



**Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez "**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de**

**Master en Eficiencia Energética**

**Título: "Estudio del Potencial de Energía Hidráulica y  
Eólica de la Provincia de Sancti Spíritus".**

**Autor: Ing. Lourdes Guerra Mayea.**

**Tutor: Dr. C. Osvaldo Romero Romero**

**2010**

**"Año 52 de la Revolución"**

*Pensamiento*

***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

# *Dedicatoria*

**A mis hijos y Esposo**

**Por su comprensión, apoyo y por su presencia**

# *Agradecimientos*

## **Agradecimientos**

A Osvaldo y Osmar mis compañeros de equipo.

Al colectivo de trabajadores de la Subdirección de energía y combustible de la Dirección Provincial de Economía y Planificación que de una forma u otra hicieron su aporte a este trabajo.

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

A ellos y a todos lo que aportaron alguna idea para que este trabajo se hiciera realidad.

**Muchas Gracias.**

# *Resumen*

## 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 realizar un estudio de los potenciales de energías eólica e hidráulica, analizar el uso actual de estas fuentes, sus potenciales teóricos, así como analizar proyectos tipos para incrementar su utilización.

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, para finalmente a partir del estudio realizado por varias entidades y el intercambio con sus especialistas definir los potenciales teóricos de las fuentes eólica e hidráulica, 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; de la misma forma se identificó que las energías renovables aportan el 8.8% del consumo energético total de la provincia y que con 2 proyectos en energía eólica e hidráulica que se analizan en el trabajo se puede incrementar el aporte de las fuentes renovables en un 11.3%

## Summary

The present work due to from the necessity of contributing to the improvement of the energy and economic efficiency in Sancti Spíritus and it has as objective to carry out a study of the eolic and hydraulic potentials of energy and to analyze the current use of these sources, its theoretical potentials, as well as to analyze projects types to increase its use.

In the work is carried out a characterization of the territory, the 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. Finally starting from the study carried out by several entities and the exchange with their specialists to define the theoretical potentials of the eolic and hydraulic sources, as well as that some concrete projects can guie to increase their current use.

It's obtained as an important results that Sancti Spíritus has a high energy dependence of the fossil fuels, although it has risen its generation capacity like part of the Energy Revolution, it was also identified that the electric power and the diesel are the kind of more used and on which all the attention should be centered; In the same way was identified renewable energy with a contribution of 8.8% of the energy consumption and it can be increased with this 2 projects of eolic energy and hydraulics sources in a 11.3%.

# *Índice*

## ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
Introducción .....	1
Capitulo I. Revisión Bibliográfica .....	5
1.1 Situación energética mundial.....	5
1.2 Situación energética cubana.....	7
1.3 Concepto de FRE .....	11
1.4 Situación mundial de la utilización de las FRE.....	12
1.5 Situación en Cuba de la utilización de las FRE.....	13
1.6 FRE y medio ambiente .....	13
1.7 Energía Eólica.....	16
1.8 Energía Hidráulica.....	22
Capitulo II. Materiales y Método.....	29
2.1 Métodos e instrumento a utilizados para el diagnóstico energético de la Provincia.....	29
2.1.1 Métodos utilizados para la caracterización sociodemográfica.	29
2.1.2 Métodos utilizados para el diagnóstico histórico de consumo.	29
2.1.3 Sistema de generación energética de la provincia.....	31
2.2 Potenciales existentes de Energía Renovables	
2.2.1 Determinación de los potenciales.....	31
2.2.2 Diagrama Causa y efecto sobre utilización de las FER .....	34
2.3 Posibilidades de utilizar los potenciales de ER.....	34
2.3.1 Métodos utilizados para realizar Matriz DAFO.....	35
2.3.2 Métodos utilizados para implementar proyectos.....	36
Capitulo III. Potencial de Energía Eólica e Hidráulica. Contribución a la Eficiencia Energética Territorial. ....	37
3.1 Diagnostico Energético.....	37
3.1.1 Caracterización Sociodemográfica.....	37
3.1.2 Diagnostico histórico del consumo de energía primaria....	39
3.1.3 Sistema de generación energética de la provincia.....	44
3.2. Identificar potenciales existentes de energía renovables.....	49
3.2.1 Potencial de energía eólica.....	49
3.2.2 Potencial de energía hidráulica.....	53
3.2.3 Aporte de las Fuentes Renovables de Energía.....	55

3.3. Posibilidades de utilización de los potenciales de Energía Renovables.	
3.3.1 Matriz DAFO para implementar las fuentes.....	60
3.3.2 Determinación de las características técnicas de las instalaciones seleccionadas y sus costos aproximados. Ventajas energéticas económicas y ambientales de la utilización de estos potenciales.....	64
Conclusiones.....	71
Recomendaciones.....	72
Bibliografía.....	73
Anexos.	

# *Introducción*

## INTRODUCCIÓN

A medida que ha pasado el tiempo, el ser humano ha ido dependiendo cada vez más de los recursos energéticos, para el hombre moderno es impensable la vida sin iluminación, calefacción, refrigeración y transporte. Esta dependencia energética se ha convertido en un exceso de consumo de combustible fósiles.

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. **[Can06]**

Por otra parte **[Ann17]** plantea que el consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las energías alternativas.

En conjunto con lo anterior se tiene también que el abuso de las energías convencionales actuales hoy día tales como el petróleo la combustión de carbón entre otras acarrear consigo problemas de agravación progresiva como la contaminación el aumento de los gases invernadero y la perforación de la capa de ozono.

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, Vemos 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.**[Men05]**

El propio.**[Men05]** reporta que las dos terceras partes de las reservas mundiales de hidrocarburos se concentran en Asia Central, Oriente Medio y Norte de África, no son muy elevadas, suponen al ritmo actual de consumo: 40 años de extracción para el petróleo y 70 años para el gas natural. Los recursos no

valorados pudieran multiplicar por tres esas reservas, pero parece que no. **Al ritmo actual de consumo mundial las reservas se agotarían hacia el año 2043**

Según diversos estudios, en 2002 quedaban en el mundo entre 990.000 millones y 1,1 billones de barriles de crudo por extraer. Esto significa que al ritmo actual de consumo mundial estas reservas se agotarían hacia el año 2043, fecha que podría ser más cercana si el consumo de energía aumentara, como se prevé que ocurra por parte de los países en vías de desarrollo. Sin embargo, estas previsiones no incluyen el hallazgo de nuevos pozos o la posibilidad de extraer petróleo de zonas que en la actualidad son consideradas reservas naturales y, por lo tanto, no perforables. La dependencia del petróleo de nuestra sociedad queda patente con el siguiente dato: en 1880 la producción mundial, localizada casi por completo en Estados Unidos, era inferior al millón de toneladas. Hoy, la producción supera los 3.500 millones de toneladas.

La población mundial pasó de 2.5 mil millones de habitantes en 1950 a 6.5 mil millones de habitantes en 2006. Este aumento de la población mundial se acompañó de un aumento del consumo de petróleo. En 1970, la producción mundial de petróleo (muy líquida) era de 48 millones de barriles al día, en 2004, ella era de 83 millones barriles al día, de 1970 a 2004, la producción mundial de petróleo se adaptó al aumento de la población mundial. La producción per año y per cápita siguió siendo más o menos los mismo, del orden de 750/760 litro de petróleo bruto per cápita y per año, lo que representa por término medio 2.1 litros de petróleo bruto al día. (Por ejemplo en 2004, la producción es de 30.3 mil millones de barriles para 6.3 mil millones de habitantes, lo que hace 4.7 barriles o sea después de conversión 756 litros al año y 2.07 litros al día y per cápita).**[Ann10] [Ann11]**

Actualmente todas las personas parecen estar de acuerdo en que el clima de la Tierra está cambiando como resultado directo de las actividades humanas y que las consecuencias sociales, ambientales, políticas y económicas serán catastróficas si no se hace nada –y rápidamente- para abordar el problema.

El planeta está al borde de una crisis de recursos. El petróleo escasea, su precio se eleva y cada vez más los efectos de la contaminación están afectando la vida de todos los seres vivos que habitan en él.

Es un hecho bien conocido que las principales causas del cambio climático se relacionan con el consumo de combustible fósil (carbón, petróleo y gas) y en menor grado, con la deforestación y que ambas causan las emisiones de carbono, principalmente responsables del calentamiento global.

Resulta prioritario, pues, reducir esta dependencia económica del petróleo y de combustibles fósiles - se trata de fuentes que poco a poco se agotan- y para ello hay dos soluciones: **potenciar el uso de fuentes alternativas y renovables** y aprender a usar eficientemente la energía, cuestión en la que todos tenemos igual responsabilidad. El ahorro de energía se puede conseguir en cualquiera de las actividades diarias y, además, hoy día hay muchos adelantos tecnológicos orientados a este fin, que han obtenido buenos resultados.

El uso de **energías renovables** están a un paso de sustituir el petróleo, es el objetivo del momento, Desde hace más de veinte años los científicos están trabajando en encontrar fuentes de energía renovables que reemplacen y sustituyan a las no renovables.

La utilización o no de las energías renovables y no renovables no está en discusión, pero el problema es cómo transformar una estructura que en todo el mundo está preparada para recibir petróleo y sus derivados por energías limpias como la eólica, solar y la hidráulica.

Comenzar a utilizar este tipo de combustible o de energía podría solucionar muchos de los problemas ambientales que tiene el planeta, como la cantidad de gases tóxicos, la contaminación que produce la explotación minera y petrolera, e incluso se evitarían los derrames de combustibles en el océano.

Por todo lo antes expuesto se define como **problema científico** ¿Cómo contribuir al Desarrollo Energético y Económico de la provincia Sancti Spíritus mediante un estudio de los Potenciales de Energías Eólica e Hidráulica?

Por lo que el **Objetivo General** del presente trabajo es estudiar el potencial de Energías Eólica e Hidráulica de la provincia Sancti Spíritus.

Para dar cumplimiento a este objetivo se desarrollaron los siguientes **Objetivos específicos**

1. Efectuar una profunda y amplia búsqueda y revisión bibliográfica actualizada de los potenciales de Energías Renovables, específicamente Eólica e Hidráulica que permita crear una base teórico conceptual para la investigación.
2. Realizar un Diagnóstico Energético de la provincia Sancti Spíritus.
3. Determinar mediante análisis documental y de las estadísticas territoriales, el potencial de Energía Eólica e Hidráulica, su utilización actual, así como la ubicación geográfica.
4. Definir posibilidades reales de utilización de los potenciales existentes de Energía Eólica e Hidráulica.
5. Determinar mediante análisis energético, económico, ambiental y de alternativas tecnológicas el aporte que podrían tener estas Energías Renovables en el desarrollo energético, económico y ambiental del territorio.

Por lo que se planteo como **Hipótesis** que es posible contribuir al Desarrollo Energético y Económico de la provincia Sancti Spíritus mediante un estudio de los Potenciales de Energías Eólica e Hidráulica.

El **Objeto de Estudio** serán los Procesos de Generación y Consumo de Energía en la provincia Sancti Spíritus y el **Campo de Acción** el Potencial de Fuentes de Energía Eólica e Hidráulica.

# *Capítulo I*

## CAPITULO I. Revisión Bibliográfica

### 1.1 Situación energética mundial

De acuerdo con [Ann11 y Ann12] El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre 2004 y 2030, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. En el informe "Internacional Energy Outlook 2005 (IEO 2007)" se prevé que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento medio de un 2,5% por año hasta 2030 en los países ajenos a la OCDE, mientras que en los países miembros será tan solo del 0,6%; así, durante este periodo, los países OCDE incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de países lo harán al 95%. En cifras, el uso total de energía en el mundo crecerá:

Consumo total de energía. Unidades: cuatrillones unidades térmicas inglesas

2004	2010	2015	2020	2025	2030
447	511	559	607	654	702

Las tendencias indican que el consumo de energía por sector puede estar sometido al ritmo de desarrollo económico por región. A nivel mundial, los sectores industrial y de transporte son los que experimentarán un crecimiento más rápido, del 2,1% por año, en ambos sectores. Crecimientos más lentos se producirán en el ámbito residencial y comercial, con un promedio anual de 1,5 y 1,9% entre 2002 y 2025.

Por otra parte, el uso de todas las fuentes de energía aumentará durante el periodo 2004-2030, los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, básicamente por su importancia en el transporte y en el sector industrial. Para el resto, energía nuclear y energías renovables, también se espera que experimenten un aumento durante el mismo periodo, aunque mucho más suave.

El consumo de petróleo en el mundo se espera que aumente de 83 millones de barriles día en 2004 a 97 millones de barriles día en 2015 y 118 millones en 2030. En el año 2006, por ejemplo, la demanda anual era de 84,45 millones de barriles.

En cuanto a los precios, el informe de 2007 prevé que el barril pase de los 68 dólares de 2006 a 49 en 2014, para luego subir de nuevo hasta 59 dólares en 2030.

En enero de 2007, las reservas de petróleo en el mundo ascendían a 1.317,6 billones de barriles, las mayores reservas se encuentran en Oriente Medio, América del Norte y en mucho menor porcentaje África. Las reservas de petróleo en Europa están principalmente representadas por los países del Este y sobre todo por los países que pertenecieron a la extinta URSS.

El Gas natural se perfila como el recurso energético favorito y será el que experimente mayor aumento en el consumo. Se prevé un incremento promedio de 2,3% por año de 2002 a 2025 (el previsto para el crudo era de 1,9% y 2% para el consumo de carbón). Durante el periodo 2004 a 2030 se proyecta un aumento en el consumo de gas del 63%, pasando de 100 trillones de pies cúbicos a 163 trillones de pies cúbicos, un aumento que solo puede ser comparable al que se prevé para el carbón, la previsión es que el gas natural continúe como una importante fuente de suministro para la generación de energía eléctrica, debido especialmente a su uso en la industria, que asume casi la mitad del gasto de gas (44%) en el mundo. Esta elección se debe a que presenta una reducción en emisiones gaseosas (en comparación con el fuel). Casi el 50% del incremento de gas natural demandado entre el 2002 y 2025 irá a parar a la producción de electricidad, en Enero de 2007, las reservas de gas natural ascendían a 6183 trillones de pies cúbicos distribuidos, la principal reserva se encuentra de nuevo en los países de Oriente Medio, seguido por Eurasia (especialmente Europa del Este y los antiguos países de la Unión Soviética).

De acuerdo con IEO 2007, el consumo de carbón experimentará un crecimiento del 74% para el periodo tomado como referencia en el informe (es decir, entre 2004 y 2030), pasando de 114.4 cuatrillones de Btu (2004) a 199,0 cuatrillones. Hasta el año 2015 el incremento medio del consumo será del 2,6%, crecimiento que se ralentizará hasta el 1,8% en el periodo 2015-2030. En el año 2004, el carbón supuso el 26% del consumo energético mundial. De esa cantidad, dos tercios fueron destinados a la producción de electricidad, un 31% al uso industrial y tan solo un 4% para usos residenciales y comerciales. Las previsiones del informe de 2007 indican que para el año 2030 la importancia relativa del carbón

crecerá 2 puntos (hasta el 28%), y su participación en la producción de energía eléctrica a escala mundial crecerá del 43 al 45%.

La demanda de electricidad, de acuerdo con las últimas previsiones realizadas en 2007, crecerá fuertemente entre 2004 y 2030. La producción a escala mundial crecerá un 2,4% anual en este periodo, de los 16.424 billones de Kwh a los 30.364 billones.

En cuanto a las fuentes de producción de electricidad, se espera que el carbón siga siendo la principal materia prima utilizada, incluso en 2030, a pesar del crecimiento del gas natural.

Según la propia fuente, la emisión de CO<sub>2</sub> que están previstas para el periodo estudiado es que aumenten de 26,9 billones de toneladas en 2004 a 33,9 en 2015 y 42,9 en 2030.

## **1.2 Situación energética cubana**

En el desarrollo de la esfera energética en Cuba, se distinguen tres etapas principales. La primera hasta 1959, caracterizada por un esquema energético compuesto por una pequeña e insuficiente capacidad instalada para la generación de electricidad, básicamente 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 URSS.

En este período, se llegaron a instalar capacidades para generar aproximadamente 3.083 MW con la utilización de petróleo, que aseguró 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 convirtió en uno de los principales problemas a solucionar. Cuba tuvo que lidiar entonces con los altos precios del crudo en el mercado internacional, fuera ya del paternalismo comercial del CAME.

Los efectos de la falta de petróleo se hicieron sentir en todas las esferas de la vida cubana, aunque con especial crudeza en la generación de electricidad para el sector poblacional y el industrial. También determinó el colapso de la transportación de pasajeros y mercancías. El llamado Período Especial se caracterizó, entre otras cosas, por un decrecimiento notable en la capacidad de generación de las plantas eléctricas.

Se apeló entonces al petróleo cubano, de baja calidad por su alta viscosidad y contenido de azufre, lo que dificulta su utilización en las centrales termoeléctricas. Además la producción de crudo nacional no supera la cifra de 1,4 millones de toneladas anuales, por lo que no puede cubrir las necesidades energéticas del país, con el agravante de dañar aceleradamente la infraestructura de las plantas generadoras.

Cuba es actualmente muy dependiente del petróleo, pues según la Comisión Económica para América Latina de la ONU (CEPAL), el crudo todavía es la principal fuente de energía del país, representando el 56,1% de su Oferta Total de Energía Primaria (OTEP), mientras que el uso de fuentes renovables constituye el 37,9 por ciento, y son mayoritariamente productos derivados de la caña (34,5 por ciento del total), que se suelen usar en "procesos de combustión poco eficientes". La dependencia de combustibles fósiles determina, otra vez, acercamientos políticos como el estrecho vínculo entre el gobierno cubano y el venezolano.

El acuerdo en materia energética vigente desde 2000 entre Cuba y Venezuela asegura la entrega de entre 93.000 y 100.000 barriles diarios de petróleo, además de apoyo tecnológico para el desarrollo de la producción de petróleo y gas en la isla. A cambio de esta ventajosa subvención energética, Cuba brinda servicios médicos y asesorías en diferentes sectores de fuerte impacto social.

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 pende de factores geopolíticos un tanto frágiles y el gobierno de Cuba conoce del descalabro que representa la pérdida repentina de las subvenciones.**[Lop07]**

Las dificultades económicas resultantes de la crisis influyeron de forma determinante en las reformas emprendidas en el sector energético cubano, que tuvieron 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 implicaron cambios significativos en la estructura y modalidad de coordinación del sector energético, sí significaron una flexibilización en la gestión y operación del mismo. [Rod01]

Dentro de los programas emprendidos más recientemente en el sector energético por el estado cubano se encuentra de una parte el programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía que fue aprobado por la asamblea nacional en 1993 y cuyo objetivo central era disminuir paulatinamente la dependencia de la economía cubana de la importación de petróleo desde el exterior y en segundo lugar el programa de ahorro de energía cubano, PAEC, implementado en 1997 y que persigue elevar la cultura y participación de toda la población en la disminución del consumo final de la energía, tanto en el sector productivo como residencial, más recientemente en el año 2005 se inicia lo que se conoce como la Revolución Energética en Cuba.

El programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía permitió que a finales del 2005 Cuba produjera más del 90 % de su energía eléctrica a partir de fuentes nacionales, tanto de origen fósil como renovable. Con ese objetivo, prácticamente todas las universidades cuentan con centros de estudio especializados en la temática energética.[Rom08].

A partir del año 2005 el país determinó renovar conceptos y modernizar tecnologías dondequiera que oliera a gasto de petróleo, gasolina o electricidad, a todos estos cambios se le llamo **Revolución Energética**, de acuerdo con[Ann06] las tareas encaminadas al y uso eficiente de la energía fueron:

- Instalación de Grupos Electrónicos 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**, dos millones 100 000, tengan la posibilidad de cocinar con electricidad, dejando atrás el uso de los combustibles tradicionales de alto costo, nocivos para la salud y que resultaban totalmente 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 las Redes Eléctricas, que presentan un alto grado de deterioro debido a la imposibilidad, en períodos anteriores, de ejecutar su mantenimiento sistemático y modernización. Este programa, por un monto de 262 millones de dólares, ha ido incrementando su ritmo, debe concluir en el presente año.
- Instalación de miles de grupos electrógenos con una capacidad de generación superior a los 300 MW, 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**, reduciendo el número de servicentros de 2 093 a 754, buscando la mayor racionalidad y control. Asimismo, de un total de 326 bases de combustibles que poseen los Organismos solo continuarán operando 23, pasando 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

### 1.3 Concepto de FRE

Las FRE son definidas mayoritariamente 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.[Rom08][ Ann17]. Fuentes **renovables**, si al usarlas no se agotan; como la luz del Sol, el viento, las corrientes de los ríos o las mareas de los mares.

Se denomina **energía renovable**, también llamada energía alternativa o blanda a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Según [Ann17] Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente 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.

Con el invento de la maquina de vapor por James Watt se van abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas y se utilizan cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el todavía relativamente escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia 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. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

De igual forma.[Ann09] 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

#### **1.4 Situación mundial de la utilización de las Fuentes Renovables de Energía.**

La previsión para el periodo 2004-2030 es que continúen creciendo a razón de 1,7% anual. 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 están llevando a cabo políticas de fomento de las energías renovables, incluso en situaciones en las que no podrían competir con los combustibles fósiles debido a su rentabilidad.

No obstante, y a pesar de este crecimiento, las energías renovables perderán importancia relativa en la generación de electricidad a escala mundial: del 19% de 2004 al 16% de 2030, debido al mayor aumento en el uso del carbón y del gas natural. No obstante, el informe IEO 2007 solo recoge las renovables controladas comercialmente, y no otros usos no comerciales (por ejemplo, el biofuel usado en las economías más primitivas) que proporcionan energía a 2.500 millones de personas en todo el mundo.[Ann12]

## **1.5 Situación en Cuba de la utilización de las Fuentes Renovables de Energía**

Según el Inventario Nacional de las Fuentes de Energía Renovables publicado por la Oficina Nacional de Estadísticas, durante el año 2008 el aporte de estas representó casi el 20 por ciento de nuestra producción de energía primaria. En términos energéticos, el aporte superó el millón de toneladas equivalentes de petróleo. La energía eléctrica generada en Cuba con fuentes renovables en el 2008 fue de 680,4 GWh, equivalente al consumo eléctrico del país en unos 18 días. Esta cifra representa el 3,8 por ciento de la generación eléctrica del país.

Según la Oficina Nacional de Estadísticas, 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.[Arr09].

## **1.6 Fuentes Renovables de Energía y medio ambiente.**

La utilización de los combustibles fósiles ha provocado daños al medio ambiente. 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, así como impactos ambientales a nivel local y regional con afectaciones en la calidad del aire, fundamentalmente 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. Algunos la llaman situación de «emergencia planetaria». Desafortunadamente 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 sepultando territorios bajo las aguas oceánicas. **[Arr09]**

**[Lak 00]** define el ECOPUNTO como medida de penalización-ambiental situando de mayor a menor los impactos de las diferentes tecnologías de generación de un Kwh. tenemos que

Sistema lignito.....	..1.735 ecopuntos
Sistema petróleo.....	1.398 ecopuntos
Sistema carbón.....	1.356 ecopuntos
Sistema nuclear.....	672 ecopuntos
Sistema solar fotovoltaico...	461 ecopuntos
Sistema gas natural....	267 ecopuntos
Sistema eólico.....	65 ecopuntos
Sistema minihidráulico...	5 ecopuntos

El impacto de la generación de un Kwh. con energía mini hidráulica es 347 veces menor que el generado con lignito, 280 veces menor que el generado con petróleo, tecnología de generación eléctrica.

Los impactos analizados abarcan desde los efectos sobre la salud humana, en edificios, cosechas y ecosistemas, hasta el calentamiento global y la contaminación acústica.

Las tecnologías eólicas e hidráulicas son, en general, muy respetuosas con el medio ambiente, mientras que las tecnologías del carbón cargan con el peso de sus elevadísimas emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, las viejas plantas térmicas de producción de electricidad también emiten grandes cantidades de contaminantes clásicos, y se considera que su tecnología es la peor de todas las existentes. Las noticias mas reciente de la cumbre de Copenhague sobre el clima desarrollada desde el 7 al 18 de diciembre de 2009 es un ejemplo de que aun no se toma conciencia de la gravedad del asunto, la misma tenia como objetivos. "la conclusión de un acuerdo jurídicamente vinculante sobre el clima, válido en todo el mundo, que se aplicara a partir de 2012", El objetivo final (a largo plazo) pretendido era la reducción mundial de las emisiones de CO<sub>2</sub> en al menos un 50% en 2050 respecto a 1990, y para conseguirlo los países debían marcarse

objetivos intermedios. Así, los países industrializados deberían reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero entre un 25% y un 40%, respecto a los niveles de 1990 en el año 2020 y deberían alcanzar una reducción entre el 80% y el 95% para 2050, sin embargo solo se tomo como acuerdo que la temperatura global no suba más de dos grados centígrados, sobre cuándo las emisiones deberán alcanzar su máximo solo se dice que "lo antes posible" y no se establecen objetivos para el 2050. Tampoco se ha incluido la recomendación del IPCC de que las emisiones de los países desarrollados deberían reducirse para 2020 entre un 25% y un 40% sobre el nivel que tenían en 1990.

Además el acuerdo alcanzado entre EE.UU., China y otros 29 países no fue aceptado por unanimidad en la Convención pues lo rechazaron algunos países como Cuba, Bolivia y Nicaragua. Por ello los delegados del pleno de la Conferencia de la ONU sobre Cambio Climático renunciaron a votarlo y acordaron una fórmula de "tomar conocimiento" del documento, el pacto alcanzado no será oficial pues la Convención de Cambio Climático funciona por consenso y la oposición de un solo país impide la adopción de acuerdo.[Ann13]

## **1.7 Energía Eólica**

La Energía eólica es definida por [Ann14].[Ann09] como la energía obtenida del viento, ósea, la energía cinética generada por efecto de las corriente de aire, y que se transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

De acuerdo con [Ann14] 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. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano, bombear agua o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una carga, como una bomba, recibe el nombre de molino de viento. Si se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento. Los molinos tienen un origen remoto. La referencia más antigua que se tiene es un molino de viento que fue usado para hacer funcionar un órgano el siglo I era común. Los primeros molinos de uso práctico fueron construidos en Sistán Afganistán en el siglo VII. Estos fueron

molinos de eje vertical con hojas rectangulares. Aparatos hechos de 6 a 8 velas de molino cubiertos con telas fueron usados para moler maíz o extraer agua.

La industria de la energía eólica en tiempos modernos comenzó en 1979 con la producción en serie de turbinas de viento por los fabricantes Kuriant, Vestas, Nordtank, y Bonus. Aquellas turbinas eran pequeñas para los estándares actuales, con capacidades de 20 a 30 kW cada una. Desde entonces, la talla de las turbinas ha crecido enormemente, y la producción se ha expandido a muchos países.

La baja densidad energética, de la energía eólica por unidad de superficie, trae como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un número mayor de máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. El ejemplo más típico de una instalación eólica está representado por los "parques eólicos" (varios aerogeneradores implantados en el territorio conectados a una única línea que los conecta a la red eléctrica local o nacional. **[Ann14]**)

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos. A finales de 2007, la capacidad mundial de los generadores eólicos fue de 94.1 giga vatios.

El coste de la unidad de energía producida en instalaciones eólicas se deduce de un cálculo bastante complejo. Para su evaluación se deben tener en cuenta diversos factores entre los cuales cabe destacar.

El coste inicial o inversión inicial, el costo del aerogenerador incide en aproximadamente el 60 a 70%. El costo medio de una central eólica es de 1.000 Euros por KW de potencia instalada, variable desde 1250 €/kW para máquinas con una unos 147 kW de potencia, hasta 880 €/kW para máquinas de 600 kW; Debe considerarse la vida útil de la instalación (aproximadamente 20 años) y la amortización de este costo, los costos financieros, los costos de operación y mantenimiento (variables entre el 1 y el 3% de la inversión).

La energía global producida en un período de un año. Esta es función de las características del aerogenerador y de las características del viento en el lugar donde se ha instalado.

Según reportan varios autores **[Ann1][Ann5][Ann14]** las ventajas de la utilización de la energía eólica, están dadas por ser una energía limpia ya que no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes, No requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo que no contribuye al incremento del efecto invernadero ni al cambio climático, evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón. Reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales. Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: desastres con petroleros (traslados de residuos nucleares, etc.). No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas. La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Cada Kwh. de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón, evita.

- 0,60 Kg. de CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono.
- 1,33 gr. de SO<sub>2</sub>, dióxido de azufre.
- 1,67 gr. de NO<sub>x</sub>, óxido de nitrógeno

Por su parte **[Ann17]** plantea que las desventajas de la utilización de la energía eólica están determinadas por ser el aire un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar máquinas grandes y en consecuencia caras. Su altura puede igualar a la de un edificio de diez o más plantas, en tanto que la envergadura total de sus aspas alcanza la veintena de metros, lo cual encarece su producción, además Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.

Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es más acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando "pasillos" a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.

### **Para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento interesa:**

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas y nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la intensidad de las ráfagas en espacios de tiempo breve, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima de 12 km/h, y que no supere los 65 km/h.[Ann14]

El origen de los vientos en zonas más específicas del planeta (vientos globales: como por ejemplo Alisios) y mas importante aún el comportamiento de los vientos locales: brisas marinas, vientos de montaña, entre otros.

La potencia generada por el viento depende principalmente de 3 factores:

- Área por donde pasa el viento (rotor)
- Densidad del aire
- Velocidad del viento

### **Existen dos tipos de instalaciones eólicas:**

- Aisladas: para generar electricidad en lugares remotos para autoconsumo, las cuales pueden ir combinadas con placas solares fotovoltaicas y generadores diesel.

- Parques eólicos: que se instalan en zonas con vientos de valores promedios de velocidad por encima de los 5 m/s adecuado para la rentabilización de las inversiones.[ **Pres1**]

La energía eólica es la fuente de energía renovable que mayor auge ha tenido en el mundo en los últimos años. Su costo de instalación es ya competitivo respecto a las fuentes tradicionales de energía.

Entre las fuentes renovables de energía con que cuenta el país, la eólica puede alcanzar una importante participación en el balance energético nacional. Su empleo en sectores y sitios adecuados resolverá a corto plazo demandas locales y a mediano plazo podrá complementar la generación del Sistema Energético Nacional (SEN) o de sistemas eléctricos aislados.

En **Cuba**, como línea estratégica para el desarrollo de esta fuente de energía, se someterán a prueba diversas tecnologías, incluyendo aquellas diseñadas para soportar los fuertes huracanes que azotan al país. Se han identificado ya como potencial eólico el extremo occidental de Pinar del Río, la Isla de la Juventud, la costa norte de las provincias de Holguín hasta Villa Clara y el noroeste de la región oriental de Cuba.

De acuerdo con **[Sol06]** la actual campaña de prospección que abarca toda la Isla se desarrolla con un total de 100 estaciones. Distribuidas en 32 zonas de prospección. Un total de 83 estaciones de prospección se instalarán en mástiles abatibles de 50 m de altura y 12 estaciones meteorológicas de referencia en torres de Radio Cuba a diferentes alturas superiores a 50 m. En su primera etapa la prospección abarca 11 provincias y el Municipio Especial, sumándosele a la campaña en una segunda etapa otras zonas en diferentes provincias.

Ya han sido instaladas 53 estaciones de prospección, en 18 zonas y 6 estaciones meteorológicas de referencia y pronóstico para un total de 59 estaciones.

Se ejecutan mediciones de la velocidad del viento a 50 metros de altura en puntos seleccionados de estas macrolocalizaciones para conocer los sitios más idóneos y se dan pasos para próximamente conocer las potencialidades de la energía.

La confección del Mapa del Potencial Eólico de Cuba por parte de un grupo multidisciplinario dirigido por el INSMET del CITMA permitió identificar 26 zonas geográficas que revelan potenciales eólicos acordes con las clases 4 (Moderado, M), 5 (Bueno, B), 6 (Excelente, E) y 7 (Excepcional, Excep), con potencias que van desde 500 y 600 W/m<sup>2</sup>, con velocidades entre 6,2 y 6,8 m/s, y más de 1000 W/m<sup>2</sup> (> 8,2 m/s) (Excep)

Con este trabajo se confirmaron las áreas definidas en mapas de versiones anteriores, así como resultantes de estudios de prospección realizados en algunos sitios de Cuba. Asimismo, se pudieron identificar nuevas áreas de interés desde el punto de vista del recurso, principalmente en la costa sur, donde hasta el momento no se tenía ninguna información.

En línea general puede decirse que los potenciales altos (entre Moderado y Excelente) se hallan desplazados hacia las áreas costeras, con puntos muy notables en zonas montañosas. Estos resultados se corresponden con el carácter insular (isla larga y estrecha) de Cuba, donde la circulación local de brisas en las costas norte y sur desempeña un importante rol, junto a los patrones de gran escala en la definición del clima del recurso eólico del país.

A partir de la determinación de la extensión en kilómetros cuadrados de las áreas consideradas entre moderadas y excelentes, se determinó el potencial eólico de Cuba, que fluctúa entre **5 000 y 14 000 MW [Anexo 10 y 11]**.

Esta capacidad instalable, teniendo en cuenta un factor de capacidad de 25%, resulta un estimado del potencial equivalente entre **1 200 y 3 500 MW**

#### **Utilización Actual de la Energía Eólica en Cuba**

Según presentación del Grupo de Energía Eólica de la UNE en Cuba están instalados 23 aerogeneradores pequeños, de baja potencia, en zonas aisladas.

Parque eólico de Turiguanó: 2 aerogeneradores pequeños de tecnología española, ECOTECNIA, con casi 7 años de Explotación.

Parque Eólico Los Canarreos: 6 Aerogeneradores abatibles de tecnología francesa, Clase IEC - IV. El parque de la Isla de la Juventud, ubicada en el

Archipiélago de los Canarreos, próxima a la costa sur de la provincia de Pinar del Río, viene aportando un poco más de 2,6 % de la demanda eléctrica de ese municipio especial, que no está conectado al Sistema Electroenergético Nacional Parque Eólico Gibara, Holguín: 6 Aerogeneradores de tecnología española..

Actualmente hay tres parques eólicos para el aprovechamiento de la energía eólica. El parque eólico Los Canarreos, en la Isla de la Juventud, con 2,10 megavatios instalados y ya en operación, y otros dos en el municipio Gibara, en la provincia de Holguín, en el oriente del país. en la lista de países con potencia eólica instalada, Cuba ocupa el puesto 61 y la séptima plaza en la región latinoamericana.

El próximo reto es la construcción del segundo parque eólico de la zona, bautizado con el nombre de Gibara II. Ya está en marcha la excavación de los cimientos. Ellos serán los encargados también de echar andar y mantener funcionando los aerogeneradores de tecnología china (goldwind, que deberán entrar en funcionamiento entre 2010 y 2011. Su potencia será de 4,5 megavatios, con otros seis aerogeneradores, con ese parque el país tendrá 11,7 megavatios de potencia instalada, y nuevas estructuras entorno el entorno costero para aprovechar el viento.

En Cuba también funcionan 6.700 molinos de viento, para extraer agua para la agricultura y la ganadería. Estos ahorran anualmente 31.624 toneladas de petróleo. Además hay otros 270 molinos en la industria azucarera.

La energía eólica tiene un desarrollo muy incipiente en Cuba. En 2008 ahorró al país la importación de 2.220 toneladas de petróleo y evitó la emisión de más de 8.000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

El Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) ha elaborado un programa de desarrollo de la energía eólica hasta el año 2020, que deberá aportar 500 megavatios eólicos a la producción de electricidad, de un potencial calculado de forma muy conservadora en unos 2.000 megavatios.**[Mon09]**

Según reporta **[Est09]** actualmente en cuba se generan 24.6 Gwh/año con una potencia instalada de 11.7 MW en cuatro parques eólicos, la misma fuente reporta que el bombeo eólico con 8000 molinos instalado disminuye el consumo de electricidad en 32 ktep/año y estima el potencial de energía eólica en 4713

Gwh/año, 1249 ktep/año, 2005 MW de potencia y un costo de la inversión entre 1600 y 2300 USD/Kw con una tasa de retorno de 6-8 años.

### **1.8 Energía Hidráulica**

Se denomina **energía hidráulica** o **energía hídrica** a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente de ríos, saltos de aguas o mareas o la que es lo mismo energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. El 7% de la energía que se produce en el mundo es de este tipo.**[Mon09]**

Las ventajas de la energía hidráulica, se trata de una energía renovable y limpia, y de alto rendimiento energético, el costo de operar una planta hidráulica es casi inmune a la volatilidad de los combustibles fósiles como la gasolina, el carbón o el gas natural. Además, no hay necesidad de importar combustibles de otros países. Las plantas hidráulicas también tienden a tener vidas económicas mas largas que las plantas eléctricas que utilizan combustibles. Sin embargo, hay plantas hidráulicas que siguen operando después de 50 a 100 años. Los costos de operación son bajos por que las plantas están automatizadas y tienen pocas personas durante operación normal.

Las desventajas de la utilización de la energía hidráulica son, la constitución del embalse supone la inundación de importantes extensiones de terreno así como el abandono del pueblo, plantas hidráulicas pueden ser disruptivas a los ecosistemas acuáticos.

Hay diversos tipos de centrales hidroeléctricas en función de su tamaño.

- hasta 50 kw de potencia instalada en Microhidroeléctricas,
- más de 50 kw y hasta 500 kw son Minihidroeléctricas;
- desde este rango hasta 5000 kw se denominan Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHE)
- y más de 5000 kw Centrales Hidroeléctricas.

Las centrales mini hidráulicas o minicentrales. Éstas no requieren grandes embalses reguladores y por tanto su impacto ambiental es mucho menor.

La energía hidráulica juega un rol importante en la reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero. Si se desarrollara la mitad del potencial de energía hidráulica económicamente viable se podrían reducir alrededor de un 13% de dichas emisiones.

El Potencia hidroenergético se mide de dos formas:

El potencial teórico: Mide los recursos de una cuenca o sistema fluvial en forma hipotética, tal como se presentan en la naturaleza y sin calcular las obras que se necesitarían para su aprovechamiento. Esencialmente considera el agua disponible y el desnivel existente.

El potencial técnico: Considera el potencial explotable en forma práctica. Mide los recursos por los usos existentes y los que son susceptibles de instalación, fijando el costo de la potencia unitaria instalada.

### **Desarrollo mundial de la utilización de la Energía Hidráulica**

La Hidroenergía actualmente representa el 17% (2643 billones de kWh) de la generación de electricidad del mundo, con unos 740 mil millones de kW en capacidad instalada y otros 100 mil millones de kW en construcción.

La Hidroenergía es la fuente de energía renovable más importante ya que representa el 98 % de la generación de electricidad con estas fuentes. De acuerdo con la Consultoría Mundial de Energía, la demanda de electricidad global alcanzará 23 000 billones de kWh para el 2020 y el 28 % aproximadamente puede ser cubierto por hidroeléctricas con una producción de energía de 6 500 billones de kWh/Año.

Solo el 18 % del potencial técnicamente aprovechable y el 28 % del económico han sido explotados y aún se evade este tipo de obra. El entorno actual del mercado mundial alrededor de los altos precios de los hidrocarburos y su tendencia al crecimiento han hecho que se retomen las iniciativas hacia este sector.

En reciente estudio internacional realizado sobre el aprovechamiento hidroenergético se estimó un crecimiento de un 3,6 % anual en el período desde 1990 hasta el 2020 pero no se ha comportado de esta manera, sino que ahora se pronostica un ritmo de 1,9 % de crecimiento hasta el 2030.

Los recursos hidroeléctricos mundiales se pueden ver en **[Anexo.1]** y la generación de energía hidroeléctrica mundial en **[Anexo.2]**.

Los costos de inversión unitarios promedio del mundo son:

- Proyectos de más del millón de kW: 130 USD/kW
- Aunque con el crecimiento de estas obras los costos pueden verse seriamente afectados por las medidas correctivas del impacto ambiental inducido.
- Proyectos de cientos de miles de kW: 225 USD/kW
- Proyectos de PCHE: 1500 – 2500 USD/kW
- Unas decenas de kW: hasta 5000 USD/kW
- Algunas alternativas garantizan la reducción considerable de los costos:
  - las producciones nacionales,
  - la construcción con materiales locales
  - y la participación comunitaria.

Se conocen experiencias que registran costos unitarios para pequeños proyectos de solo 600 USD/kW, por la aplicación de esas alternativas.

Los costos de producción:

Para grandes hidroeléctricas: 3 ¢ de USD/kWh, incluso menos como es el costo medio en EEUU de solo 0,85 ¢ de USD/kWh.

En las PCHE: hasta 8 ¢ de USD/kWh

En los proyectos más pequeños por debajo de los 50 kW pueden llegar a 1USD/kWh. **[ Pres2]**

#### **Utilización Actual de la Energía Hidráulica en Cuba**

Según reportan varios autores **[Ann16]** **[Rod09]****[Ann2]** el uso de la hidroenergía como fuente de generación de electricidad, en Cuba, data de principios del siglo pasado, cuando se pusieron en explotación pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, entre los que figuran la PCHE Guaso en Guantánamo con una potencia instalada de 1800 kW, San Blas en Cienfuegos con 2000 kW, Piloto con 295 kW, San Vicente con 71 kW y Barranca en Granma con 200 Kw. Todas ellas aún están en operación con más de 70 años de trabajo.

A partir del triunfo de la revolución y como respaldo al desarrollo agrícola y social, Cuba desarrolló una verdadera voluntad hidráulica, construyéndose en todo el período más de 1000 presas y embalses. Estas inversiones iniciales permiten con pocos recursos la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas en regímenes subordinados al destino final del agua que incorporadas al Sistema Nacional o para resolver necesidades aisladas, constituyen un gran ahorro de petróleo en las termoeléctricas.

Cuba tiene una experiencia de más de 90 años en el aprovechamiento de la hidroenergía y después del triunfo de la Revolución, el 1 de enero de 1959, proyectó un desarrollo sostenido en esta área.

En los primeros años de la Revolución concluyó la construcción e inició sus operaciones la central hidroeléctrica "Hanabanilla", con 43 MW de potencia instalada, bajo el control ahora de la Unión Eléctrica, del Ministerio de la Industria Básica. Unidades diseminadas en nueve de las 14 provincias de la isla permiten a más de 35 mil cubanos disponer de servicios eléctricos en lugares apartados y de difícil acceso

Algo después, en la década de 1980, empezó la aplicación de un programa de construcción de instalaciones hidroenergéticas, con la fabricación en Cuba de una parte de los equipos necesarios.

No obstante, el plan experimentó un retroceso por causa del período especial en los primeros años de los 90 y por la carencia de líneas eléctricas. En los últimos cuatro años se han concluidos 21 de ellas.

El Programa de Hidroenergía en Cuba forma parte de la Revolución Energética y uno de sus objetivos más importantes es ahorrarle combustible al país.

La hidroenergía, por su aporte energético, estabilidad, autonomía, ventajas operacionales y dispersión territorial, es una de las fuentes renovables de energía de importancia en Cuba. El potencial hidroenergético estimado es de unos 650 MW, con una generación anual de unos 1 300 GW-h, que equivalen, teniendo en cuenta su efecto económico en el sistema, aproximadamente a medio millón de toneladas de combustible convencional. De este potencial se explotan en la actualidad sólo 55 MW, con una generación de cerca de 80 GW-h por año.

La energía hidráulica ya permite dar soluciones energéticas en zonas rurales, principalmente en las montañas. Se prevé el aprovechamiento de un potencial de unos 25 MW en algo más de 400 localidades con mini y microcentrales, de las cuales hay unas 200 construidas, brindando servicio eléctrico estable y confiable a más de 30 000 usuarios de unos 230 asentamientos rurales y otros objetivos económicos y sociales.

La posibilidad de mayor aprovechamiento de los recursos hidráulicos se encuentra en el complejo hidroeléctrico Toa-Duaba, con una potencia de 300 MW y una generación posible de 600 GW-h por año. También en la cuenca aguas arriba del río Toa, así como en los ríos Agabama y Cuyaguaje, es posible la utilización de hidroeléctricas con un potencial de unos 120 MW y una generación superior a los 300 GW-h al año.

**[Paz08]** hace referencia a que en el año 2007 el país concluyó con una potencia instalada de 62 MW y las 180 instalaciones en servicio generaron más de 100 000 MWh, ahorrándole al país más de 30 000 toneladas de combustible y se dejaron de emitir a la atmósfera más de 80 000 toneladas de dióxido de carbono, lo cual confirma la validez en el empleo de una fuente de energía limpia, que no arremete contra el medio ambiente

En la actualidad operan 180 instalaciones hidroeléctricas: 1 Central Hidroeléctrica, 7 PCHE, 35 Minihidroeléctricas y 137 Microhidroeléctricas

La capacidad instalada total de 62220 kW, con una producción de energía eléctrica de 149,5 millones de kWh año.

Capacidad tecnológica instalada, Instalaciones aisladas 149 beneficiando 8629 viviendas, más de 34 990 habitantes, 78 instituciones de la salud, 138 de la educación y otros 188 objetivos económicos y sociales. Conectadas al SEN 31.

El proyecto de mayor envergadura ejecutado en Cuba, hasta el momento, es el de Hanabanilla de 43000 kW de potencia instalada, construido en 1959.

Por su parte **[ Rod09]** plantea que existen estudios que indican que el país posee un potencial que supera los 500 MW si se aprovechan los ríos, presas y canales, como es el caso del salto de El Nicho, en el Escambray cienfueguero, aspectos que pretenden impulsar en este 2009, además que por su valor en el ahorro de petróleo para la generación, especialistas del Instituto Nacional de Recursos

Hidráulicos (INRH) prosiguen la identificación del potencial hidroenergético aprovechable del país, estudian los principales ríos de Cuba y la factibilidad del aprovechamiento hidroenergético de las presas construidas.

.A su vez, los resultados de la Unión de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos, demuestran que en las presas existentes es factible construir 30 pequeñas centrales hidroeléctricas, 60 minicentrales y 80 microcentrales, con una potencia de 52 MW y una generación media anual de 210 GWh.

En el resto de los cierres para centrales hidroeléctricas a filo de agua, se considera la posibilidad de instalar unos 400 MW de potencia y generar unos 1 000 GWh al año, que se aportarían al Sistema Electroenergético Nacional.

El potencial cubano sin explotar: alrededor de mil sitios, 452000 kW. ,1210 millones de kWh. En construcción:4 PCHE ,7420 kW ,41,7 millones de kWh.

Una vez finalizadas estas obras, Cuba contará con una potencia instalada de 100000 kW y será capaz de producir alrededor de 319,5 millones kWh mediante energía hidráulica evitando que vayan a la atmósfera unas 222740 toneladas de CO2 cada año. Con ello estará aprovechando el 22 % del potencial técnicamente aprovechable estimado del país.

Se estima que entre el 20 y el 25 por ciento de las necesidades energéticas en **Cuba** se cubren con fuentes renovables. **[Pres2]**

De acuerdo con **[Est09]** la hidroenergía en cuba genera actualmente 115 Gwh/año con 62 MW de potencia instalada y 180 instalaciones. La misma fuente estima el potencial de energía hidráulica en 1913 Gwh/año, 507 ktep/año, 848 MW de potencia y un costo de la inversión entre 1800 y 2500 USD/Kw con una tasa de retorno de 4-7 años.

# *Capítulo II*

## CAPITULO II. Materiales y Métodos

### 2.1 Métodos e instrumento a utilizados para el diagnóstico energético de la provincia

#### 2.1.1 Métodos utilizados para la caracterización sociodemográfica

Con el objetivo de realizar un diagnóstico energético de la provincia se comienza por obtener una descripción sociodemográfica de la misma apoyada en el Anuario estadístico del año 2007 de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE).

#### 2.1.2 Métodos utilizados para el diagnóstico histórico de consumo.

Se realiza recopilación de todos los datos necesarios para el diagnóstico histórico del consumo de energía primaria de la provincia, tomando como base el anuario estadístico 2007 y las publicaciones del año 2008 y 2009 del Informe de Consumo de los principales portadores energéticos de la ONE en Sancti Spiritus las cuales tiene como objetivo dar una panorámica del comportamiento de los consumos energéticos comparados con igual periodo del año anterior, así como el vínculo de estos con la producción mercantil y las producciones físicas.

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

- De acuerdo con [Col02] 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 E vs P esta 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 gráfico 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.[Co102]

Se realiza análisis comparativo y evaluación de los resultados derivados del análisis.

Se utiliza para ello Tablas de Tasas de Incremento y Decremento promedio anual la cual tiene como objetivo facilitar la obtención de los ritmos de incremento o decremento de un indicador en cierto periodo 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 de la provincia

Para el análisis de este aspecto se toma como base la presentación de la dirección técnica provincial de la UNE en la provincia donde se realiza una

caracterización del sistema eléctrico de la provincia, así como del sistema de generación distribuida, además se caracteriza el comportamiento de la demanda y el consumo tomando como base la información estadística de la OBE en la provincia.

## **2.2 Potenciales existentes de Energía Renovables.**

Para realizar un estudio de potenciales es imprescindible tener en cuenta los conceptos de potencial teórico, técnico y económico.

**[Ant09]** define como **Potencial Teórico** a la energía disponible en los energéticos renovables primarios, sin someterlos a restricciones tecnológicas o de eficiencia económica. **Potencial Técnico** a la fracción del potencial teórico asociado a las fuentes renovables que cuentan con tecnologías maduras para su explotación. Las restricciones las impone la tecnología y la localización del recurso y como **Potencial económico** a la fracción del potencial técnico que es factible aprovechar a costos razonables.

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

### 2.2.1 Determinación de los potenciales

Para identificar los potenciales existentes y su utilización se utiliza inventario nacional de FRE al cierre de 2009 para conocer cantidad de dispositivos existentes y su aporte, además de levantamiento realizado por el DURE en la provincia al cierre de abril 2010.

Basado en la Primera Edición del Mapa de Potencial Eólico de Cuba se obtiene el potencial eólico de la provincia. **[Ver anexos 10,11 y 12]**

Para este estudio se tuvo en cuenta

**Área<sub>T</sub> (km<sup>2</sup>)** - Área total con Densidad de Potencia del Viento mayor o igual que 400 W/m<sup>2</sup>, velocidad del viento superior a 6.2 m/s y RIX <= 15%.

**Área<sub>E</sub> (km<sup>2</sup>)** - Área aprovechable para el emplazamiento de parques eólicos teniendo en cuenta el uso del 20% del área total (**Área<sub>T</sub>**). 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).

<b>Potencial del Recurso</b>	<b>Densidad de Potencia a 50m (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Velocidad del Viento a 50m (m/s)</b>
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 (m<sup>3</sup>/seg), carga (m), potencia (kw), energía anual (Gwh), tipo de turbina, costo (MP) y por ultimo el ahorro en combustible.

Aporte por cada una de las fuentes

### **Biomasa**

Biogás= m<sup>3</sup> generados x 365 días x Factor tep /1000

Biomasa Cañera=KWh generado x consumo específico para generación de electricidad kg/kWh/1000

Desechos forestales=Toneladas x Factor tep.

Leña = m<sup>3</sup> x Factor tep

### **Solar**

Paneles fotovoltaicos= Potencia instalada Kw x horas de sol x Factor tep

Calentadores solares = KWh x consumo específico para generación de electricidad kg/kwh/1000

### **Hidráulica**

PCHE-MINI= Kwh generado x consumo específico para generación de electricidad 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 x consumo específico para generación de electricidad kg/kwh/1000

#### 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 subcausas que contribuyen a este problema o situación.

Se utiliza siguiente procedimiento.

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

### **2.3 Posibilidades de utilizar los potenciales de ER.**

Se realiza una búsqueda de las posibilidades y limitantes reportadas en la bibliografía para la implementación de las energías renovables y su manifestación en la provincia.

#### **2.3.1 Métodos utilizados para realizar Matriz DAFO.**

De acuerdo con **[Gon06]** 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, etc.

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 dinamicidad 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 Métodos utilizados para implementar proyectos.

Se determinaron las características técnicas de instalaciones seleccionadas y sus costos aproximados así como las ventajas energéticas, económicas y ambientales de la utilización de estos potenciales.

En el caso del proyecto de energía eólica se utiliza catálogo de las características técnicas de los molinos de vientos a instalar, así como información obtenida del departamento de inversiones de la subdelegación de ganadería perteneciente a la delegación provincial de la agricultura sobre el costo de los molinos y su instalación.

En el caso del proyecto de energía hidráulica se utiliza proyecto realizado por la Empresa de Investigaciones y Proyectos hidráulicos de Villa Clara para la construcción de la PCHE AGABAMA donde se detallan los resultados del calculo hidroenergetico, gasto de calculo, carga de calculo, potencia a instalar y energía anual a generar, además se obtiene los índices económicos dados por el costo de la PCHE, costo de la construcción civil, costo de los transformadores y líneas etc.

Se realizan cálculos para determinar las ventajas energéticas, económicas y ambientales de la utilización de estos potenciales, teniendo en cuenta:

- El costo del diesel en el mercado mundial.
- El consumo específico de combustible para la generación de electricidad.
- Las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por cada MWh generado con combustible fósil.

# *Capítulo III*

## CAPITULO III. Potencial de Energía Eólica e Hidráulica.

### Contribución a la Eficiencia Energética Territorial.

#### 3.1 Diagnóstico energético de la provincia Sancti Spíritus.

##### 3.1.1 Caracterización sociodemográfica.

De acuerdo con [Anu07] la provincia de Sancti Spíritus, 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 situación geográfica

Concepto	Lugar	Municipio	Longitud Norte	Longitud Oeste
Extremo Septentrional	Punta Jaguey	Yaguajay	22° 27' 6"	79° 22' 48"
Extremo Meridional	Punta Paso Banao	La Sierpe	21° 32' 30"	79° 12' 30"
Extremo Oriental	Santa Ana	Jatibonico	22° 2' 18"	78° 12' 24"
Extremo Occidental	Río Cabaiguan	Trinidad	21° 9' 30"	80° 6' 48"

Frente a su costa norte, baja y con zonas de marismas, se abre la bahía de Buena Vista, que está separada del océano por el archipiélago de Camagüey. En el centro, las Alturas del Noreste están formadas por las sierras de Jatibonico y Bamburanao, mientras en el sur el macizo de Guamuhaya o cordillera del Escambray es la principal alineación montañosa del centro de la isla, Culmina en los picos de San Juan (1.140 m) y Potrerillo (931 m) y es una importante zona boscosa, con extensos pinares y rica fauna, lo que ha permitido la creación de un parque nacional en este último pico.

La hidrografía está constituida principalmente por ríos que desembocan en el Caribe, como el río Zaza, el segundo de Cuba, con la presa de su mismo nombre, la primera del país con 1.020 millones de m<sup>3</sup> de capacidad. Otros ríos importantes son el Agabama y el Jatibonico del Sur. Los principales indicadores del clima, en cuanto a la lluvia un promedio anual de 1818.8 mm, temperatura máxima media de 28 c° y mínima media de 20.4 c°, la velocidad del viento 6.6 km/h en Sancti spiritus, 8.4 km/h en Trinidad y 11.6 km/h en Topes de Collantes y una humedad relativa de 79 %.

La provincia está compuesta por ocho municipios y tiene una extensión territorial de 6 724. 3 km<sup>2</sup>, existiendo al cierre del año 2008 una densidad poblacional estimada en 68,97 habitantes por km<sup>2</sup>.

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; el de Cabaiguán por su especialización en el cultivo del tabaco; en Jatibonico se encuentra el coloso "Uruguay", uno de los centrales de mayor 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 Spiritus que es el municipio cabecera de desarrollan distintas actividades como la agricultura, construcción, industria alimentaria, la pesca, el turismo, etc.

En el ámbito económico la provincia alcanza en el 2009 una producción mercantil de 1203.0 millones de pesos, posee una fuerza ocupada de 218.8 miles trabajadores, para una tasa de desocupación de 0,9 %; que constituye la segunda más baja del país; el salario medio mensual es de aproximadamente de 378 pesos.

El territorio cuenta con un total de 660 entidades, de ellas 141 son empresas estatales, 106 unidades presupuestadas, 1 empresa mixta, 6 sociedades mercantiles. El sector no estatal está compuesto por 140 UBPC, 60 CPA y 199

CCS. Las principales producciones industriales corresponden a la Industria Alimentaria, del Combustible y de Materiales de la Construcción y a la de Bebidas y Tabacos.

En la agricultura no cañera se destacan las producciones de tubérculos y raíces, hortalizas, arroz, maíz, frijoles, plátanos, cítricos y otros frutales. En el marco social es de destacar que nuestra provincia tiene 578 escuelas, 31 círculos infantiles con 4139 niños matriculados; 10193 docentes frente a las aulas con una matrícula inicial de 107514 estudiantes. Posee 152 unidades de asistencia médica, de las cuales 22 son de asistencia social. La tasa de mortalidad infantil es de 6.8 por cada mil nacidos vivos, una de las más bajas del país. La provincia cuenta, además, con 417 instalaciones deportivas y 152 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 ecológicamente perfecto para el turismo de salud a nivel internacional.

### **3.1.2 Diagnóstico histórico del consumo de energía primaria.**

Puede observarse en el **gráfico.1** que el consumo de energía primaria en el periodo (2007-2009) se comporta de forma favorable va desde 171.8 mtep en el 2007 hasta 150.1 mtep en 2009 lo que representa un ritmo de decrecimiento promedio anual de 6.55%, de igual forma la producción mercantil aumenta de 857.326 MMP en 2007 a 1203.039 MMP en 2009 lo que representa un ritmo de incremento promedio anual de 18.45%. **[Anexo .3]**

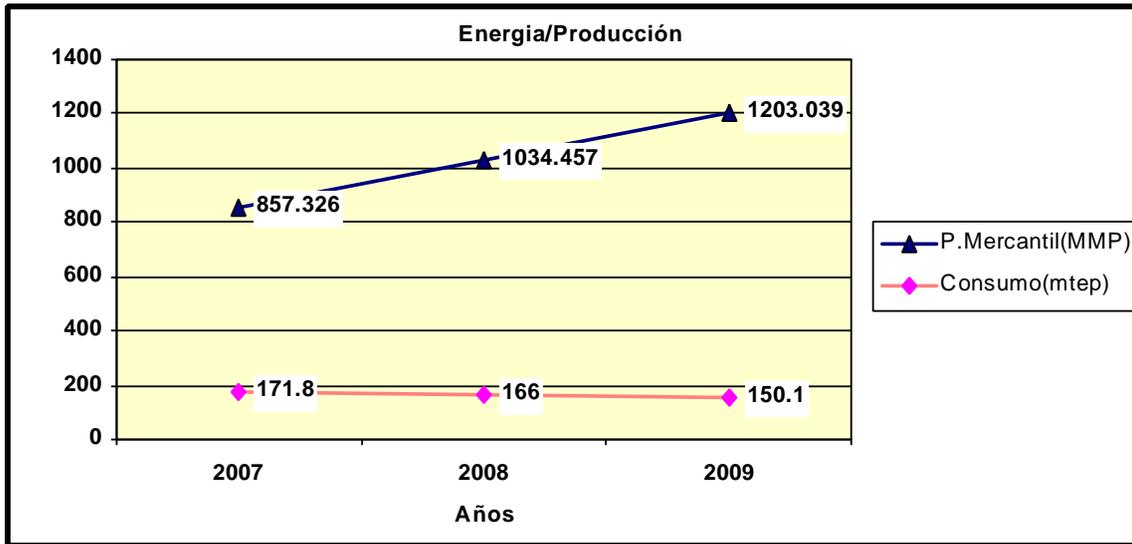


Grafico.1 Energía vs Producción  
Fuente: Elaboración propia

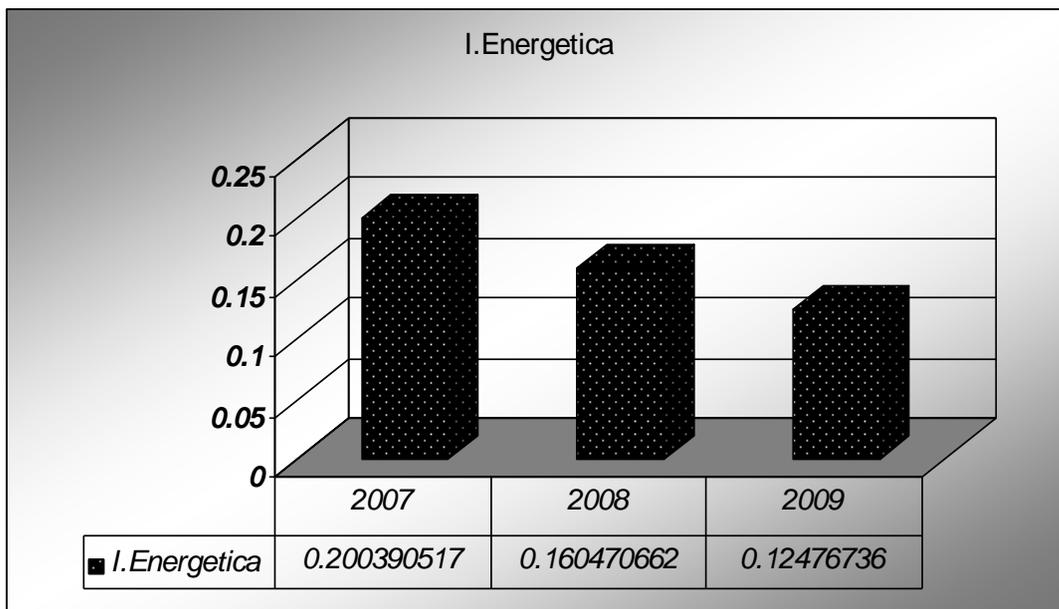


Gráfico 2 .Comportamiento de la Intensidad Energética  
Fuente: Elaboración propia

Al revisar el **gráfico 2** puede interpretarse que la relación entre el consumo de energía primaria y la producción mercantil en la provincia tiene un comportamiento favorable y presenta un ritmo de decrecimiento promedio anual de 21%.

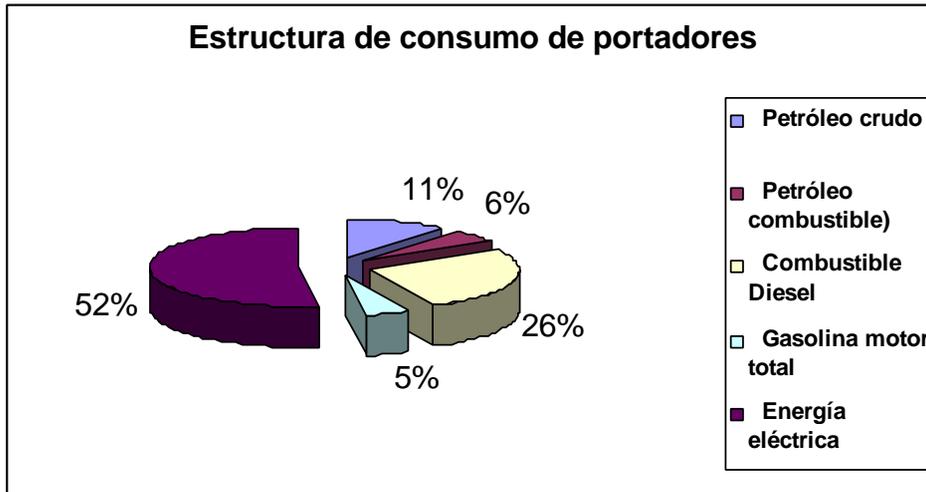


Gráfico 3. Estructura de consumo por portadores.  
Fuente: Elaboración propia

El **gráfico 3** muestra que en el caso de los portadores el portador que más se consume es la energía eléctrica representando un 52% del total seguido por el diesel (26%), Petróleo Crudo (11%), el petróleo combustible (6%) y la gasolina con un 5%.

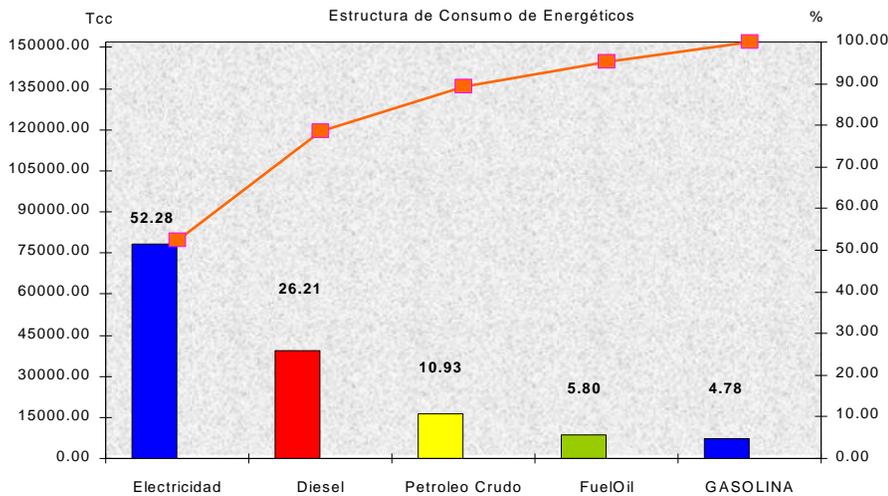


Gráfico 4 Pareto de Consumo  
Fuente: Elaboración propia

En el **gráfico 4** pareto de consumo puede observarse que el portador que más influye en el consumo de energía primaria de la provincia es la energía eléctrica con un 52.28 %, seguido por el diesel con un 26.21%, que en su conjunto representan el 78.38% del total.

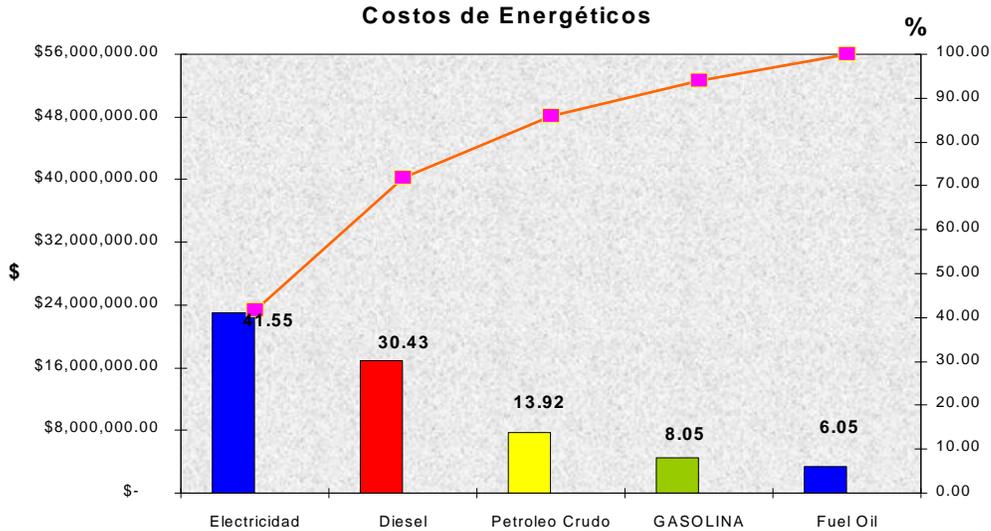


Gráfico 5. Pareto de Costo  
Fuente: Elaboración propia

El **gráfico 5** da información sobre los portadores que más influyen en los costos en este caso la energía eléctrica con un 41.55%, seguido del diesel con 30.43 % que en su conjunto representan un 71.98 % del total.

Se realiza análisis individual de la energía eléctrica y el diesel por ser los portadores que más influyen tanto en el consumo como en el costo.

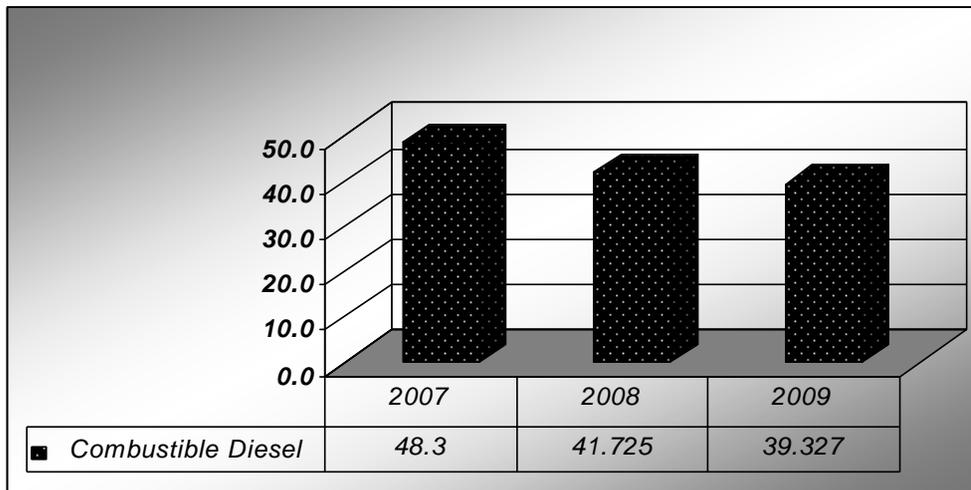


Gráfico 6. Consumo de Diesel.  
Fuente: Elaboración propia

Como muestra el **gráfico.6** el consumo de diesel disminuye considerablemente con un ritmo promedio anual de 9.75%, a consecuencia del reordenamiento en los

servicentros y la creación de las bases de cargas en los municipios y especializadas en algunos organismos.

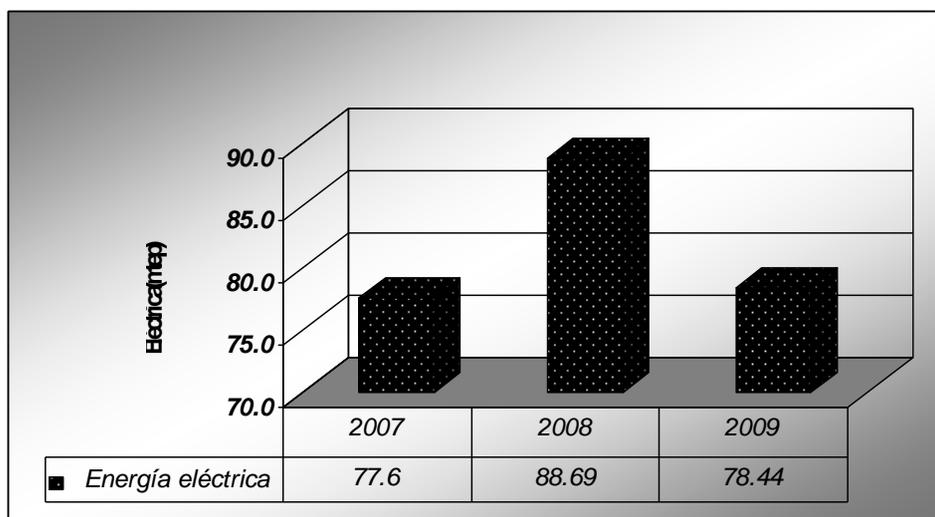


Gráfico 7. Consumo de Energía Eléctrica  
Fuente: Elaboración propia

Del **gráfico 7** puede interpretarse que el consumo de energía eléctrica tuvo una tendencia al aumento en el año 2008, no obstante con la introducción en mayo de 2009 de medidas excepcionales en el control de los planes y el consumo en cada uno de los organismos presento un ritmo decrecimiento promedio anual de 11.50

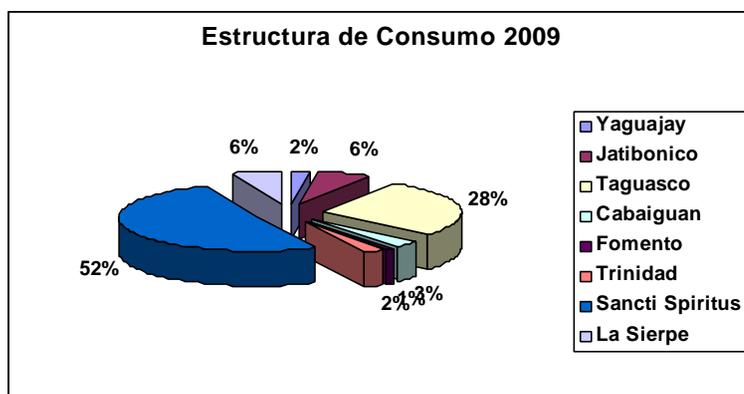


Gráfico 8. Estructura de consumo por municipio.  
Fuente: Elaboración propia

Puede observarse en el **gráfico 8** el municipio mayor consumidor de energía es Sancti Spiritus con mas del 52 % del total seguido por Taguasco con mas del 28% el resto se comporta entre un 2 y un 6 % del consumo.

### 3.1.3 Sistema de generación energética de la provincia

En la actualidad la provincia se abastece de energía eléctrica a través de SEN (Sistema Electroenergético Nacional), por generación distribuida y en menor medida por fuentes alternativas.

Según **[Pres3]** en la actualidad el esquema eléctrico de la provincia esta compuesto por cinco subestaciones de transmisión con una capacidad instalada de 182 MVA , líneas de transmisión de 220KV (154.6kms) y 110KV(127.55kms), además cuenta con 15 líneas de subtransmisión(475.07kms),95 Subestaciones de Su transmisión de ellas 61 propia y 34 de terceros, 104 líneas de distribución primarias(2208.4kms),31 circuitos de 4.16KV(421.28kms), 74 circuitos de 13.8KV(1787.12kms),3041 circuitos secundarios y 7431 transformadores de distribución.

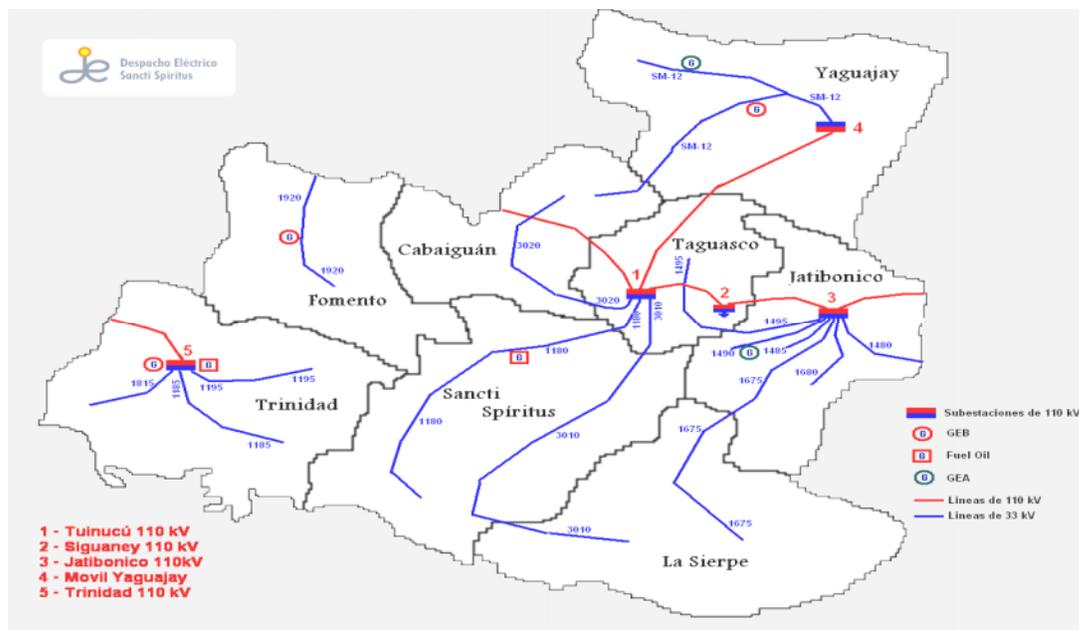


Figura 1. Esquema eléctrico de la provincia  
Fuente: OBE provincial

Hasta el año 2005 el suministro de energía eléctrica a la provincia era únicamente a través del SEN, con la introducción de las medidas implantadas por la Revolución Energética comienza una nueva etapa de instalación de baterías de grupos electrógenos diesel y fue oil sincronizados al SEN, además grupos electrógenos diesel de emergencia en objetivos vitales. La instalación de esta

generación más cerca de los centros de grandes consumos y de la población ha posibilitado, disminuir las grandes transferencias de electricidad a través de las redes de transmisión y con ello las pérdidas asociadas a este proceso.

La generación distribuida tiene una capacidad instalada de **76.70 MW** de ellos 34.65 MW con fue oil y 42.048 MW con diesel.

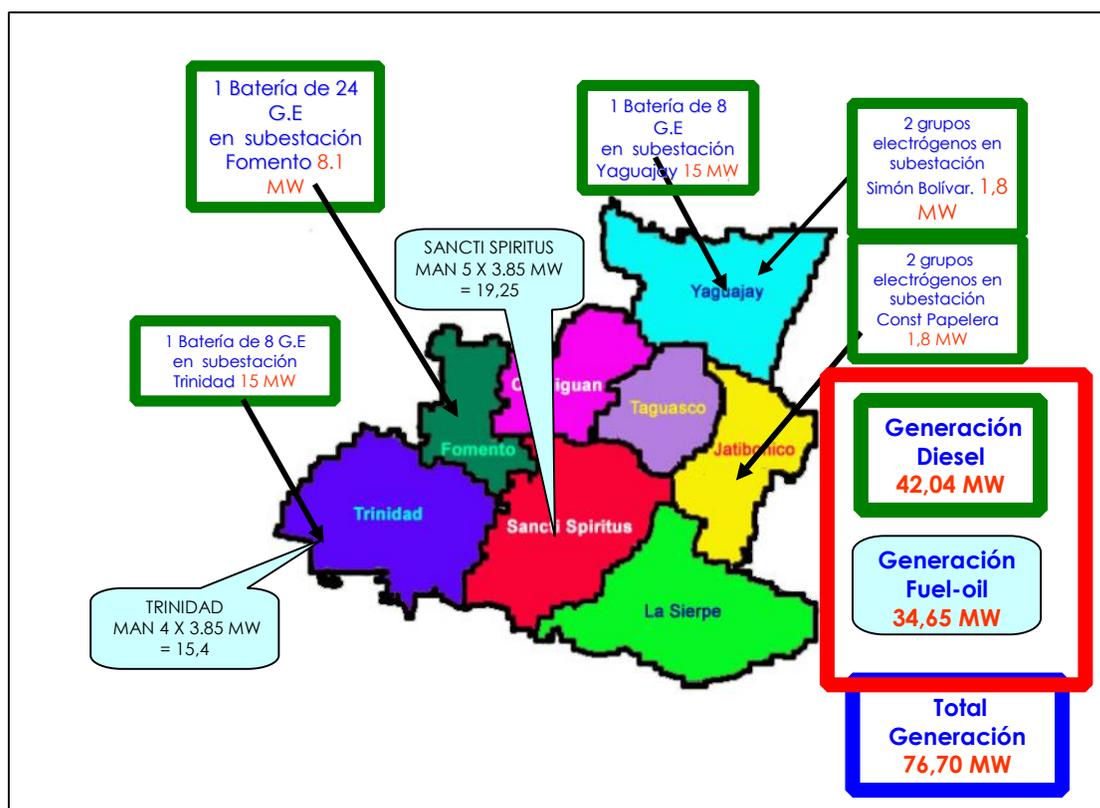


Figura 2. Sistema de generación distribuida

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

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

#### Emplazamientos generando con fuel - oil.

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

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

De acuerdo con el plan de negocios de la OBE Provincial en el 2010 el 98.6 % de la energìa serà suministrada por el Sistema Eléctrico Nacional, de ello el 26,4 corresponde a Centrales Eléctricas y el 73,6 % a la Generaciòn Distribuida, de acuerdo con estos datos la provincia sigue siendo dependiente de los combustibles fòsiles solo el 2.4% de la energìa serà de fuentes renovables dado por el funcionamiento de la PCHE Zaza y la generaciòn de los centrales azucareros Melanio Hernàndez y Uruguay.

#### La Situaciòn actual de la demanda y el consumo

La revoluciòn energética ha tenido un gran impacto en el consumo y la demanda de la provincia, las acciones principales que se han desarrollado se concentran en la sustituciòn y entrega de equipos electrodomésticos, la rehabilitaciòn de redes, la generaciòn de grupos electrògenos sincronizados al SEN y la generaciòn con GEE. La sustituciòn de equipos disminuye la demanda en horario pico en 23 MW, pero al hacer entrega de los módulos de cocciòn la conjugaciòn de ambas medidas arrojan un incremento de 17 MW de la demanda màxima de la provincia, ademàs aumenta el consumo en 12.38 MWh/dìa.

A partir de septiembre 2006 la demanda promedio en el pico de la provincia fue creciendo con la entrega de los módulos de cocciòn de 83 a 123.2Mw en febrero 2007, que con la entrega de los equipos ahorradores fundamentalmente de los refrigeradores y las acciones de regulaciòn de la demanda se comenzò

amortiguar este incremento, comportándose actualmente en los valores normales y cumpliéndose con los planes mensuales. **[Anexos 4 y 5]**

La estructura de consumo varía al introducir las medidas de la revolución energética, el sector residencial desplaza en el consumo al sector industrial, pasando de un 47.8% en el 2006 a un 59 % en el 2009. **[Anexos 6 y 7]**

En mayo del 2009 se comenzaron a tomar medidas excepcionales para lograr el cumplimiento de el plan de consumo en la provincia, en el país en el primer cuatrimestre el consumo de electricidad había tenido una sobre ejecución del 3,0%, alcanzando en abril valores del 8,0% por encima del plan, lo que provocó un sobre consumo de 40 mil toneladas de combustible. A partir de la resolución RS-7909 se implementaron una serie de medida que actualmente hace que la provincia logre enmarcarse en sus planes de consumo y demanda.

### **Principales debilidades del sistema de generación y uso de la electricidad en Sancti Spíritus.**

La provincia de Sancti Spíritus se encuentra alejada de las centrales termoeléctricas más cercanas, tanto la CTE Carlos M. de Céspedes (Cienfuegos) y 10 de octubre de Nuevitas , por tanto las pérdidas de transmisión son elevadas para servir la carga del territorio, no obstante con la Revolución energética y la concepción de la generación distribuida, esta situación se atenúa considerablemente con los más de 100 MW instalados en la provincia, en centrales que consumen fuel oil, en emplazamientos que consumen diésel, y en menor medida, las instalaciones que consumen agua, a esto se une las instalaciones ya existentes las centrales Melanio Hdez y Uruguay que usan la biomasa cañera. Sin embargo esta potencia de generación no cubre la demanda máxima de la provincia y sólo 3 municipios: Yaguajay, Fomento y Trinidad son capaces de autoabastecerse. Téngase en cuenta además que la generación de los centrales aporta energía eléctrica en período de zafra, solamente unos 80 días, motivado por la baja disponibilidad de caña.

Las pérdidas eléctricas durante el primer trimestre del año se han comportado con un valor de **19 645,3 MWh** superior en **2 540,8 MWh** al 2009 para un crecimiento al **114,9 %** lo que representa un sobreconsumo promedio mensual de

**846,9** MWh. Respecto al plan acumulado de **16 563,0** MWh los valores de pérdidas han sobrepasado el consumo planificado en **3 082,3** MWh (**118,6%**).

Hasta la fecha se han solucionado **214** tendederas de organismos quedando pendiente **163** tendederas.

Hasta la fecha se han solucionado **238** tendederas ilegales quedando pendientes **64** tendederas.

El uso de la generación de energía eléctrica ha tenido un cambio radical con la Revolución energética, además del uso de la energía eléctrica para su utilización en sector estatal, en el sector residencial se le incorpora como combustible doméstico, incrementándose el consumo en este sector, con el consiguiente incremento de las pérdidas de distribución, este efecto se ha venido contrarrestando con las acciones de rehabilitación de las redes, aún insuficientes. En la provincia existen más de 7000 viviendas conectadas en tendederas con un deficiente servicio, bajos voltajes y elevadas pérdidas eléctricas. En el sector estatal quedan muchas oportunidades de ahorro, algunas obedecen a inversiones y otras a ineficiente utilización de la electricidad por razones subjetivas.

### **3.2 Identificar potenciales existentes de Energía Renovables.**

#### **3.2.1 Energía Eólica.**

Según levantamiento realizado al cierre de abril de 2010 por la Dirección de Uso racional de la Energía y el Grupo Provincial de Fuentes renovables en la provincia se encuentran instalados 651 molinos para el bombeo de agua y funcionando 591 con un aporte de **1097.05 tep**, de igual forma se encuentran funcionando 64 aerogeneradores pequeños que aportan **141.2 tep** la suma del aporte de estos dispositivos fue de **1238.250 tep**

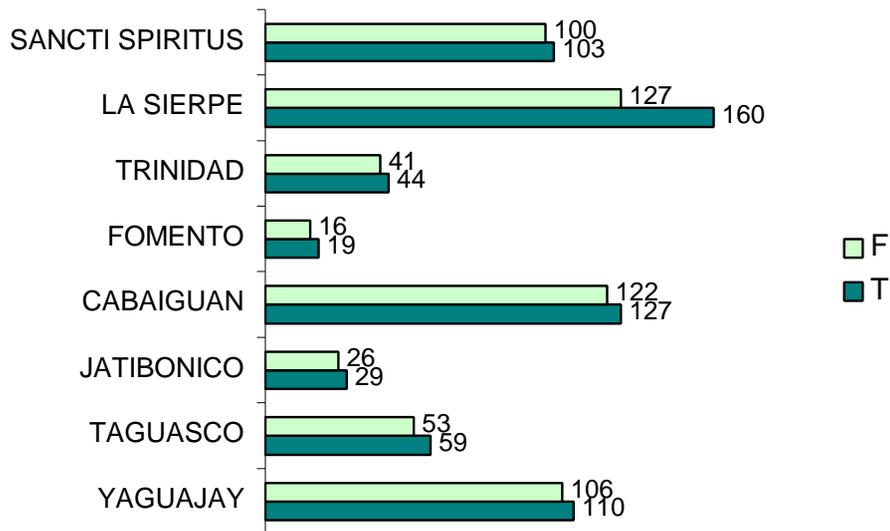


Gráfico .9 Molinos instalados  
Fuente: Grupo provincial ER

De acuerdo al estudio realizado por **[Sol06]** en la provincia el área total con densidad de potencia del viento mayor o igual a 400 w/m<sup>2</sup>, velocidad del viento superior a 6.2 m/s y RIX ≤ 1.5% es de 0.2 km<sup>2</sup> y el área aprovechable para el emplazamiento de parques eólicos teniendo en cuenta el uso del 20% del área total es de 0.04 km<sup>2</sup> de ello se deriva el potencial eólico de la provincia que esta entre 0.2-0.6 MW que al aplicarle el factor de capacidad del 25% solo seria **0.05-0.14 MW.** **[ Anexo 10]**

Según la propia fuente la provincia no se encuentra entre las zona geográficas con potenciales entre moderado y excepcional. **[Anexo 11 y 12]**

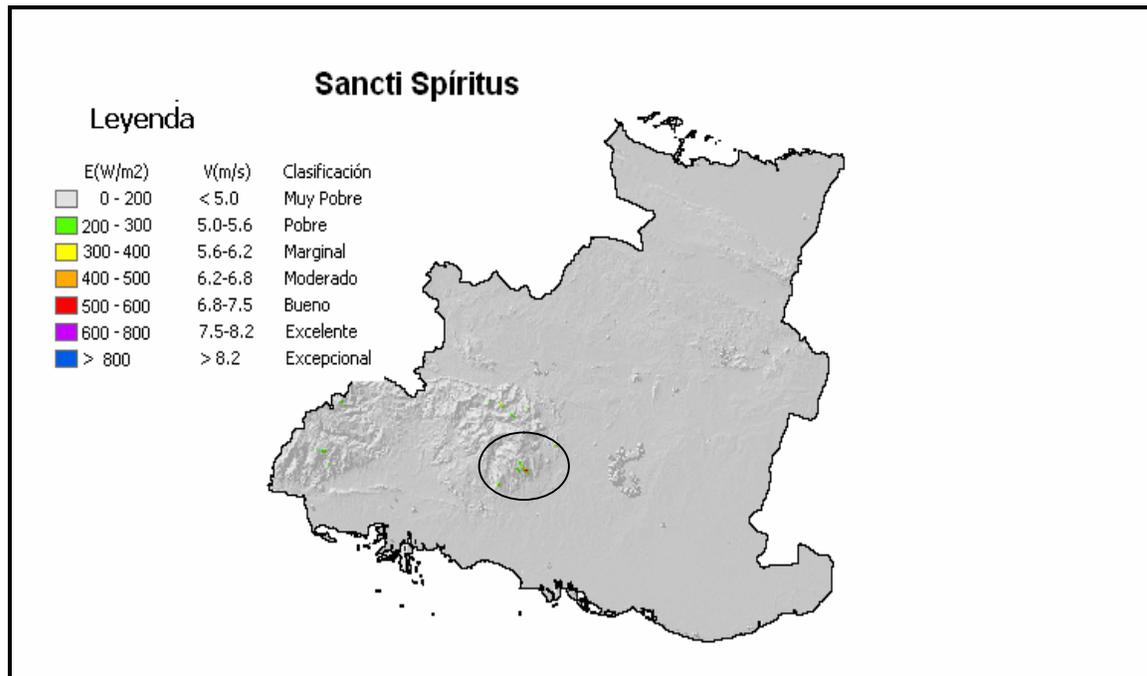


Figura.3 Mapa del Potencial Eólico Sancti Spíritus  
Fuente: I Edición mapa eólico de Cuba

El mapa de la figura tres muestra la zona con potencial del recurso bueno, con una densidad de potencia a 50 m de altura de entre 500 a 600 W/m<sup>2</sup> y una velocidad del viento a 50 m de altura entre 6.8 a 7.5 m/s, perteneciente a las alturas de Sancti Spiritus específicamente en Banao.

Las estaciones utilizadas en la provincia para este estudio fueron:

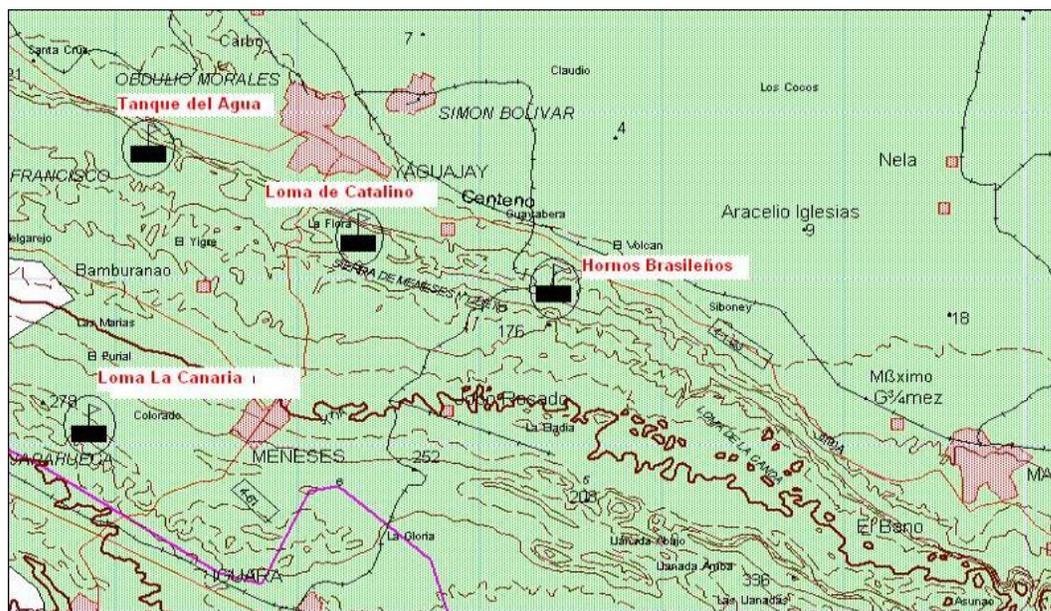
Estaciones	Elevación SNM(m)	Altura anemómetro(m)	Periodo de medición
Topes de Collantes	767.3	10	1975-2004
Trinidad	24.09	8	1975-2004
Sancti Spiritus.	96.58	10	1975-2004

**Tabla.1 Estaciones Meteorológicas.**  
Fuente: I Edición mapa eólico de Cuba

Por todo lo antes expuesto podemos concluir que el potencial eólico estudiado no posee características para el emplazamiento de parques eólicos, no obstante con las mediciones realizadas por más de 30 años por las estaciones meteorológicas

existentes en la provincia se podría realizar análisis para la instalación de pequeños aerogeneradores que resuelvan demandas locales de energía.

En estudio realizado por especialistas del Centro Meteorológico Provincial en el año 2009 se localizaron posibles áreas de emplazamiento de estaciones meteorológicas automáticas con el objetivo de realizar medición del viento por encima de los 50 metros por espacio de un año.



**Figura.4 Áreas estudiadas para la instalación de estaciones meteorológicas automáticas**  
Fuente: Centro Meteorológico Provincial

Una vez analizadas todas las zonas se considero que los emplazamientos deben realizarse en:

- Loma de tanque de agua a 50 msnm.
- Loma Hornos Brasileños a 100 msnm.
- Loma La Canaria a 260 msnm.

Todas ubicadas en el municipio de Yaguajay.

El equipamiento de las dos estaciones meteorológicas automáticas que se encuentran ya en la provincia serán instaladas en el transcurso de este año. Se encuentran en la etapa de calibración de equipos, además se cuenta con equipamiento manual para realizar mediciones en cualquier punto lo que permitirá realizar un estudio a meso escala de todo el territorio y la posible inclusión de otras áreas con potencial eólico que no se brindan en el mapa eólico.

### 3.2.2 Energía Hidráulica.

La provincia de Sancti Spíritus cuenta con una extensión territorial de 6731 km<sup>2</sup> y esta dividida en dos vertientes hidrográficas bien definidas, la norte que es surcada por los ríos Zaza y Jatibonico del norte, Calabazas, Zurrupandilla y Caonao como los más importantes y la Sur que cuenta con los ríos Agabama, Caracusey, Jatibonico del Sur, Cangrejo y Unimazo como los de mayor caudal explotable.

Según estadísticas de la Empresa de Hidroenergía en el centro del país la hidroenergía en Sancti Spíritus generó al cierre de 2009, 1.8892 GWh equivalente a **396.8 tep** con una potencia instalada 2.784 MW y 6 instalaciones. Se entregaron al SEN 1.8398 que representa el 0.36 % del consumo de energía eléctrica del año 2009(507.274Gwh).

A continuación se muestra tabla resumen de la potencia instalada y la energía generada por medio de la energía hidráulica en la provincia en el año 2009.

Nombre	Municipio	Río	Potencia( kw)	Energía Generada(GWh)
Presa Zaza	S.Spiritus	Presa Zaza	2700	1.8398
Lebrige	Jatibonico	Presa Lebrige	30	0.0322
Higuanojo	Trinidad	Presa Higuanojo	5	-
Banao	S.Spiritus	Presa Banao	1.5	-
Vegueta	Spíritus	Río Banao	3.0	0.0140
IV Congreso	Fomento	Afluente Caracusey	18	0.0031
Total			<b>2784.5</b>	<b>1.8892</b>

**Tabla.2 Potencia instalada y Energía generada por Hidroenergía en SS**  
Fuente: Empresa de hidroenergía del centro

La capacidad tecnológica instalada 5 micro y 1 PCHE esta última conectada al SEN.

La utilización de 12 ariete hidráulico aportó **47.0 tep**

El aporte total de la energía hidráulica fue de **443.8 tep**

De acuerdo con **[Ann18]** un estudio realizado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en la provincia existe un Potencial Hidroenergético aproximado de **24.6 MW** lo cual podría generar **59.837 GWh** al año esto equivaldría a el 11.7 % del consumo de Energía Eléctrica del año 2009 (507.274 GWh). **[Ver anexo 15]**

De este potencial están instalados 2.784 MW y de ellos se explotan 2.778 MW que representa un 99%. De la potencia posible a instalar solo se utiliza el 11.3%.

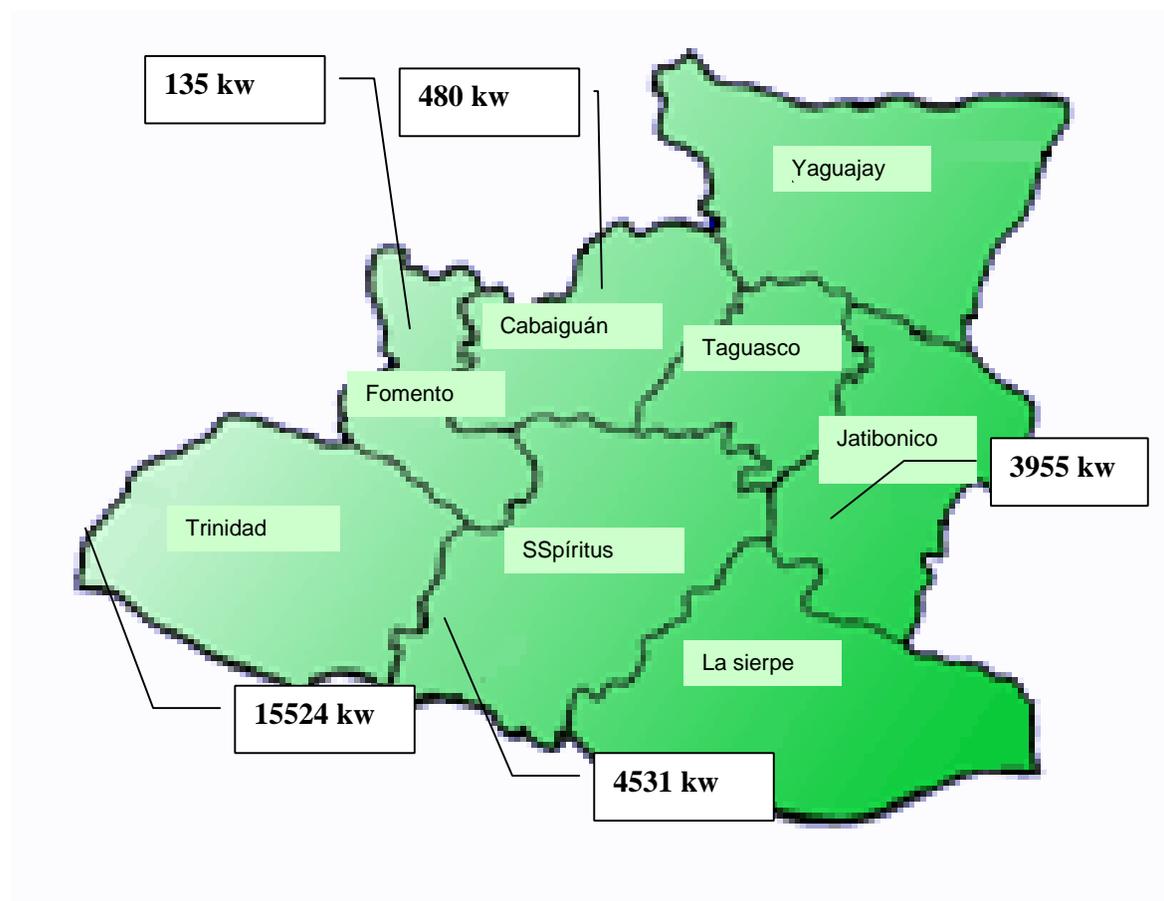


Figura .5 Mapa del Potencial Hidroenergético de la provincia  
Fuente: Elaboración propia.

Este potencial incluye el de las presas y el de las redes fluviales de montaña, los mayores potenciales se encuentran en los municipios de Sancti Spíritus, Trinidad y Jatibonico.

### 3.3.3 Aporte de todas las fuentes renovables

El consumo de portadores en la provincia en toneladas equivalentes de petróleo al cierre de 2009 con fuentes tradicionales de energía fue de 150100 tep, la utilización de las fuentes renovables de energía aportaron 14558.470 tep para un total de 164658.470, las FRE representan un 8.8 % del consumo total de la provincia.

Fuentes	Aporte(tep)	%
Eólica	1238,25	0,75
Biomasa	12834,32	7,79
Solar	42,1	0,03
Hidráulica	443,8	0,27
Combustible fósil	150100	91,16
<b>total</b>	<b>164658,47</b>	

Tabla.3 Aportes de las fuentes  
Fuente: Elaboración propia, DURE, ONE

Como se muestra en la **tabla.3** la energía eólica e hidráulica representan un 0.75 y un 0.27% respectivamente del total aportado por todas las fuentes.

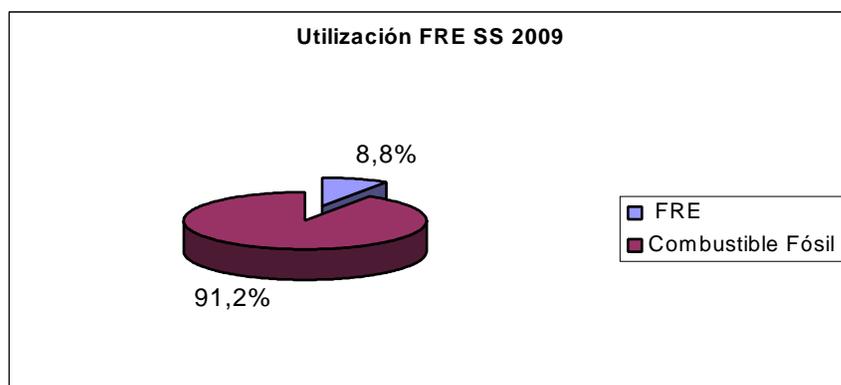
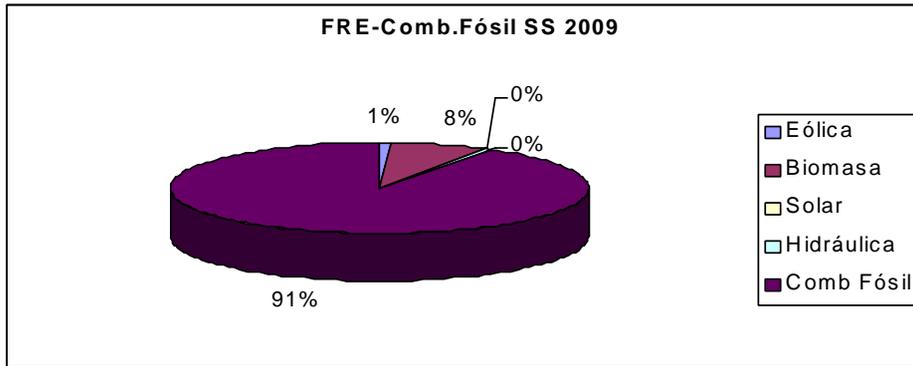


Gráfico.10 Utilización de las FRE SS 2009  
Fuente: Elaboración propia

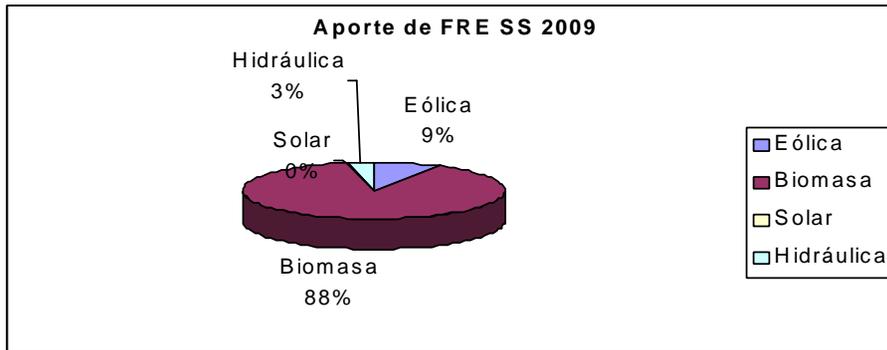
El **grafico10** muestra que solo el 8.8% de la energía consumida en la provincia es aportada por las FRE.



**Gráfico.11 Consumo de FRE y Combustible Fósil SS 2009**

Fuente: Elaboración propia.

El **gráfico 11** muestra la dependencia mayoritaria de los combustibles fósiles en la matriz energética de la provincia.



**Gráfico.12 Aporte de las FRE SS 2009**

Fuente: Elaboración propia

El **gráfico. 12** muestra el aporte en porcentaje de cada una de las fuentes, la energía hidráulica y eólica aportan en su conjunto el 12 por ciento del total.

**Situación actual del potencial disponible de las Fuentes Renovables de energía eólica e hidráulica en Sancti Spíritus**

Las fuentes renovables que pueden generar electricidad

Fuente de Energía	Energía Bruta(GWh/año)	Anual Potencia(MW)	% de la generación de las FRE	Equipos
Hidroenergía	1.8892	2.7	3	6 Instalaciones
Eólica	0.68	0.096	0.9	64 aerogeneradores

Tabla.4 Utilización actual de los potenciales

Fuente: Elaboración Propia

Las Fuentes Renovables de Energía que disminuyen los consumos de electricidad, gas y otros portadores.

Fuente de energía	Combustible equivalente(tep/año)	%	Equipos
Bombeo Eólico	1097.05	7.5	591 molinos

**Tabla.5 Utilización actual del bombeo eólico**

**Fuente: Elaboración Propia**

Las tablas 4 y 5 muestran el uso actual del potencial disponible en la provincia y su aporte a la eficiencia energética de la misma.

**Potencial de uso estimado que podría disponer Sancti Spiritus de las fuentes renovables de energía eólica e hidráulica.**

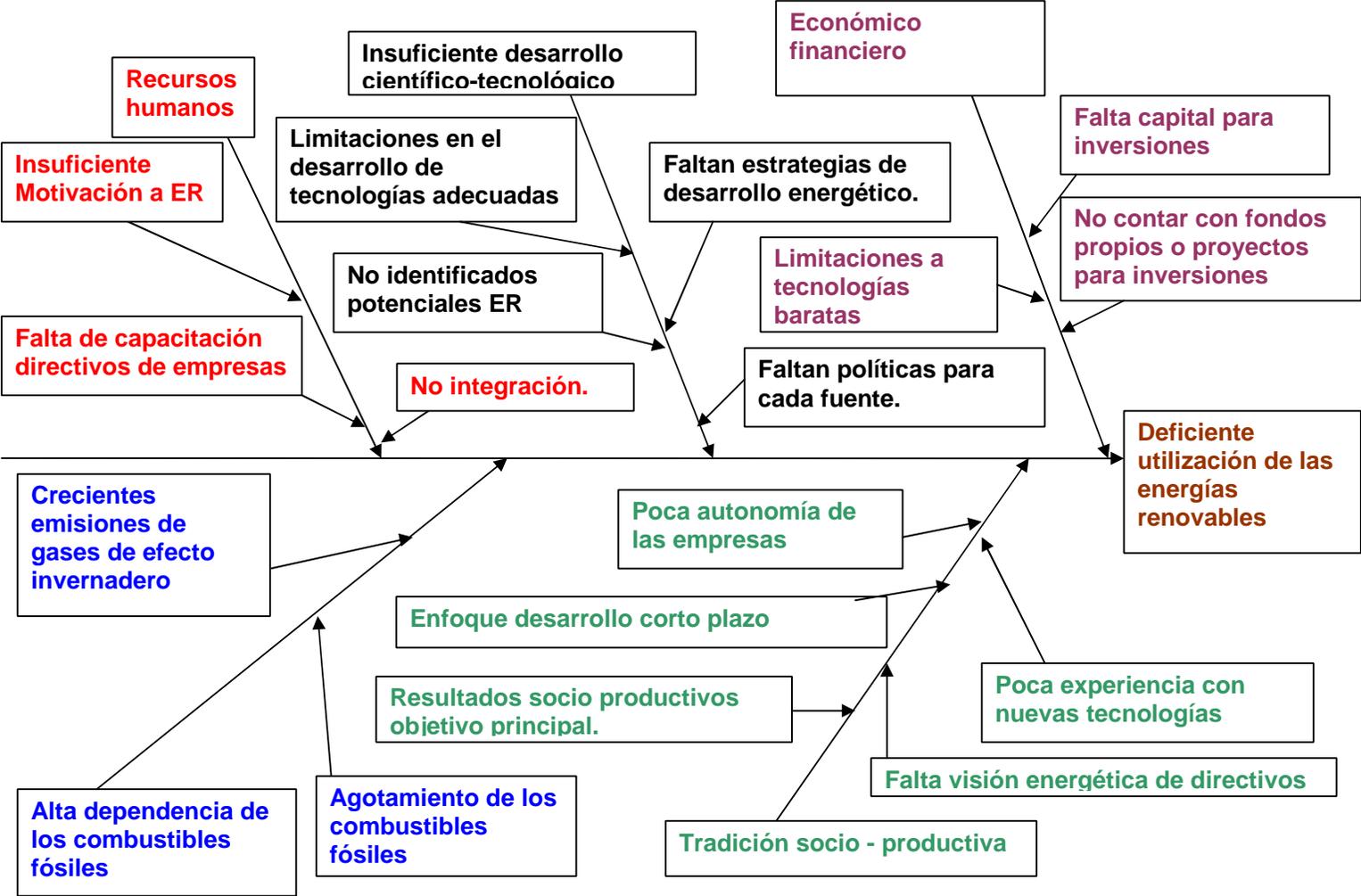
Fuente	Potencial(MW)	Generación (GWh/año)	Combustible Equivalente(tep)
Eólica	0.05-0.14	1.226	257.46
Hidráulica	24.6	59.837	12558

**Tabla.6 Potencial de uso estimado**

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 5 se muestra el potencial de uso estimado que podría disponer la provincia de las fuentes renovables de energía eólica e hidráulica.

3.2.3 Diagrama Causa y efecto sobre utilización de las ER.



### **3.3 Posibilidades de utilizar los potenciales de Energía Renovables.**

Posibilidades y Limitantes reportadas por la bibliografía para la implementación de las energías renovables y como de forma general se manifiestan en la provincia.

#### **3.3.1 Matriz DAFO para implementar las fuentes.**

De acuerdo con [Ann17] el aire un fluido de pequeño específico implica fabricar máquinas generadoras de gran volumen y el tamaño de sus aspas pueden producir ruidos. La misma fuente explica que el costo de una instalación de energía eólica es ya competitivo respecto a las fuentes tradicionales de energía, la misma no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes, no requiere combustión que produzca CO<sub>2</sub>, cada kwh generado por energía eólica evita 0.60kg de CO<sub>2</sub>, 1.3grs de SO<sub>2</sub> y 1.67 grs de NOX.

Por su parte [Sol06] plantea que la velocidad del aire debe ser mayor de 6.2 m/s y densidad de potencia del viento mayor o igual a 400W/M<sup>2</sup>.

Según [Mor07] Los pequeños aerogeneradores no conectados a la red se emplazan ahí donde existe una cierta necesidad de energía eléctrica y la demanda que se debe satisfacer está dada por la aplicación para la cual ha sido seleccionado el aerogenerador.

De igual forma [Mor06] plantea que el desarrollo experimentado en el aprovechamiento de la energía eólica en los últimos años ha situado esta fuente renovable de energía en posición competitiva respecto a los sistemas convencionales de producción de energía. Actualmente se puede afirmar que la tecnología de aerogeneradores de media potencia (menos de 1 000 Kw.) es una tecnología madura. Los de gran potencia o megaturbinas (más de 1 000 Kw.) se encuentran en fase de consolidación.

A pesar de este rápido desarrollo de los medianos y grandes aerogeneradores conectados a la red que está teniendo lugar, los sistemas eólicos para generación de electricidad en áreas sin red eléctrica, o descentralizados, no han experimentado un desarrollo con la misma celeridad; es decir, la madurez tecnológica de los medianos y grandes aerogeneradores está más avanzada que los pequeños, existen varias razones:

- Mercados menos atractivos, mayor complejidad técnica.

última generación.

ón y desarrollo.

En los últimos años se ha trabajado en busca de disminuir los costos y aumentar la fiabilidad, lo que los ha convertido en máquinas insustituibles en aquellos sitios donde la red no alcanza y los vientos son sencillamente evidentes.

Utilización del potencial de Energía eólica en la provincia.

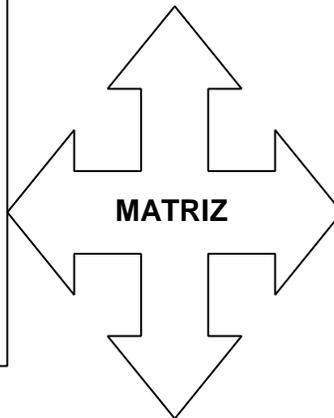
Análisis diagnóstico interno – Energía Eólica mediante matriz DAFO.

**FORTALEZAS**

- Capacidad del Centro Meteorológico provincial.
- Existencia de grupo provincial de energías renovables.
- Experiencia de trabajo por especialistas del territorio en el tema.

**AMENAZAS**

- Crisis económica financiera.
- Alto costo de la tecnología y tendencia al incremento del mismo.
- Existencia de mayores potenciales eólicas e otras regiones del país.



**DEBILIDADES**

- Bajo potencial eólico (el área con velocidades del viento mayor que 6.2m/s y densidad de potencia del viento mayor o igual a 400W/M2 es solo de 0.2 km2)
- No contar un centro especializado en proyectos eólicos.
- No contar con fondos propios o proyectos para inversiones en energía eólica.

**OPORTUNIDADES**

- Alto consumo de combustibles fósiles en el país y su posible agotamiento mundial.
- Prioridad que da el gobierno central a las energías renovables.
- Existencia de mecanismos regionales y acuerdos internacionales para acceder a proyectos.

	Oportunidades				Amenazas				
Fortalezas		1	2	3			1	2	3
	1	2	3	3			0	1	1
	2	2	2	1			0	1	1
	3	1	2	1			0	3	2
Total	17				9				
Debilidades									
	1	3	3	3			2	3	3
	2	2	2	3			3	3	3
	3	3	3	1			3	3	1
Total	23				<b>24</b>				

### ¿Como aprovechar mejor el potencial de energía eólica del territorio?

Para un mayor desarrollo de la energía eólica en la provincia se encuentra como problema principal, que el bajo potencia eólico, la no existencia de un centro especializado en proyectos y la inexistencia de fondos para inversiones, la crisis económica mundial, los costos cada vez más elevados de la tecnología y la existencia de potenciales más altos en otras regiones cubanas; por lo que para un mayor desarrollo de esta tecnología se requiere de aprovechar mejor la capacidad del Centro Meteorológico provincia, la existencia del grupo provincial de energías renovables y la experiencia de trabajo por especialistas del territorio en el tema, para presentar proyectos que contribuyan a disminuir el consumo de combustibles fósiles, desarrollar las energías renovables y aprovechar financiamiento de los socios internacionales cubanos.

**[Rod09]** hace referencia a las ventajas de la utilización de energía hidráulica, se trata de una energía renovable y limpia, y de alto rendimiento energético, el costo de operar una planta hidráulica es casi inmune a la volatilidad de los combustibles fósiles como la gasolina, el carbón o el gas natural. Además, no hay necesidad de importar combustibles de otros países.

Las plantas hidráulicas también tienden a tener vidas económicas mas largas que las plantas eléctricas que utilizan combustibles.

De igual forma plantea las desventajas de la utilización de la energía hidráulica son, la constitución del embalse supone la inundación de importantes extensiones de terreno así como el abandono del pueblo, plantas hidráulicas pueden ser disruptivas a los ecosistemas acuáticos.

De acuerdo con **[Pres2]** la Hidroenergía es la fuente de energía renovable más importante ya que representa el 98 % de la generación de electricidad con estas fuentes. La energía hidráulica juega un rol importante en la reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero. Si se desarrollara la mitad del potencial de energía hidráulica económicamente viable se podrían reducir alrededor de un 13% de dichas emisiones.

### Utilización del potencial de Energía hidráulica en la provincia.

Análisis diagnóstico interno – Energía Hidráulica mediante matriz DAFO.



	Oportunidades				Amenazas			
Fortalezas		1	2	3		1	2	3
	1	3	3	3		0	3	2
	2	2	2	1		0	0	1
	3	1	2	1		0	0	1
Total	18				7			
Debilidades								
	1	2	2	3		3	3	3
	2	3	3	1		3	3	1
	3	3	2	1		3	2	1
Total	20				22			

### ¿Como aprovechar mejor el potencial de energía hidráulica del territorio?

Para un mayor desarrollo de la energía hidráulica en la provincia se encuentra como problema principal, la no existencia de un centro especializado en proyectos y la inexistencia de fondos para inversiones, además la falta de financiamiento para el mantenimiento de las instalaciones existentes, agudizan los efectos de la crisis económica mundial, el alto costo de las inversiones y el prologando periodo de sequía; por lo que para un mayor desarrollo de esta tecnología se requiere de aprovechar mejor el gran potencial hidráulico con presas ya construidas, la existencia del grupo provincial de energías renovables y la experiencia de trabajo por especialistas del territorio en el tema, para presentar proyectos que contribuyan a disminuir el consumo de combustibles fósiles, desarrollar las energías renovables y aprovechar el financiamiento de los socios internacionales cubanos.

### 3.3.2 Determinación de las características técnicas de las instalaciones seleccionadas y sus costos aproximados. Ventajas energéticas económicas y ambientales de la utilización de estos potenciales.

Se seleccionan dos proyectos para la utilización de las energías renovables en la provincia que pudieran incrementar el aporte de estas fuentes, cambiando así la matriz energética de la provincia dependiente de los combustibles fósiles.

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

Características técnicas de los molinos

Marca: HURACAN

País de origen: Argentina

Altura: 8 m

Ancho del Aspa: 8 pie

Para Vientos de: 15 a 20 Kms/h

Capacidad de Bombeo: 18000 l/día

Embolo: 2 1/2"

Costo del Molino

El costo por cada molino 704.84\$ y 2124.55 USD

1USD equivale 25 \$

El costo en USD....2152.7

Costo de la construcción civil.

Moneda Nacional: 4800 \$ equivale a 192USD

El costo total de la inversión

26 molinos x 2344.7 USD/molinos = 60962.2 USD

Cálculo para la determinación de las ventajas energéticas, económicas y ambientales del proyecto de utilización de 26 molinos de viento para el bombeo de agua en la pecuaria Venegas del municipio.

Se tiene en cuenta para el cálculo

1 Molino da agua abastece aproximadamente 120 reses.

1 res toma aproximadamente 120 litros de agua por día

26 molinos darán servicio aproximadamente a 3120 reses.

3120 reses necesitaran aproximadamente 374400 litros de agua en 24 horas.

Antes de contar con el Bombeo Eólico se utilizaba una pipa de una capacidad de 6000 litros y un consumo de diez litros de diesel por viaje, para satisfacer la demanda se necesitarían realizar un aproximado de 63 viajes diarios lo que equivaldría a un consumo de 630 litros de diesel por día y 229960 litros al año.

1 ton diesel.....1174.5 l

1 ton diesel.....1.0534 tep

1 ton diesel.....548 USD

$229960 \text{ l/año} / 1174.5 \text{ l} = 195.793 \text{ ton/año}$

$195.793 \text{ ton/año} \times 548 \text{ USD/ton} = 107294.564 \text{ USD/año.}$

$195.793 \text{ ton/año} \times 1.0534 \text{ tep} = 206.2 \text{ tep}$

El costo del combustible en un año para satisfacer la demanda de agua sería de 107294.564 USD

Si tenemos en cuenta que la instalación de los 26 molinos tendría un costo aproximado de 60962.2 USD se ahorrarían al país aproximadamente 46332.3 USD/año.

Como ventaja energética al dejar de consumir este diesel se aportarían 206.2 tep aumentando así el aporte de las fuentes a la matriz energética de la provincia.

Según **[EST 09]** el tiempo de recuperación de un proyecto de este tipo es de entre cuatro y cinco años

Con la utilización de los molinos no se utilizaría el tractor para el tiro de agua en pipa por este concepto se dejarían de emitir al medio ambiente aproximadamente 4.33 toneladas de CO<sub>2</sub> al año (Fuente Greenfhet).

Del potencial teórico de energía hidráulica en la provincia se toma como ejemplo. Proyecto realizado por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara para la instalación de la PCHE AGABAMA.

La obra se encuentra en el río Agabama en las coordenadas N:230.5 y E:625.4 y la fuente de abasto de energía hidráulica la presa Agabama.

El resultado del calculo hidroenergético.

Gasto de Cálculo: 66.75 m<sup>3</sup>/s

Carga de cálculo: 26.40 m

Potencia a instalar: 14.4MW

Energía anual: 21.4 GWH

De acuerdo con **[Pres.2] [Arr10] [Ann19] [Ann20]** los costos de inversiones unitarias promedios en el mundo para una PCHE.

Costos de inversión: 1500-2500 USD/kw

Costo de producción: 0.08 centavos de USD/kwh

Precio de Venta: 0.09 centavos de USD/kwh

Para un proyecto de PCHE de potencia 14400 kw y una generación de 21400000 kwh /año

Costo de inversión: 21600000 USD

Costo de producción: 1797600 USD

Ventas: 1926000 USD

Por cada MWH producido con combustibles fósiles se emiten a la atmósfera 0.75 toneladas de CO<sub>2</sub>.(Fuente OLADE)

En la actualidad el consumo específico de combustible: 210 g/Kwh. (Fuente UNE 2009)

Costo del combustible para generar: 738 USD.( Fuente BCC 2009)

Consumo promedio de electricidad por vivienda en Sancti Spíritus: 1.92 MWh al año. (Fuente ONE 2009)

## Beneficios que se obtendrían con la culminación de esta obra.

De acuerdo con cálculos estimado esta pequeña central hidroeléctrica podría generar 21.4 GWh al año.

Por lo tanto la planta que se proyecta podría tener un potencial de ahorro de:

Ahorro de Combustible= Electricidad Estimada (Kwh.) x Consumo específico de combustible (g/Kwh.)

21400000 kWh x 210 g/kWh = 4494.0 ton x 738 USD/ton = 41851.98 USD.

21400 MWh x 0.75 tonCO<sub>2</sub> = 16050 tonCO<sub>2</sub>

Electricidad Estimada MWh/1.92MWh=Número de viviendas

21400MWh/1.92MWh=92 Viviendas.

Con la generación de 21.4 GWh en el año utilizando la energía hidráulica se dejarían de emitir a la atmósfera 16050 ton de CO<sub>2</sub> y por concepto de ahorro de combustible 41851.98 USD.

De acuerdo con **[EST 09]** el tiempo de recuperación de un proyecto de este tipo es de entre cuatro y siete años.

### **Aporte Total**

Proyecto de energía eólica.....206.2 tep

Proyecto de energía hidráulica....4494.0 tep

Total: 4700.2 tep.

Como muestran los gráficos 10 y 13 con la implementación de estos dos proyectos el aporte de las fuentes renovables en la provincia pasaría de un 8.8% a un 11.3%.

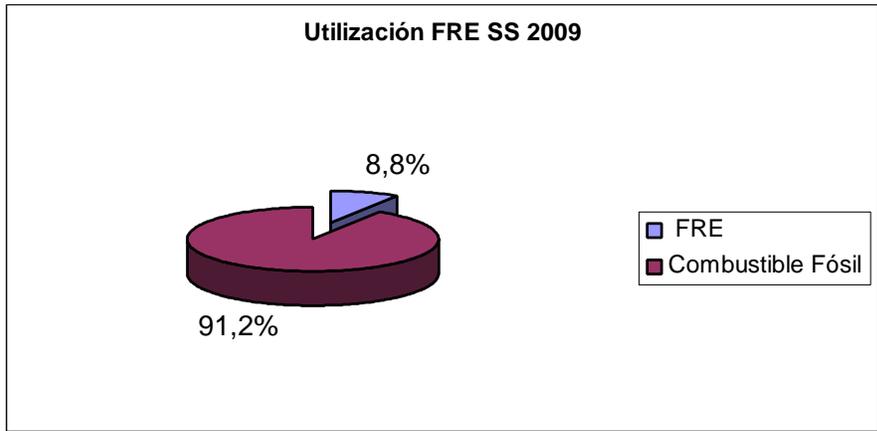


Gráfico.10 Utilización de las FRE SS 2009  
Fuente: Elaboración propia



Gráfico.13 Utilización de las FRE con proyectos.  
Fuente: Elaboración propia

**Potencial de uso de las fuentes renovables que pueden generar electricidad con la inclusión de los proyectos**

Fuente de Energía	Energía Anual Bruta(GWh/año)		Potencia(MW)		Equipos	
	Actual	Con Proyecto	Actual	Con Proyecto	Actual	Con Proyecto
Hidráulica	1.8892	23.28	2.7	17.1	6 Instalaciones	7 Instalaciones

Tabla.7 Potencial de uso incluyendo proyectos  
Fuente: Elaboración propia

Fuente de Energía	Combustible equivalente(tep/año)		Equipos	
	Actual	Con Proyecto	Actual	Con Proyecto
Bombeo Eólico	1097.05	1303.25	591	617

Tabla.8 Utilización del bombeo eólico incluyendo proyecto  
Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 muestra el aumento en la energía generada con la inclusión del proyecto de energía hidráulica y la tabla 8 muestra el ahorro de 206 toneladas equivalentes de petróleo por la utilización del proyecto de bombeo eólico.

# *Conclusiones*

## CONCLUSIONES

1. Mediante estudio bibliográfico se pudo sistematizar conceptos y aspectos teóricos a cerca de las energías renovables, su clasificación y la importancia de evaluar sus potenciales para contribuir a una mayor eficiencia energética de la provincia.
2. A través de la prueba de necesidad realizada se demostró que los mayores consumos y costos de portadores energéticos en la provincia están en la energía eléctrica y el diesel.
3. La utilización actual de las fuentes renovables de energía aporta un 8.8% del consumo total de la provincia, de las que la energía eólica significa un 0.75% y la energía hidráulica un 0.26% de la matriz energética.
4. Se demostró que existen un potencial de energía eólica de 0.140 MW y de energía hidráulica de 24.6MW con lo que se pudieran generar aproximadamente 61.0 GWh/año.
5. Se evalúan dos proyectos que permitirían incrementar la generación en la provincia en 21.4 GWh/año y disminuir el consumo de diesel en 206 tep.
6. Los proyectos analizados moverán la matriz energética actual de la provincia de 8.8% de utilización de las Fuentes Renovables de Energia a un 11.3%.

# *Recomendaciones*

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda profundizar en el estudio de los potenciales sobre todo en el técnico realizable.
2. Se recomienda crear un centro de gestión y promoción de proyectos para las energías renovables.
3. Se recomienda utilizar los medios disponibles por el sector empresarial y el gobierno en el territorio para implementar todos los proyectos disponibles para la utilización de las FRE.

# *Bibliografía*

## BIBLIOGRAFÍA

1. [Arr 09] Arrastra Ávila, A. "incrementar el uso de tecnologías energéticas renovables". Disponible en  
URL: [digital@juventudrebelde.cu](mailto:digital@juventudrebelde.cu)
2. [Arr 10] Arrieta, R." Experiencias colombianas en el planteamiento y ejecución de obras para centrales hidroeléctricas a pequeña escala. Disponible en: URL: [www.unesco.org.uy](http://www.unesco.org.uy) Accedido: 20/8/2010.
3. [Ant 09] Antezana, J."Avances de los estudios de potenciales de ERNC en Chile. Disponible en:  
URL: <http://www.peruecologico.com.pe> .
4. [Ann 1] Anónimo. Energía eólica. Disponible en:  
URL: <http://www.revistafuturos.inf>. Accedido 2 de mayo 2008
5. [Ann 2]Anónimo. Producción de energía hidráulica. Disponible en:  
URL:[http:// Waterportal@unesco.org.](http://Waterportal@unesco.org) Accedido 3 de mayo de 2008.
6. [Ann 3].Anónimo. Utilización de energías renovables. Disponible en:  
URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/> . Accedido 30 de abril de 2008.
7. [Ann 4]Anónimo. Ventajas de la energía eólica. Disponible en:  
[URL:http://www.energiasrenovables.com](http://www.energiasrenovables.com). Accedido 30 de abril de 2008.
8. [Ann 5].Anónimo. Caracterización de las fuentes renovables. Disponible en:  
URL: <http://www.cubasolar.cu>. Accedido 1 de abril de 2008.
9. [Ann 6].Anónimo. La revolución energética en cuba conquistas alcanzadas. Disponible en:  
URL: <http://www.invasor.cu>. Accedido 29 de abril de 2008.
10. [Ann 7].Anónimo. World Energy Outlook 2007.Resumen Ejecutivo. Disponible en:  
URL: <http://www.iea.org/books>. Accedido 7 de abril de 2008.
11. [Ann 8].Anónimo. indicadores de consumo energético. Disponible en:  
URL: <http://www.google.com.cu> . Accedido 27 de abril de 2008.
12. [Ann 9].Anónimo. Energías Renovables. Disponible en:  
URL: [http:// www.greenprices.com](http://www.greenprices.com) . Accedido 10 de abril de 2008..
13. [Ann 10].Anónimo. Petróleo, población y pico de producción. Disponible en:  
URL: <http://www.dani2989.com/matiere/preciopetroleo.htm> .
14. [Ann 11].Anónimo. Energía y Sociedad, IEO2007.Disponible en:

- URL: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ied/pdf/0484>.
- 15.[Ann 12].Anónimo. Situación Energética Mundial, Octubre 2009. IEO 2007. Disponible en:  
URL: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ied/pdf/0484> .
16. [Ann 13].Anónimo. Conferencia Sobre Cambio Climático, Diciembre 2009. Disponible en:  
URL: <http://www.google.cu> .
17. [Ann 14].Anónimo. Energía Eólica, Noviembre, 2009.Disponible en:  
URL: <http://www.google.cu> “.
- 18.[Ann 15].Anónimo. Fuente de Futuro. Disponible en:  
URL: <http://www.google.cu> .
19. [Ann 16].Anónimo. Caracterización de las Fuentes Renovables de Energía en Cuba, 2008.Disponible en:  
URL: <http://www.cubasolar.cu>. Accedido 4 de abril de 2008.
20. [Ann17] Anónimo Energías Renovables. Disponible en:  
URL: <http://es.wikipedia.org>. Accedido 12 de diciembre 2009
- 21.[Ann18]Anónimo. Algunas Consideraciones sobre el potencial Hidroenergético de la provincia de Sancti Spiritus. INRH.2000
- 22.[Ann 19] Anónimo. Empresa Nacional de Energía Eléctrica, Honduras central hidroeléctrica” El Níspero” Disponible en: [www.enee.hn](http://www.enee.hn) y  
Accedido: 20/8/2010.
- 23.[Ann 20] Anónimo. Red de Energía del Perú” Potencial Hidroeléctrico”. Disponible en: [reddeenergia.com](http://reddeenergia.com) Accedido: 20/8/2010
- 24.[Anu07]Anuario estadístico Sancti Spiritus 2007.Oficina Nacional de estadística.
- 25.[Bcc 09]Banco Central de Cuba .Información económica año 2009.
- 26.[Can 06] Cantor, M.A. Crisis energética mundial. Colegio Universitario Patagónico, Argentina ,2006.Disponible en:  
URL: <http://www.google.com.cu> .Accedido 5 de diciembre de 2009
27. [Col 06] Colectivo de autores. Gestión energética en el sector productivo y los servicios. CEEMA. Cienfuegos 2006.
- 28 .[Col 02] Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial. CEEMA. Cienfuegos.2002
- 29.[Col07] Colectivo de autores. Energía Eólica. CUBAENERGÍA-CIETMAT.2007
- 30 .[CUJAE 07] .Curso de capacitación.” Molinos de viento para bombeo de agua. Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables.2007

31. [Est 09] Estudio preliminar del Potencial del Uso de las Fuentes Renovables de Energía en Cuba. Presentado por el ECA, CUBAENERGIA CUBASOLAR, UNE y Grupos Nacionales de FRE. Mayo 2009

32.[Gon 06] Gonzáles Muñiz, R. Marketing en el siglo XXI 3ra edición. Capitulo II Marketing Estratégico. 2006 Disponible en:

URL: <http://www.marketing-xxi.com/analisis-dafo-18.htm>

Accedido 26 de mayo de 2010

33.[Lop 07] López, A. "Petróleo, etanol o Biomasa "Revista digital consenso número 4 de 2007. Disponible en:

URL: <http://www.desdecuba.com> .

34.[Lak 00] Lakuntza, J." Los productores de energía hidroeléctrica y la gestión de los ríos"

35.[Men 05]Menéndez Pérez, E "La crisis de los hidrocarburos". Disponible en:

URL:<http://www.revistafuturos.info> .

36.[Mon 07] Montesino Larrosa, A. Historia de la Energía Eólica en Cuba. Revista Energía y Tú. No.37

37.[Mon 09] Montesino Larrosa, A." Energía Eólica en Cuba".Disponible en:

URL: <http://noticias.cirbecuba> .

38. [Mor 06] Moreno Figueredo, C. Producción de Electricidad con pequeños Aerogeneradores. Revista Energía y Tú. No.33

39.[Mor 06]Moreno Figueredo, C .Calcular la energía. Revista Energía y Tú. No.33

40.[Mor07]Moreno Figueredo,C. Tecnología de los Pequeños Aerogeneradores. Revista Energía y Tú. No.39

41.[Mor 09]Moreno Figueredo, C. "Estado actual y desarrollo de la energía eólica en cuba"..

42.[Mor 06]Moreno Figueredo, C. "Energía Eólica Selección de artículos. Editorial Cubasolar.

43.(Nov 05) Novo resegué R. El Viento en Cuba. Revista Energía y Tú. N0.32

44.[Paz 07]Pazo Torrados, C. M. La Hidroenergía en cuba .Revista Energía y Tu. No.38

45.[Paz 08]Pazo Torrados, C. M "Hidroelectricidad un Camino de Luz".Disponible en:

URL: [digital@juventudrebelde.cu](mailto:digital@juventudrebelde.cu) ".

46. [PnOBE08]Plan de negocios 2008 Empresa Eléctrica Provincial.

47. [Pres1]Presentación del Grupo de Energía Eólica de la UNE" Utilización actual de la Energía Eólica en Cuba". Febrero de 2007.

48. [Pres2]Presentación del Grupo de Nacional de hidroenergía al Grupo Nacional de Energía Renovables." Mayo de 2007.

49. [Pres3]Presentación de la Dirección técnica provincial de la UNE Sancti Spíritus. Caracterización del Sistema Eléctrico. Enero 2010

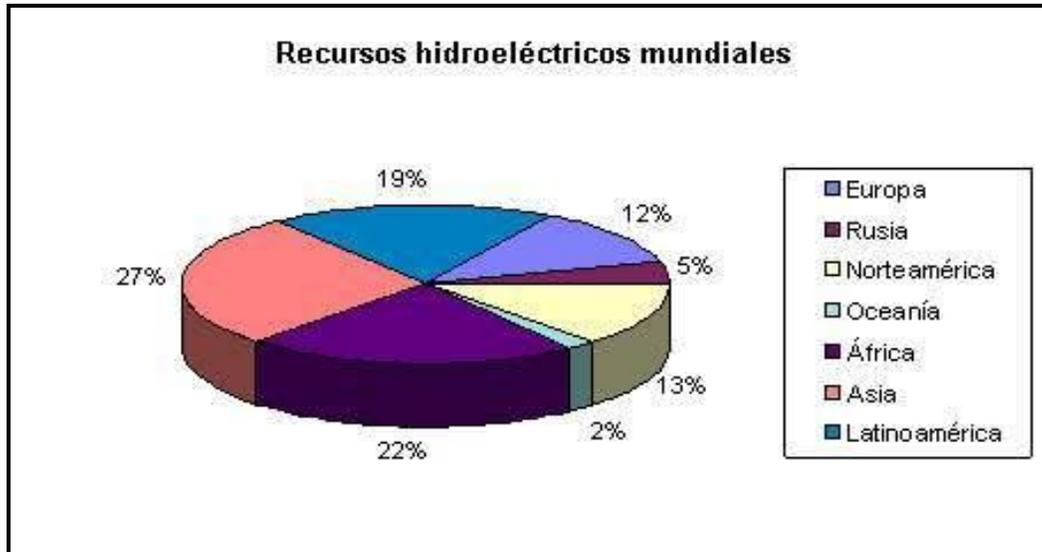
50. Pub06] Publicación Estadística. Inventario Nacional de FRE .ONE 2006
51. [Pub07] Publicación Estadística. Inventario Nacional de FRE .ONE 2007
52. [Pub08] Publicación Estadística. Inventario Nacional de FRE .ONE 2008
53. [Pub09]Publicación Estadística .Informe de consumo de los principales portadores energéticos Sancti Spiritus. ONE 2009
54. [Rod01]Rodríguez Castellón, S."Consideraciones sobre el sector energético Cubano".
55. [Rod 09] Rodríguez de Armas, G "Hidroenergía en Cuba: una alternativa energética y ambientalista".
56. [Rom 08] Romero Romero, O. "Desarrollo de las energías renovables en cuba ", Chile 2008.
57. [Rom 05] Romero Romero, O." 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 ,2005.
58. [Sol 06] Soltura Morales, R" Mapa del Potencial eólico en Cuba" INSMET-CITMA, 2006.
59. [Tur 06]Turrini, E. El Camino del Sol. Editorial Cuba Solar, 2006.
60. [Tab]. Tablas de Incremento y Decremento Promedio anual .Instituto de Investigaciones Económicas. MEP
61. [Vel 07] Veloz, M." Por el camino de los Aerogeneradores".junio, 2007.

*Anexos*

## ANEXOS

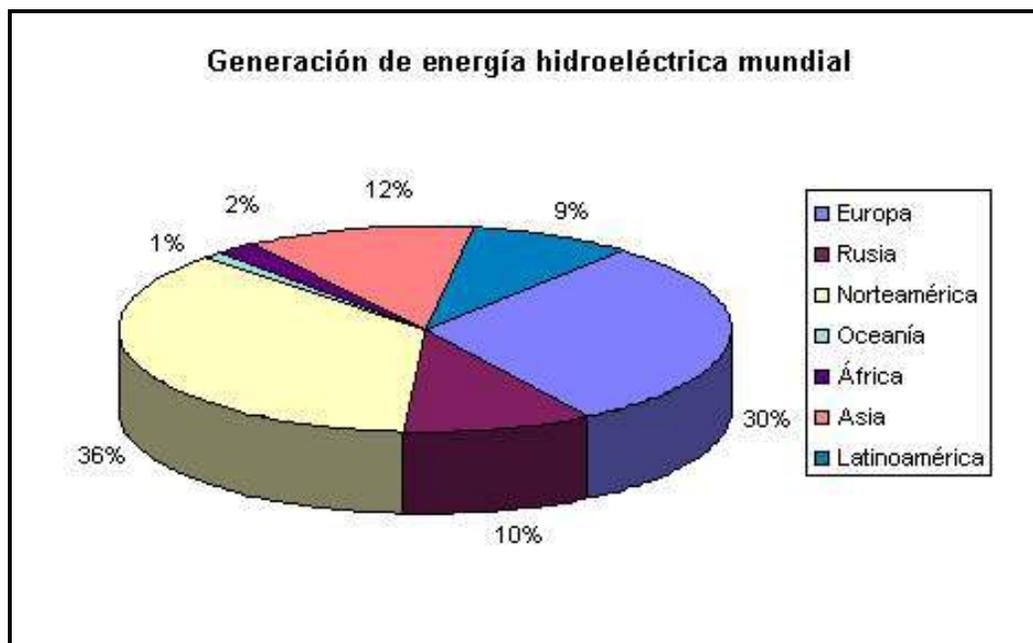
### Anexo 1. Recursos Hidroeléctricos mundiales

Fuente: IEO 2007



### Anexo 2. Generación de energía hidroeléctrica mundial

Fuente: IEO 2007



### Anexo 3. Comportamiento del consumo en TCC, PM y I.E

Indicador	2007	2008	2009
P. Mercantil(MMP)	857,326	1034,457	1230,392
Consumo(MTEP)	171.8	166.0	150.1
I. Energética	0,200	0,160	0,124

#### Anexo 4.Comportamiento de la demanda (MW)

	Demanda pico promedio.				
	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	79,2	73,9	119,2	123,0	126,7
Febrero	74,9	75,30	123,2	119,8	128,2
Marzo	76,6	84,77	114,8	111,7	118,0
Abril	77,9	84,6	108,4	108,6	114,3
Mayo	77,4	81,99	105,1	104,4	116.5
Junio	77,9	84,27	101,5	104,7	118.6
Julio	75,28	82,93	100	104	119.3
Agosto	72,11	83,97	99,7	100,8	118.5
Septiembre	76,03	86,25	103	97,8	117.3
Octubre	79,9	93,7	109,9	114,9	117.5
Noviembre	81,3	107,3	124,3	128,3	118.0
Diciembre	74,2	112,1	124,6	128,6	119.2

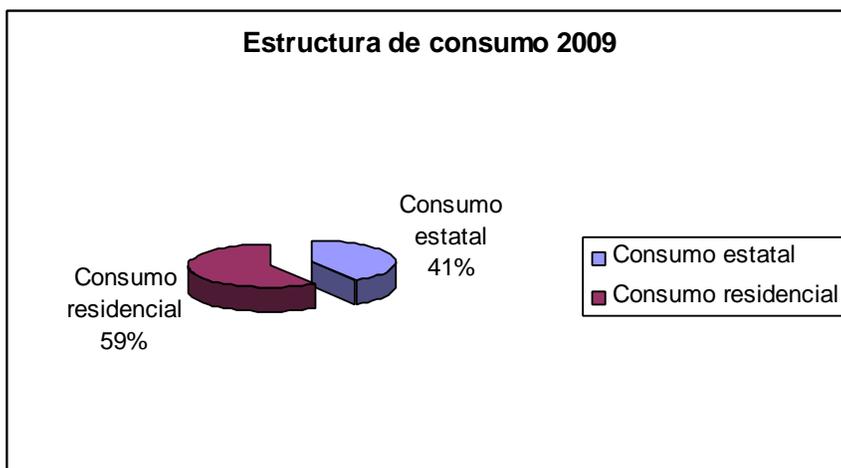
#### Anexo 5.Comportamiento del consumo.( Mwh)

	consumo diario promedio				
	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	1308,1	1252,5	1507,3	1482,2	1479,9
febrero	1255,6	1296,4	1548,0	1463,9	1497,3
Marzo	1370,2	1366,8	1643,0	1524,1	1507,0
Abril	1366,8	1395,8	1606,2	1583,1	1630,0
Mayo	1334,3	1441,6	1566,1	1663,3	1654.96
Junio	1304,0	1423,8	1503,6	1620,0	1569.0
Julio	1350,1	1434,1	1502,8	1674,5	1624.0
Agosto	1380,2	1488,2	1581,8	1660,7	1652.00
Septiembre	1418,3	1488,9	1563,7	1407,5	1631.60
Octubre	1303,4	1466,3	1534,0	1621,0	1573.20
noviembre	1280,1	1470,1	1520,6	1596,0	1528.00
diciembre	1276,6	1459,3	1559,8	1456,0	1524.60

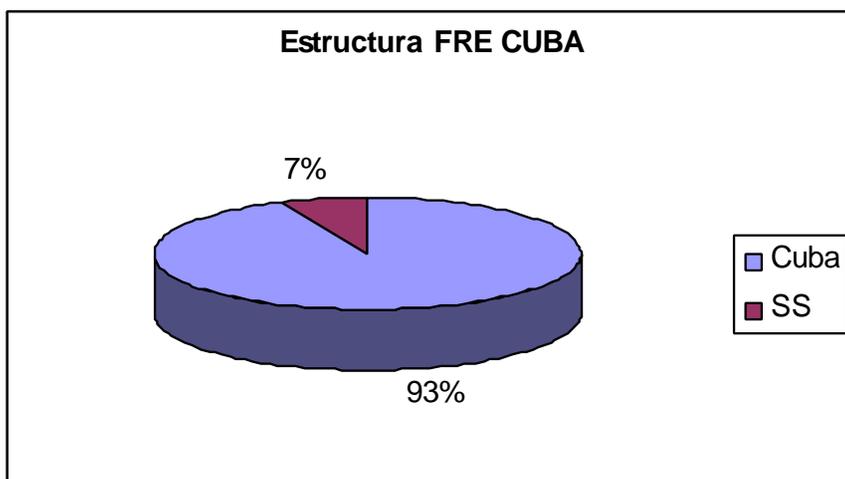
#### Anexo 6.Comportamiento de la Estructura de Consumo Eléctrico

UM:MWH	Año 2007	Año 2008	Año 2009	2007	2008	2009
Entrada en barra	583491,5	590004,604	579196,266			
Consumo estatal	206928,6	236525,972	209187,128	0,422549724	0,45705	0,41237
Consumo Resid.	282785,6	280984,714	298087,856	0,577450276	0,54295	0,58763
Consumo total	489714,2	517510,686	507274,984			

### Anexo 7. Estructura de Consumo Eléctrico



### Anexo 8. Estructura de consumo de la FRE



### Anexo 10. Potencial eólico instalable en Cuba.

Provincias	Área <sub>s</sub> (Km <sup>2</sup> )	Área <sub>s</sub> (Km <sup>2</sup> )	Potencial Eólico (MW)	Potencial Equivalente Con FC = 25% (MW)
Pinar del Río	34	7	35 - 98	8 - 24
La Habana	65	13	65 - 182	16 - 45
Ciudad de La Habana	13	3	15 - 42	3 - 9
Matanzas	21	4,2	3 - 8	5 - 15
Villa Clara	0,1	0,02	0,1 - 0,28	0.02 - 0.07
Cienfuegos	0	0	0	0
Sancti Spiritus	0,2	0,04	0,2 - 0,6	0.05 - 0.14
Ciego de Avila	110	22	110 - 308	27 - 77
Camagüey	313	63	315 - 882	78 - 219
Las Tunas	25	5	25 - 70	6 - 17
Holguín	766	153	176 - 2142	191 - 536
Granma	1184	237	1185 - 3318	296 - 828
Santiago de Cuba	734	147	735 - 2058	183 - 514
Guantánamo	1555	311	1555 - 4354	389 - 1089
Isla Juventud	210	42	210 - 588	52 - 147
<b>Total Nacional</b>	<b>5030</b>	<b>1006</b>	<b>5030 - 14084</b>	<b>1257 - 3521</b>

**Área<sub>T</sub> (km<sup>2</sup>)** - Área total con Densidad de Potencia del Viento mayor o igual que 400 W/m<sup>2</sup>, velocidad del viento superior a 6.2 m/s y RIX <= 15%.

**Área<sub>E</sub> (km<sup>2</sup>)** - Área aprovechable para el emplazamiento de parques eólicos teniendo en cuenta el uso del 20% del área total (**Área<sub>T</sub>**). Se desprecian las áreas ocupadas por asentamientos humanos, campos de cultivo, unidades militares, centros turísticos, industrias, carreteras, áreas protegidas, etc).

**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).

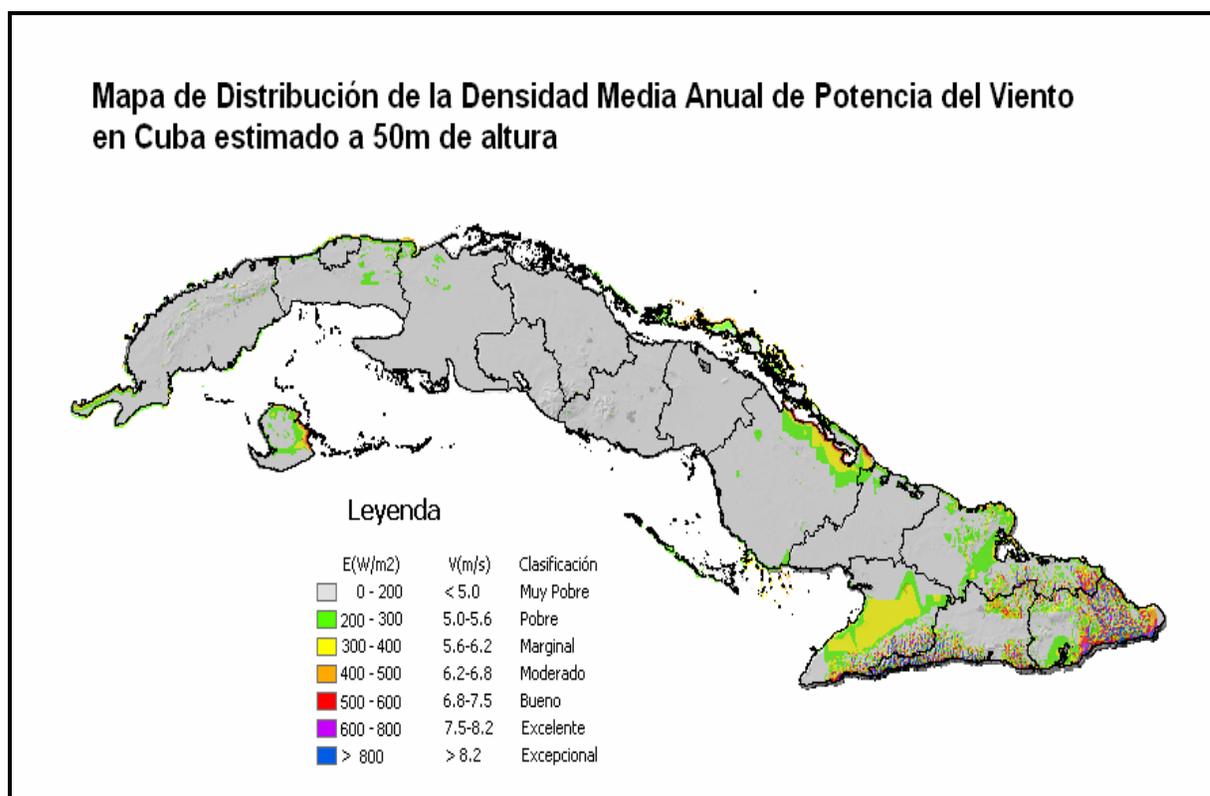
**Anexo 11.** Zonas geográficas con potenciales entre Moderado y Excepcional.

Provincia	Zonas geográficas identificadas con potenciales entre moderado y excepcional	Clase de Potencia	Velocidad del viento (m/s)	Potencial Eólico (MW)
Pinar del Río	(1) Estrecha franja costera al sureste del municipio Sandino	Moderado	6.2 – 6.8	4 -12
	(2) Pequeñas áreas montañosas a todo lo largo de la Cordillera de Guaniguanico (Sierra de Galeras, Sierra de Viñales, Pan de Guajaibón, Sierra de Güira, etc).	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	22 – 60
La Habana	(3) Estrecha franja costera al norte de los municipios de Mariel y Caimito.	Moderado	6.2 – 6.8	20 – 55
	(4) Estrecha franja costera al norte del municipio de Santa Cruz del Norte.	Moderado	6.2 – 6.8	30 -95
	(5) Algunas elevaciones próximas al litoral norte ubicadas en el municipio Santa Cruz del Norte.	Bueno	6.8 – 7.5	10 - 29
	(6) Áreas muy puntuales de la Sierra de Camarones, en la frontera de los municipios de Madruga y Santa Cruz del Norte.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	0.3 – 0.8
Ciudad de La Habana	(7) Una estrecha franja a casi todo lo largo del litoral norte.	Moderado	6.2 – 6.8	13 - 37
Matanzas	(8) Estrecha franja costera al noroeste del municipio de Matanzas.	Moderado	6.2 – 6.8	20 - 57
Ciego de Avila	(9) Estrecha franja costera a todo lo largo del litoral norte de Cayo Coco.	Moderado	6.2 – 6.8	95 - 265
Camagüey	(10) Estrecha franja costera a lo largo del litoral norte desde Punta Brava hasta la porción sur de Bahía de Nuevitás.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	241 - 677
	(11) Franja costera situada al noreste del municipio de Nuevitás en la zona de la Laguna el Real.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	63 - 176
Granma	(12) Franja costera al sur del municipio Pilon.	Excelente	7.5-8.2	18 - 51
	(13) Numerosas áreas de la Sierra Maestra.	Moderado-Excepcional	6.8 – 8.2 y >8.2	1150 - 3220
Santiago de Cuba	(14) Numerosas áreas situadas en la Sierra Maestra y en la Cordillera de la Gran Piedra.	Moderado-Excepcional	6.8 – 8.2 y >8.2	386 - 1082
	(15) Numerosas áreas situadas en la región montañosa del Segundo Frente.	Moderado-Excepcional	6.8 – 8.2 y >8.2	242 - 677
Holguín	(16) Numerosas áreas situadas en la Altiplanicie de Nipe, la Sierra del Cristal y en las Cuchillas de Moa.	Moderado-Excepcional	6.8 – 8.2 y >8.2	255 - 713
	(17) Numerosas áreas situadas en el Grupo Maniabón.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	22 - 63
	(18) Franja costera desde Gibara hasta Punta Caleta Honda en Banes.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	124 - 347
	(19) Franja costera al suroeste de la Bahía de Nipe desde Punta Tíbel hasta Punta de Lengua de Pájaro en Mayarí.	Moderado	6.2 – 6.8	24 – 68

	(20) Franja costera desde Punta Mayarí hasta la frontera con Guantánamo predominantemente excelente, con pequeñas áreas excepcionales en Punta Mayarí, Punta la Fábrica y Punta Guarico.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	65 – 182
Guantánamo	(21) Franja costera situada en el litoral norte desde la frontera con Holguín hasta Punta del Fraile en Maisí.	Moderado-Bueno	6.2 – 7.5	192 - 536
	(22) Franja costera situada en el litoral sur desde Bahía de Ovando en Maisí hasta Punta Mal Año al oeste de Playa Uvero en Caimanera.	Moderado-Excepcional	6.8 – 8.2 y >8.2	427-1195
	(23) Numerosas áreas situadas: por el norte, en las Alturas de Baracoa, Cuchillas de Baracoa; por el centro, en las Cuchillas de Toa, Sierra del Purial, Meseta de Maisí, Meseta del Guaso; y por el sur, en la Sierra de Imías, en la Sierra de Mariana, y en la Sierra Maestra próxima a la frontera con Santiago de Cuba.	Moderado-Excepcional	6.8 – 8.2 y >8.2	873 - 2405
Isla de la Juventud	(24) Estrecha franja costera desde Punta de los Barcos, situada en la parte norte, hasta Punta Rancho Viejo, situada al sureste de la isla, próxima a Punta del Este.	Bueno-Excelente	6.8 – 8.2	93 - 260
	(25) Puntos situados en las Sierras de Colombo y de Caballos.	Bueno-Excelente	6.8 – 8.2	14 - 38
	(26) Puntos situados en las Sierras de Casas y de la Cañada.	Bueno	6.8 – 7.5	11 – 31
<b>Total</b>				<b>4420 - 12350</b>

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

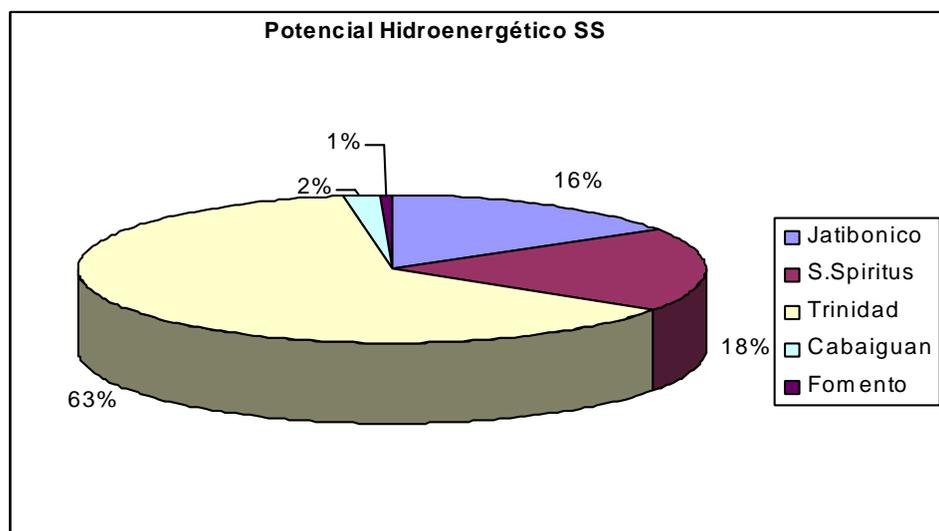
## Anexo 12. Mapa del Potencial Eólico de Cuba y por Provincias



## Anexo 13. Comportamiento del consumo por portador.

INDICADORES	2007	2008	2009
<b>U/M:M TEP</b>			
Total de combustible convencional	<b>171.8</b>	<b>166,0</b>	<b>150.1</b>
Petróleo crudo	24,7	19,269	16,408
Petróleo combustible)	9,9	8,1	8,7
Combustible Diesel	48,3	41,725	39,327
Gasolina motor total	11,3	8,223	7,177
Energía eléctrica	77.6	88.69	78.44

## Anexo.14 Estructura del Potencial Hidroenergético SS



## Anexo 15. Potencial Hidroenergético

### Potencial Hidroenergetico

#### Localización del Potencial Hidroenergetico en Presas construidas Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHE)

Nombre	Municipio	Rio	Gasto (m3/seg)	Carga (m)	Potencia (kw)	Energia Anual (Gwh)	Turbina tipo
Zaza	S.Spiritus	Zaza	54	9.01	4057	13.29	Axial Tobular
Lebrige	Jatibonico	Jat.del Sur	6.2	24.6	1272	3.52	Francis FR-30
La Felicidad I	Jatibonico	Jat.del Sur	9.35	10.8	842	2.17	Capsula Tubular
La Felicidad II	Jatibonico	Jat.del Sur	7.32	5.26	310	0.96	Tubular
La FelicidadI	Jatibonico				1152	3.13	
Agabama	Trinidad	Agabama	66.75	26.4	14400	21.4	
Bellamota							
Paso Real							
Sub Total					22033	44.47	

#### Minicentrales Hidroeléctricas (MINICHE)

Nombre	Municipio	Rio	Gasto (m3/seg)	Carga (m)	Potencia (kw)	Energia Anual (Gwh)	Turbina tipo
Tuincu	Cabaiguan	Tuincu	2.4	29.22	480	2.59	MB-15-A-3
Dignora	Jatibonico	Zurrapandilla	3.1	11.58	293	0.63	Axial Tubular

Der.El Patio	Jatibonico	Jat.del Sur	6.5	1.6	86	0.18	Axial Tubular
Higuanojo	S.Spiritus	Higuanojo	3	8.6	215	0.75	Tubular
Sub Total					1074	4.15	

**Plantas de Generación Construidas en la actualidad  
Minicentrales Hidroeléctricas (MINICHE)**

			Gasto	Carga	Potencia	Energia Anual	Turbina
Nombre	Municipio	Rio	(m3/seg)	(m)	(kw)	(Gwh)	tipo
San Juan de Letran	Trinidad	S.Juan de Letran	1	11.5	100	0.74	650x65

**Microcentrales Hidroeléctricas(MICROCHE)**

			Gasto	Carga	Potencia	Energia Anual	Turbina
Nombre	Municipio	Rio	(m3/seg)	(m)	(kw)	(Gwh)	tipo
Polo Viejo	Trinidad	A.Polo Viejo	0.03	46	25	0.037	TP-16
Vegueta	S.Spiritus	Banao	0.2	36	38	0.348	650x65
Cangalito	S.Spiritus	Afl.Cayajana	0.25	70	38	0.112	TP-16
Santa Rosa 1	Fomento	Afl.Caracusey	0.03	100	45	0.096	TP-16
Alto Jobo 1	Fomento	Afl.Caracusey	0.02	42	8	0.018	TP-16
IV Congreso	Fomento	Afl.Caracusey	0.03	75	12	0.06	TP-16
Recursos	Trinidad						
Santa Rosa 2	Fomento	Afl.Caracusey	0.025	120	22	0.04	TP-16
Sub Total					188	0.711	

**Localización del Potencial Hidroenergetico en Redes Fluviales de Montaña  
Minicentrales Hidroeléctricas (MINICHE)**

			Gasto	Carga	Potencia	Energia Anual	Turbina
Nombre	Municipio	Rio	(m3/seg)	(m)	(kw)	(Gwh)	tipo
Rio Caña 1	Trinidad	Caña	0.139	46	50	0.31	TM-31A
Rio Caña 2	Trinidad	Caña	0.043	196	64	0.397	TP-15
Tres Palmas 1	Trinidad	A.Grande	0.2	100	169	1.049	650x50
Guayanara Alto	Trinidad	Guayanara	0.371	34	93	0.815	
Loma dos amigos	Trinidad	Afl.Jibacoa	0.094	93	64	0.56	
Condado 3	Trinidad	Jibacoa	0.23	53	89	0.779	
La Veleta	Trinidad	A.Grande	0.036	207.1	55	0.48	
Planta Cantu	S.Spiritus	Cayajana	0.116	100	96	0.56	650x65
Sub total					680	4.95	

**Microcentrales Hidroeléctricas(MICROCHE)**

			Gasto	Carga	Potencia	Energia	Turbina
--	--	--	-------	-------	----------	---------	---------

					a	Anual	
Nombre	Municipio	Rio	(m3/seg )	(m)	(kw)	(Gwh)	tipo
Las Bellezas	Trinidad	Afl.Jibacoa	0.35	32	8	0.072	TP-16
Puriales 1	Trinidad	Afl.Jibacoa	0.03	50	12	0.096	
Vega Grande 1	Trinidad	Afl.Caburni	0.29	13	28	0.242	
Vega Grande 2	Trinidad	Afl.Caburni	0.29	13	28	0.242	
Vega Grande 3	Trinidad	Afl.Caburni	0.107	38	30	0.262	
Las Majaguas	Trinidad	Afl.Rio Caña	0.029	38	8	0.071	
La Chispa	Trinidad	Afl.Caburni	0.033	43	10	0.09	
Sitio Grande	Trinidad	Afl.Caburni	0.056	34	14	0.122	
Caballero 1	Trinidad	Caballero	0.325	16	38	0.335	
Caballero 2	Trinidad	Caballero	0.38	15	42	0.367	
Loma de Gloria 7	Trinidad	Afl.Higuanojo	0.17	31.8	40	0.348	
Loma de Gloria 8	Trinidad	Afl.Higuanojo	0.3	103.3	23	0.199	
Loma de Gloria 9	Trinidad	Afl.Higuanojo	0.03	78.4	17	0.151	
Loma de Gloria 10	Trinidad	Afl.Higuanojo	0.03	73.4	18	0.161	
Tres Palmas 2	Trinidad	A.Grande	0.084	49	30	0.265	
La Boca	Trinidad	Guayanara	0.21	30	46	0.406	
Rio Caña 3	Trinidad	caña	0.042	23	7	0.062	
La Tomatera	Trinidad	Caña	0.009	243	16	0.14	
Planta Cantu 2	S.Spiritus	Cayajana	0.047	38	14	0.086	650x65
Cayajana	S.Spiritus	Cayajana	0.067	17.1	8	0.074	
Loma de Gloria 6	S.Spiritus	Afl.Higuanojo	0.03	110	24	0.212	
Tayabacoa	S.Spiritus	Afl.Tayabacoa	0.059	41	18	0.156	
El Mamey	S.Spiritus	Los Charcos	0.022	46.2	7	0.065	
Banao	S.Spiritus	Los Limpios	0.04	56.5	16	0.15	
Alto Jobo 2	Fomento				12	0.105	
Gavilancito	Fomento	Afl.Caracusey	0.026	80	15	0.134	
Loma de Gloria 1	Fomento	Afl.Sipiabo	0.11	28.7	21	0.203	
Sub total					550	4.816	

**Total**

**24625**

**59.837**

**Anexo.16 Aporte de las Fuentes Renovables 2009**  
**Aportes de las FRE SS 2009**

Fuente	Instalado	Funcionando		Aporte(tep)	%
<b>Biomasa</b>				<b>12834.32</b>	88.16
Biogás( m3)	53	50	596.2	97.9	0.7
Biomasa Cañera (kwh)			33328668	6999.02	48.1
Desechos Forestales(t)			3194.5	325.8	2.2
Leña (m3)			38271.9	5411.6	37.2
<b>Solar</b>				<b>42.1</b>	0.3
Paneles Fotovoltaico(U)	289	246		23.6	0.2
Calentadores Solares (kwh)	225	225	88554	18.5	0.1
<b>Hidráulica</b>				<b>443.8</b>	3.0
Ariete Hidráulico(U)	12	12		47	0.3
Mini Hidroeléctrica (kwh)	5	5	49400	10.4	0.1
PCHE( kwh)	1	1	1839800	386.4	2.7
<b>Eólica</b>				<b>1238.25</b>	8.5
Molinos de Viento(U)	651	593		1097.05	7.5
Pequeños Aerogeneradores(U)	64	64		141.2	1.0
<b>Total</b>	<b>1300</b>	<b>1196</b>		<b>14558.47</b>	

**Anexo.17 Potencial de uso Estimado**

**Potencial de uso Estimado**

Fuente de energía	Potencia(MW)	Generación(Gwh/Año)	tep
Eólica	0.14	1.2264	257.544
Hidráulica	24.6	59.837	12565.77
<b>Total</b>	<b>24.74</b>	<b>61.0634</b>	<b>12823.314</b>