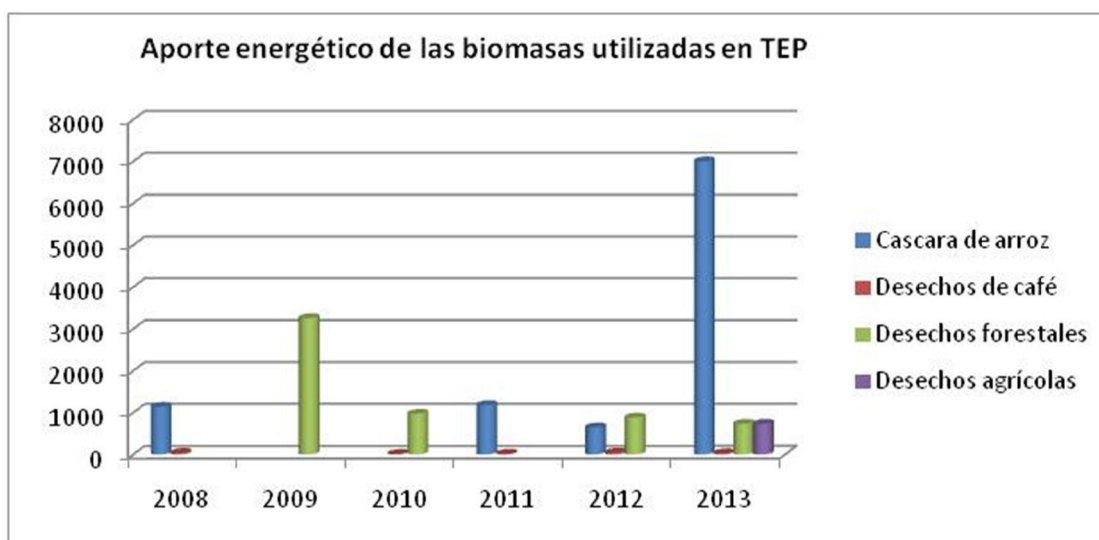


Figura 3.32 B: Aporte energético de la biomasa utilizada en TEP.
Fuente: Elaboración Propia.

Se le da continuidad a las investigaciones realizadas por [27] y [50] quienes realizaron un análisis DAFO y un diagrama causa-efecto sobre el uso de estas fuentes en el contexto de la provincia. Existen oportunidades para aprovechar la FRE, estas autoras evaluaron los proyectos que se mencionan a continuación:

- Proyecto de instalación de 26 molinos de vientos para el bombeo de agua en la Pecuaria Venegas municipio Yaguajay.

- Proyecto realizado por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara para la instalación de la PCHE AGABAMA.
- Proyecto de Caña Energética.
- Proyecto del Biogás.
- Calentadores Solares.

En este quinquenio a partir del análisis de los resultados previos obtenidos por estas autoras se evaluaron las oportunidades de nuevos proyectos, lo cual se presenta en el próximo epígrafe.

3.4 Oportunidades de nuevos proyectos sobre el uso de las FRE para la actualización de la matriz energética de Sancti Spíritus.

3.4.1 Proyecto de parque solar para el 2016 en La Sierpe.

Sancti Spíritus se beneficiará con la edificación de un primer parque solar fotovoltaico, como parte de un programa nacional que busca elevar la eficacia de la generación y distribución eléctricas en Cuba. En la tabla 1 se totalizan los indicadores más significativos.

Tabla 1: Resultados esperados del proyecto fotovoltaico en La Sierpe

Indicadores	Unidad de medida	Valor
Cantidad de energía eléctrica aportada a la matriz energética	MWh	2920
Contribución a la matriz energética en ahorro de petróleo	TEP	613,2
Ahorros por no importación de petróleo	USD/año	306814,62
Disminución de pérdidas por transmisión y distribución en el SEN	MWh	333
Ahorros por disminución de pérdidas	USD/año	35 000,00
Inversión prevista	USD	1 700 000,00
Período de recuperación de la inversión	años	4,97
Disminución de emisiones de CO ₂ equivalente	t	646

Fuente: elaboración propia.

Misael Rodríguez, director de inversiones de la Empresa Eléctrica espirituaná, informó a la AIN que la obra se iniciará este año y contará con 525 módulos de paneles solares para una producción de un Mega watt pico, potencia que según detalló, coincide con la intensidad máxima del sol. La planta solar que se levantará a partir de mediados de año cerca del poblado producirá 2 920 MWh al año, lo suficiente para alimentar a unas 1 270 viviendas, es decir, cerca de la mitad de los clientes que tiene el más joven de los municipios espirituanos, con esta generación se ahorrarán en el país la importación de 613,2 TEP que a un valor de 500,35 USD/t significarán ahorros por 306814,62 USD.

Apuntó que el parque se emplazará en el lugar conocido como Sierpe Vieja, en el municipio La Sierpe, y abarcará una superficie de más de dos hectáreas. Rodríguez señaló que el propósito es inyectar energía limpia a la generación en horario diurno, lo cual implicará economizar lo consumido de forma mensual por 105 viviendas y lo equivalente a una tonelada de combustible convencional en el día.

Además, añadió, con su puesta en funcionamiento se dejarán de emitir a la atmósfera mil 646 toneladas de dióxido de carbono cada año, y refirió que en el futuro se incorporará al Sistema Electro energético Nacional de la Isla.

Dijo que la entrada en servicio del PSFV, previsto para el primer trimestre de 2016, permitirá reducir la pérdida de 333 MWh al año por conceptos de distribución y transformación en la zona donde se instalará, lo que significa para el país un ahorro de un estimado de 35 mil pesos.

El especialista afirmó que en la provincia se pretende levantar otra instalación similar, la cual se piensa construir en la localidad de Venegas, en Yaguajay.

Sobre la pertinencia de este tipo de obras, destacó que los paneles solares a utilizar poseen una garantía de al menos 20 años, un largo periodo de vida que posibilitará recuperar varias veces la inversión, cuyo valor total asciende a un millón 700 mil pesos.

3.4.2 Proyecto de generación eléctrica con caña energética en Melanio Hernández.

Existe un proyecto para la generación eléctrica durante cuatro meses después de la zafra azucarera con caña energética en el central Melanio Hernández, con un potencial estudiado de generación eléctrica anual de 253 440 MWh.

La introducción de la alternativa propone un proyecto que permita instalar en Melanio Hernández una planta térmica basada en una caldera de 160 t/h de vapor y 6000 kPa a 490 o C, que entregaría vapor a una turbina de extracción condensación de 32 MW, con extracciones de vapor a 960 kPa que se enviará a la destilería y a 250 kPa para la fábrica de azúcar, para condensar el restante a 8 kPa. Con este arreglo se debe satisfacer la demanda de calor y electricidad del central y la destilería, incrementar la capacidad de molienda del central de 4 600 t/d a 5750 t/d y la capacidad de producción de la destilería de 600 a 900 HI/d.

Se propone procesar variedades de caña energética como materia prima al terminar la zafra azucarera, la que puede aportar el bagazo como combustible para continuar la operación de la planta eléctrica por 180 días después de la zafra hasta alcanzar 330 días y permite extraer determinadas cantidades de jugos que pueden tener utilidad en la producción de derivados y garantizar así, no solo una integración energética sino también material de la producción de azúcar y derivados.

Para la adquisición y desarrollo de una planta de 32 MW a alta presión y turbina de extracción condensación en Melanio Hernández la inversión a realizar se estimó en 68800000 CUC, la inversión evitará importaciones de 53 222,4 TEP que significan ahorros para el país de 26 629 827,84 USD anuales, por lo que la inversión se recupera en 2,58 años al considerar los efectos macroeconómico al sustituir la importación de petróleo, por otra parte los riesgos estimados para la inversión son bajos, como lo demuestra [20].

Ventajas a esperar de esta propuesta según las pruebas en Melanio Hernández.

La instalación de cogeneración en Melanio Hernández de 32 MW con turbinas de extracción – condensación, significa cuadruplicar la potencia actual de generación eléctrica; generar así en 330 días al año con bagazo la cantidad de 253 GWh de energía eléctrica, lo que significa cerca del 50% del consumo anual de la provincia y evitaría a su vez la pérdida de otros 4 GWh de electricidad.

Por lo anterior se pueden ahorrar cerca de 53 970 t de combustible para la generación de electricidad, 210 g/kWh, considerando fuel a los precios del 3 de junio del 2009 reportados a 389 USD/t, esto significaría ahorros al país por 21 millones de dólares anuales.

Se podrá incrementar el aprovechamiento energético del bagazo de la caña azucarera de 2.9 a 9.4 MWh por hectárea de caña cosechada, además la caña energética aportará cerca de 33 MWh por hectárea y en total todas las áreas cañeras aportarán cerca de 16 MWh por hectárea.

Con este arreglo se podrían generar en la industria azucarera cerca de 298 kWh/tc, de los cuales 136 kWh/tc los aportaría la caña azucarera y 162 kWh/tc los aportaría la caña energética.

Permitirá incrementar el aprovechamiento neto de las instalaciones de la empresa azucarera y su destilería durante todo el año y prolongar el tiempo de empleo para la producción industrial a trabajadores fijos de la empresa azucarera, logrando así mayor estabilidad salarial y condiciones de vida.

Tiene efectos muy positivos sobre el medio ambiente al reducir en más de 3000 t de CO₂ las emisiones netas por generación de energía eléctrica (ver tabla 2).

Tabla 2: Resultados esperados del proyecto con caña energética en Melanio Hernández.

Indicador	Unidad de medida	Valor
Cantidad de energía eléctrica aportada a la matriz energética	en MWh	253 440
Contribución a la matriz energética en ahorro de petróleo	en TEP	53 222,4
Ahorros por no importación de petróleo	USD	26 629 827,84
Disminución de pérdidas por transmisión y distribución	MWh	27 878,4
Ahorros por disminución de pérdidas	USD	2 929 281,06
Inversión prevista	USD	80 000 000,00
Recuperación de la inversión	años	2,7
Disminución de emisiones de CO ₂ equivalente	t	141 926,4

Fuente: elaboración propia.

3.4.3 Proyecto de Bioeléctrica en el Uruguay.

La Unidad Empresarial de Base Central Azucarero “Uruguay” tiene una capacidad de molida de caña de azúcar actual de 9 200 t/día. La producción principal es de azúcar crudo de alta calidad; los excedentes de energía eléctrica, 8 kWh/t de caña molida, son

vendidos a la Unión Eléctrica Nacional (UNE); cuenta además con una planta de miel urea y bagacillo para alimento animal con una producción diaria de 50 t/día.

Como parte de la nueva política de energías renovables del gobierno cubano se prevé la instalación de una instalación de cogeneración en la fábrica Uruguay, dicha instalación se prevé con una potencia de generación de entre 50 y 56 MW, en noviembre del 2014 AZCUBA Sancti Spíritus presentó al grupo provincial de energías renovables una propuesta de esquema para la bioeléctrica del Uruguay, información que será utilizada como base para la contribución de este proyecto a la matriz energética de Sancti Spíritus.

Demanda de generación de vapor: 255,11 t/v.

Capacidad base 10% de cobertura (vapor): 280,62 t/h.

Necesidad de calderas de 140 t/h: 2.

Tabla 3: Instalación considerada para la cogeneración en el Uruguay.

Un (1) turbo de contrapresión de 25.00 MW		
Parámetros	UM	Valor
Presión de vapor directo	BAR	65
Temperatura de vapor	°C	485
Índice de generación	kgv/kw	5,65
Un (1) turbo de extracción–condensación de 25.00 MW.		
Presión de vapor directo	BAR	65
Temperatura de vapor	°C	485
Índice de generación	kgv/kw	4,24
Por ciento de extracción	%	25,78
Por ciento de condensación	%	74,22

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4: Resultados esperados del proyecto de bioeléctrica del Uruguay.

Indicadores	UM	Valor
Cantidad de energía eléctrica aportada a la matriz energética	MWh	221 270
Contribución a la matriz energética en ahorro de petróleo	TEP	46 466,7
Ahorros por no importación de petróleo	USD	23 249 613,34
Disminución de pérdidas por transmisión y distribución	MWh	24 339,7
Ahorros por disminución de	USD	2 557 457,47

pérdidas		
Inversión prevista	USD	128 120 330,00
Recuperación de la inversión	años	4,96
Disminución de emisiones de CO ₂ equivalente	t	123 911,2

Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Propuesta de sistema de torrefacción del Marabú.

Los resultados de un proyecto realizado por la Universidad de Sancti Spíritus permitieron caracterizar la biomasa del Marabú como combustible, realizar estudios de termo descomposición de esta biomasa, realizar experimentos de torrefacción y realizar una propuesta de una instalación que permitirá generar 19 MW de potencia eléctrica al aumentar el valor energético de la biomasa mediante un proceso de torrefacción. Para la operación de la instalación se requieren un aproximado de 13 t/h de biomasa de marabú, que permitirá obtener alrededor de 11 t/h de material torrefacto con una eficiencia superior al 50%.

Tabla 5: Resultados esperados de una instalación de torrefacción del Marabú.

Indicadores	UM	Valor
Contribución a la matriz energética	MWh	150 480
Contribución a la matriz energética en ahorro de petróleo	TEP	31 600,8
Ahorros por no importación de petróleo	USD	15 811 460,28
Disminución de pérdidas por transmisión y distribución	MWh	16 552,8
Ahorros por disminución de pérdidas	USD	1 739 260,63
Inversión prevista	USD	37 131 320,00
Recuperación de la inversión	años	2,11
Disminución de emisiones de CO ₂ equivalente	t	84 268,8

Fuente: elaboración propia.

3.4.5 Producción de biogás por tratamiento de residuos con fines energéticos.

A la par a los ejemplos anteriores un equipo de investigadores de la universidad ha estado trabajando en un estudio prospectivo para la producción de biogás con fines energéticos en la provincia de Sancti Spíritus, como parte de ese estudio se caracterizaron los potenciales de biogás a partir de los residuos arroceros, los residuales de la producción de azúcar y derivados en la empresa Melanio Hernández y en los porcinos Cacahual del municipio cabecera y Carbón en Yaguajay, los resultados alcanzados permiten visualizar

instalaciones de biogás en la empresa arrocera Sur del Jíbaro, la destilería de la empresa azucarera M. Hernández y los dos centros porcinos mencionados.

Los estudios realizados en este proyecto permiten estimar una potencia de generación por biogás de 10 MW en la Empresa Industrial del Grano Sur del Jíbaro, 2,5 MW en la fábrica de azúcar Melanio Hernández y 1,4 MW en los dos porcinos; de poderse generar esta potencia durante 365 días anuales se podría lograr una importante contribución a la matriz energética del territorio. El siguiente análisis se realiza considerando toda la generación posible con los potenciales de generación con biogás identificados.

Tabla 6: Resultados esperados de la generación con biogás.

Indicador	UM	Valor
Cantidad de energía eléctrica aportada a la matriz energética	MWh	121 764
Contribución a la matriz energética en ahorro de petróleo	TEP	25 570,44
Ahorros por no importación de petróleo	USD	12 794 169,65
Disminución de pérdidas por transmisión y distribución	MWH	13 394,04
Ahorros por disminución de pérdidas	USD	1 407 358,66
Inversión prevista	USD	44 468 996,76
Recuperación de la inversión	años	3,13
Disminución de emisiones de CO ₂ equivalente	t	68 187,84

Fuente: elaboración propia.

3.5 Estructura previsible de la matriz energética de Sancti Spíritus si se consideran los potenciales de energías renovables identificados con el consumo del 2014.

Si se consideran todos los aportes de los potenciales de energías renovables analizados, estos en su conjunto podrían contribuir con 157 473,54 TEP valor que es superior a lo que se demanda en la actualidad de electricidad en el territorio, que según el diagnóstico realizado está en un valor de 142 548,00 TEP, este resultado indica que podría sustituirse toda la energía eléctrica que se consume de combustible fósiles por un suministro de energía eléctrica basado 100% en energías renovables.

En la figura 3.33 puede verse que de implementarse los potenciales de FRE identificados cambiaría la matriz energética de SS en medida sustancial, donde los proyectos con

biomasa cañera, la torrefacción del marabú y el biogás tendrían aportes significativos por encima del 10% a dicha matriz.

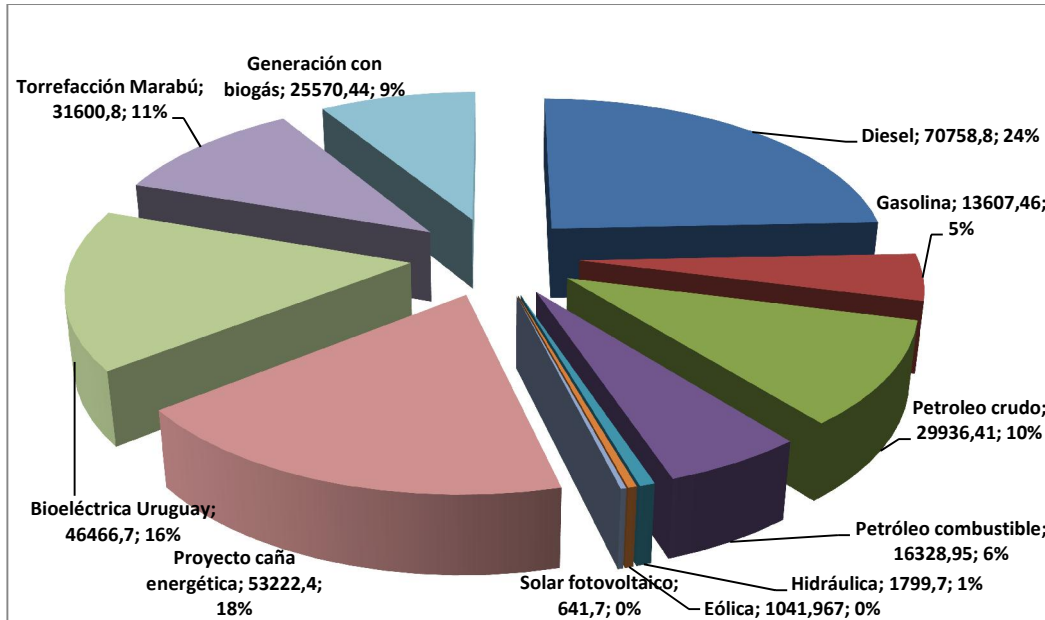


Figura 3.33: Matriz energética de Sancti Spíritus si se consideran los potenciales de FREN en el 2014
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte en la figura 3.34 puede verse que la matriz energética de la provincia se sustentó a partir de las acciones propuestas, materializadas en los proyectos descritos ya reflejados, en un 55% en las fuentes renovables de energía. De esta manera se asegura mayor independencia y soberanía energética para el territorio.

En la figura 3.35 se observa el aporte de cada una de las FREN a la nueva matriz energética, destaca que la biomasa cañera con un 62% seguidas de la biomasa no cañera y el biogás con un 20% y 16% a medida equitativa.

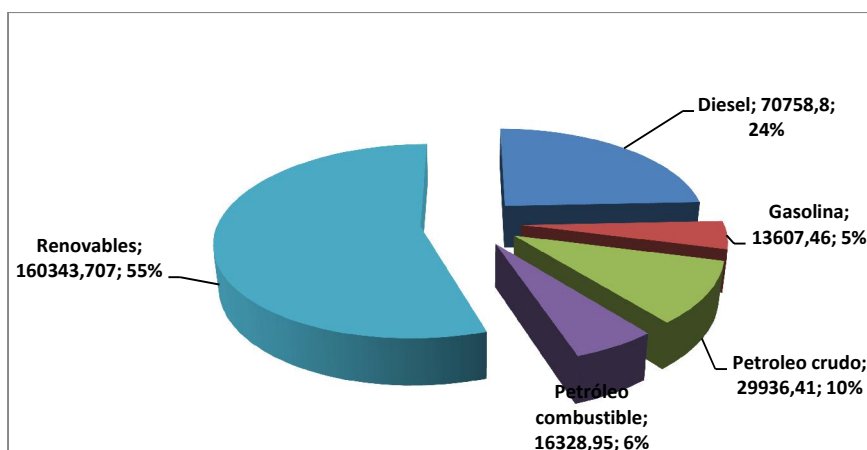


Figura 3.34: Matriz energética de Sancti Spiritus, para el 2020 considerando los potenciales de FRE
 Fuente: Elaboración propia.

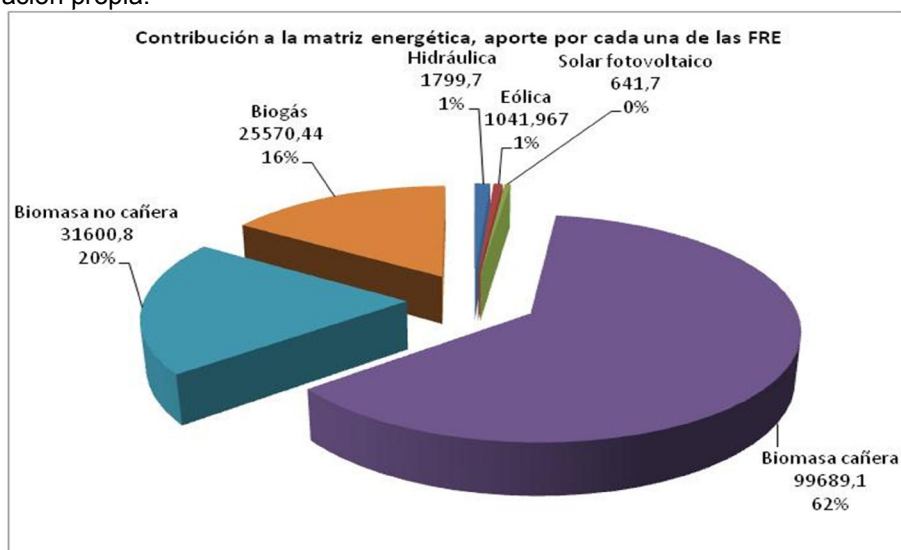


Figura 3.35: Contribución a la matriz energética para el 2020, aporte por cada una de las FRE
 Fuente: Elaboración propia.

Puede verse en la figura 3.36 que con la nueva matriz energética se proyectaron importantes ahorros por no importación de petróleo de cada uno de los proyectos a la provincia es decir, que la capacidad de generación de electricidad aumentará con la nueva matriz a 191,6 MW en la cual las fuentes renovables de energía aportarán 114,9 MW para un 60% de la capacidad de generación, ante esta nueva posibilidad la provincia estaría en condiciones de entregar excedentes de electricidad a otros territorios, de manera fundamental a partir de las FRE y así tributa también en la matriz energética del para el 2020, ver ,mapa del anexo 5.

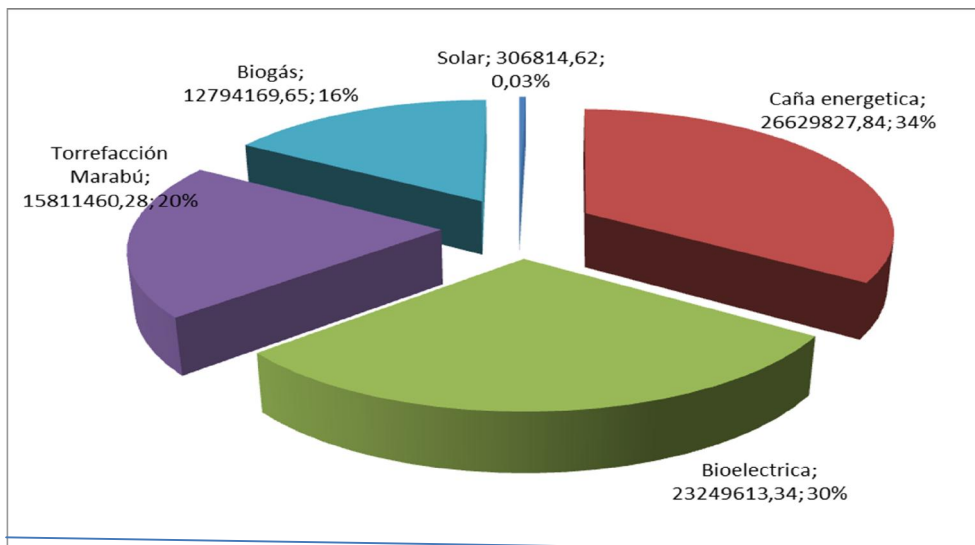


Figura 3.36: Sistemas de Generación Distribuida considerando las nueva matriz FRE interconectados al SEN.

Fuente: Elaboración propia.

Puede analizarse en los datos de la tabla 7 nueva matriz energética se proyectaron importantes ahorros por no importación de petróleo de cada uno de los proyectos al país.

Tabla 7: Ahorros estimados por aporte energía eléctrica en USD por cada proyecto.

Fuentes de energía	Aporte	Valor (%)
Solar	306814,62	0,03%
Biogás	12794169,65	16%
Torrefacción Marabú	15811460,28;	20%
Bioeléctrica;	23249613,34	30%
Caña energética	26629827,84	34%

Fuente: Elaboración propia.

En total se ahorrarían 78791885,73 de USD entre todos los proyectos, igual se ahorraría importaciones de petróleo en valores de 8668357,82 USD por evitar pérdidas en transmisión y distribución de electricidad, así mismo, se evitarían emisiones de cerca de 418940,24 toneladas de CO₂ equivalente a la atmósfera, lo que contribuiría de forma directa a la sostenibilidad del sistema eléctrico de la provincia.

3.5.1 Estructura previsible de la matriz energética de Sancti Spíritus si se consideran los potenciales de energías renovables y los consumos estimados hasta el 2020.

Tabla 8: Comportamiento del consumo de energía por portadores y total en la provincia de Sancti Spíritus entre el 2008 y 2014, así como crecimiento del consumo anual en %.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Petróleo crudo Mt	195,00	166,00	174,00	166,00	167,00	185,00	166,00
Crecimiento en %		-14,87	4,82	-4,60	0,60	10,78	-10,27
Petróleo combustible Mt	417,00	465,00	270,00	212,00	303,00	313,00	163,30
Crecimiento en %		11,51	-41,94	-21,48	42,92	3,30	-47,83
Diesel Mt	520,00	467,00	426,00	359,00	388,00	314,00	464,95
Crecimiento en %		-10,19	-8,78	-15,73	8,08	-19,07	48,07
Gasolina Mt	80,00	66,00	60,00	53,00	54,00	52,00	66,00
Crecimiento en %		-17,50	-9,09	-11,67	1,89	-3,70	26,92
Energía eléctrica MTCC	140,55	139,15	131,07	133,44	133,65	139,91	139,15
Crecimiento en %		-1,00	-5,81	1,81	0,16	4,68	-0,54
Consumo total MTCC	285,65	269,79	248,85	236,14	244,34	242,56	290,9
Crecimiento en %		-5,55	-7,76	-5,10	3,47	-0,73	19,9

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8 puede verse que los cambios anuales del consumo por portadores energéticos y consumo total en toneladas equivalentes ha sido errático en los últimos años, por lo que se consideró para estimar el consumo hasta el 2020 un crecimiento anual de 4% para la energía eléctrica y para el consumo total de energía, basado fundamentalmente en la tendencia de los últimos dos años.

A continuación en la Tabla 9 se resume el comportamiento de la demanda de la provincia hasta el año 2020, al considerar los proyectos evaluados en un contexto de crecimiento estimado de un 4% anual del consumo de energía eléctrica y del consumo total en TCC.

Tabla 9: Comportamiento del consumo de energía eléctrica estimado en la provincia de Sancti Spíritus.

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Energía eléctrica MTCC	144,17	150,5	156,5	162,8	169,3
Consumo total MTCC	302,5	314,6	327,2	340,3	353,9
Aporte de los proyectos con FRE	160,34	160,34	160,34	160,34	160,34

% del consumo total	53	51	49	47	45
---------------------	----	----	----	----	----

Fuente: Elaboración propia.

Si se analizan los resultados de la tabla 9 puede observarse que los potenciales de FRE identificados, si se consideran crecimientos de un 4% anual, permitirán cubrir más del 100% de la demanda de electricidad hasta el año 2018, el 98% en el 2019 y el 95% en el 2020, así como cubrir hasta el 45% del consumo total del territorio en el 2020; este aporte puede ser mayor si se consideraran nuevos potenciales de FRE.

En la tabla 10 se pueden observar algunos indicadores dados por la KEY WORLD OF ENERGY STATISTIC de la Agencia Internacional de Energía en el 2013, donde se compara la situación de la matriz energética de Cuba, el mundo y países seleccionados con la de Sancti Spíritus en el 2014 y el propio 2014 si se utilizaran los potenciales de las FRE identificados (ver anexo 6).

Puede observarse que en la mayoría de estos indicadores la matriz energética de la provincia presenta una situación similar a la de Cuba e incluso a la de otros países en algunos indicadores, no obstante el considerar los potenciales de FRE identificados produce una modificación de los indicadores que ubicaría a la provincia en una mucho mejor situación que los países seleccionados sobre todo en indicadores referidos al consumo de energía contra la población y la producción total como PIB.

En las Figuras 3.37 y 3.38 se refuerza la información de la tabla 8, donde se muestra que el consumo total de energía primaria de SS es inferior al de todos los países, incluyendo a la media en Cuba, mientras que el consumo de electricidad per cápita la provincia presenta un índice solo comparable con la media cubana, lo que puede deberse a estilos de vida no consumistas de la población y al control sobre el consumo, puede verse que la nueva matriz no modificaría dichos indicadores.

En las figuras 3.39 puede interpretarse que Sancti Spíritus presentó en el 2014 requerimientos de importación de energéticos que supera a todos los países, pero que de implementarse los potenciales identificados solo podría ser superado en este indicador por Argentina.

Tabla 10: Comparación de indicadores dados por el Key World of Energy en el 2013 para la matriz energéticas de varios países en y la provincia de Sancti Spíritus en el 2014 con y sin los potenciales identificados de las FRE.

Indicador	Cuba	Mundo	Argentina	Bélgica	Alemania	SS 2014	SS 2014 + FRE
Población millones	11,27	7118	41,45	11,11	82,1	0,47	0,47
PIB en miles de MUSD	62,8	56519	331,26	420,46	3 161,94	1,93	1,93
PIB extendido miles de MUSD	122,56	86334	666,21	375,84	2 933,04	2,63	2,63
Produccion de energía en Mtep	5,85	13594	71,43	14,91	120,38	0,02	0,16
Importación de energía en Mtep	6,05	-	12,01	49,37	207,31	0,27	0,13
Consumo total de energía primaria Mtep	11,71	13541	80,59	56,35	317,66	0,29	0,29
% de importación de energéticos	52	0	15	88	65	93	45
Consumo de electricidad en TWh	16,2	21538	131,59	89,09	576,49	0,68	0,68
Emision de CO2 en Mt de CO2	29,79	32 190	182,28	89,11	759,6	0,74	0,32
Consumo energía percapita (tep/habitante)	1,04	1,9	1,94	5,07	3,87	0,61	0,61
Consumo contra PIB (Mtep/1000 USD)	0,19	0,24	0,24	0,13	0,1	0,15	0,15
Consumo contra PIB extendido (Mtep/1000 USD)	0,1	0,16	0,12	0,15	0,11	0,11	0,11
Consumo electricidad per cápita (KWh/habitante)	1 438	3 026	3 175	8 023	7 022	1440	1440
Emisiones de CO2 contra consumo (tCO2/tep)	2,54	2,38	2,26	1,58	2,39	2,54	1,1
Emisiones de CO2 per cápita (tCO2/habitante)	2,64	4,52	4,4	8,02	9,25	1,57	0,68
Emisiones contra PIB (kg CO2/USD)	0,47	0,57	0,55	0,21	0,24	0,38	0,17
Emisiones contra PIB extendido (kg CO2/USD)	0,24	0,37	0,27	0,24	0,26	0,28	0,12

Fuente: Elaboración propia.

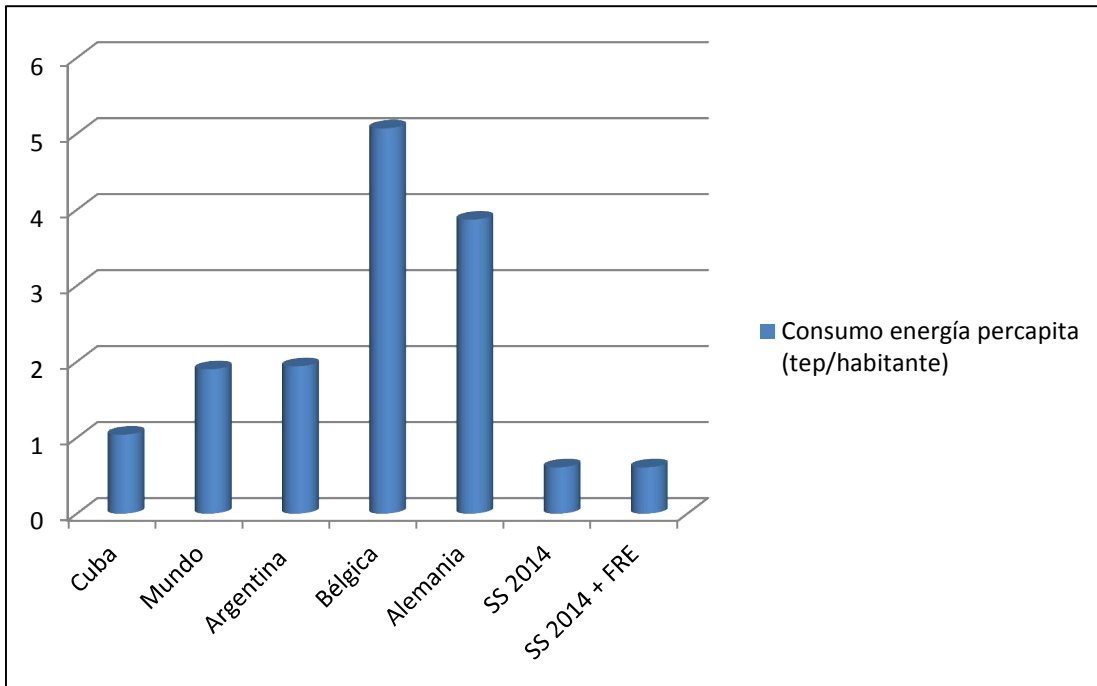


Figura 3.37: Consumo de energía per cápita de Sancti Spíritus con y sin los potenciales de las FRE comparado con varios países.
Fuente: Elaboración propia.

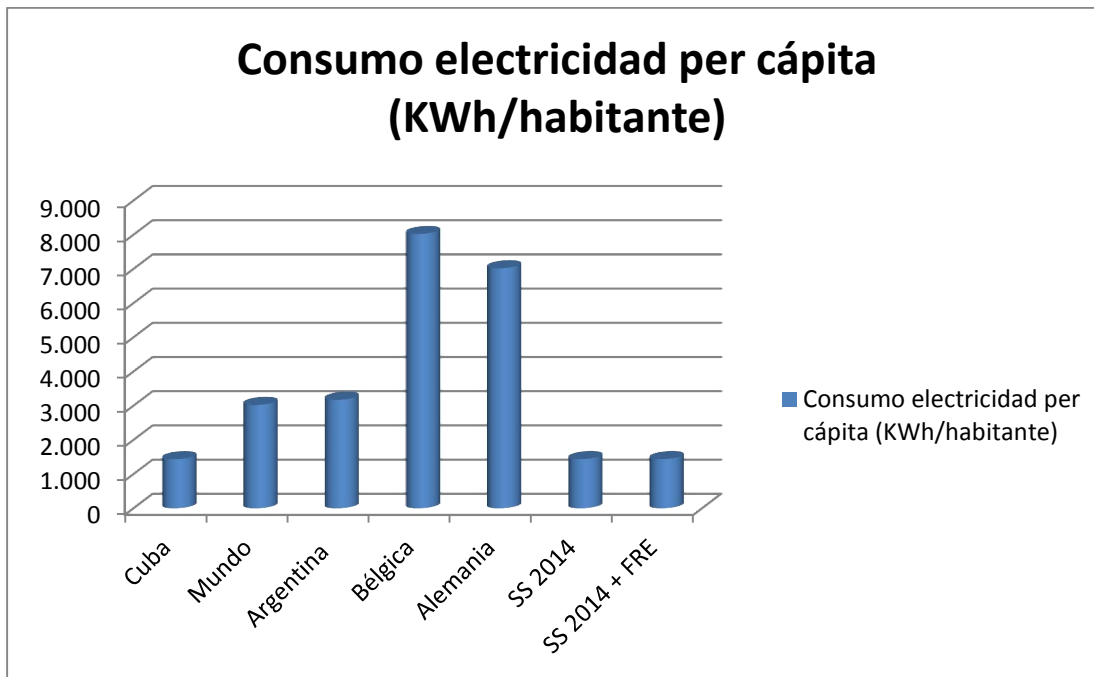


Figura 3.38: Consumo de electricidad per cápita de Sancti Spíritus con y sin los potenciales de las FRE comparado con varios países.
Fuente: Elaboración propia.

Al mismo tiempo las figuras 3.40 y 3.41 muestran con claridad que la implementación de los potenciales de FRE identificados contribuirían a una

matriz energética cuyas emisiones de CO₂ per cápita y por tonelada de combustible equivalente serían superiores a la del resto de los países considerados, al igual que dichas emisiones por USD de producto interno bruto.

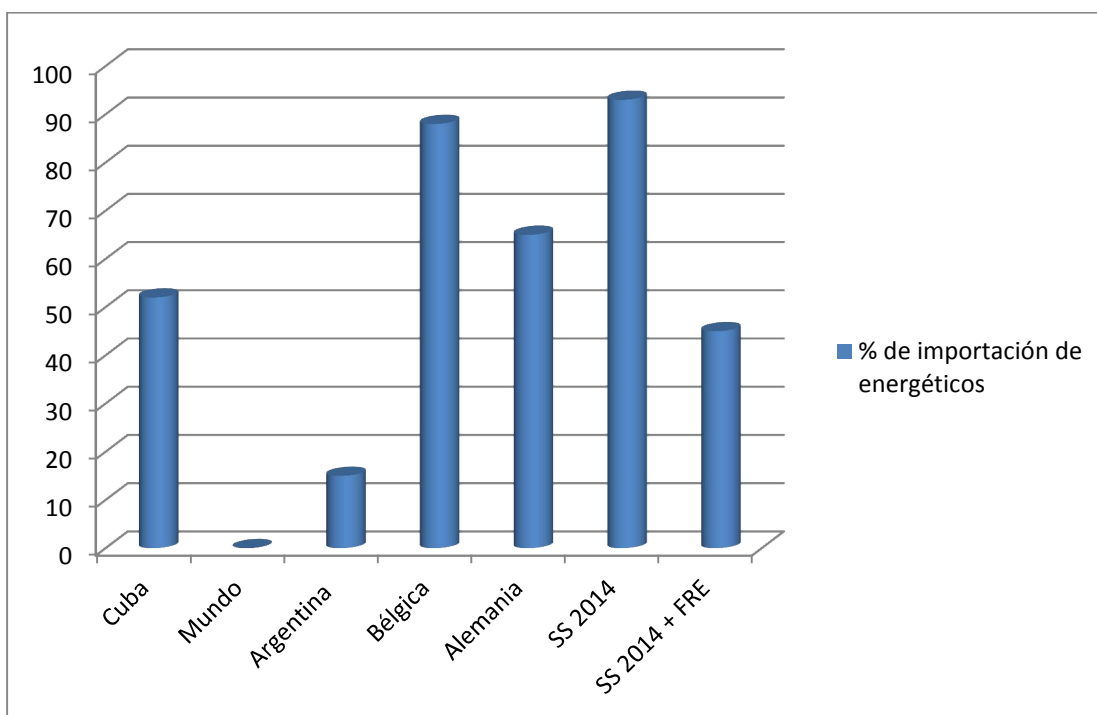


Figura 3.39: % de importación de energéticos de Sancti Spíritus con y sin los potenciales de las FRE comparado con varios países.

Fuente: Elaboración propia.

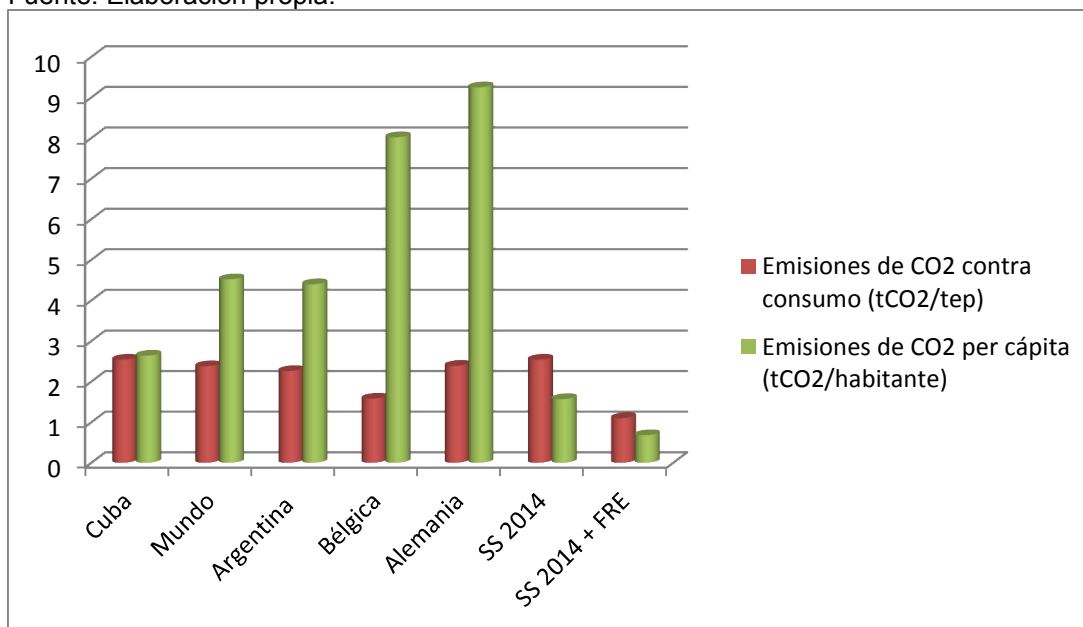


Figura 3.39: Emisiones de CO₂ contra consumo de energía y población de Sancti Spíritus con y sin los potenciales de las FRE comparado con varios países.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la matriz energética de Sancti Spíritus superarían las expectativas globales si se implementan los potenciales de las FRE identificados, pues a nivel de fuentes primarias de energía en el mundo, todos los análisis coinciden en que la incidencia de las energías renovables no convencionales se acentúa en la matriz de energía primaria mundial con un crecimiento superior al 7% anual, sin embargo esto no significa que las energías renovables permitan reducir el consumo de combustibles fósiles proyectado a futuro, sino atenuar ese crecimiento respecto al tendencial [51]

Esta propuesta de matriz energética para la provincia de Sancti Spíritus que permita implementar los potenciales de fuentes renovables de energía debidamente demostrados en proyectos y resultados científicos permitiría contribuir en un 55% al consumo total de energía primaria del territorio, superando la propuesta de la política energética cubana que es de un 24% en el 2030 y solo comparable con lo previsto en la política energética alemana, país líder en el impulso a las FRE a nivel global, que prevé suministrar un 55% de su consumo energético a partir de fuentes renovables para el 2035 [52].

CONCLUSIONES PARCIALES

1. La caracterización demográfica de la provincia de Sancti Spíritus revela varios factores que imponen exigencias al sector energético, dentro de estos destacan el envejecimiento poblacional, la migración del campo a la ciudad y la composición de género de la población. El diagnóstico socio económico revela la existencia de potenciales para aportar al suministro energético a partir de una elevada carga contaminante y abundante disponibilidad de áreas agrícolas y forestales.
2. El diagnóstico histórico sobre el consumo de energía en Sancti Spíritus evidencia un crecimiento de todos los portadores energéticos en el tiempo, que la energía eléctrica y el diesel ocupan el 80% del total de consumo; la energía eléctrica no correlaciona con las variaciones de la producción mercantil, lo que indica un crecimiento del consumo sin respaldo productivo. Se evidencia que la matriz energética de Sancti Spíritus está basada en los

combustibles fósiles en más de un 94% y requiere de un mayor impulso en el uso de las FRE que hoy solo alcanzan el 4% de la oferta.

3. Se identificaron cinco proyectos o resultados científicos con elevados potenciales para contribuir con las FRE a la matriz energética de la provincia basada en el uso energético del bagazo de caña de azúcar, la energía solar fotovoltaica, la producción de biogás por tratamiento de residuos y la torrefacción del marabú.
4. Una matriz energética de Sancti Spíritus que incorpore los potenciales de FRE identificados en los proyectos y resultados científicos tendría una estructura desplazada hacia las FRE mayor a la propuesta de Cuba para el 2030. De implementarse los potenciales de energías renovables identificados en los proyectos en el contexto energético de la provincia del año 2014 se lograrían indicadores energéticos comparables con países desarrollados, superiores a la media cubana y similar a la propuesta por Alemania para el 2035.

CONCLUSIONES

1. Aunque es amplio el espectro bibliográfico a cerca del desarrollo de las energías renovables y el reconocimiento de su importancia no se encontraron trabajos realizados a cerca de la penetración de estas fuentes a la matriz energética de ninguna provincia en general ni de Sancti Spíritus en particular.
2. El diagnóstico energético en la provincia basado en datos históricos y la caracterización demográfica dieron evidencias de que el consumo de energía eléctrica es el principal portador energético ya que está basada en los combustibles fósiles, los cambios en su consumo no correlacionan con la producción mercantil en, seis años, reveló varios factores que imponen exigencias de cambios a la actual matriz energética, y requiere de un mayor impulso en el uso de las FRE.
3. Se identificaron cinco proyectos o resultados científicos con elevados potenciales para contribuir con las FRE a la matriz energética de la provincia con posibilidades reales y demostradas de poderse implementar.
4. La posible implementación de los potenciales transforma la actual matriz energética de la provincia, donde las FRE constituyen el 55% del consumo total y elevan la capacidad de generación de electricidad a un 62% basada en FRE. Con el cambio de la matriz energética son significativos los aportes en ahorro de petróleo, en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y además posicionaría al territorio con indicadores energéticos superiores a los de Cuba, comparable con países desarrollados; todo ello sujeto a cambio de políticas del territorio.

RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudio de manera que se profundice en la posible contribución de otros proyectos a la matriz energética, que están sujetos a cambios por la realización de nuevas investigaciones.
2. Desarrollar acciones de divulgación y extensión que posibiliten la implementación práctica de los proyectos identificados.

BIBLIOGRAFIA

- [1] C. D.-B. Fidel. (2004) *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Hacia un desarrollo sostenible en la era de la globalización*. Editorial Científico-Técnica, la Habana, 2004. ISBN 959-05-0342-X.283
- [2] A. Arrastra Avila and (2009). *Incrementar el uso de tecnologías energéticas renovables*. Available: digital@juventudrebelde.cu
- [3] M. A. Cantor. (2006). *Crisis energetica mundial*. Available: <http://www.google.com.cu> from <http://www.google.com.cu> 9 from <http://www.google.com.cu> Accedido 5 de diciembre de 2015
- [4] B. S. . "Review of World Energy," 2013.
- [5] E. Menéndez Pérez. (2005) "La crisis de los hidrocarburos". . Available: [:http://www.revistafuturos.info](http://www.revistafuturos.info)
- [6] D. R. F. C. d. autores, "Energía " una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe," Brasil 2013.
- [7] D. H.-W. Schiffer., " Überblick über Marktbereiche und Energieträger des deutschen Energiemarktes mit politischen Einflussnahmen und Eingriffen.," Essen. 2015 Essen. 2015.
- [8] M. K. u. B. Heitmann., *Energieversorgung in Deutschland – Energiemix und Infrastruktur.* , Münster. 2010.
- [9] A. D. d. I. F. R. d. E. P. a. e. a. L. H. Valdes, *Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía. Presentación a empresarios alemanes*, La Habana. 2015.
- [10] C. L. A. F. HENN, J. A. , *Life cycle analysis and resource management, en Kolluru, R. V; ed. (1994): Environmental Strategies Handbook. A guide to effective policies and practices, McGraw Hill, New York y otros, págs. 541-642*1994.
- [11] m. f. d. M. A. Jürgen Trittin, "Ley de las Energías Renovables - EEG)ley el 25 de febrero de 2000, el Consejo Federal la aprobó el 17 de marzo Paso decisivo para las energías renovables. Parlamento Federal Alemán " ,2000.
- [12] Wikipedia., "Consumo y recursos energéticos a nivel mundial. In Wikipedia (Ed.),," in

- http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energ%C3%A9ticos_a_nivel_mundial, Wikipedia, Ed., ed, 2011.
- [13] D. M. d. I. Á. ISGRO, "CRISIS ENERGÉTICA MUNDIAL ", 2012.
- [14] G. d. I. C. A. DAFO., "Guía de la Calidad (2015). Análisis DAFO. ."
- [15] D. B. Víctor, "*La Crisis Energética y nuestro futuro*".Argentina, 2006.
- [16] D. A. B. Nordelo, " Medio Ambiente.," (2006).
- [17] D. o. F. a. R. A. (DEFRA), ". Milk Task Force Report. www.defra.gov.uk/farm/mtfreport/mtfreport.pdf. Last accessed February 2006 ". 2001.
- [18] D. o. F. a. R. A. (DEFRA). "2007. The Potential for GB-European Trade in Liquid Milk. Defra, London, UK " 2007.
- [19] D. P. R. y. H. B. M., "2006. Evaluación del ciclo de vida aplicada en agrocadenas productivas: un instrumento de gestión ambiental para el diseño de políticas. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 3: 1-15, 2006.
- [20] D. J. P. M. Y. E. E. y. m. a. P. e. P. P. M. e. E. E. A. pmyanes@ucf.edu.cu, " Eficiencia Energética y medio ambiente. [Presentación en Power Point Maestría en Eficiencia Energética]. Available: pmyanes@ucf.edu.cu," (2015).
- [21] F. V. S. Argentina;, *Situación Ambiental de America Latina.* , 2011.
- [22] A. n. d. Uriarte. (2009). *Incremento del CO2.* . Available: Retrieved from <http://homepage.mac.com/uriarte>.
- [23] Dr.Richard C et al, editor and G. A. i. B. Hoeneisen, "*America latina y el Caribe que yo quisiera en el año 2050*,2013.
- [24] F. Castro Ruz, " Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Mensaje de Fidel Castro. Río de Janeiro.1992.Oficina de publicaciones del consejo de estado.Brasil," 1992.
- [25] J. F. Martínez Huerta and " La Energía, Centro de Recursos Ambientales. Lapurriketa, España <http://swera.unep.net/index.php?id=7> " 2011.
- [26] S. G. D, *ENERGY AGENCY .Connecticut 06776, USA E-mail: books@iea.org w w w. i e a . o r g / b o o k s ;* , 2003.

- [27] H. Arriaza, " Diagnóstico del Sector Energético en el Área Rural de Guatemala, Organización Latinoamericana y del Caribe de Energía, Universidad de Calgary, Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional. Abril, 2005," 2005.
- [28] P. Leseen, "Energía y desarrollo. Consultado 12-3-2015. Disponible en: http://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap_01/cap_01.htm#ener%20y%20des) " 2015.
- [29] H. C. Altomonte, Manilo; Lutz Wolfgang., *Biomasa Users Network (BUN-CA). 2012. Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica. Primera edición, San José Costa Rica. 42p. , 2012.*
- [30] O. L. García. (2011) Coordinador General. Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica Ed. McGraw-Hill Interamericana. .
- [31] E. I. Administration., "Official Energy Statistics from the US Government.2006,http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm," 2006.
- [32] E. Smith., " Ciencia Ambiental, un estudio de Interrelaciones. Ed. McGraw-Hill nteramericana," 2006.
- [33] (2000)Sociedad Latinoamericana de Calidad, "Sociedad Latinoamericana de Calidad, ," 2000.
- [34] I. O. R. Romero., " Metodología para incrementar el aporte de electricidad con bagazo y alternativa de combustible para generar fuera de zafra . Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. ," Ciencias Técnicas. , Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba. , 2005.
- [35] CITMA, "CITMA. Situación Ambiental Cubana 2004. V Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Palacio de las Convenciones de La Habana, 4-8 de Julio de 2005.," 2005.
- [36] CITMA., "Taller "Medio Ambiente y Desarrollo" .Consulta Nacional Río+5. República de Cuba. La Habana, 23 de enero de 1997," 1997.
- [37] A. P. López, etanol o Biomasa “ 2007. Revista digital consenso.número 4 d.Disponible en:URL: <http://www.desdecuba.com> (2007) *Revista digital consenso*. Available: Disponible en:URL: <http://www.desdecuba.com> .

- [38] S. Rodríguez Castellón, *"Consideraciones sobre el sector energético Cubano"*. 2011.
- [39] Dr. Osvaldo Romero Romero, *"Desarrollo de las energías renovables en cuba "*, 2008.
- [40] J. León Mera, *Cuba aplica cinco programas de revolución energética.*, 2011.
- [41] B. G. K. Hermann, Jawjit, C. W., " Assessing environmental performance by combining life cycle assessment, multi-criteria analysis and environmental performance indicators. *Journal of Cleaner Production* 15 (2007) p.1787 – 1796."
- [42] P. Hulshoff, *et al. . Anaerobic treatment of sulphate-rich wastewaters. . Biodegradation* 9: 213–224,1998.
- [43] O. Dr.Ramírez Obregón, "Estudio del Potencial de Energía Solar y Biomasa de la Provincia de Sancti Spíritus.," 2010.
- [44] M. L. G. Mayea, *"ESTUDIO DEL POTENCIAL DE ENERGIAS RENOVABLES HIDRAÚLICA Y EÓLICA DE LA PROVINCIA DE SANCTI SPIRITUS," TRABAJO FINAL DIPLOMADO FORMACIÓN BÁSICA, Facultad de Ingeniería, Universidad "José Martí Pérez" Sancti Spíritus,," Sancti Spíritus, 2008.*
- [45] H. C. Altomonte, Manilo; Lutz Wolfgang. , "Energías Renovables y Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y Perspectivas. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, 2003. ," 2003.
- [46] C. J. R. Chaurand, E, "Nuevas Energías Renovables," *mayo*, vol. Nro3, 2014.
- [47] D. R. A. G. Prado, "SWERA, Solar and Wind Energy Resource Assessment. 2007.<http://swera.unep.net/index.php?id=7> " 2007.
- [48] A. Montesino Larrosa. (2007a) Historia de la Energía Eólica e Cuba. *Revista Energía y tú*.
- [49] A. Montesino Larrosa. (2009b). *" Energía Eólica en Cuba"*. Available: <http://noticias.cirbecuba>.
- [50] J. K. Hartmann., *Life-cycle-assessment of industrial scale biogas plants. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für*

Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. 2000. 2005 pag.

- [51] B. G. K. Hermann, Jawjit, C. W, *Assessing environmental performance by combining life cycle assessment, multi-criteria analysis and environmental performance indicators. Journal of Cleaner Production 15 (2007) p.1787 – 1796, 2007.*
- [52] E. R. Domínguez, " Rosa et al Influence of combustion gases depuration system by using Life Cycle Assessment in energy production from cane biomass. CHISA Congreso, Praga," 2008.
- [53] S. Kartha, Larson, E. D., " Bioenergy Primer Modernised biomass energy for sustainable development, United Nations Development Program, New York.," 2000.
- [54] G. r. d. julio, "Title," unpublished].
- [55] R. Arrieta. (2010). *Experiencias colombianas en el planteamiento y ejecución de obras para centrales hidroeléctricas a pequeña escala.* Available: Disponible en: URL: www.unesco.org.uy Accedido: 20/11/20115.
- [56] G. L. O., "Estrategia de análisis para lograr un uso más eficiente de la energía en los centrales azucareros/-Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas. Ciudad de la Habana," 1996.
- [57] G. 11. (2008). *La revolución energética en cuba conquistas alcanzadas. .* Available: <http://www.invasor.cu>. Accedido 29 de junio de 2008.
- [58] Lineamientos de la política económica y social del país aprobados en el VI Congreso del Partido (PCC, "Lineamientos de la política económica y social del país aprobados en el VI Congreso del Partido (PCC, 2011)." (PCC, 2011).
- [59] O. d. Estadística. (2013) Anuario estadístico Sancti Spiritus Oficina Nacional de estadística.
- [60] Carpeta, "Title," unpublished].
- [61] C. d. Autores. (2002) Gestión Energética Empresarial. CEEMA. Cienfuegos.

- [62] Anónimo. (2009). *Conferencia Sobre Cambio Climático*. Available: <http://www.google.cu>.
- [63] R. Gonzáles Muñiz, "Marketing en el siglo XXI 3ra edición. Capítulo II Marketing Estratégico," 2006.
- [64] R. d. O. OBEP SS; Colectivo de Autores, Diciembre 2014," OBE Prov. SS, Sancti Spíritus, , ""Reporte de Operaciones, Diciembre 2014," OBE Prov. SS, Sancti Spíritus, ," Reporte2015.
- [65] M. O. R. Obregón., "" Estudio del Potencial de Energía Solar y Biomasa de la Provincia de Sancti Spíritus". Sancti Spíritus 2008.
- [66] I. L. E. Ing. Alfonso Blanco, Ing. Omar Paganini, Ing. Beno Ruchansky, Ing. Alicia Torres. , "Estudio prospectivo del sector energético al 2030.," Uruguay. 2013.
- [67] M. K. u. B. H. E. i. D. E. u. I. M. 2010., " Energieversorgung in Deutschland – Energiemix und Infrastruktur.," Münster. 2010.