



Tesis en opción al grado académico de Máster en Eficiencia Energética

**“Estudio de sostenibilidad y factibilidad técnico
económica del proyecto de una pequeña central
hidroeléctrica. Estudio de caso.”**

**Autor: Ing. Efraín Rodríguez Herrera.
Tutor: Dr. Mario A. Álvarez. Guerra
Plasencia.**

Cienfuegos 2010.



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos: “Carlos Rafael Rodríguez” como parte de la culminación de los estudios de la Maestría en Eficiencia Energética, autorizado a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación del autor.

Firma del Autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Firma del tutor

**Información Científico Técnica
Nombres y Apellidos**

**Computación
Nombres y Apellidos**

“...Cuando se pueda, aprovecharemos también esa energía

hidráulica para producir electricidad.”

Fidel Castro Ruz. Febrero de 1960.

Resumen.

En el presente trabajo se aplican los elementos básicos de un sistema de gestión eficiente para la producción de la energía hidráulica en la Empresa de Hidroenergía, enfocado a la aplicación, su uso eficiente y las principales oportunidades de inversión en Cuba para el ahorro de combustible fósiles y la no emisión a la atmosfera de CO₂ y otros gases contaminantes que provocan el efecto invernadero y un daño considerable a la capa de ozono.

Para la conformación del mismo se realizaron búsquedas bibliográficas encaminadas a dar una panorámica del comportamiento del sector nacional e internacional en cuanto a la producción, y la situación actual de la misma en el marco de la Revolución Energética en Cuba.

Para determinar el estado actual de la Hidroenergía en el mundo se analizaron las informaciones del periodo comprendido desde el año 2004 hasta mediados del 2009, donde se realiza una actualización de la producción y la dependencia de algunos países de esta fuente renovable, llegándose a la conclusión de que la energía hidroeléctrica sigue siendo la energía renovable más utilizada en todo el mundo y que las nuevas concepciones para el desarrollo de un sistema electroenergético más eficiente y seguro en Cuba comprenden un programa intensivo de investigación y desarrollo del uso de la energía hidráulica.

Al analizar el panorama energético en la Provincia de Cienfuegos vemos que uno de los mayores potenciales de ahorro de energía en esta provincia está a partir de esta fuente renovable por su impacto socio ambiental, económico y con la interconexión de algunas de ellas al SEN para aprovechar al máximo todo este potencial,

La electrificación de una parte de la población de nuestra montaña, a partir de la Hidroenergía, ha aumentado considerablemente el nivel de vida de los mismos, para de esa forma disminuir el uso de fuentes convencionales de energía y por tanto disminuir la emisión de gases que producen el efecto invernadero. La explotación de estas instalaciones generadoras se ha conjugado de una forma armónica con el aprovechamiento de los recursos naturales de la

zona y con las costumbres y tradiciones de los pobladores de esos intrincados parajes, dándole solución al problema social detectado en los asentamientos rurales, que a consecuencia de no tener electricidad emigraban a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida.

En vista de la situación energética que atraviesa el país, se realiza el estudio de un proyecto basado en análisis de sustentabilidad económica y del comportamiento de los costos de generación de electricidad de varias fuentes de generación comparadas con la hidráulica, para la producción de electricidad, llegándose a la conclusión de que la construcción y explotación de la Pequeña Central Hidroeléctrica del Municipio de Abreús, cuya finalidad es aprovechar el potencial hídrico existente en la presa Damuji para producir electricidad, es factible por el ahorro de combustible que representa para el país.

La tesis se presenta en forma de Introducción, 3 capítulos, conclusiones y recomendaciones. El primer capítulo expone un resumen de la situación nacional e internacional de la producción de electricidad por hidroeléctricas y los métodos de gestión, el segundo caracteriza la hidroenergía en Cuba y en la provincia y en el tercero se realiza un estudio de casos en la PCHE de Abreús, proponiendo un grupo de soluciones para incrementar la hidroelectricidad en la empresa.

INDICE

	Pagina
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA ENERGÍA HIDRAULICA.	5
1.1 Antecedentes de la tecnología.	5
1.2 Estado de desarrollo en el mundo.	6
1.2 La Hidroenergía en latinoamerica.	9
1.3.1 Gestión Servicios de Energización Descentralizada por Minihidroelectricas.	11
1.4 Estado de desarrollo en Cuba.	13
1.5 Potencial existente con posibilidades de desarrollar, inversiones factibles de acometer.	14
1.6 Turbinas hidráulicas en Cuba.	19
1.7 Potenciales de ahorros en Cuba.	23
1.8 Estudios de factibilidad.	24
1.9 Potencial humano especializado	25
1.10. Principales instituciones de ciencia y tecnología del país relacionas con la misión del grupo.	26
1.11 Programa de Desarrollo de la Hidroenergía.	27
1.12 Inversiones en proceso y a largo plazo.	30
1.13 Generación de electricidad.	31
Conclusiones Parciales	33
CAPITULO II: CARACTERIZACION DE LA HIDROENERGÍA EN LA PROVINCIA DE CIENFUEGOS.	34
2.1 La gestión de la energía en la Empresa de Hidroenergía.	34
2.2 La Energía Hidráulica en la provincia.	41
2.3 Generación de electricidad por centrales minihidroelectricas .	42
2.4 Situación Actual.	44
2.5. Potencial Hidroenergetico de Cienfuegos.	45
2.6. Análisis de los costos de la generación de electricidad en la Hidroenergía comparadas con otras tecnologías.	49
2.6. Impactos de la Hidroenergía en el Escambray sureño.	60
2.7. Uso racional del agua en la Hidroenergía Cienfueguera y su impacto en el medio ambiente.	64
2.7.1. Indicadores fundamentales que vinculan la generación de electricidad con el agua.	66
2.7.2. Estructuras de gasto.	68
2.8. Uso eficiente del agua en el ahorro de energía.	69

CONCLUSIONES GENERALES	71
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

I- Introducción.

El actual modelo energético mundial se basa en la producción de energía a partir de combustibles fósiles, dependientes de los recursos limitados y de los negativos impactos sobre el medio ambiente, la tendencia al encarecimiento de la energía, el agotamiento de los recursos naturales y el impacto ambiental presionan a la humanidad tanto en el orden económico como social

Cuba no escapa a la desfavorable situación energética mundial. Su condición de isla alargada con pocos ríos caudalosos le impide utilizar ese recurso como fuente energética fundamental y aunque se ha logrado utilizar el potencial de los embalses construidos para generar electricidad, todavía existe más de 220 presas, algunos ríos y canales para el abasto de agua, que no se aprovechan.

El Comandante en Jefe ha expresado en numerosas ocasiones la concepción de que el ahorro de energía es actualmente la principal fuente de portadores energéticos. En el marco de la Revolución energética se ha puesto en práctica nuevos conceptos para el uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la economía, entre los que se ha destacado la implantación de Sistemas de gestión en las empresas mayores consumidoras del país.

El sistema que se aplica (TGTEE, Tecnología de gestión total eficiente de la energía) consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnicas organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía total de la gestión de calidad, permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa.

En el caso de la empresa de hidroenergía la calidad de la producción de electricidad es un concepto, una filosofía, un modelo de hacer negocios enfocado hacia el cliente, que no solo se refiere al servicio en sí, sino que abarca una dinámica de toda la organización en la que

cada trabajador está comprometido con los objetivos empresariales en pro de mejorar día a día su desempeño como entidad social.

La empresa de Hidroenergía ha puesto en práctica esta filosofía, orientada a:

- Satisfacer a los clientes.
- Involucrar al personal en el logro de los objetivos y mejora de la organización, promover y desarrollar una cultura de cliente-proveedor.
- Desarrollar capacidades en los técnicos y profesionales que permitan su mejor desempeño.
- Optimizar la utilización de los recursos hídricos para la generación de electricidad.
- Proteger el medio ambiente con la producción de energía limpia y renovable, para contribuir al desarrollo sostenible del país.

La Empresa de Hidroenergía Cienfuegos es una organización estatal cubana, perteneciente a la Unión Nacional Eléctrica (UNE) del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), la cual tiene su Oficina con domicilio legal en la calle Seibabo final s/n en el Municipio de Cumanayagua. Teniendo como Misión Generar y comercializar energía eléctrica con una explotación eficiente y eficaz de sus instalaciones que garantice la satisfacción de los clientes y un desarrollo sostenible en el territorio nacional y en su Visión la de contar con cuadros y trabajadores preparados técnica y profesionalmente, que unido a sus procesos inversionistas a corto, mediano y largo plazo logren una estructura funcional sólida para cumplir con su misión y que conviertan a la Empresa de Hidroenergía en líder de la energía renovable en la provincia. Dentro de su Objeto social esta: Generar y suministrar energía eléctrica al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), Generar, suministrar y comercializar de forma minorista energía eléctrica a sistemas no conectados a la red nacional, brindar servicio de enrollado de generadores y motores eléctricos y de reparación de bombas de pozos profundos, construir, reparar y dar mantenimiento a paneles eléctricos, al sistema del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), brindar servicios de alquiler de equipos de construcción, transporte especializado, complementarios y grupo de electrógenos; de molinado de granos, de procesamiento de la madera en bolos, afilado de instrumentos y de recarga de acumuladores,

Política de la calidad.

La empresa de Hidroenergía, con un liderazgo extendido a todos sus directivos tiene el compromiso de mantener y mejorar continuamente la disponibilidad y confiabilidad de sus instalaciones Hidroenergéticas, implementando y manteniendo un Sistema de Gestión de la Calidad, asegurando la mejora continua de su eficacia, según los requisitos de la norma NC ISO 9001:2008, satisfaciendo las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas, cumpliendo con los requisitos legales reglamentarios aplicables y trabajando en la integración de los sistemas basados en las normas: NC 18001:2005 y la NC ISO 14001:2004, de tal manera que se alcancen niveles tolerables de Seguridad y Salud del Trabajo, con la incorporación de la dimensión ambiental, minimizar sus impactos, ahorrar y aprovechar al máximo los recursos naturales, capacitar y motivar a los trabajadores para así contribuir con sus acciones al logro de un desarrollo sustentable.

Una de las líneas de desarrollo de la hidroenergía en la provincia es el aprovechamiento de las presas y embalses construidos, con un potencial estimado de 2957 kW. Sin embargo no se cuenta con estudios sistematizados acerca de la sustentabilidad y factibilidad técnico-económica de instalaciones de pequeñas centrales hidroeléctricas que permitan su aprovechamiento, de lo que se deriva el siguiente **Problema científico**: La necesidad de definir una metodología para el estudio de sustentabilidad y factibilidad técnico-económica de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas en embalses construidos.

La identificación de este problema ha permitido formular la siguiente **Hipótesis**:

Con la utilización de metodologías de análisis de sustentabilidad basadas en indicadores de desarrollo y herramientas de análisis técnico económico pueden evaluarse de forma científicamente fundamentada proyectos técnicos de aprovechamiento energético de embalses construidos.

Objetivo general.

Evaluar la sustentabilidad y factibilidad técnico-económica de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHE) en embalses construidos.

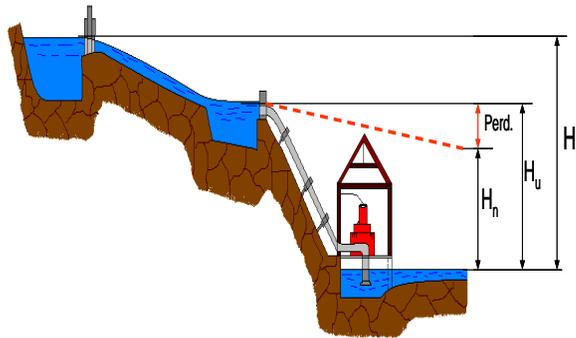
Objetivos específicos.

1. Recopilar y sintetizar información sobre la producción de la hidroenergía a nivel mundial.
2. . Caracterizar el potencial hidroenergético de la provincia de Cienfuegos, identificando el caso de los embalses construidos
3. Identificar metodologías de análisis de sustentabilidad y herramientas de análisis técnico económico que permitan evaluar de forma científicamente fundamentada proyectos técnicos de aprovechamiento energético de embalses construidos
4. Realizar el estudio de caso de la sustentabilidad y factibilidad técnico-económica del proyecto de pequeña central hidroeléctrica (PCHE) en la presa Abreús.
- 5 Aplicar Software de Cálculos técnico económicos de los programas de simulación “PCHES” y de cálculo Hidroenergetico” PCHEH”, del paquete de programas PCHE.

Capítulo I. Caracterización del Estado del Arte de la Energía Hidráulica.

1.1 Antecedentes de la tecnología.

Hidroenergía consiste en utilizar el agua con una determinada de nivel para generar electricidad. proceso al pasar el agua por las provoca un movimiento de rotación transforma la energía hidráulica en esta a su vez es transmitida al donde se convierte en eléctrica.[1].



La
diferencia
En este
turbinas
que
mecánica y
generador

Bajo el ciclo natural, la lluvia es absorbida en parte por el suelo, mientras que el resto fluye desde las montañas, colinas y partes altas, y en su descenso forma torrentes y ríos que desembocan en los océanos.

Cuando el agua se mueve (energía cinética) o se encuentra por arriba del nivel del mar (energía potencial), puede ser utilizada para generar electricidad.

Históricamente, el agua de los arroyos y ríos fue utilizada para moler cereales y obtener harina; luego para generar electricidad.

La energía hidráulica, se empleó por vez primera en una central hidroeléctrica construida en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña.

El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX.

Se construyen presas para almacenar agua en lugares altos y al liberar la generar electricidad.

Las plantas hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua o la cinética para mover turbinas y generadores que producen electricidad.

El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante.

El agua que fluye y cae a través de las “cortinas” de las presas, es llevada por conductos (tubos) para hacer girar las aspas de las turbinas. Éstas son similares a las utilizadas en las plantas termoeléctricas, pero es el agua y no el vapor lo que las hace girar. Los generadores están situados justo encima de las turbinas. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua y hay una variedad entre éstas. La electricidad que se genera en las hidroeléctricas a altos voltajes es transmitida a grandes distancias mediante cables de alta tensión y después reducida a voltajes inferiores para ser distribuida a los sitios de consumo (hogares, escuelas, talleres, fábricas, comercios, etc).

En 1920, las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.[2].

1.2. Estado de desarrollo en el mundo.

En la actualidad, Canadá, Estados Unidos y China son los mayores productores del mundo aunque en algunos países que relacionamos en la tabla constituye la fuente de electricidad más importante. [1], Para el año 2007 el mundo consumió 223 millones de barriles diarios de petróleo equivalente. 35.6 % petróleo, 23.8 % gas natural, 28.6 % carbón, 5.6 % nuclear y 6.4 % hidroelectricidad. De este consumo el 36 % fue dedicado a generar electricidad, la cual alcanzó los 19.895 teravatios-hora.

Fig.1 Consumo eléctrico a nivel mundial en el año 2007.

País	Hidroenergía (%)
1.Paraguay	99,9
2.Uganda	99,0
3.Congo	98,7
4.Noruega	98,6
5.Malawi	97,9
Bután y Laos	97,4
7.Nepal	96,8
8.Zambia	93,9
Mozambique	91,3



De esta generación de electricidad, el 68 % proviene de las energías fósiles, 13.8 % de la nuclear, 2.5 % de las alternas y 15.7 % de la hidroelectricidad.[2]

A mediados de los años 60 del siglo XX, se inicia un auge en la construcción de centrales hidroeléctricas a nivel mundial. Las tres represas más grandes del mundo, y en ese orden son: Tres Gargantas (22400 MW-China), Itaipu (14000 MW – Brasil/Paraguay) y Guri (10000 MW- Venezuela).

La planta hidroeléctrica de Itaipú en el río Paraná es la más grande en el mundo, está situada entre Brasil y Paraguay , Iniciada en 1975, se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo con 14 000 MW instalado. (Dos turbinas de 700 megavatios) y concluida en 1991, Itaipú representa el esfuerzo y logro de dos naciones vecinas: Brasil y Paraguay. La planta genera 75 millones de MWh al año. Paraguay ya acelera su proyecto de construcción de una represa hidroeléctrica en Anacué, que generará 200 megavatios para consumo local y le permitirá vender a Brasil más energía de Itaipú. La construcción de 18 nuevas centrales hidroeléctricas y la ampliación de otras tres representarán el mayor aporte,

de 7.803 megavatios, a un costo de 4.600 millones de dólares. La central de Tucuruí, en la amazónica, duplicará su capacidad de 4000 megavatios. En Venezuela, más del 70% de la electricidad se produce en instalaciones hidroeléctricas. En Estados Unidos una de las plantas hidroeléctricas más grandes es la Grand Coulee y genera unos 6,500 Mw.

Las plantas hidroeléctricas suministran más del 20% de la electricidad mundial y el 6% de la energía total comercial: [2].

Según informes de la Fundación sobre Agua y Energía las plantas hidroeléctricas tienen sus ventajas y desventajas. En uno de ellos se señala que aunque el desarrollo de las hidroeléctricas requiere costos de inversión inicial relativamente elevados, comparadas con las plantas térmicas de igual

capacidad, se ha demostrado que a largo plazo las hidroeléctricas son económicas respecto al consumo, con una mayor vida útil, sin estar sujetas a los incrementos en los precios de combustibles y mantenimiento durante su operación. Como no quema combustible, no emite emisiones al aire que contribuyen al calentamiento global. El agua es producida por la propia naturaleza y es un recurso renovable. Se dice que estas plantas tienen una duración de vida de dos a diez veces sobre las plantas de carbón y nucleares y sus presas son usadas para prevenir las inundaciones mientras que suministran una regulación del flujo para el agua de riego en las áreas por debajo de ésta.

Por su parte, en las desventajas se menciona que estas instalaciones requieren de mucho espacio y esto causa la desaparición de hábitat para animales. Proyectos de gran escala pueden amenazar las actividades recreativas e interrumpir los flujos del río. Debido a la presencia de presas, los peces posiblemente no sean capaces de nadar hacia el mar y la vida acuática puede decrecer en el área de la planta hidroeléctrica. A su vez, las plantas generadoras de energía que emplean carbón, aceite y gas como combustibles usan recursos naturales importantes y limitados, contaminan ampliamente, se necesita cavar o dragar pozos para conseguir los recursos mencionados y en el caso de las plantas nucleares, se problematiza la situación a la hora de hablar sobre la disposición de los desechos.

La tendencia del futuro será construir plantas hidroeléctricas a pequeña escala, que puedan generar electricidad para una comunidad solamente. [2].

1.3. La Hidroenergía en Latinoamérica.

La Red Latinoamericana de Hidroenergía (HIDRORED), busca promover políticas favorables para el desarrollo de las energías renovables a pequeña escala. Ofrece un espacio para fomentar el intercambio de información, experiencias y transferencia tecnológica en el ámbito latinoamericano, como prioridad, sin dejar de tener relación con los países del norte. Es una organización virtual promovida por Soluciones Prácticas, la sede regional real de HIDRORED se encuentra ubicada en el Centro de Demostración y Capacitación en tecnologías Apropriadas - CEDECAP en Perú.

HIDRORED está conformada por un conjunto de instituciones y personas con interés en la hidroenergía de pequeña escala, en particular y en las energías renovables como alternativa para la electrificación rural. Reúne a especialistas de Argentina, Chile, Perú, Ecuador, Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela y España. Tiene coordinadores nacionales en distintos países y una coordinación central en Perú. Una de sus principales propuestas es desarrollar capacidades locales para la difusión de las energías renovables como alternativa para la provisión sostenible de energía en las zonas rurales de manera responsable con el medio ambiente. Organiza cada dos años los encuentros

Latinoamericanos de Pequeños Aprovechamientos Hidro-energéticos – ELPAH.

OTCA-Organización del Tratado de Cooperación Amazónica.

El mandato de la OTCA está orientado al bienestar de los pueblos y comunidades de la región amazónica. Los objetivos estratégicos del plan estratégico de OTCA son:

1. La conservación y el uso sostenible de los recursos naturales
2. La integración y competitividad regional
3. La creación del conocimiento y intercambio de tecnología
4. Fortalecimiento institucional

La OTCA considera el desarrollo de fuentes de energía, como alternativas inocuas para el medioambiente, a la vez que generadoras de oportunidades económicas. Por ello el programa de infraestructura de transporte, energía y comunicaciones, busca estimular las iniciativas dirigidas al desarrollo de tecnologías innovadoras para la generación eléctrica, que utilizan de manera eficiente la energía solar o las pequeñas centrales hidroeléctricas que provechan pequeños cauces.

En las últimas dos décadas los países de la región implementaron reformas estructurales que liberalizaron el mercado de electricidad, flexibilizando el régimen de propiedad y la cadena de gestión de cada eslabón de la industria eléctrica en manos de agentes privados.

La inversión en infraestructuras contribuyó a expandir las redes interconectadas y a elevar los coeficientes urbanos de electrificación, sin que se beneficien en igualdad de oportunidades, las áreas rurales: más del 80 % de la población rural de la Amazonia, se mantuvo excluida del acceso a electricidad, a pesar de la amplia disponibilidad de recursos energéticos que existe en esta región.

Los bajos coeficientes de electrificación rural en cada país, muestran que los planes nacionales de universalización eléctrica son a menudo diseñados desde modelos centralistas sin contemplar alternativas para las comunidades rurales distantes de las redes eléctricas interconectadas. Esta inadecuación produce una brecha de oportunidades entre regiones y entre el espacio rural y el urbano, en detrimento de las comunidades amazónicas rurales.

En los países amazónicos existe un amplio margen para fomentar el uso de las energías renovables frente a la alternativa tradicional de extensión de redes eléctricas, cada vez más costosa a medida que se extiende a zonas alejadas de su infraestructura, lo que limita el acceso de la población rural a energía moderna, cuyos niveles de consumo e ingreso no la habilitan a cubrir los costos del suministro del sistema en red, aun considerando el total de inversiones hundidas.[4]

1.3.1 Gestión Servicios de Energización Descentralizada por Minihidroeléctricas.

Existe en la región una amplia experiencia de electrificación descentralizada, con micro centrales hidroeléctricas; los factores que favorecen su viabilidad, son principalmente la capacidad de asociación entre usuarios, municipalidades y otros actores locales; los modelos de gestión de servicios a partir de esquemas de eficiencia empresarial, ya sea de entidades comunitarias y/o de pequeñas o microempresas encargadas de la operación y el mantenimiento de equipamientos y mini redes.

Los modelos más viables de gestión de servicios eléctricos aislados o descentralizados, con fuentes renovables, según muestran los casos analizados (ITDG- Soluciones Prácticas, el Instituto

de Electrotécnica y Energía, CINER, Energética, FEDETA, PROAGRO y el Instituto Mamirauá), implementan estrategias integrales de planificación y ejecución que incluyen:

- . La evaluación participativa de las características de la demanda,
- . La definición y aplicación de criterios legales de la propiedad y el uso de los sistemas eléctricos.
- . El establecimiento de reglamentos
- . El fortalecimiento de las organizaciones locales en mecanismos de acceso a la información, la fiscalización y la provisión de servicio.
- . La inclusión de otras instituciones en la gestión, como empresas eléctricas y municipalidades.
- . La capacitación técnica y en gestión de servicios eléctricos, sobre el uso racional de la energía en el consumo y los usos productivos a nivel de operadores, administradores y comunidad en general.

El futuro de la Amazonia como región es el tema de preocupación central para trazar la ruta de su energización rural. La evaluación de la viabilidad de los proyectos de energías renovables, debe considerar tanto los resultados obtenidos en la mejora del bienestar de las comunidades en sus territorios, como el aporte de las industrias eléctricas basadas en fuentes renovables, a la preservación y al desarrollo sostenible de la Amazonia .El desarrollo sostenible de la Amazonía, pasa por entender tanto la importancia de sus recursos naturales así como los problemas de una población que enfrenta no pocas amenazas - exclusión social, degradación ambiental, , mercados ilícitos, violencia- y por tanto, complejos desafíos. En este sentido la energización rural basará su éxito en el número y la pertinencia de las soluciones energéticas integrales que sean incluidas en los planes de desarrollo regional descentralizados hasta el nivel local. Tendrá que construir indicadores para medir las metas. Algunos de los más importantes abordarán el cumplimiento de criterios de viabilidad socio-ambiental, la adecuación a planes de ordenamiento territorial, la participación activa de los municipios y de las organizaciones sociales y nacionalidades indígenas, incluyendo de manera prioritaria, la participación y determinación libre e informada de los pueblos.

Hoy en día la energía hidroeléctrica sigue siendo la energía renovable más utilizada en todo el mundo y se estima que la misma representa el 16,6 % (más de 740 millones MW) de la

capacidad mundial instalada y un 92 % (IEA, 2003) del total de las fuentes de energías renovables.

Según la UNESCO, entre 1995 y 2010 la producción de energía hidroeléctrica habrá crecido en un 65% en todo el mundo, siendo este aumento especialmente agudo en los países de América Latina, Asia y África.

El equipamiento para la generación de hidroelectricidad es una tecnología madura con más de un siglo de mejoras y saltos tecnológicos que han influido definitivamente en la prestancia de estos equipos por lo que existe un mercado bien establecido con productores que dominan el mismo alrededor del mundo[4].

1.4 Estado de desarrollo en Cuba.

Dentro de las fuentes renovables de energía, la hidroenergía ha ocupado a nivel internacional, tradicionalmente, un lugar preponderante desde tiempos remotos hasta nuestros días. Entre sus principales características sobresale el hecho de que se trata de una tecnología segura y eficiente que ha mantenido un desarrollo constante hasta los momentos actuales.[5].

En Cuba, en las zonas montañosas de las provincias orientales, aún se conservan ruinas de asentamientos de colonos que demuestran que ya en el siglo pasado se utilizaba en nuestro país la energía hidráulica para mover despulpadoras de café, y molinos de granos entre otros usos.

La Hidroenergía como fuente para la



PCHE Zaza de 2700 kW en S. Spiritus.



Equipamiento Micro Río Grande de 7 kW, en Guama, Sgto. de Cuba.

generación también data del siglo pasado, cuando se pusieron en explotación pequeñas instalaciones hidroeléctricas, aún en explotación. **Ejemplo:** PCHE El Guaso con 1800 kW, San Blas con 2000 kW, Piloto con 295 kW, San Vicente con 71 kW y Barranca con 200 kW.[12].

En el país existen 180 instalaciones con una potencia instalada de 65 MW y una generación de energía eléctrica al año de 130 000 MWh, esta cifra representa un ahorro de 35 000 toneladas de combustible equivalente. En los 45 años de explotación de la Central Hidroeléctrica de Hanabanilla, se ha generado una energía de 2 900 GWh, con un ahorro de combustible equivalente a 807 057 toneladas. [6].



PCHE Nuevo Mundo de 2000 kW, en Moa, Holguín.

El impacto social de la hidroenergía se refleja en las más de 35 000 personas y más de 500 objetivos económicos sociales, es importante resaltar los 300 000 beneficiados cuando las hidroeléctricas trabajan aisladas.(Ver Anexo 1)

En los últimos 10 años la mayoría de las hidroeléctricas del país han dejado de emitir a la atmósfera más de 140 000 ton de CO₂. En la actualidad tenemos dos PCHE en proceso de construcción, Nuevo Mundo (Moa) de 2000 kW al 98.8% de ejecución, en Holguín y Bueycito de 1450 kW al 83 % de ejecución, en Granma. Con la puesta en marcha de estas instalaciones hidroeléctricas se incrementa la producción de electricidad en 23 500 MWh al año, lo que representaría un ahorro de combustible de 5000 ton, dejándose de emitir a la Atmósfera 20 000 ton de CO₂. [7].

1.4 Potencial existente con posibilidades de desarrollar, inversiones factibles de acometer •

La construcción de hidroeléctricas se enmarca en el programa de la Revolución Energética emprendida en la Isla en el año 2005 para incrementar el ahorro de electricidad y explotar fuentes renovables de energía. Las nuevas hidroeléctricas se sumarán a las 180 que

funcionan en el país -aportan 60 megawatts-, y que "adicionalmente están en fase de desarrollo otros 12 proyectos de minihidroeléctricas, que serán construidas en colaboración con China", el segundo socio comercial de la Isla. .

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) ha trabajado durante varios años en la identificación del potencial hidroenergético aprovechable del país, estudiando los principales ríos de Cuba y realizando estudios de factibilidad del aprovechamiento hidroenergético de las presas construidas. Los resultados de los estudios ejecutados hasta el presente por la Unión de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos, han demostrado 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 estudiados 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 (SEN). Se estima que en las hidroeléctricas de posible construcción en Cuba se podrían generar unos 1 210 GWh anuales, que representarían aproximadamente un 10% de la generación media anual del país, equivalente a unas 360 MTM de petróleo.

Se desarrolla un programa de mantenimiento y reparación de estas instalaciones, lo que ha permitido un incremento sostenido de la generación de energía, así como, el mejoramiento del servicio que prestan, manteniendo en operación como promedio más del 90% de estas. Su distribución territorial se aprecia en la tabla 1. La generación total de las instalaciones en operación y los ingresos por la venta de energía se ha incrementado cada año, obteniéndose los resultados que se exponen en la tabla 2. El 85% de esta energía se produce en las 27 instalaciones que están conectadas al Sistema Electroenergético Nacional, sin embargo, aún existe un gran número de minicentrales con un bajo factor de carga, dado en muchos casos por la falta de usuarios o el bajo consumo de energía de estos y en otros por el mal estado de las instalaciones que no permite un aprovechamiento adecuado del potencial hidroenergético existente en sus lugares de ubicación.[7].

Se trabaja en el incremento de la calidad de la energía que se entrega a los usuarios, estando en proceso de desarrollo un prototipo de regulador electrónico de carga, que garantice la

estabilidad de los parámetros de la energía y una mayor protección para los equipos electrodomésticos. Se buscan otras alternativas para este problema.

Se continúa buscando opciones para diversificar los usos finales de la energía disponible en cada instalación y se promueve el incremento de la reparación y venta de lámparas y efectos electrodomésticos a los usuarios.

Otras de las medidas para incrementar el aprovechamiento del potencial hidroenergético existente, es el desarrollo de un programa de capacitación para los trabajadores vinculados directamente a la actividad hidroenergética. Este comprende cursos anuales para los operadores de las instalaciones, además de otros cursos para los ingenieros y técnicos existentes en las áreas de hidroenergía, así como para el resto de los especialistas de las empresas de proyecto.[9].

De esa forma podría aprovecharse cada gota de agua que hoy deja de emplearse para el consumo humano, animal o el riego de los cultivos, incluso la que se desborda cuando se abren las cortinas de las presas ante el azote de fuertes lluvias, en Cuba con las nuevas tecnología que hay el mundo se pueden construir más de mil instalaciones hidroeléctricas, porque tenemos más de 800 canales y ríos y 800 micropresas.

Existe una considerable infraestructura hidráulica y de una sólida cultura técnica especializada que permiten el desarrollo sostenido del programa hidroenergético, el cual complementa el esfuerzo hidráulico ya realizado. La importancia de su aporte energético que deberá ser creciente, está mayormente vinculado a su estabilidad y autonomía, como a sus ventajas operacionales y a su dispersión territorial, que en caso de necesidad podría permitir mantener activadas numerosas instalaciones y zonas del país.

El programa de minicentrales hidroeléctricas, destinado en lo fundamental a soluciones locales en zonas aisladas, principalmente en las montañas, prevé el aprovechamiento de un potencial de unos 25MW, en algo más de 400 localidades, de las que están construidas. También existen posibilidades

de instalación de centrales hidroeléctricas en las presas existentes y en construcción, que trabajarían en régimen subordinado al riego abasto, con un potencial de unos 70 MW y una generación de alrededor de 200GWh anuales, de las cuales se encuentran en construcción y 2 en fase de inicio, todas ellas en presas ya terminadas.[10]

El equipamiento tecnológico para las obras de 1993 se encuentra en el país para la continuación del programa se considera la construcción de centrales que requieren el completamiento de sus equipos , como las subestaciones de enlace con el Sistema electroenergético como parte de este programa se ha desarrollado en la Industria Mecánica. la producción de diferentes tipos de turbinas y equipos, con calidad exportable, logro ya consolidado que propicia el uso creciente de esta fuente. En la segunda etapa sería la construcción de pequeñas centrales en las presas existentes, en base al desarrollo de la producción nacional de nuevos tipos de turbinas y otros equipos. Según lo decidido se iniciará de inmediato la construcción de los canales del complejo hidroeléctrico Toa- Duaba.[11].

Esta inversión, para la que se dispone de parte de los proyectos, aportara el 55% la potencia hidroeléctrica del país, con una potencia de 360 MW y una generación de unos 660GWh por año por su peso, permitirá flexibilizar hacer más económica las operaciones del Sistema Electroenergético Nacional, evitando el arranque en el pico de las unidades generadoras menos eficientes y reduciendo el consumo de combustible que se produce al disminuir la reserva rodante de las plantas y disponerse de la potencia necesaria para evitar afectaciones a la economía por contingencias o por fallos imprevistos en el sistema. La propia ubicación de esta central en un extremo del sistema contribuirá también a disminuir las pérdidas por transmisión. Su generación y las ventajas señaladas equivaldrán a unas 200 mil toneladas anuales de petróleo combustible.

Se estudian otros posibles aprovechamientos en la cuenca aguas arriba del río Toa, así como en los ríos Agabama y Cujagateje, con un potencial de unos 120 MW y una generación anual superior a los 300 GWh.

Convertir en electricidad el agua embalsada, y hasta aquella que fluye por los pequeños riachuelos de montaña, podría propiciar que Cuba explote en el futuro un potencial hidroenergético de hasta 814 megawatts, los cuales se agregarían al Sistema Electroenergético Nacional. Este programa, que forma parte de la Revolución Energética y busca un mayor aprovechamiento de las energías renovables, se propone entre otras tareas construir 220 hidroeléctricas en las más de 230 presas que actualmente tiene Cuba. No se trata de «cavar» nuevas represas para convertirlas en generadoras de electricidad, sino de utilizar el enorme potencial existente que hoy está completamente subutilizado de esa forma podría aprovecharse cada gota de agua que hoy se usa para el consumo humano, animal o el riego de los cultivos, e incluso aquella que se desborda cuando se abren las cortinas de las presas ante el azote de fuertes lluvias. Todo este líquido, que ahora se desperdicia, de existir las instalaciones adecuadas podría convertirse en energía eléctrica. Sin embargo, para eso el país precisa tanto de financiamiento como de tecnología, por lo cual se ha abierto este campo a la inversión extranjera, lo cual en el futuro inmediato podría contribuir a construir 21 centrales termoeléctricas, así como en el proceso de rehabilitación y modernización de las existentes. A su vez, el programa pretende encontrar colaboración foránea para el entrenamiento de personal especializado en estas tecnologías, y se propone contribuir a revitalizar la industria nacional, explotando la posibilidad de ensamblar en suelo cubano parte del equipamiento necesario para el país e incluso la región, donde la energía hidráulica toma cada vez más fuerza. Usando tecnologías híbridas, que incluyan minihidroeléctricas o pico turbinas, aerogeneradores y paneles solares, se le podría llevar electricidad a unas 600 000 viviendas de zonas rurales. [7].

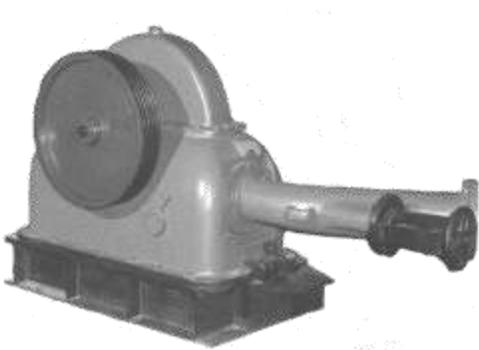
I.6 Turbinas hidráulicas en Cuba.

Un factor esencial del desarrollo hidroenergético lo constituyó la fabricación de turbinas hidráulicas en nuestro país. En 1978 se hizo una primera evaluación y se seleccionaron las mejores posibilidades hidroenergéticas identificadas en aquel momento. Dirigidas al aprovechamiento energético de las presas y embalses construidos por la voluntad hidráulica

desarrollada por la Revolución, que en régimen subordinado a riego y abasto permitirían su uso a costos muy reducidos por ya estar construidas las costosas obras hidráulicas. La instrucción hidráulica en la ISPJAE y los cursos de postgrado impartidos contribuyeron a la formación de la cultura hidroenergética.

También ayudaron las relaciones con la OLADE, a través de la cual se obtuvo información sobre el tema, incluyendo los manuales de diseño para una familia de turbinas de flujo cruzado, el diseño de uno de los modelos de dicha familia, asesoría y un donativo para la construcción del primer prototipo.[8].

Fig. 2 Turbina de impulso tipo Pelton.



Asimismo muy temprano se logró la participación en cursos sobre el tema en Colombia, Brasil, China y Checoslovaquia por parte de ingenieros y especialistas de toda Cuba que trabajan en la rama hidroenergética.

Ya a principios de los años ochenta el país pudo contar con los manuales de diseño y con los elementos y criterios más utilizados en este tipo de obras, tales como los procedentes de países como Brasil, Perú, China, Checoslovaquia, etc. y de instituciones como la OLADE y la Nosaki de Japón entre otras. Se contó también, desde luego, con los materiales clásicos sobre el tema, soviéticos, checoslovacos y norteamericanos. Todo esto se puso en manos de las empresas hidráulicas, las áreas energéticas y los expertos y colaboradores en todos los territorios.

Desde 1982 el entonces Instituto de Hidroeconomía distribuyó en todas sus empresas de proyectos la Guía Metodológica sobre la Precisión del Inventario y los Estudios Preliminares para Mini y Microcentrales Hidroeléctricas, trabajo que ha sido enriquecido con la cultura desarrollada y las experiencias de más de 200 centrales construidas a lo largo de estos años. Al mismo tiempo se comenzó a buscar apoyo para este empeño, en el entonces campo socialista, con el propósito de llegar a construir en el país turbinas Francis para pequeñas centrales hidroeléctricas.

En 1982 se comenzaron las negociaciones y el estudio de la factibilidad concreta de su producción en el Combinado Sidero- Mecánico "Fabric Aguilar", de Santa Clara (Planta Mecánica) gracias a las posibilidades brindadas por Checoslovaquia y en particular la fábrica CDK Blansko de reconocido prestigio a nivel mundial.

En 1983, por la vía de ONUDI-Viena, se recibió la cooperación de dos especialistas de alto nivel y experiencia que por un período de ocho meses elaboraron de conjunto con los técnicos cubanos, un trabajo de normalización de las series de turbinas más recomendables para la explotación de nuestro potencial hidroenergético a partir de los datos estadísticos del entonces Instituto de Hidroeconomía

.
La primera familia de turbinas de impulso se diseñó, en Cuba en esa época, con el apoyo de los asesores y el trabajo de los especialistas cubanos en los talleres de Planta Mecánica y luego fueron homologadas con los modelos del instituto de Alma-Atá. Esta familia cubre el rango más característico de los requerimientos para el aprovechamiento hidroenergético en nuestras montañas, donde en su gran mayoría se presentan arroyos de pendiente abrupta y poco caudal.[8].

Lo que completaba el rango de trabajo de otra turbina de impulso que ya se había proyectado y fabricado en Cuba gracias a los esfuerzos de un grupo de especialistas y técnicos cubanos entre los que estaban el profesor Pérez Franco del ISPJAE, los hermanos Guardado y un grupo de compañeros de Cubana de Acero.

También se habían construido otras turbinas de impulso tipo Pelton diseñadas fuera de la industria mecánica que ayudaron en buena medida al despegue inicial del programa antes del desarrollo de la producción mecánica industrial. Entre estas se pueden mencionar las desarrolladas por Jorge Pérez en Granma, Liborio Osorio en Mayarí, Rogers Fernández en Guantánamo y en el ITM.

Como resultado de un trabajo muchos de años se logra contratar una licencia para la fabricación de turbinas Francis (F-30 H), adquirir dos pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHE) para construir las cooperadamente y facilitar la capacitación y la transferencia de conocimientos a obreros y técnicos cubanos.

Se adquirieron no sólo el topográfico (licencias) de la familia, sino los diseños completos para dos modelos horizontal y vertical (Carlos M. De Céspedes y Chambas), que cubren la gran mayoría de nuestras necesidades y al fin, en 1988, se firmó la licencia que incluyó asistencia técnica y el entrenamiento al personal cubano.

Adicionalmente, para el programa de minicentrales y microcentrales en mayo de 1985 se logró adquirir a un precio sólo simbólico (lo que costó la reproducción) la documentación técnica para la producción de una turbina de flujo cruzado para microcentrales y de una turbina de propela simple para aprovechar algunas presas.

Los productores de turbinas de Planta Mecánica también han recibido entrenamientos en fábricas de turbinas muy prestigiosas, han visitado a numerosos productores y han recibido valiosa asesoría técnica, fundamentalmente en Checoslovaquia, China, Corea, URSS y Albania.

Además se han realizado cursos y encuentros a todos los niveles con participación internacional de expertos con los que se han realizado consultas e intercambios. En la medida de las posibilidades, que fueron bastante en los años ochenta, se ha mantenido un nivel de información técnica sobre estas temáticas muy actualizado, tanto a los territorios como a los especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y la industria Mecánica.[8].

En 1987 para el Segundo Fórum Nacional de Energía se publicó un manual cubano para mini, micro y pequeñas centrales hidroeléctricas, que recoge una buena cantidad de información técnica y económica sobre las diferentes especialidades que conforman el tema, así como los principales criterios estratégicos que lo sustentan. Cientos de ejemplares de este material fueron distribuidos en todo el país.

Las turbinas de flujo cruzado, más simples que las de reacción, desarrolladas en Planta Mecánica según documentos y asesoría de OLADE y con documentación checoslovaca, permitieron desarrollar dos modelos complementarios para aprovechamiento con bajas cargas y mayores flujos, fundamentalmente para microcentrales. Las experiencias de muchos prototipos instalados, junto con su explotación, permitieron su perfeccionamiento. Aunque ya poseemos un buen regulador electrónico, un trecho aún mayor queda en el desarrollo de reguladores hidráulicos y electrohidráulicos, sobre todo para las PCHE, camino ya iniciado a través de la adquisición de documentación y modelos aún no materializados.

La importancia del desarrollo hidroenergético del país está en su mayoría vinculado junto a su bajo impacto ambiental, a su estabilidad y autonomía, a sus ventajas operacionales y a su dispersión territorial, que en caso de necesidad permitiría mantener activadas numerosas instalaciones y zonas del país. El establecimiento de los criterios de diseño para las centrales hidroeléctricas y de selección del tipo de turbina idónea para cada aprovechamiento específico ha sido un factor decisivo en el desarrollo hidroenergético del país. Por eso amerita que en el próximo número de esta revista se trate sobre este punto tan interesante e importante en la economía energética de Cuba .establecer los criterios de diseño para las centrales hidroeléctricas y de selección de los tipos de turbina para cada uso específico es un factor decisivo en el desarrollo hidroenergético del país.

Los resultados de los ensayos de modelos registrados en monogramas para las diferentes posibilidades de uso donde se señala la eficiencia específica de las máquinas, conforman el gráfico conocido como "topográfico" de la familia o grupo de turbinas de un tipo.[8].

I.7 Potenciales de ahorros en Cuba.

Cuba ahorró en el periodo 2007-2008 más de 50 mil toneladas de combustible equivalente mediante el uso de la hidroenergía, como "resultado de un incremento en la disponibilidad de sus instalaciones y el fortalecimiento de la actividad. El resultado del estudio realizado, determinó que en las presas existentes es posible construir 220 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, con una generación media anual de 210 GWh, de estos, se actualizaron los estudios de factibilidad de 21 PCHE.

La suma total del aprovechamiento hidroenergético a filo de agua, en presas construidas y las hidroacumuladoras, suma una potencia a instalar de 848 MW y una generación promedio anual de 1913 GWh, equivalente a un ahorro de combustible de 450 380 ton comparado con la generación de los grupos electrógenos (GE) y por este concepto se dejan de emitir a la atmósfera 1 300 000 ton de CO₂. [14].

Tabla I.1. Provincias con mayores potenciales hidroenergeticos.

No	PROVINCIA	UEB	POT	ENERG	COMB EQUIV	OBSERVACIONES
			MW	MWh	ton	
1	PINAR DEL RIO	PINAR DEL RIO	162	92718	19471	Se incluye la Hidroacumuladora Cajalbana de 120 MW e Hidro Cuyaguatije con 35 MW
2	CIUDAD HABANA	UEB LOGISTICA	0,65	1858	390	Potencial solo en presas
3	HABANA	UEB LOGISTICA	2,6	18136	3809	Potencial en presas
4	MATANZAS	CIENFUEGOS	0,35	2437	512	Potencial en presas
5	VILLA CLARA	VILLA CLARA	53	161233	33859	
6	CIENFUEGOS	CIENFUEGOS	7,8	28600	6006	
7	CIEGO DE AVILA	VILLA CLARA	2,1	9042	1134	
8	SANCTI SPIRITUS	VILLA CLARA	226	28833	6055	Se incluye la Hidroacumuladora Caracusey con 220 MW
9	CAMAGUEY	VILLA CLARA	6,9	32663	6859	
10	LAS TUNAS	GRANMA	1,7	7458	1566	Potencial en presas
11	HOLGUIN	STGO DE CUBA	13,1	64240	14968	
12	GRANMA	GRANMA	17,2	70387	14781	

13	STGO DE CUBA	STGO DE CUBA	87	163015	34233	Se incluye Peladeros con 50 MW
14	GUANTANAMO	GUANTANAMO	267	1228268	305936	
15	ISLA DE JUVENTUD	PINAR DEL RIO	0,6	3812	801	Potencial en presas
TOTAL			847,5	1912700	450380	

1.8 Estudios de factibilidad.

Estudiar la factibilidad técnico-económica, para instalar 220 MW en la segunda Hidroacumuladora en Caracusey de la Provincia Sancti Spiritus, se estudia la factibilidad técnico-económica y la elaboración de proyectos para la ejecución en instalaciones hidroenergéticas, para aprovechar el potencial en más de 700 ríos y canales; así como 800 micros presas. Realizar estudios de factibilidad técnico-económica en las conductoras de agua de los Sistemas de Acueducto para la construcción de minihidroeléctricas.

En la siguiente tabla se listan 23 estudios de factibilidad actualizados, de los cuales 21 están presentados al MEP, estas obras forman parte del programa de desarrollo de la empresa de hidroenergía a corto plazo para incrementar la capacidad instalada y los ahorros de combustible.[10].

Tabla I.2. Principales datos económicos.

No	PCHE	PROV.	PO T.	ENERG.	AHORR. COMB.	CO2 DEJADO EMITIR	VALOR COMB	COSTO TOTAL PCHE	TIEMPO EJEC.	PERIOD. RECUP.
			KW	MWh	ton	ton	MCUC	MCUC	AÑOS	AÑOS
1	Río Yara	Granma	1250	4550	956	3868	640	2.475,0	1	3,9
2	Cauto Paso1	El Granma	1200	3640	764	3094	512	2.376,0	2	4,6
3	Cauto Paso2	El Granma	700	2123	446	1805	299	1.386,0	2	4,6
4	Guisa	Granma	1670	3635	763	3090	511	3.306,6	2	6,5
5	Vicana	Granma	560	1960	412	1666	276	1.108,8	1,5	4,0
6	Pedregal	Granma	178	1538	323	1307	216	352,4	1,2	1,6
7	Cautillo	Granma	1390	3983	836	3386	560	2.752,2	2	4,9
8	Cilantro	Granma	43	150,5	32	128	21	85,1	0,8	4,0
9	Juan Sáez	Tunas	102	357	75	303	50	202,0	0,8	4,0
10	Las Mercedes	Tunas	50	175	37	149	25	99,0	0,8	4,0
11	La Paila	P. del Río	770	4350	914	3698	612	1.524,6	6	2,5
12	Juventud	P. del Río	720	4000	840	3400	563	1.425,6	1,6	2,5
13	Los Palacios	P. del Río	720	3680	773	3128	518	1.425,6	1,6	2,8

14	Minerva	Villa Clara	1460	3000	630	2550	422	2.890,8	1,8	6,8
15	Alacranes	Villa Clara	3000	13300	2793	11305	1871	5.940,0	2	3,2
16	Abreus	Cienfuegos	500	2600	546	2210	366	990,0	1,5	2,7
17	Lebrijes	S.Spíritus	1260	3000	630	2550	422	2.494,8	1,5	5,9
18	Tuiniquí	S.Spíritus	986	2600	546	2210	366	1.952,3	1,8	5,3
19	La Felicidad	S.Spíritus	800	2000	420	1700	281	1.584,0	1,7	5,6
20	Jimaguayú	Camagüey	560	3000	630	2550	422	1.108,8	2	2,6
21	Najasa I	Camagüey	360	900	189	765	127	712,8	1,5	5,6
22	Najasa II	Camagüey	225	736,00	154,56	626	104	445,5	0,8	4,3
23	Porvenir	Camagüey	360	873,4	183,414	742	123	712,8	0,8	5,8
TOTAL			18864	66151	13892	56228,5	9307,5	37350,7		

1.9 Potencial humano especializado.

El grupo nacional de energía hidráulica terrestre está integrado por más de 250 miembros, donde se incluyen de 60 integrantes de diferentes organismos e instituciones a todo lo largo y ancho del país, desglosado de la siguiente forma, 5 doctores, 7 máster en ciencias, 230 ingenieros, técnicos y operadores de hidroeléctricas. La principal fortaleza es la Empresa de Hidroenergía con 939 trabajadores que accionan desde la dirección central hasta los usuarios.

Tabla I.3 Potencial humano de la Empresa de Hidroenergía.

Capital Humano Empresa Hidroenergía	Plantilla	Dirigentes y administrativos	Técnicos	Servicios y Otros
Oficina Central	58	7	46	5
UEB Log y Mtto	83	2	17	64
Pinar del Río	66	1	19	46
Cienfuegos	79	1	14	64
Villa Clara	96	1	18	77
Granma	172	1	32	139
Santiago de Cuba	169	2	36	131
Guantánamo	216	1	31	184
TOTAL	939	16	213	710

1.10. Principales instituciones de ciencia y tecnología del país relacionadas con la misión del grupo.

- INRH (Grupo de Proyecto, Grupo de Aprovechamiento Hidráulico),
- Centro de Investigaciones de Tecnologías Apropriadas CITA),
- CITMA (Centro de Gestión de Programas Priorizados, Cubaenergía),
- MICONS (Dirección de Normalización, Dirección de Hidráulica, Empresas Constructoras).
- SIME (Planta mecánica de Villa Clara).

MES (Centro de Estudio de Termoenergética Azucarera (CETA, UCLV), Centro de Estudio de Energías Renovables (CETER, CUJAE), Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH, CUJAE), Centro de Estudios de Eficiencia Energética (CEEE, UOTE), Dpto de Energía y Mecanización Agropecuaria UGTM),

- MINAG, MINAZ, MINFAR, ONHG, MINREX, MINREX, IPF, CAP, MINED, ONN .Biblioteca Nacional y bibliotecas especializadas. [10].

1.11 Programa de Desarrollo de la Hidroenergía.

El Grupo Nacional de Hidráulica cuenta con un programa de desarrollo estratégico hasta el 2020, enmarcado para su materialización en tres etapas.

ETAPAS	POT. INST.	ENERGIA	COMB. EQUIV.	VALOR DEL COMB.	CO2 DEJADO DE EMITIR	INVERSIÓN TOTAL	RECU PERACIÓN
	MW	MWh	t	MCUC	t	MCUC	AÑOS
PRIMERA 2009-2010	10	38000	7980	3192	30400	20000	6
SEGUNDA 2011-2015	30	122000	25620	10248	97600	60000	6
TERCERA 2016-2020	200	240000	64680	31584	192000	437000,4	14
TOTAL	240	400000	98280	45024	320 000	517000	11

1ra etapa. Desarrollo a corto plazo 2009-2010.

1. Terminar la construcción de la PCHE MOA de 2,0 MW, BUEYCITO de 1,5 MW y asegurar el equipamiento para la construcción de la PCHE BARAGUA de 1,4 MW.

2. Rehabilitar 10 instalaciones hidroeléctricas afectadas por los huracanes Ike y Gustav, dotadas de modernas tecnologías procedentes de Rusia de alta eficiencia y durabilidad.
3. Firma del contrato de la PCHE Tuinicú con Bulgaria, Loma de la Cruz con Austria y PCHE Guisa con Irán.
 - Para la contrataciones se realiza análisis integral y comparativo de las ofertas: costos de inversión y de operación, eficiencia de la tecnología, adaptabilidad a las condiciones de Cuba, durabilidad, garantía de piezas de repuesto y operatividad.
4. Concluir la rehabilitación y modernización de cuatro mini hidroeléctricas.
5. Ejecutar cuatro nuevas PCHE e impulsar los demás proyectos con soluciones tecnológicas para optimizar los costos y disminuir los plazos de ejecución de la obra civil.[13].

Tabla1.4 Principales compromisos y acuerdos contraídos o en proceso de negociación para dar cumplimiento al programa.

No	PAIS	EMPRESA O FIRMA	TEMA	TIPO DE ACUERDO	AÑO
1	BULGARIA	HIDROENERGO PROEKT S.A.	DESARROLLO DE PROYECTOS Y ESTUDIOS EN LA HIDROENERGÍA	ACTA DE INTENCIÓN	30-10-07
2	BULGARIA	NELBO S.A.	ENERGÍA RENOVABLE, TERMOBOMBAS	ACTA DE INTENCIÓN	30-10-07
3	BULGARIA	VAP-HYDRO	PROYECTO PCHE TUINICU DE 986 KW	ACTA DE INTENCIÓN MEMORANDUM CONTRATACIÓN	30-10-07 14-07-08
4	AUSTRIA	JANK TURBINE	PROYECTO MINI LOMA DE LA CRUZ 480 kW	CONTRATACIÓN	22-02-07
5	IRAN	SUNIR	PROYECTO PCHE GUISA Y JUAN SAEZ		29-07-08
6	CHINA	CORPORACIÓN NACIONAL DE EQUIPOS ELECTRICOS DE CHINA (CNEEC).	<ul style="list-style-type: none"> • PROYECTO 4 PCHE DE LAS 21 • PROGRAMA DE DESARROLLO HASTA EL 2020 • DIRECTIVAS DE NEGOCIACIÓN 	ACTA DE INTENCIÓN MEMORANDUM	19-01-08
7	RUSIA	INTER RAOUES	CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE PCHE	ACTA DE INTENCIÓN	24-11-08
8	ESPAÑA	SOLARIA	MODULOS FOTOVOLTAICOS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL.		3-12-08
9	GUATEMALA	INDEC S.A	COLABORACIÓN E	MEMORANDUM	2-03-07

			INTERCAMBIO DE EXPERIENCIA EN PCHE		
10	HONDURAS	CONGELSA	ASESORIA TECNICA PARA CONSTRUCCIÓN DE PCHE		28-03-07
11	VENEZUELA	EDELCA	EJECUCIÓN DEL PROYECTO LAS NUEVAS	ACTA DE INTENCIÓN	5-05-08
12	NICARAGUA	GOBIERNO	ASESORIA TECNICA PARA CONSTRUCCIÓN DE PCHE	FASE NEGOCIACIÓN	20-02-09
13	COLOMBIA	IPSE S.A	DESARROLLO DE PROYECTOS Y ESTUDIOS Y COLABORACIÓN EN LA HIDROENERGÍA	FASE NEGOCIACIÓN	8-03-08
14	HUNGRIA	PROJECT INVEST	ENERGÍA RENOVABLE, HIDROENERGÍA	FASE NEGOCIACIÓN	15-02-09
15	ALEMANIA	FELLA Maschinenba GMBH	NUEVAS TURBINAS SUMERGIBLES	FASE NEGOCIACIÓN	12-02-09

2ra etapa. Desarrollo a mediano plazo 2011-2015.

1. Gestionar financiamiento de 60 millones de dólares para ejecutar la construcción de 21 PCHE con una potencia instalada de 30 MW.
2. Gestionar 27 millones de dólares para comenzar la rehabilitación y modernización de 180 instalaciones hidroeléctricas.
3. Crear las brigadas especializadas mixtas para la construcción de 21 PCHE.
4. Realizar progresivamente los estudios de factibilidad técnico económica (EFTE) de 200 hidroeléctricas en presas construidas para instalar una potencia de 80 MW, introduciendo diseño de soluciones modernas más eficientes que permitan un mejor aprovechamiento del recurso agua con un menor impacto ambiental.
5. Actualizar el potencial hidroenergético del país, que se estima en más de 848 MW.

3ra etapa. A largo plazo 2016-2020.

Realizar inversiones por un monto de 400 millones de dólares para la construcción y montaje de 220 PCHE y la primera Hidroacumuladora en Cuba de 120 MW.

1. Terminar y evaluar el EFTE de la Hidroacumuladora CARACUSEY de 220 MW en la Provincia Sancti Spiritus.
2. Realizar los EFTE y elaborar proyecto de ejecución de PCHE para aprovechar el potencial hidroenergético en más de 700 ríos, canales y 800 micro presas.

3. Evaluar el potencial hidroenergético en más de 22 mil Km de tuberías del Sistema de Acueducto y Abasto de Agua en el país.
4. Realizar proyectos de pequeñas instalaciones hidroeléctricas en la Región de América Latina y el Caribe como parte de los programas del ALBA y PETROCARIBE.[16].

1.12 Inversiones en proceso y a largo plazo.

El amplio programa hidráulico desarrollado en Cuba durante los últimos 40 años constituye un soporte de gran importancia para el aprovechamiento del potencial hidroenergético, pues si se evalúa una hidroeléctrica en su conjunto, la presa representa en el mayor de los casos, más del 50% de la inversión.

Las 221 presas construidas, dedicadas fundamentalmente al riego, mantienen muy buenas condiciones de explotación, con las tuberías presión instaladas en la mayor parte de ellas; por lo que existen las condiciones requeridas para el montaje de las hidroeléctricas. En estas presas y en las que se construyen en la actualidad, se han realizado estudios de prefactibilidad, contándose con la información necesaria para la selección del equipamiento adecuado, siendo éstas la primera prioridad en el programa hidroenergético que se ha concebido. Dentro del programa de inversiones que se venía desarrollando en la década del 80, varias instalaciones hidroenergéticas quedaron en diferentes etapas del proceso inversionista. Se han estado realizando esfuerzos para concluir estas obras, algunas de las cuales se concluyeron en los últimos años,

Se encuentran en diferentes etapas constructivas 6 pequeñas centrales hidroeléctricas con una potencia de 10.4 MW y una energía media anual de 60GWh. Se dispone del equipamiento necesario para modernizar 4 Minihidroeléctricas con una potencia de 865 kW y una energía media anual de 5 GWh. Se trabaja para el aseguramiento de las piezas de repuestos, en la gestión de su financiamiento y en la preparación del capital humano, para el aprovechamiento del potencial hidroenergético y sustituir importaciones, proteger el medio ambiente y beneficiar a las comunidades aisladas no electrificadas fundamentalmente la población

serrana. Dotar las hidroeléctricas para que funcionen sincronizadas al SEN y de forma aislada

Tabla1.5 Inversiones en procesos.

Año	PCHE	Provincia	Potencia kW	Energía media GWh /año
2002	Zaza	S.Spíritus	2700	13
2002	P.Baraguá	Sgto. de Cuba	1460	705
2002	Bueycito	Granma	1260	5.2
2002	Corajo	Granma	2000	13.0
2002	Moa	Holguín	2000	16.0
2002	Chambas	C. Ávila	1100	3.2
Total			10520	57.9

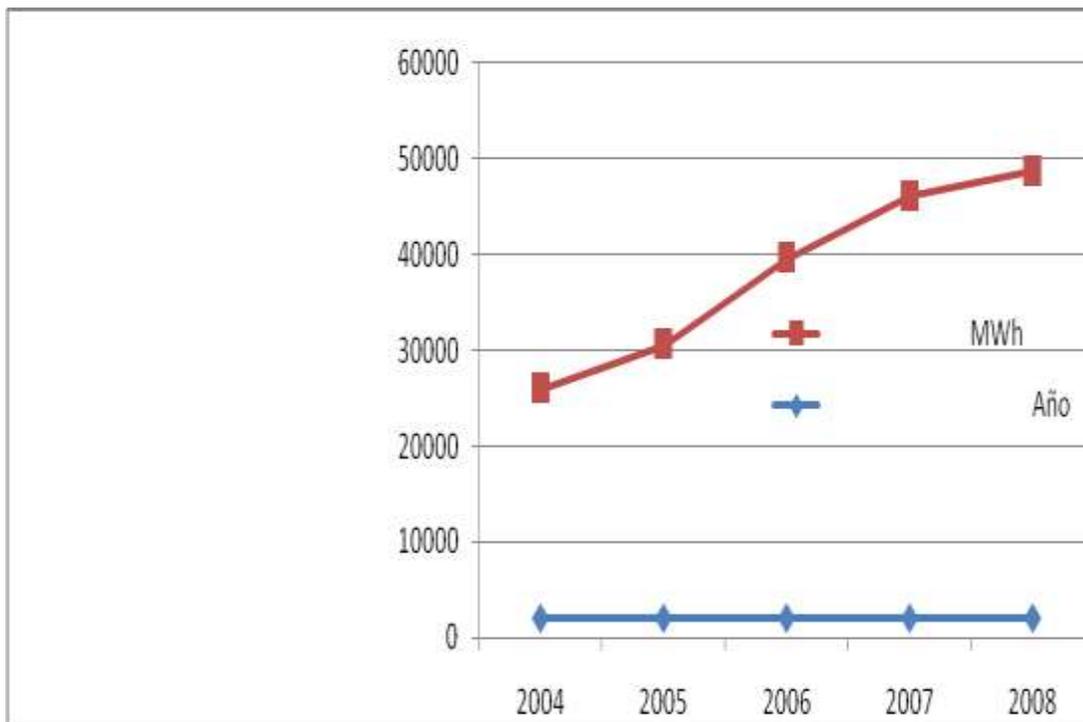
1.13 Generación de electricidad.

Queremos señalar que a pesar de las dificultades, y las afectaciones climatológicas sufridas por los huracanes, tanto en las presas, las tuberías y en las instalaciones que estuvieron paralizadas el 80% de las 180 instalaciones con que cuenta el país, la Empresa de Hidroenergía en el 2008, rompe su plan de generación y mantiene su crecimiento sostenido

en la generación en los últimos 5 años como se refleja en la tabla. proponiéndose crecer en un 20%, la generación en el año 2009.

Tabla1.5 Generación eléctrica en los últimos 5 años (MWh).

No	Años	Generación (MWh)		
		Aisladas	Al SEN	Total
1	2004	4943.3	19049.3	23992.6
2	2005	4858.8	23755.5	28614.3
3	2006	5205.5	32452.9	37658.4
4	2007	39040.2	5045.7	44085.9
5	2008	4731.9	42027.7	46759.6



Conclusiones parciales.

- 1.** Hoy en día la energía por hidroeléctrica sigue siendo la energía renovable más utilizada en todo el mundo y se estima que la misma representa el 16,6 % (más de 740 millones MW) de la capacidad mundial instalada y un 92 % del total de las fuentes de energías renovables.
- 2.** Las nuevas concepciones para el desarrollo de un sistema electroenergético más eficiente y seguro en Cuba comprenden un programa intensivo de investigación y desarrollo del uso de la energía hidráulica.
- 3.** El establecimiento de los criterios de diseño para las centrales hidroeléctricas y de selección del tipo de turbina idónea para cada aprovechamiento específico ha sido un factor decisivo en el desarrollo hidroenergético del país.
- 4.** La empresa de Hidroenergía en Cuba ha mantenido un avance sostenido con logros progresivos en sus más de 30 años de existencia, perfeccionando su organización empresarial e incrementando y diversificando el servicio eléctrico en los asentamientos serranos, ahorrándole combustible al país por concepto de generación limpia, renovable y disminuyendo el éxodo de los campesinos del campo a la ciudad.
- 5.** Entre las medidas para incrementar el aprovechamiento del potencial hidroenergético existente, está el desarrollo de un programa de capacitación para los trabajadores vinculados directamente a la actividad hidroenergética, haciendo énfasis en los conceptos de gestión y eficiencia energética.

Capítulo II: Caracterización de la Hidroenergía en la provincia de Cienfuegos.

2.1 La gestión de la energía en la Empresa de Hidroenergía.

La Empresa de Hidroenergía Cienfuegos es una Organización estatal cubana, perteneciente a la Unión Nacional Eléctrica (UNE) del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), la cual tiene su Oficina con domicilio legal en la calle Seibabo final s/n en el Municipio de Cumanayagua. Teniendo como Misión Generar y comercializar energía eléctrica con una explotación eficiente y eficaz de sus instalaciones que garantice la satisfacción de los clientes y un desarrollo sostenible en el territorio nacional y en su Visión la de contar con cuadros y trabajadores preparados técnica y profesionalmente, que unido a sus procesos inversionistas a corto, mediano y largo plazo logren una estructura funcional sólida para cumplir con su misión y que conviertan a la Empresa de Hidroenergía en líder de la energía renovable en la provincia.

Objeto social:

1. Generar y suministrar energía eléctrica al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), en pesos cubanos.
2. Generar, suministrar y comercializar de forma minorista energía eléctrica a sistemas no conectados a la red nacional, en pesos cubanos.
3. Brindar servicio de enrollado de generadores y motores eléctricos y de reparación de bombas de pozos profundos, en pesos cubanos y pesos convertibles.
4. Construir, reparar y dar mantenimiento a paneles eléctricos, al sistema del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), en pesos cubanos y pesos convertibles.
5. Brindar servicios de alquiler de equipos de construcción, transporte especializado, complementarios y grupo de electrógenos; de molinado de granos, de procesamiento de la madera en bolos, afilado de instrumentos y de recarga de acumuladores, en pesos cubanos.

6. Ofrecer servicios de reparación y mantenimiento de equipos automotores, en pesos cubanos.

7. Prestar servicios de comedor a sus trabajadores y en el caso de aquellos trabajadores que laboran en difíciles condiciones de acceso, se le venderá productos alimenticios crudos, en pesos cubanos.

8. Comercializar de forma minorista excedentes de productos agrícolas, procedentes del autoconsumo, a los trabajadores y a través del mercado agropecuario estatal, en pesos cubanos.

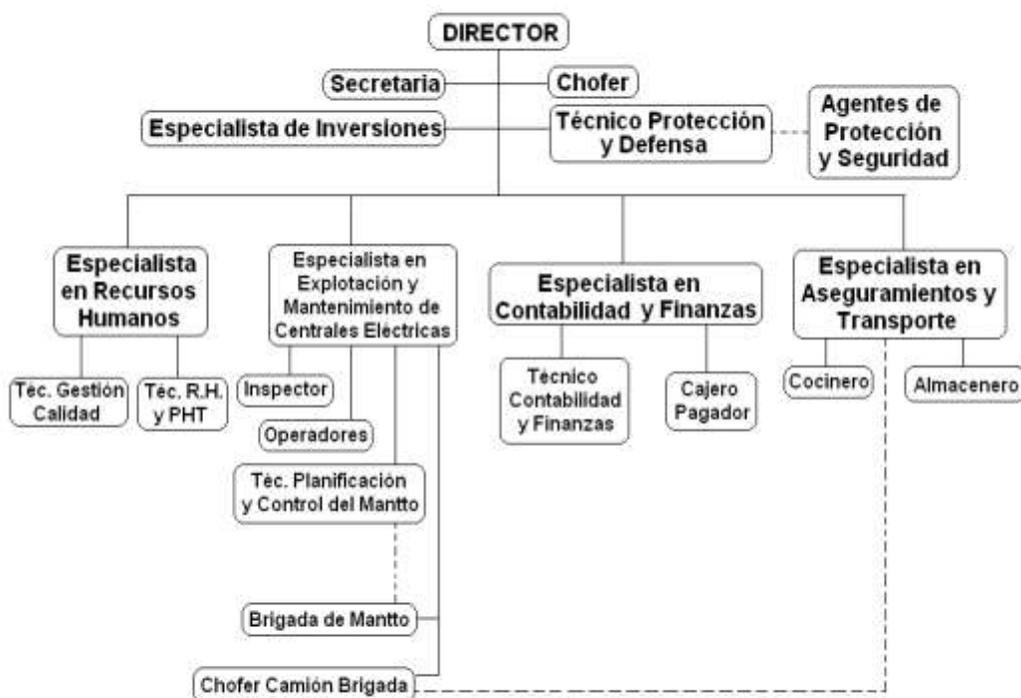
Política de la calidad.

La empresa de Hidroenergía, con un liderazgo extendido a todos sus directivos tiene el compromiso de mantener y mejorar continuamente la disponibilidad y confiabilidad de sus instalaciones Hidroenergéticas, implementando y manteniendo un Sistema de Gestión de la Calidad, asegurando la mejora continua de su eficacia, según los requisitos de la norma NC ISO 9001:2008, satisfaciendo las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas, cumpliendo con los requisitos legales reglamentarios aplicables y trabajando en la integración de los sistemas basados en las normas: NC 18001:2005 y la NC ISO 14001:2004, de tal manera que se alcancen niveles tolerables de Seguridad y Salud del Trabajo, con la incorporación de la dimensión ambiental, minimizar sus impactos, ahorrar y aprovechar al máximo los recursos naturales, capacitar y motivar a los trabajadores para así contribuir con sus acciones al logro de un desarrollo sustentable.

La Dirección asegura que la planificación estratégica del Sistema de gestión de la calidad se realiza con los recursos necesarios para alcanzar los Objetivos de la Calidad tanto generales como particulares a cada nivel, acorde con los documentos que evidencian la gestión de cada proceso, así como el Plan de Acción que se incluye con los Objetivos Estratégicos de la Empresa . Éste accionar garantiza la integridad del Sistema aún cuando se planifican e implementan cambios en el mismo, basándose fundamentalmente en la comunicación interna establecida en la Empresa.

La Empresa tiene una alta responsabilidad en el desarrollo socio-económico de la provincia y en especial, con la población serrana del municipio de Cumanayagua, garantizándole una energía limpia y renovable.

ORGANIGRAMA DE LA U.E.B. HIDROENERGÍA CIENFUEGOS



2.2 La Energía Hidráulica en la provincia.

Esta es la fuente de energía renovable que más se ha difundido en los últimos años en nuestro territorio, comprendiendo instalaciones del tipo PCHE, arietes y sifones.

Arietes hidráulicos.

Se ha incursionado en la construcción de arietes hidráulicos, estas máquinas que sin otro combustible que la propia agua son capaces de elevar el líquido hasta alturas de 10 a 12 veces mayores que la de la toma de alimentación.

En nuestro territorio se han instalado varios de estos equipos diseñados y fabricados por CITA Camagüey. Se destacan los instalados en el asentamiento El Mamey los que han resultado un problema histórico de ese lugar, el abasto de agua de calidad. Pero sin lugar a dudas el mayor merito lo tienen las ya más de 70 construidas, de diferentes capacidades y tamaños, que están diseminadas por todo nuestro territorio, gozando de una buena aceptación por los campesinos. En estos momentos se incursiona en el uso de bombas de arietes para el regadío con surtidores, el cual se está aplicando para la obtención de semillas y para la lombricultura

Sifones hidráulicos.

.La utilización de sifones hidráulicos ha llegado a nuestro territorio para resolver un gran problema, logrando utilizar el agua de nuestras presas y canales en aquellos lugares donde no se construyeron obras de toma como por ejemplo en la presa Avilés y los canales Trasvase y Magistral se encuentran subutilizados por el déficit de sistemas de riego en la agricultura tanto cañera como de cultivos varios. Por ello se da posibilidad de que esta agua se aprovechada para otros fines. Con la utilización de los sifones hidráulicos se ha logrado vencer las alturas del talud de los canales y de la presa, lográndose instalar un total de 70 sifones, los que son capaces de extraer 1.1 m^3 /seg. de agua. Entre esos sistemas de riego se destacan los construido sobre la cortina de la presa Avilés por la Empresa de Cítricos Arimao; para el abasto de 3.1 caballerías de tierras dedicadas fundamentalmente a los cultivos varios y a la cosecha de arroz, cultivo este que requiere de grandes volúmenes de agua; y por la UBPC Tabloncito, perteneciente a la Empresa Pecuaria el Tablón, la que dedica el agua a la ganadería y a los cultivos varios. El sector campesino se ha beneficiado con esta técnica ya que ha podido sustituir sus motobombas por estos sistemas, que además de no utilizar combustible no requieren de mantenimiento para su explotación. De esta forma también se evitan posibles contaminaciones de las aguas.[20].

2.3 Generación de electricidad a partir de las Minihidroeléctricas.

Uno de los mayores potenciales de ahorro de energía en esta provincia están a partir de esta fuente renovable por su impacto socio ambiental y económica con la interconexión de algunas de ellas al SEN para aprovechar al máximo todo este potencial, como son los casos de El Mamey, El Naranjo (400 kW) y El Nicho (Ver Anexo 2), con abundante agua durante todo el año, la construcción en la presa Avilés de Cumanayagua de una Pequeña Central Hidroeléctrica de 800kW de potencia, y otra en Abreús de igual potencia, existen proyectos de cooperación internacional con el PNUD y otras organizaciones, donde se han rehabilitados los sistemas eléctricos, cambios de transformadores y tuberías en Cimarrones y Hoyo Padilla para elevar y mejorar los potenciales disponibles y crear mini circuitos aislados como es el caso de Vega del Café, Río Chiquito, San José y Yaguanabo Arriba, con generación por fuentes renovables combinadas, (Fotovoltaica, Aéreo-generadores, Hidráulica, biogás para la generación), se trabaja en la Pequeña Central Hidroeléctrica de SAN BLAS, para llevar su capacidad de generación a 2.0 MW y se estudian otras presas , ríos y saltos naturales aun sin explotación.

.El funcionamiento de pequeñas minihidroeléctricas ó las llamadas picos centrales hidroeléctricas ubicadas en el Escambray sureño, repercute en el medio ambiente y en el desarrollo tanto económico, político y social de sus pobladores, dándole servicio eléctrico a 45 viviendas de campesinos aislados, a los cuales sería muy difícil brindarles este servicio por otra vía, que no sean las fuentes renovables de energía. Son beneficiadas 118 personas, las que están agradecidas de las bondades del servicio eléctrico que ellos mismos producen ascendente a 4230 kWh al año

En nuestra zona montañosa existen 16 instalaciones hidrogeneradoras que brindan servicio eléctrico al 45% de la población serrana; a la cual por su lejanía no es posible electrificar a partir de las redes de Sistema Electro energético Nacional (SEN.) ó de plantas de combustión interna, que producen un nocivo impacto al medio ambiente y tienen un gran costo adicional.

La electrificación de una parte de la población de nuestra montaña, a partir de la Hidroenergía, ha aumentado considerablemente el nivel de vida de los mismos. Además el 74 % de la energía generada es entregada al SEN., para de esa forma disminuir el uso de fuentes

convencionales de energía y por tanto disminuir la emisión de gases que producen el efecto invernadero. La explotación de estas instalaciones generadoras se ha conjugado de una forma armónica con el aprovechamiento de los recursos naturales de la zona y con las costumbres y tradiciones de los pobladores de esos intrincados parajes. Dándole solución al problema social detectado en los asentamientos rurales, que a consecuencia de no tener electricidad emigraban a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida. Se incrementan las acciones de forestación de patios y parcelas aledañas a las áreas deforestadas alrededor de las minis hidroeléctricas, teniendo en cuenta las especificidades del ecosistema, la sequía y la alta incidencia de ciclones tropicales. [20]

Se contempla mejorar la infraestructura para una mejor explotación de las mini hidroeléctricas y que comprenda la instalación de transformadores para el suministro a los consumidores, cambios parciales de postes, líneas de distribución y conductores (Ver anexo), y hermetizar estancamiento y tuberías de los embalses; logrando con ello estabilizar la calidad de la energía eléctrica (Voltaje y frecuencia), elevando la eficiencia de la generación y del aprovechamiento del recurso agua (utilización, niveles de agua en el embalse y aguas abajo de la corriente superficial sin consecuencias adversas para la flora y fauna). Se trabaja para realizar un programa de concientización y educación ambiental en las comunidades, sobre el uso eficiente y el ahorro de energía, prácticas sobre ahorro y uso racional del recurso agua. Se fomentan talleres de creación artística y cultural con la comunidad y en particular con los niños vinculada a la protección y conservación del ecosistema montañoso, sobre uso eficiente y el ahorro de energía

Los proyectos propuestos permiten incrementar la potencia instalada hasta 3.75MW, con una generación anual de electricidad de 3184MWh, y un ahorro de combustible de 50 500 ton, valoradas en 2963326 CUC, también se dejan de emitir a la atmósfera 1797 ton de CO₂.

Con los ahorros de combustible y la bonificación de los bonos de CO₂ dejado de emitir, se pagan las inversiones. [18].

2.4 Situación Actual.

El territorio cuenta con 16 instalaciones de este tipo, con una potencia total instalada de 2 652.38 kW, tres de ellas están conectadas al SEN, el resto brinda servicio de forma aislada a 13 asentamientos, todos ubicados en la zona que ocupa el Plan Turquino – Manatí. Con el servicio eléctrico que brindan estas instalaciones se benefician directamente 766 familias con 2 998 personas, además son favorecidos cuatro Consultorios del Médico de la Familia, dos Hospitales de montaña, 11 campamentos, cinco panaderías, 14 escuelas primarias y una secundaria, y otros objetivos estatales.

Estas pequeñas plantas hidrogeneradoras tienen una gran importancia ya que, además de ese valioso aporte de energía, ayudan a disminuir las pérdidas de las líneas eléctricas ya que estas instalaciones se encuentran conectadas al final de los circuitos eléctricos. También, estas centrales realizan una significativa entrega de energía reactiva al SEN.

Principales Parametros de las instalaciones de Cienfuegos.

Provincia : Cienfuegos Municipio : Cumanayagua

No.	Nombre de la Central	Carga Neta	Pot. Instalada	Energía Promed. Anual	Generador	Voltaje	Tubería	Longitud	Diametro	Usuarios	Conductores	Habitantes	Escuela	Campesinos	Hospitales	Deportes	Otros		
		(m)	(kW)	(MWh)	U	(kW)	(kV)	(m)	(cm)										
1	El túnel	20	30	16,4	MB2	30	0,24	Al	800	2x200	42	1	152	1			1		
2	Charco Azul Arriba	50	12	2,7	TP16	12	0,23	Al	956	200	11	1	36	1					
3	Monforte	42	28	18,6	650	28	0,23	Abesto	720	300	34	1	101	1			2		
4	Hoyo de Padilla	80	30,4	22,8	TP16	30,4	0,24	Al	3180	200	44	1	1	143	1	1	2		
5	Río Chiquito	46	30,4	9,9	TP16	30,4	0,24	Al	1050	200	34	1	86	1	1		2		
6	Palmarito	18	12	2,1	TP16	12	0,22	Al	805	200	9		24						
7	Vega de café	175	18	2,7	TP16	18	0,24	Al.Fe	2300	200	12	1	42	1	1		1		
8	Mamey I	68	130	93,8	650	55	0,48	Al	355	2x200	135	1	1	537	2	2	1	7	
9	El Nicho	93	103	173,3	650	55	0,24	Hofo	1110	800	136	1	528	2		1	1	6	
10	El Naranjo	61	110	90,5	650	55	0,48	Fe	850	500	150	1	508	1	6	1	1	11	
11	Yaguanabo Arriba	140	55	27,5	TP16	55	0,48	AL	980	200	60	1	1	210	1			4	
12	Cimarrones	55	40,7	23,1	TP16	70,4	0,24	Al	1910	200	44	1	1	113	1			2	
13	Calañas	110	30	3,1	TP16	30	0,24	Al	580	200	11		45						
14	Cueva del Gallo	65	100	62,4	650	50	0,24	Cent.Ac	720	800									
15	Guanayara	115	200	103,4	650	100	0,48	Fe	1020	500									
16	San Blas	430	2000	2000,0	Pelton	2000	13,8	Fe	1350	300									
TOTAL			2930	2652,3		2631			18686		722	4	11	2525	13	11	2	3	38

La instalación de mayor importancia en el territorio es la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCHE) San Blas, enclavada en el asentamiento del cual lleva el nombre y que está conectada al SEN en ese propio lugar. La carga hidráulica (altura entre el embalse y la casa de máquinas) de esta central es la mayor que se aprovecha actualmente en el país para la generación, con 430 metros de diferencia. La Hidroenergía mantiene la estabilidad de la vida en esos lugares, la de sus pobladores, al estar informado tanto por la radio, como la televisión de todo el acontecer del país y poder desarrollar en esos pequeños asentamiento, los programas de la batalla de ideas impulsadas por nuestro comandante en jefe el compañero

“FIDEL”, hoy en nuestros poblados los trabajadores cursan el noveno y doce grado , hay casas de estudio de trabajadores sociales y se trabaja en todo lo referente a la universalización de la enseñanza , se dispone de medios de comunicación como teléfonos y planta de radio para estar comunicado con todo el país y el mundo, de estas Minis , como popularmente se les conoce.[6].

2.5. Potencial Hidroenergetico de Cienfuegos.

Tabla.2.1. Esquema del potencial Hidroenergetico.

Denominación	Potencia kW	Energía. MWh	Combustible Equivalente. ton/año
Subtotal en Presas Construidas	2957	19245	4042
Estudios en Ríos A filo de agua	2000	8000	1680
Instalaciones en operación	2851	2652	285
TOTAL	7808	29897	6006

EMBALSES DE LA PROVINCIA CIENFUEGOS



2.5.1.
Potencial
Teórico
Energético
de las presas
Construidas.

Obra	Municipio	Uso	Potenc. Kw.	Energía MWh	Combustible Equiv. ton/año
Paso Bonito	Cumanayagua	Abasto	396	2770	582
El Salto	Lajas	Caña	69	483	101
Galindo	Abreus	Abasto Caña	82	573	120
Voladora	Rodas	Arroz	126	882	185
Abreus	Abreus	Ab y CV	415	1452	305
Avilés	Cumanayagua	Cñ. P, CV y Ab.	1869	13085	2748
Total			2957	19245	4042

2.5.2. Potencial Hidroenergetico instalado.

Tipo de instalación	Cantidad de instalaciones	Potencia instalada Kw.	Energía MWh	Combustible Equivalente ton/año
MICRO	9	387.8	200.0	42.0
MINI	6	265	440.0	92.4
PCHE	1	2000	2000	420
TOTAL	16	2652.8	2640	554.4

N o	Nombr e de la Obra	CARG A MAX	CARG A MIN	CARG A DE CAL.	Pot.	Ener g.	Comb . Ahorr .	Valor del Comb .	No Emis. CO2	Cost o PCHE	Cost o. PCHE	REC. INVER S.
		m	m	m	kW	MWh	Ton	MCU C	Ton	MCU C	TOTA L	AÑOS
1	Paso Bonito	19,50	11,5	15,2	592	2367,9	497	397,8	1894	888	2486	2,2
2	El Salto	17,00	7,5	12,5	96	382,2	80	64,2	306	162	455	2,5
3	Galindo	15,00	5,4	10,6	115	460,4	97	77,3	368	196	548	2,5
4	Voladora	13,10	7,3	10,1	188	753,6	158	126,6	603	311	870	2,5

5	Abreus	10,00	4,5	7,4	500	2600,0	546	436,8	2080	850	2380	1,9
6	Avilés	34,50	25,5	28,4	500	3300,0	693	554,4	2640	900	2520	1,6
TOTAL					1991,0	9864,1	2071,5	1657,2	7891,3	3306,9	9259,4	2,0

2.6. Impactos de la Hidroenergía en el Escambray sureño.

Impactos Positivos:

La utilización del agua para la generación de electricidad, en “Las Minis”, ha traído consigo un continuo mejoramiento en las condiciones de vida de sus pobladores, facilitando las labores domésticas y contribuyendo a la disminución del éxodo de sus pobladores hacia el llano.

Impactos Sociales.

- Alumbrado de viviendas con lámparas eléctricas.
- Disminución de los delitos al estar iluminadas las calles y áreas exteriores de las viviendas.
- Aumento del conocimiento al poder utilizar la radio, televisión y otros medios audiovisuales
- Mejores condiciones para la elaboración y almacenamientos de los productos al disponer de refrigeradores.
- Mejoramiento de las actividades recreativas, culturales, y contar con servicio de salud (tiene un hospital y un consultorio médico).
- Los pioneros y estudiantes reciben los programas audio visuales
- Fuente de empleo que erradico problemas sociales como el alcoholismo, robos, juegos ilícitos y otros

Impactos en la educación.

En estos momentos nuestro país libra una importante batalla en el campo de las ideas, para lo cual se hace imprescindible la cooperación de toda la población y de todas las entidades estatales. La Hidroenergía y sus trabajadores no se han quedado atrás en este humano propósito, para ello, se ha contribuido con la electrificación de las escuelas primarias rurales del asentamiento que reciben servicio de la Mini. Este centro educacional en su interior cuentan con televisores a color, computadoras y con un reproductor de video que se rota por las aulas.

En los Círculos Sociales Obreros y las Sala de video electrificadas por la Hidroenergía existen televisores para uso colectivo de las comunidades. Además los que existen en las escuelas primarias también son utilizados por la población para aumentar su nivel cultural.

Los operadores de la instalación tienen orientaciones precisas de garantizar el servicio eléctrico durante los horarios en que se transmiten los programas educativos, tribunas abiertas, mesas redondas, Universidad para Todos y otros actos de importancia política y social.

Impactos en La Agricultura .

En la mayor parte de las instalaciones hidrogeneradoras de nuestra montaña los operadores han construido sus viviendas en las proximidades a las casas de máquina, lo que además de mejorar la calidad del servicio prestado, les ha facilitado fomentar la agricultura de sustento familiar en las parcelas cercanas a su puesto de trabajo. De esta forma se logra utilizar el riego por gravedad, con la ayuda de carga hidráulica que posee la tubería de la Mini.

El área con posibilidades de riego en el naranjo es de 4.3 (Ha).

La energía eléctrica producida por la central es utilizada en varias instalaciones relacionadas con los procesos agrícolas. Entre los usos más importantes podemos citar los siguientes:

- Beneficio del Café: Despulpadora, Alumbrado exterior, interior y miscelánea.
- Incremento de la fotosíntesis de las plantas: La energía eléctrica es convertida en luz, a través de bombillos incandescentes, la que es aplicada al cultivo de flores, durante las

noches, logrando de esa forma acortar el ciclo de producción y aumentar considerablemente la productividad.

- Electrificación de campamentos para movilizadros durante la época de cosecha cafetalera ó de personal permanente y de la EJT, comedores, talleres y otras instalaciones de apoyo a la agricultura.

Impactos en la forestación.

Para la construcción de una instalación hidrogeneradora, es necesario limpiar la vegetación existente en los lugares donde se realizan las diferentes construcciones, embalse, tuberías, casa de máquina y línea eléctrica. De esta forma es afectada la vegetación natural de la zona, aunque siempre se propone realizar la menor afectación posible.

Una vez construida las instalaciones, en muchos lugares, la vegetación se repone naturalmente, pero en otras partes, donde la capa vegetal fue retirada casi en su totalidad, es necesaria la mano del hombre para lograr reforestar el lugar y evitar de esa forma una mayor degradación de los suelos. En “El Escambray Sureño”, ha sido necesaria la acción del hombre para lograr una vegetación en algunas partes donde fue dañada. Con el propio trabajo de los operadores de la central, se hicieron los viveros con plantas maderables y frutales, las que posteriormente fueron sembradas en las proximidades de la casa de máquina y el embalse, que fueron los lugares más afectados, por este concepto se reforestó 10,9 (Ha). Las Frutas que desde hace varios años se cosechan en este lugar son utilizadas para la autoalimentación de los operadores y sus familias. Los árboles maderables aun no se han comenzado a explotar.

Impactos Negativos.

El uso de la Mini, como fuente renovable de energía ha cobrado auge en Cuba y el Mundo, ya que el daño producido por esta al medio ambiente es pequeño, además de ser inagotable. La potencia hidráulica presente en los ríos de la zona está siendo utilizada para la generación de electricidad.

La construcción y explotación de la instalación hidrogeneradora, a demás de sus grandes beneficios, trae consigo algunos daños al ecosistema del lugar, aunque siempre se busca la forma de que estos sean mínimos.

Las principales afectaciones al medio ambiente, producido por la Mini las relacionamos a continuación:

- ✓ Eliminación de la vegetación natural para la construcción del cierre, la conductora, la casa de máquina y las líneas eléctricas.
- ✓ Inundación de pequeñas áreas a causa del remanso del agua en el embalse.
- ✓ Obstrucción del libre curso del agua en los cierres.
- ✓ Disminución del caudal del río aguas abajo del embalse.
- ✓ Contaminación acústica por el ruido producido por los equipos en operación.
- ✓ Accidentes y electrocución de aves en las líneas eléctricas.
- ✓ Muerte de animales acuáticos al introducirse en la conductora.
- ✓ Impacto visual de las líneas eléctricas y las conductoras en el entorno natural.

Impacto en el Ecoturismo .

En muchas ocasiones la explotación de un salto hidráulico con fines energéticos, limita el uso de este como un lugar de atractivo para las persona amantes a la naturaleza. Nuestra provincia, cuenta con dos cascadas, en las cuales hay construidas instalaciones hidrogeneradoras, y además son utilizadas como centros turísticos, lograndose una explotación sustentable de estos lugares para ambos propósitos:

En el asentamiento El Nicho se encuentra la Mini CHE que lleva ese mismo nombre, la que utiliza el agua del río Hanabanilla para generar toda la energía eléctrica que consume la población y el sector estatal de la zona. En este mismo poblado está enclavado el Ranchón turístico de la corporación Rumbos. S.A., esta entidad promueve y fomenta la visita del turismo extranjero al lugar, para disfrutar las hermosas vistas obtenidas al desparramarse el agua en las cascadas y rápidos presentes en el cauce natural del río. La Mini CHE utiliza solamente menos del 10 % del caudal mínimo del río, por lo que la afectación que produce, la derivación realizada al agua para la generación de electricidad, es inapreciable. En tanto la energía producida por nuestra instalación es utilizada por los inmuebles de Rumbos S.A. para el funcionamiento de equipos de refrigeración, de audio y de la iluminación interior y exterior, para de esta forma mejorar la estancia de los turistas en el lugar. La Mini CHE Guanayara está conectada al Sistema Electro energético Nacional (SEN.) y su funcionamiento en el periodo seco puede limitar aproximadamente a un 30 % el caudal del río Charco Azul, del cual

utiliza su agua. Aguas abajo del embalse de esta instalación se encuentra una vistosa cascada, la cual es visitada por turismo proveniente del centro turístico de Guanayara, el que pertenece a la corporación Gaviota S.A. [21].

2.7. Uso racional del agua en la Hidroenergía Cienfueguera y su impacto en el medio ambiente.

Por la importancia vital de este recurso en función de la calidad de vida de nuestra población serrana, se pretende hacer un análisis de las prioridades actuales de la situación del agua, su calidad y su uso eficiente en la Hidroenergía, de la política de ahorro y uso racional y su relación con los consumos energéticos.

Por otra parte, evaluar las herramientas que se utilizan para la gestión de agua se consideran como un instrumento de trabajo en la producción, y su influencia en los sistemas energéticos, su valoración de los costos de producción y uso final de la energía.

Queda demostrado que entre las mejores variantes de gestión del agua, si se utiliza un procedimiento como usar el agua teniendo en cuenta la influencia de los costo de producción y su impacto al medio ambiente, sus consecuencia, así será el resultado final de la energía. Para el caso en estudio se proponen varias fuentes y herramientas, como obtener un producto final con costos inferiores a los tradicionales, emitiendo una serie de recomendaciones y conclusiones que harán más eficiente la gestión y uso del agua del agua en la hidroenergía.

Existe una relación muy estrecha entre la calidad de la generación de energía de una determinada instalación hidroeléctrica y el agua consumida por ésta, debido a 2 causas fundamentales:

- ✓ Las sales contenidas en el agua al circular por las tuberías desde la

fuentes de abasto hasta la casa de máquina producen incrustaciones y otros fenómenos indeseables en las superficies de las mismas disminuyendo la capacidad disponible de generación y la calidad de la energía.

- ✓ El aumento de los consumos de agua provocados por salideros en la tubería, disminuye la generación de electricidad.

Por ello cualquier programa de eficiencia energética en una instalación hidrogeneradora, requiere de un programa de Gestión Eficiente del Agua, para que aumente la generación de electricidad y disminuya el pago de dicho líquido por litros consumidos, lo que trae aparejado ahorros propios por disminución de un fluido altamente demandado y disminución de los costos de mantenimiento, por reparación de la conductora.

Los gastos de agua para la generación de electricidad representan entre un 12 –18 % del gasto total de la empresa. Anteriormente no se valoraban estos gastos por concepto de consumo de agua ya que se pertenecía al organismo de recursos hidráulicos y no existían tarifas de cobro de agua, pero a partir de pertenecer al MINBAS, se empieza aplicar una tarifa de agua vinculada con la generación de electricidad.

2.7.1. Indicadores fundamentales que vinculan la generación de electricidad con el agua.

- 1.- Producción contra consumo de agua.
- 2.- Costo del kilowatt producido contra el costo de agua.
- 3.- Energía facturada contra consumo de agua.

Las Minihidroeléctricas reciben el agua por diferentes fuentes de los ríos, trasiego que se realiza desde pequeños embalses propios de los ríos hasta la instalación hidrogeneradoras a través de tubería en algunos casos soterrada ó superficial dependiendo del material construido. Muchas comunidades rurales utilizan esta agua que

circula por la tubería para la generación, como consumo humano, al resultarle muy difícil la construcción de un acueducto, ó porque es la única fuente que esta represada y tiene la altura necesaria, para su distribución por gravedad a la comunidad; por lo que se requiere hacer estudios de calidad del agua y realizarle análisis físico químico para determinar si con pequeños tratamientos puede ser potable con la calidad requerida.[24].

La disponibilidad de agua de calidad es una condición indispensable para la propia vida y más que cualquier otro factor, la calidad del agua condiciona calidad de vida. La calidad del agua se puede definir por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución.

Conocer los parámetros de nuestras aguas usadas se convierte actualmente en una necesidad imperiosa para sobrevivir en un mundo cada vez más contaminado. Conocerlos es la única forma de controlar la calidad de estas aguas para sus diferentes usos y para su vertimiento final al medio, sin causar daños irreversibles. Muchas prácticas afectan la calidad del agua. La agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial el principal factor de degradación de los recursos hídricos y subterráneos como consecuencia de la erosión y de la aplicación de compuestos químicos para elevar la productividad

En los embalses construidos para el almacenamiento y el suministro de agua para la generación interviene la energía de forma directa, pues los campesinos utilizan esta agua almacenada, para colocar sistemas de bombeos, que fundamentalmente en tiempo de seca limitan las horas de generación de dicha Mini central como popularmente se les llama.

Según los desniveles entre los puntos de toma y la distribución a las poblaciones se requieren mayores alturas de bombeos expresadas por ejemplo en metros de columnas de agua y eso unido al tamaño de las poblaciones y sus hábitos de consumo(Lts/Habitantes. Día) representa un número variable de Kw-h/día, dejado de generar por las Minis, si a esto se le agrega que en muchos de los casos son equipos ineficientes y con muchos

años de explotación, agréguese a esto los salideros a sus propias tuberías y el derrame de grasa y aceite para los ríos. Entre las medidas que pueden introducirse para disminuir los consumos de energía asociados al bombeo y suministro se encuentran:

- Ayudar en el mantenimiento de los sistemas de tuberías para que las pérdidas de fluido sean mínimas así como un adecuado estado técnico de los equipos de generación tanto en sus partes mecánica como eléctrica.
- ✓ El dimensionamiento correcto de los sistemas en cuanto a la selección del equipo, diámetro de tubería y otros.
- ✓ El funcionamiento del sistema en su punto óptimo, utilización de depósitos de acumulación de las grasas y lubricantes, así como el desplazamiento de las horas de funcionamiento y definición del uso de equipos de bombeo en horarios de máxima demanda

Medidas para disminuir el consumo de agua por concepto de generación.

- ✓ Instalación de bancos de transformadores para lograr mejorar en el factor de potencia y mejorar la calidad del servicio suministrado.
- ✓ Implementar sistemas de monitoreo y control lo suficiente para evitar que se riegue en el horario pico, y afecte la generación de las Minis.
- ✓ Tener depósitos que garanticen la autosuficiencia de los sistemas al menos por 24 horas, esta inversión en equipos de almacenaje es compensada para la generación de electricidad, sobre todo en el horario pico.

2.7.2 Estructuras de gasto.

El pago del consumo de agua representa en las minis el 18 % de los gastos totales de la producción de la empresa de hidroenergía, con un costo de \$ 28925.

El pago de estos consumos se realiza sin tener en cuenta los parámetros **técnicos como son.**

- Erradicar los salideros de las tuberías de alimentación.
- Uso eficiente de las turbinas de agua, instalando nuevas tecnología. (mini manantiales en Villa Clara). De 10 horas de generación se llegó a 16 horas, con mayor calidad en la energía producida.
- Mejorar el acoplamiento de las tuberías de alimentación de las instalaciones.
- Eliminar los salideros y mejorar las juntas de las tuberías para disminuir el gasto de agua.
- Recuperación del agua de las fuentes de abasto para disminuir las paradas en periodos secos por falta de la misma.

En muchos casos se ha notado que para erradicar los problemas existentes no hay que hacer inversiones, solo con la mejor explotación de los equipos y erradicar los problemas de explotación.

Se detectan problemas técnico organizativo en las áreas energéticas , que afectan la generación como son:

- 1.- Salideros por las válvulas de cierre.
- 2.- Derrame de agua en las instalaciones.
- 3.- Salideros de agua en las tuberías.
- 4.- Salideros de agua en los embalses.
- 5.- Se detectan problemas en los mantenimientos a las Válvulas de aguja, al no incidir directamente el chorro de agua en los canjilones de la turbina, disminuyendo su eficiencia y capacidad de generación.[27].

Hacer un uso eficiente del agua en la hidroenergía debe ser tarea de todos nosotros. Es conservar el medio ambiente, En un mundo donde el cambio es

acelerado, donde ya no basta aprender la cultura elaborada y se demanden por todas partes respuestas nuevas a problemas urgentes, es lógico que la capacidad de innovación sea un recurso de la especie humana imprescindible.

2.8. Uso eficiente del agua en el ahorro de energía.

Las Minis obtienen el abastecimiento de agua por las fuentes de los ríos y los embalses, otra forma en el aprovechamiento del uso agua en la hidroenergía lo constituyen los arietes hidráulicos, esta es la fuente de energía renovable que más se ha difundido en los últimos años en nuestro territorio, se ha incursionado en la construcción de estas máquinas, que sin otro combustible que la propia agua son capaces de elevar el líquido hasta alturas de 10 a 12 veces mayores que la de la toma de alimentación.

En nuestro territorio se han instalado varios de estos equipos diseñados y fabricados por CITA Camagüey. Se destacan los instalados en el asentamiento El Mamey los que han resuelto un problema histórico de ese lugar, en el abasto de agua y la calidad de la energía, pues para el abasto ya no es necesario la utilización de electrobombas, que utilizaban la corriente de la minihidroeléctrica, sin lugar a dudas el mayor mérito lo tienen las ya más de 70 construidas, de diferentes capacidades y tamaños, que están diseminadas por todo nuestro territorio, gozando de una buena aceptación por los campesinos. En estos momentos se incursiona en el uso de bombas de arietes para el riego con surtidores, el cual se está aplicando para la obtención de semillas y para la lombricultura.

Otra forma de la utilización de la energía hidráulica del agua ha sido la utilización de sifones hidráulicos que ha llegado a nuestro territorio para resolver un gran problema, lograr utilizar el agua de nuestras presas y canales en aquellos lugares donde no se construyeron obras de toma por ejemplo: La presa Avilés y los canales Trasvase y Magistral se encuentran subutilizados por el déficit de sistemas de riego en la agricultura tanto cañera como de cultivos varios. Por ello se da posibilidad de que esta agua se aproveche para otros fines. Con la utilización de los sifones hidráulicos se ha logrado vencer las alturas del talud de los canales y de la presa, lográndose instalar un total de 70 sifones, los que son capaces de extraer 1.1 m³

/seg. de agua. Entre esos sistemas de riego se destacan los construido sobre la cortina de la presa Avilés por la Empresa de Cítricos Arimao; para el abasto de 3.1 caballerías de tierras dedicadas fundamentalmente a los cultivos varios y a la cosecha de arroz, cultivo este que requiere de grandes volúmenes de agua; y por la UBPC Tabloncito, perteneciente a la Empresa Pecuaria el Tablón, la que dedica el agua a la ganadería y a los cultivos varios.

El sector campesino se ha beneficiado con esta técnica ya que ha podido sustituir sus motobombas por estos sistemas, que además de no utilizar combustible no requieren de mantenimiento para su explotación. De esta forma también se evitan posibles contaminaciones de las aguas.[20].

2.9. Particularidades para el aprovechamiento de las presas en Cfgos.

Los grandes volúmenes de agua en la provincia de Cienfuegos, tanto la que fluye por sus ríos proveniente de las montañas como por sus presas, las potencialidades de sus recursos hídricos sub-utilizados ,para el riego en el sector agrícola, como para la generación, hacen de esta fuente renovable un potencial de ahorro de energía estimable en este momento de crisis energética mundial, que no se está explotando.

Un ejemplo de esto es la Presa Avilés de Cumanayagua con una capacidad de 240 Hectómetros metros cúbicos de agua con proyecto de montaje de una pequeña central hidroeléctrica de 800kW, con dos máquinas, pagándose la inversión a los 2 años de explotación.

De forma similar ocurre en la presa de Abreús con una capacidad de 50 Hectómetros cúbicos, lo que permitirá el montaje de dos generadores de 500kW, ambas para conectarlas al Sistema electroenergético nacional.

Conclusiones.

1. Los estudios de factibilidad arrojan que la provincia de Cienfuegos tiene un potencial hidráulico de 7808 kW, contándose con la información necesaria para la selección del

equipamiento adecuado, siendo ésta la primera prioridad en el programa hidroenergético que se ha concebido en el territorio.

2. Las pequeñas plantas hidrogeneradoras que están funcionando tienen una gran importancia para la generación descentralizada, ya que además de ese valioso aporte de energía, ayudan a disminuir las pérdidas de las líneas eléctricas al encontrarse estas instalaciones conectadas al final de los circuitos eléctricos. También, estas centrales realizan una significativa entrega de energía reactiva al SEN.

3. Los impactos de la hidroenergía en la provincia y en particular en el macizo montañoso del Escambray ha traído consigo un continuo mejoramiento en las condiciones de vida de sus pobladores, facilitando las labores domésticas y contribuyendo a la disminución del éxodo de sus pobladores hacia el llano.

4. Proponer dentro del sistema de gestión los siguientes índices: de la TGTEE que vinculan la generación de electricidad con el agua se encuentran fundamentalmente:

- Costo del kilowatt producido contra el costo de agua.
- Energía facturada contra consumo de agua

5. Una de las líneas de desarrollo de la hidroenergía en la provincia es el aprovechamiento de las presas y embalses construidos., con un potencial de 2957kW.

6. Dado el potencial anterior en nuestra provincia, se requiere de un estudio de las tecnologías apropiadas y de la factibilidad para el aprovechamiento de las mismas.

Capítulo III: Estudio de Casos. Pequeña Central Hidroeléctrica de Abreús.

3.1 Evaluación de la sustentabilidad del proyecto Hidroeléctrico de Abreús.

La generación de energía eléctrica en Cuba debe satisfacer las demandas de capacidad que la sociedad y la industria requieran para su óptimo desarrollo. Los proyectos hidráulicos, han demostrado 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 estudiados 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 (SEN).

Se estima que en las hidroeléctricas de posible construcción en Cuba se podrían generar unos 1 210 GWh anuales, que representarían aproximadamente un 10% de la generación media anual del país, equivalente a unas 360 MTM de petróleo.

Entre los desarrollos se encuentran proyectos como el de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCHE) de Abreús, que ofrece indudables ventajas para la producción de electricidad en el desarrollo regional y global, así como la limpieza en el uso de esta fuente renovable de energía, la sociedad ha tenido diferentes aptitudes hacia su implementación. En estos momentos se avanza conforme lo programado, por el proyecto donde se analiza desde el punto de vista de su sustentabilidad, es decir, su impacto desde distintas dimensiones. En este trabajo se utilizan los indicadores de desarrollo sostenible y medio ambiental para evaluar los aspectos sociales, ecológicos, económicos e institucionales.

El desempeño energético de Cuba se basa principalmente en combustibles fósiles e hidrocarburos, la futura extinción de dichos combustibles esta orillando a mirar hacia otras alternativas de generación eléctrica. Lo anterior ha dado pauta para que la construcción de proyectos hidroeléctricos sea considerada de suma importancia para el desarrollo energético del país.[31].

Desde el punto de vista ambiental la energía por hidroeléctrica es una de las más limpias ya que requiere un consumo nulo de combustibles fósiles durante su generación. Sin embargo, la

construcción del embalse de la presa tiene un impacto importante; las grandes hidroeléctricas han sido criticadas por sus importantes consecuencias ambientales y sociales como la pérdida de biodiversidad así como los desplazamientos de poblaciones civiles en el mundo.

Generalmente la construcción de un proyecto hidroeléctrico antepone un compromiso institucional en beneficio de la sociedad. La planeación energética, con grandes hidroeléctricas, se hace con el fin de mejorar el abastecimiento de energía a todo el país. Por lo tanto, considerar la instauración de hidroeléctricas en el país es de vital importancia debido a que se cuenta con el recurso renovable como son los ríos y las presas. El desarrollo sustentable contempla el uso de recursos naturales de pequeña escala. En Cuba se ha creado indicadores para evaluar desde un panorama nacional el camino hacia el desarrollo energético sustentable.[32]

El objetivo de los Indicadores de Desarrollo Sustentable, es el de proporcionar un conjunto de indicadores que contribuyan al conocimiento de la problemática de sostenibilidad y al diseño de estrategias políticas en materia de energía. De esta manera, el principal objeto del desarrollo sustentable es la integración de intereses, tanto económicos como sociales y ecológicos.

3.2 Evaluación a través de indicadores de sustentabilidad.

La implementación de una Pequeña Central Hidroeléctrica no debe estar sustentada en la capacidad de generación o la tecnología que utilizará, el principal aspecto a considerar es la relación del estado y la sociedad, ya que si no se llega a un consenso con la población las cosas no tendrán ningún beneficio hacia ninguna de las dos partes. La inundación del terreno que ocupa la presa es el principal problema ya que la mayor parte de las tierras son utilizadas para la agricultura y el abasto de agua.

. Para el proyecto mencionado se propone un programa para los habitantes mediante un proceso de planeación participativa.

Este estudio se basa en los indicadores de desarrollo propuestos por el Consejo Mundial de Energía (WEC por sus siglas en inglés). La evaluación utilizó 25 indicadores de los 35 propuestos por dicho organismo proponiendo la siguiente asignación de colores:

- El color azul como “mejor”.
- El verde “estable - bueno”.
- El amarillo “estable – no bueno”.
- El rojo “peor”.

Tabla.3.1. Evaluación de los indicadores de la Hidroeléctrica.

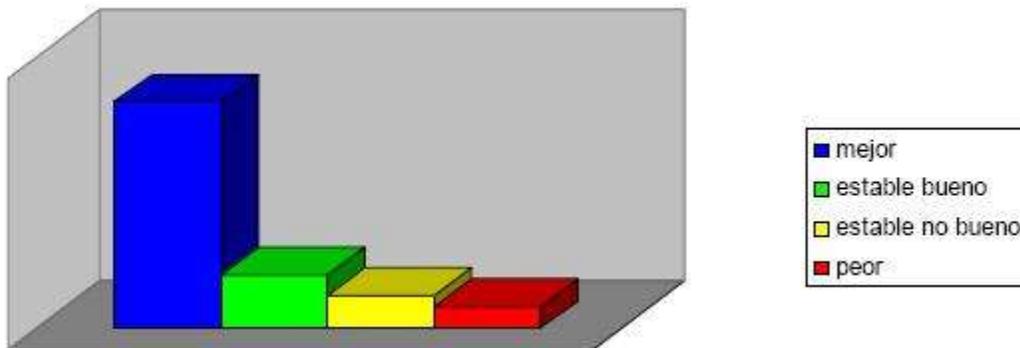
No	Indicadores	Categoría	Color
1	Bienestar material	Institucional	Azul
2	Calidad de vida	Institucional	Verde
3	Prosperidad local	Social	Azul
4	Medidas para promover nuevas tecnologías	Institucional	Azul
5	Acceso a servicios modernos de energía	Económico	Azul
6	Disponibilidad de agua	Social	Verde
7	Hogares con red sanitaria	Amb.\social	Verde
8	Mejoras en calidad de otros servicios	Institucional	Verde
9	Protección de los hábitats naturales	Económico	Azul
10	Uso combustibles tradicionales (leña, carbón, etc.)	Económico	Azul
11	Uso de otros energéticos renovables	Económico	Azul
12	Precios y tarifas de la energía	Económico	Amarillo
13	Programas s para mejorar el desarrollo sustentable.	Eco./social	Verde
14	Mejoras en eficiencia energética	Institucional	Azul
15	Mejoramiento de las vías de comunicación	Amb.\social	Azul
16	Subsidios al consumidor a electricidad y combustibles	Institucional	Rojo
17	Contaminación industrial del suelo	Ambiental	Azul
18	Contaminación local del aire	Ambiental	Azul

19	Medidas para contener las emisiones de gases de invernadero	Ambiental	.....
20	Cambio climático (gases de efecto de invernadero)	Ambiental	.....
21	Pérdida de tierra por cambio de uso de suelo	Ambiental	.....
22	Pérdida de hábitats naturales o biodiversidad	Ambiental	.....
23	Número de especies de aves migratorias	Ambiental	.....
24	Organismos Estatales para el desarrollo sostenible	Institucional	.....

Resultados.

Por medio de la evaluación de los indicadores referidos a un proyecto de construcción, de hidroeléctricas, de una manera gráfica podemos determinar que cada uno de ellos se encuentra dentro de los parámetros para ser considerados como sustentables.

Gráfico 3.1.Sustentabilidad del proyecto Abreús.



Conclusión.

- ✓ La sustentabilidad de un proyecto está basada en los cuatro pilares del desarrollo sostenible, se deben cuidar los aspectos **económicos**, **institucionales**, **demográficos** y los **sociales**.

- ✓ La comunicación e información de las metas y objetivos de cada obra hidroeléctrica debe ser brindada a la población.
- ✓ El planteamiento de proyectos de esta magnitud en el contexto de desarrollo sustentable nos permite tener una clara idea de la viabilidad de un proyecto en todas sus dimensiones.

3.3 Evaluación de los indicadores.

El índice de mayor sustentabilidad resulto el factor económico. Los demás indicadores, como el ambiental quedo en término medio mientras el social y el político quedaron dentro de un esquema bajo de sustentabilidad.[32].

El proyecto hidroeléctrico de la interconexión de la PCHE Abreús nos muestra un mejor panorama en la evolución y equilibrio que existe entre todos los aspectos que caracterizan a un proyecto para ser considerado sustentable. Este ha sido un determinante para el impulso de otros proyectos, dado que son de características muy similares.

El proyecto resulta ser sustentable económicamente una opción viable para el desarrollo en torno a la relación estado-sociedad, dirigidos a satisfacer las necesidades de la población y crear conciencia que para el crecimiento energético y económico del país, donde existan las condiciones es necesario \ priorizar este tipo de inversión.

3.4 Análisis de los Costos de Generación de la electricidad por Hidroenergía comparados con otras tecnologías seleccionadas de energía renovable, y con la de Fuel Oil.

Costos.

Costo de la electricidad.

$$\text{Costoelect} = \text{Costo de producción} + \text{Costo financiero}$$

$$\text{Costo de producción} = \text{Costo de operación y mantenimiento} + \text{Costo de combustible}$$

$$\text{Costo financiero} = \text{Pago principal} \times \text{Pago de intereses.}$$

$$C_{\text{oper.y mnto}} = \frac{\text{índice de oper.y mnto (\%)} \times \text{Valor inversión (US\$)}}{\text{Electricidad generada (MWh)}}$$

$$\text{Electricidad generada (MWh)} = \text{Potencia (MW)} \times \text{horas trabajadas (h)} \times$$

$$\text{Factor de capacidad (\%)} \times \text{Disponibilidad técnica (\%)}$$

Tabla.3.2 Costos de operación y mantenimiento.

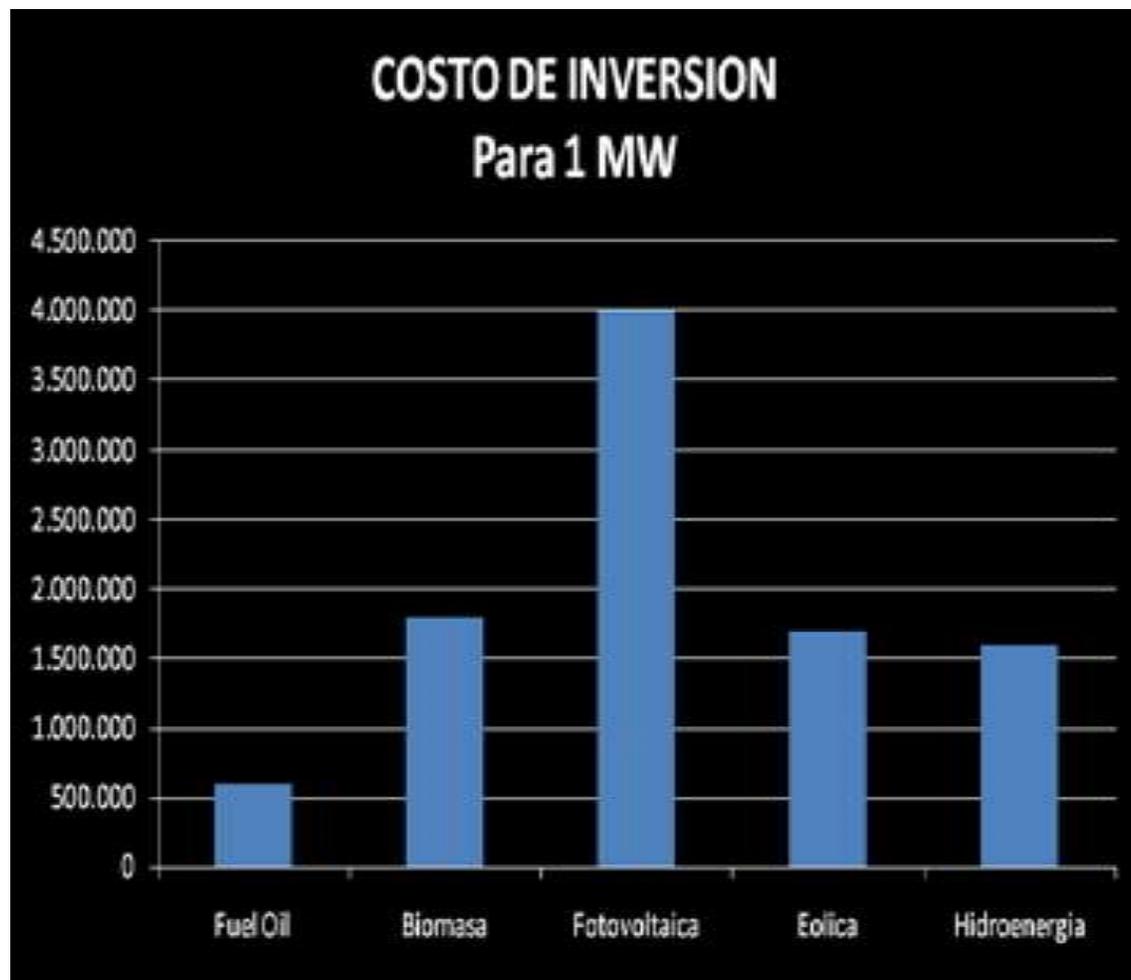
	U/M	Fuel Oil	Biomasa	Foto voltaica	Eólica	Hidroenergía
Disponibilidad técnica	%	90%	85%	95%	85%	90%
Factor de capacidad	%	100%	100%	20%	25%	45%
Costo Inversion Inferior	MMUS\$/MW	0.6	1.8	4.0	1.7	1.6
Costo Inversión Superior MMUS\$/M W	MMUS\$/MW	0.8	2.2	6.0	2.2	2.4
Índice de costo O&M	%	10%	4.7%	0.50%	3%	6%

Tabla.3.3Cos

tos del Combustible.

Costo comb. (US\$/MWh)= Precio del Comb. (US\$/ton) X índice específico (ton/MWh)

	U/M	Fuel Oíl	Biomasa	Foto voltaica	Eólica	Hidro.
Índice de consumo	Ton/MW h	0.23	1.3	0	0	0
Precio del combustible	US\$/ton	300	30	0	0	0



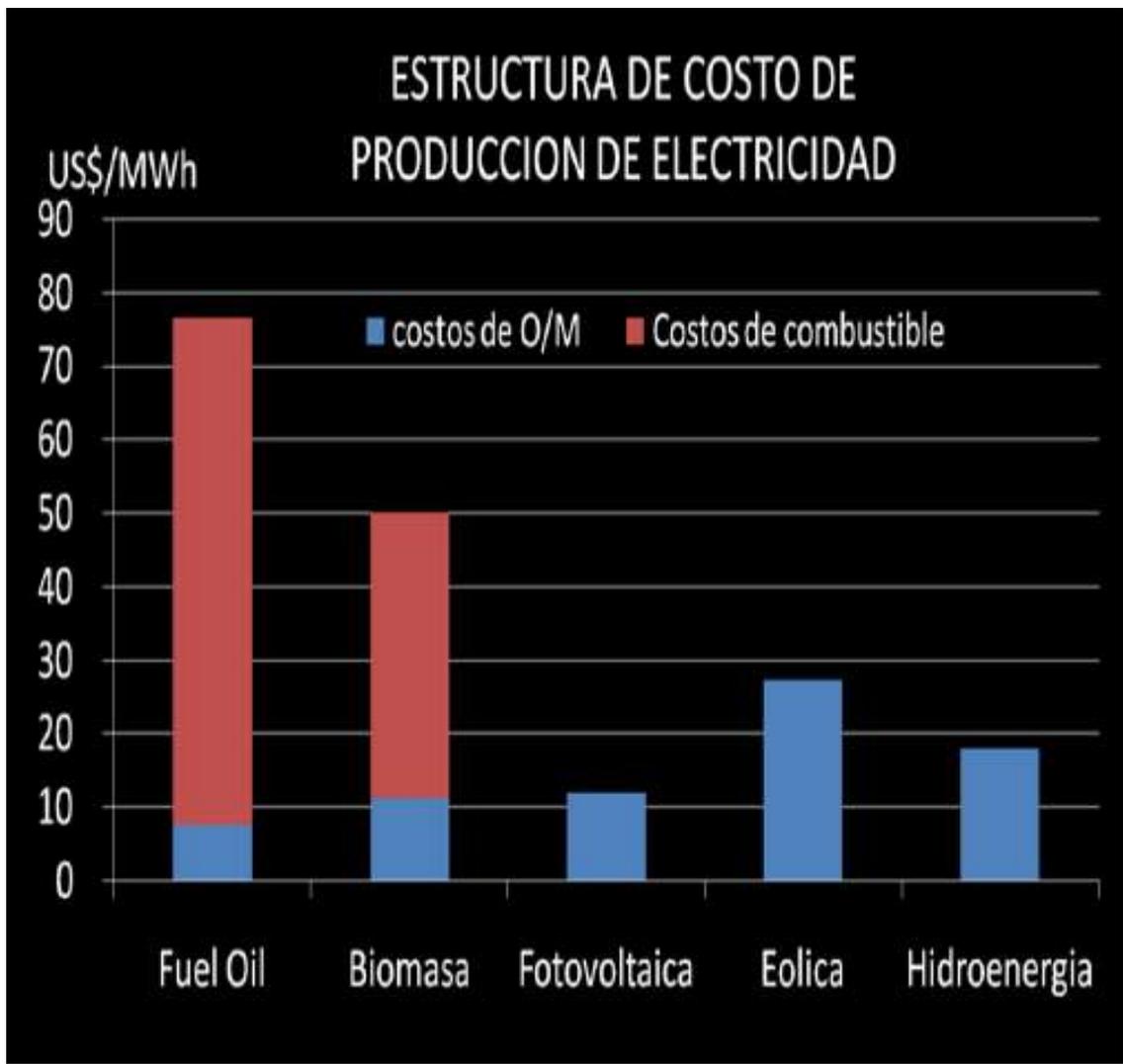


Tabla.3.4. Energía producida.

	U/M	Fuel Oil	Biomasa	Foto voltaica	Eólica	Hidroenergia
Energía	MWh	7884	7446	1664,4	1861,5	3547,8
Inversión	US\$	600000	1800000	4000000	1700000	1600000
Mtto	%	10,0%	4,7%	0,50%	3,00%	6,0%

3.4.1 Costo financiero.

Costo inversión= Préstamo+ Capital propio.

Préstamo= Plazo del pago (años)+ Tasa de interés (%)

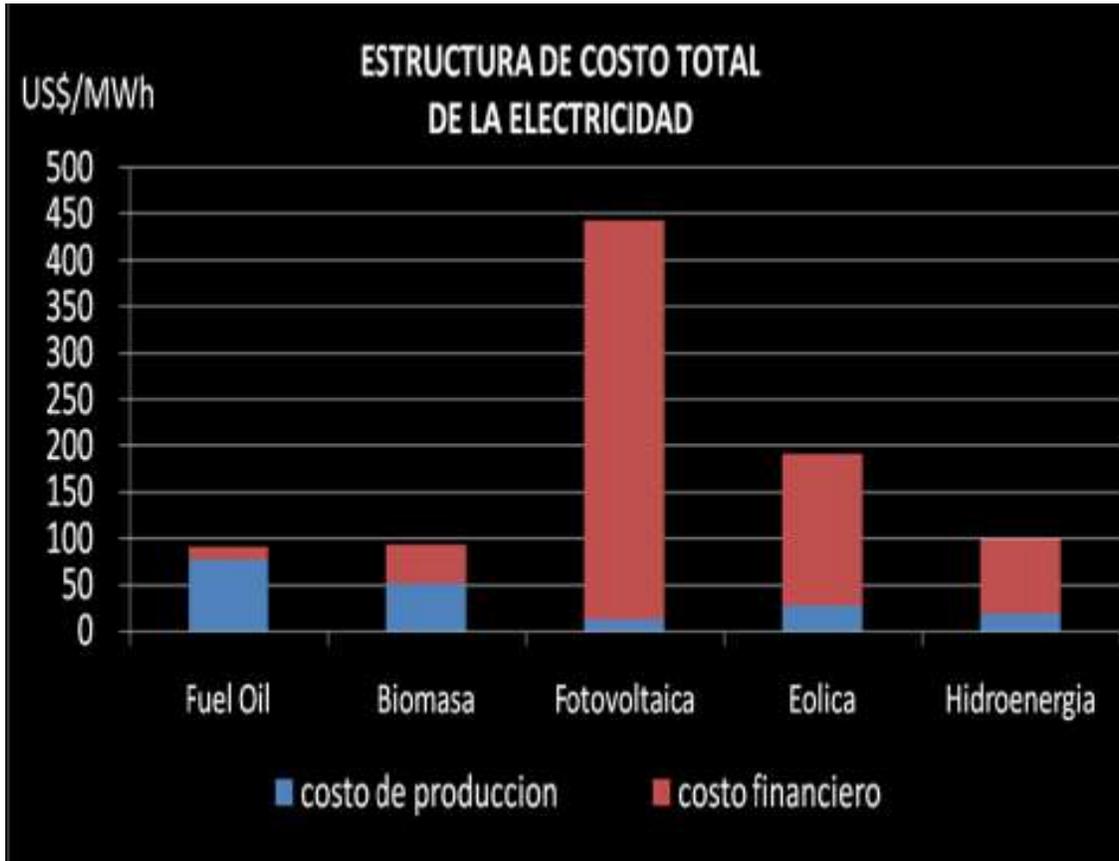
Costo financiero.

Costo financiero (MWh/US\$)= $\frac{\text{Pago principal}}{\text{Energía producida}}$ + $\frac{\text{Pago interés}}{\text{Energía producida}}$

Pago principal = $\frac{\text{Préstamo}}{\text{Plazo pago}}$

Pago interés=Deuda X Tasa de interés (%)

Plazo de pago=7años Tasa de interés=6%



3.4.2 Indicadores del análisis comparativo de los costos.

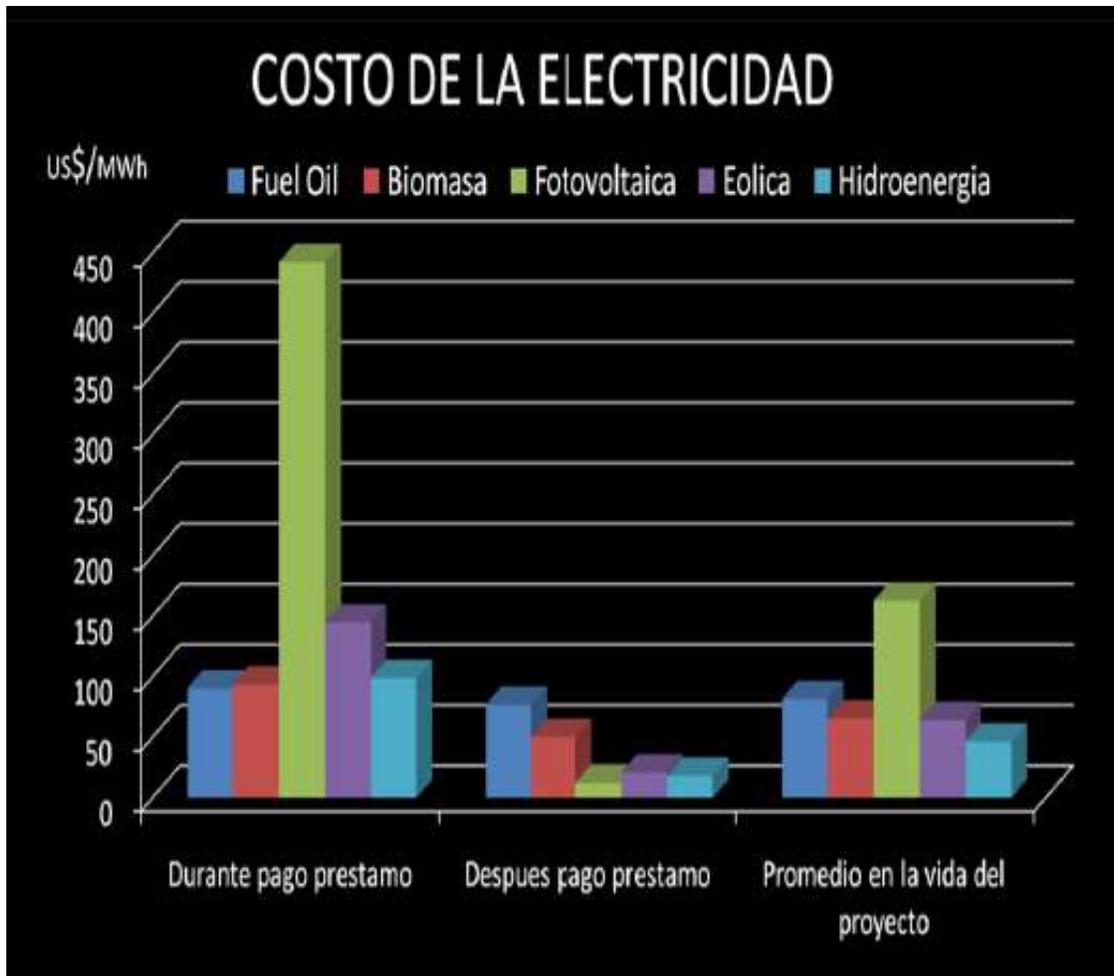
1. Costos durante Pago Préstamo

$$(Ca) = Cp + Cf$$

2. Costos después Pago Préstamo **(Cd)=Cp**

3. Costos Promedio en el plazo de vida = $\frac{Ca \times \text{años pago} + Cd \times \text{años después}}{\text{Plazo de vida}}$

Plazo de vida = 20 años



3.4.3 Indicadores del análisis comparativo de la recuperación de la inversión.

Plazo de recuperación simple (años) = $\frac{\text{Costo inversión}}{\text{Ganancia Anual} = \text{Precio venta} - \text{Costo Producción}}$ X

Energía producida



	U/M	Fuel Oíl	Biomasa	Foto volt.	Eólica	Hidroe.
Plazo	Años	2	4	20	15	6
interés	%	6	6	3	6	6
Precio	US\$/MWh	125	125	180	125	125
PRI	Años	1.57	3.24	14.31/21	9.36	4.22

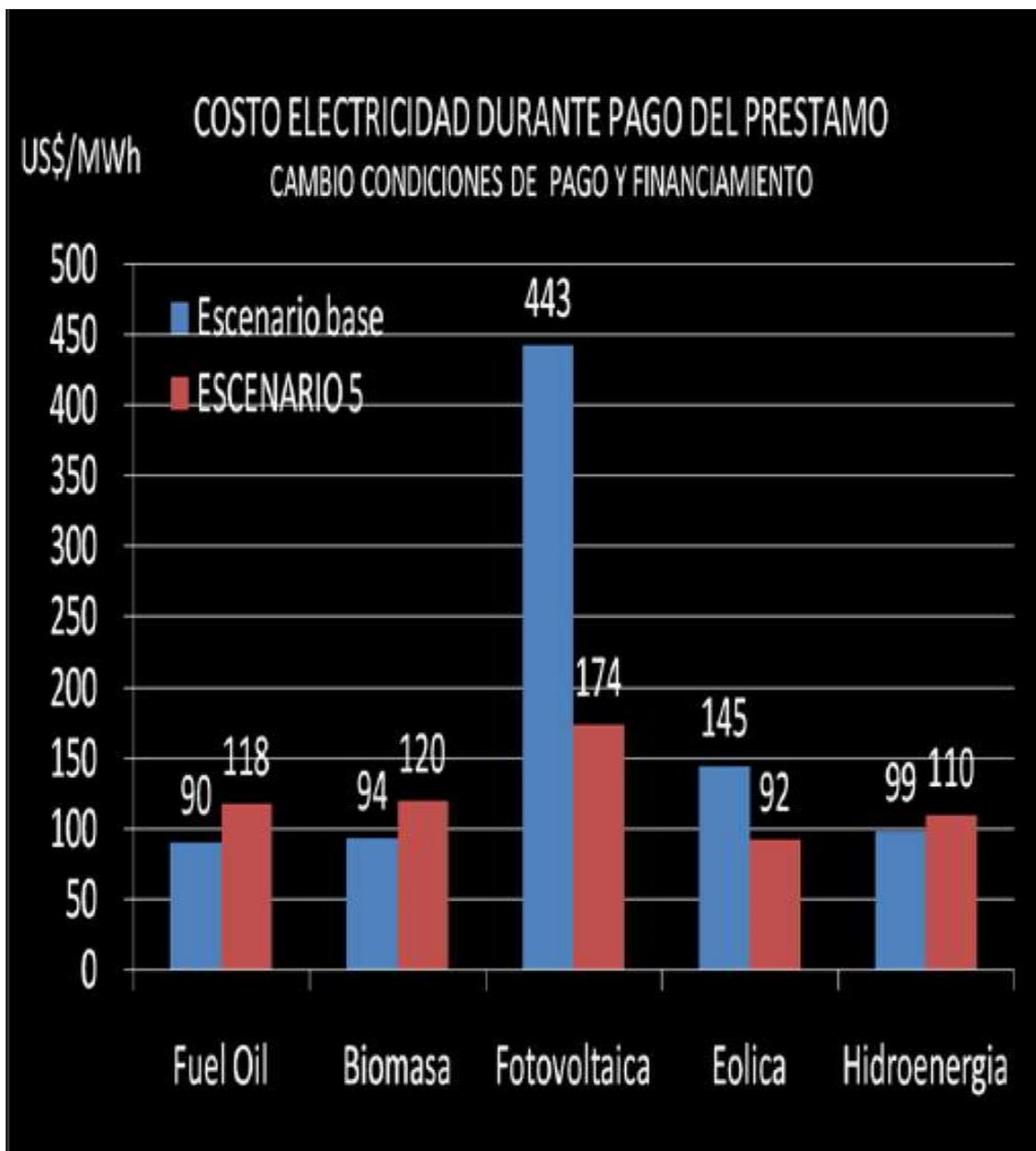
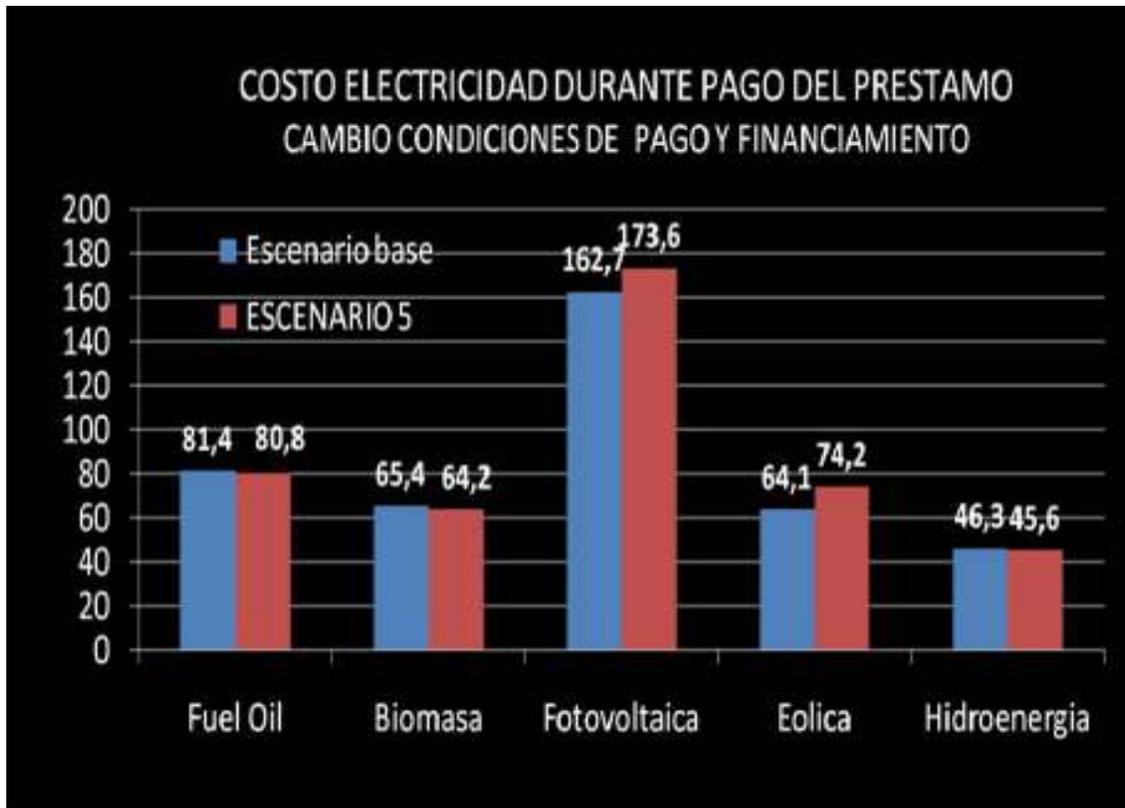


Tabla3.5 Costo de la electricidad durante el préstamo.

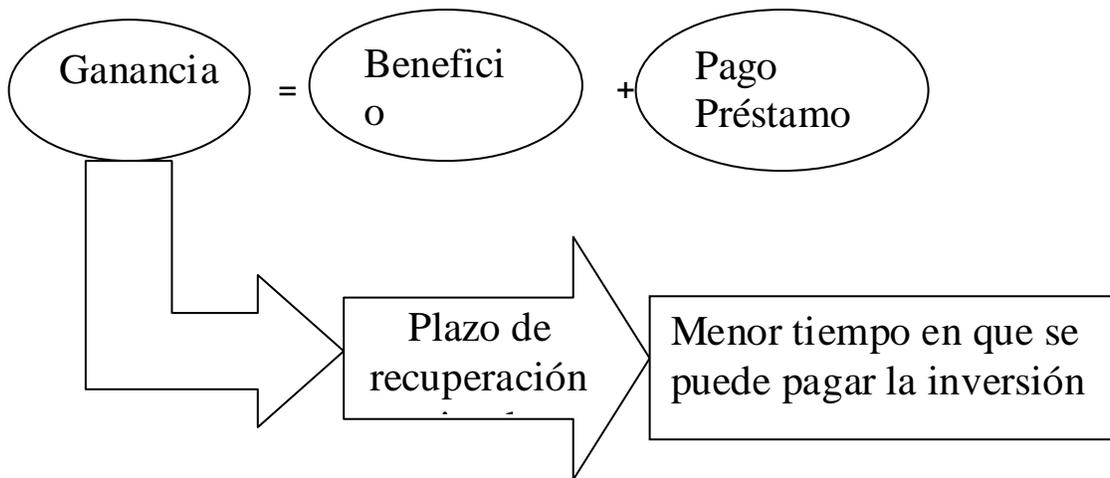
	U/M	Fuel Oil	Biomasa	Foto voltaica	Eólica	Hidro
Energia Producida	MWh	7884	7446	1664,4	1861,5	3547,8
Costo Inversion	US\$	6000 00	1800000	400000 0	1700000	1600000
Dif Precio costo	US\$/M Wh	54,4	73,1	110,0	97,6	118,2

Costo Produccion	US\$/M Wh	70,61	51,89	15,02	27,40	6,76
Precio	US\$/M Wh	125	125	125	125	125



3.4.4 Criterios de análisis.

Al hacer un análisis de los costos de generación de electricidad, los factores que influyen en los mismos por medio de la Hidroenergía, compararlos con los de Fuel Oil y otras fuentes seleccionadas de energía renovables en Cuba determinamos, que esta ofrece mejores posibilidades para la inversión el tiempo de recuperación y los beneficios que representa, donde el plazo del préstamo debe ser mayor que el plazo d recuperación; y el plazo de venta mayor que el costo. [33].



Teniendo en cuenta todos estos análisis se procede al estudio del proyecto.

3.4 Proyecto de la PCHE.

Introducción.

Con el fin de aprovechar al máximo nuestros recursos hidráulicos en la Provincia de Cienfuegos se lleva a cabo la realización de un estudio técnico-económico de una pequeña central hidroeléctrica (PCHE) en la presa Abreus.

Inicialmente el objetivo de este embalse era el riego a áreas de cultivos varios, abasto (zona industrial de Cienfuegos) y también el riego a parcelas cañeras, todo lo cual se realizaría mediante el uso de estaciones de bombeo .[34].

Pero en estos momentos, solo se está realizando el suministro al sistema de riego Juraguá (cultivos varios) mediante una estación de bombeo de 1200.00 L/s, la cual se prevé aumentarla en un futuro cercano a 1500,00 L/s; y el abasto a la zona Industrial de Cienfuegos, para lo cual se utilizan bombas con una capacidad de 700,00 L/s, de un total previsto inicialmente de 1200.00 L/s. El riego a la caña no se está haciendo y no se espera acometerlo en un futuro cercano, ya que es necesario construir los sistemas y las estaciones de bombeo necesarias.

Esto obliga a estudiar otras posibilidades de uso del agua disponible de este embalse, entre las que se encuentra la utilización energética del mismo, lo cual es el objetivo de este trabajo,

en el que se debe analizar cual es la inversión necesaria para producir electricidad, sobre todo en estos momentos de déficit energético en el país.

El consumidor más directo que tendría esta central podría ser la estación de bombeo existente en la presa la cual tiene una subestación de alto voltaje y para ello sería necesaria la construcción de una línea de 33,00 kV . También podríamos entregar la energía al SEN, conectándonos con una línea de 13.20 kV de 200,00 m de largo, hasta la casa de servicio de la presa.

En el estudio técnico económico se presentan dos variantes en dependencia del tipo de turbinas a instalar, las cuales se eligieron como mejores de un análisis de un total de 9. (Ver Anexo 5).

3.5 Característica y parámetros principales de la presa.

3.5.1 Parámetros principales de la presa.

La presa está compuesta por una cortina homogénea de arcilla; tiene 1481.00 m de longitud con ancho de corona y cota de la misma de 7,00 y +11,20 respectivamente. El talud mojado tiene una protección de rajón a volteo para protegerlo de la acción de las olas, y el talud seco está revestido con desecho de cantera; además del filtro en la zona de salida de la curva de filtración.

La obra de toma está compuesta por la torre de entrada, dos galerías que tiene cada una dos tubos de acero de 1500 mm de diámetro, con los cuales se hacen entregas por el río y mediante una bifurcación se lleva el agua hasta la E.B.

El aliviadero es frontal con ocho compuertas de segmento y permite la evacuación de 2215,00 m³/s para una avenida del 0,5 % de probabilidad.

Los parámetros principales de la presa son:

- Nivel de aguas máximas, NAM= +10,00
- Nivel de aguas normales, NAN= +10,00
- Nivel de volumen muerto, NVM= +4,50 (valor para el uso de riego y abasto, en caso de uso hidroenergético este valor cambiara).

- Volumen total= 50,00 hm³
- Volumen útil = 42,50 hm³
- Área de inundación= 10,00 km²
- Garantía de la entrega para uso hidroenergético= 85 %

3.5.2 Hidrología

En este trabajo se utilizó la serie histórica de escurrimiento de esta presa para un periodo de veinticuatro años, la cual se muestra en uno de los anexos, conjuntamente con otros datos utilizados en la simulación del embalse, tales como: las pérdidas complementarias por evaporación, los puntos de la curva nivel de agua Vs volumen los puntos de la curva nivel de agua Vs área, etc.

3.5.3 Régimen de entrega.

Como se sabe, al instalar una turbina, se tiene en cuenta cual será la carga neta más probable que ocurrirá la que tendrá una estrecha relación con el gasto de diseño de la instalación y fijara la velocidad de rotación de la maquina, garantizando así, para estos valores, la máxima eficiencia de la turbina.

Cada tipo de turbina presenta, en función de la carga neta más probable, un valor de carga neta máxima y de carga neta mínima que pueden asimilar sin tener pérdidas muy grandes en su eficiencia, o sea, podría existir un nivel de agua en la presa, mayor que el nivel de agua mas probable, a partir del cual la turbina no debe funcionar, al menos que se creen pérdidas de carga artificiales, así como, también puede haber un nivel de agua, menor que el probable, por debajo del cual la maquina tampoco debe trabajar. [34].

Quando la presa está subordinada al riego o a otros usos (par la obra de toma) que no sean la generación de electricidad y ocurre, por ejemplo, un nivel de agua bajo en el embalse que no permita el trabajo de las turbinas, se realizarán las entregas planificadas mediante el uso de un desvío o bypass", manteniendo por lo tanto un régimen de entrega constante.

Pero si el único uso del embalse es la producción de energía, cuando existen niveles bajos en el mismo no deben realizarse entregas, manteniendo almacenados en la presa estos volúmenes de agua.

En este estudio se considero que los usos principales de la presa Abreús son el riego y el abasto pero como los mismos se realizan mediante estaciones de bombeo se fijaron como si fueran entregas en cola, dejando la utilización de la obra de toma exclusivamente para la producción de energía, o sea, solo se realizaran entregas por la obra de toma cuando sea necesario generar y los niveles de agua en el embalse permitan la utilización eficiente de las turbinas, por lo cual, aun cuando en el anexo se presenta un régimen de entrega constante hay años en que esta entrega varia, y por lo tanto lo que realmente ocurre es un régimen de entrega variable, que es diferente en cada una de las variantes.

El uso de los programas de Simulación (PCHES) y de Calculo Hidroenergético (PCHEH), del paquete de programas PCHE, permite realizar fácilmente un régimen de entrega variable cuando esto es necesario. (Ver Anexo 4).

3.6 Cálculos hidráulicos.

Como cálculos hidráulicos podemos considerar la simulación del funcionamiento del embalse, durante el I periodo de la serie histórica de escurrimiento (en este caso 24 a). Este cálculo, como se dijo anteriormente, se realiza mediante el programa de computación PCHES, el cual tiene en cuenta no solo los escurrimientos y entregas mensuales que realiza el embalse, sino también las pérdidas por evaporación y por filtración, los vertimientos los aportes que se producen desde otras presas aguas arriba etc.

Para el cálculo hidroenergético es necesario conocer como se comportan las pérdidas en la obra de toma de la presa, en este caso la ecuación de las mismas es la siguiente, donde el gasto, (Q) está en m³/s:

$$h_f = 0,00751 \cdot Q^2$$

En la expresión anterior se tuvo en cuenta el gasto que se entrega para las estaciones de bombeo de riego y de abasto.

Sobre la posibilidad de ocurrencia del fenómeno del golpe de ariete, y la necesidad de instalarle a la tubería dispositivos para contrarrestar el mismo, utilizamos la siguiente ecuación:

$$TB = (Q \sum L/A) / g.H, \text{ donde:}$$

Q= gasto en m³/s

L= longitudes de tramos de tubería

A= área de tramos de tubería

g= aceleración de la gravedad

H= carga neta

En todos los casos TB nos dio alrededor de 3, lo cual indica que no es necesario instalar dispositivos antiarriete, aunque de todas formas cuando se produzca la oferta del equipamiento para la variante seleccionada, y conozcamos las características del mismo debe analizarse más detalladamente la posibilidad de ocurrencia de este fenómeno.

3.7 Cálculos Hidroenergéticos.

Para los mismos utilizamos los programas de computación PCHEH y PCHETE, pertenecientes ambos al paquete PCHE. (Ver Anexo 4).

El primero es capaz de realizar variantes del funcionamiento de una o varias turbinas en una presa, simulando el trabajo de las mismas en base a los resultados del programa PCHES. Teniendo en cuenta la potencia máxima que puede generarse en función de las características de la obra de toma.

Como resultados generales, entre otros, brinda los valores máximos, medios y mínimos de los gastos, cargas netas, tiempos de trabajo, potencias generadas, etc.; la potencia a instalar; las energías firme, secundaria y residual; los volúmenes turbinados o no, y los vertimientos que se producen. Además, brinda los resultados para cada una de la serie histórica y para el año promedio.

También, en base a las curvas de costos de obra civil, equipamiento mecánico y eléctrico, etc., brindadas por el IDAE, calcula preliminarmente los costos de inversión de la variante analizada, los que permiten seleccionar, utilizando para ello el programa PCHETE, cuáles serán las variantes a desarrollar en el E.T.E.

Los parámetros de funcionamiento de las variantes presentadas en este trabajo, se presentan en la hoja de resultados técnicos que se encuentran en los anexos, lo cual permite una comparación más fácil de las mismas.

3.8 Descripción de las variantes presentadas.

3.8.1 Variante No.1.

En este caso se propone la instalación de dos turbinas axiales tubulares tipo "S", con diámetro de rodete de 1000 mm, acopladas a generadores sincrónicos de 220,00 kW de potencia.

Las maquinas tomara el agua directamente desde las tuberías de la obra de toma de la presa, y se podría, si se considera necesario, instalar un "bypass" que permita la realización de entregas sin necesidad de turbinarlas.

El usuario seria e1 SEN, y entregará coma valores promedios una potencia de 267,60 kW durante 16 h diarias durante 359 d al año.

3.8.2 Variante No. 2.

También se instalará dos turbinas axiales de 1000 mm de diámetro de rodete, pero en este caso tipo bulbo, acopladas a generadores sincrónicos de 220,00 kW, y la forma de instalación será similar a la de la otra variante.

Con el SEN coma usuario, le entregaría coma promedio 270,20 kW durante 16 h diarias durante 355 días al año.

3.9 Parte mecánica.

Presentamos a continuación una tabla con las características principales de las turbinas a instalar en cada una de las variantes

Tabla.3.2 Características principales de las turbinas a instalar.

Parámetro	UM	Variante No.1	Variante No.2
Tipo de Turbina	-	S	Bulbo
Cantidad	U	2	2
Diámetro rodete	mm	1000	1000
Velocidad especifica	(Ns)	419.0 -	421,8
Eficiencia turbina	%	85	85
Eficiencia generador	%	92	92
Eficiencia acople	%	98	98
Acople turbina-generador	-	M	M
Velocidad rotación turbina	rpm	400	400

3.10 Parte eléctrica.

No se conoce exactamente el tipo de equipamiento a utilizar, ya que no se tiene documentación del mismo; de aquí que los datos técnicos y dimensiones del equipamiento de operación y control se han estimado en base a otros proyectos extranjeros, fotos de los catálogos, etc.

Desde el punto de vista hidráulico, se presentan dos variantes con iguales potencias instaladas.

Generadores.

Se estima, de manera general, que la PCHE trabaje interconectada al sistema electroenergético, aunque puede trabajar aislada para dar energía en forma local a determinado objetivo. Es por esto último que se propone que los generadores sean sincrónicos.

Transformadores.

La capacidad de los transformadores será pareja a la de los generadores, en relación con las capacidades nominalizadas. Estos deben estar conectados en delta por el lado de 13.20 kV y en estrella sin aterrizar por baja.

La subestación tendrá como protección por alta interruptores de poco volumen de aceite pararrayos así como la medición de la potencia a entregar a la red auxiliándose de transformadores de corriente y voltaje los que deberán utilizarse en caso de estar los generadores fuera de línea para medir el consumo local. Para el uso de planta se instalaran transformadores de necesidades propias de 15.00 kVA del voltaje de generación al del uso de planta (440 a 220 y 115 V a tierra).

De aquí se alimentaran la iluminación los motores y circuitos auxiliares. Este transformador se protegerá con interruptores automáticos. Su conexión será delta-estrella aterrada.

Línea eléctrica. Como se dijo anteriormente para interconectarse al SEN se hará mediante una línea de 13.20 kV para las dos variantes, es necesario construir 200.00 m de la misma.

Corriente directa.

Se colocara un sistema de baterías para el control, relés de alarma y señalización con voltaje nominal de 110 V.

Las baterías serán del tipo níquel-cadmio estacionarios de 110 V; 52 Ah/10 h. Se instalaran cargadores y rectificadores alimentados del sistema 220 V. Las baterías pueden también ser de 48 V.

Red de tierra y pararrayos.

Constará de un contorno interior y otro exterior. El contorno exterior se ejecutara con electrodos de cobre (picas) de 2.50 m a 3,00 m de largo y con un cable de cobre desnudo de sección 70 mm² que se instalara a 80 cm. uniéndose a los electrodos por medio de conectores o grapas.

El contorno interior, también se ejecutará con un cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección y se unirá a todos 108 equipos eléctricos mediante tornillos, además a los bajantes de pararrayos del edificio, incorporándose al contorno exterior en un registro de tierra ubicado de forma conveniente para la medición.

Todo esto disminuirá el riesgo al personal al reducir los voltajes peligrosos a 300 V.

El edificio se protegerá de acuerdo al tipo de construcción (protección de pararrayos) pudiendo ser una malla de acero 0 puntas unidas con cable de cobre desnudo 0 cinta de acero, que se unirán, como se dijo, a la red de tierra, la que tendrá una resistencia menor 0 igual a 2,50 Ω en tiempo de seca.

Medición.

Se instalara la medición por alta lo que sirve para medir la potencia neta entregada, una vez deducidas las pérdidas en el transformador y el uso local.

En caso de no generar la medición dará estas pérdidas.

Además se medirá corriente, voltaje factor de potencia, potencia real y reactiva frecuencia, potencia integrada, corriente de excitación, aparatos para la sincronización y los valores de presión de aceite en los servomecanismos, etc.

3.11 Automatización protección y control.

Cada generador se conectara a la barra por medio de un interruptor de bajo volumen de aceite con contactos auxiliares.

La sincronización se hará manua1ment.e mediante pulsadores mirando las lecturas de los relojes y de acuerdo con los reguladores de voltaje y frecuencia, que deben funcionar de forma automática. Pudiera solicitarse la operación totalmente automática de tener posibilidades.

Mediante pulsadores se puede realizar las funciones de parada normal, emergencia, alarma, bloqueo e interrupción del bloqueo.

Las Posiciones de los interruptores se indicaran mediante señalización así como las fallas . La alarma se energizara por interrupciones de corriente alterna y directa, sobrecalentamiento nivel de aceite, presión de aceite, fallas eléctricas. embalamiento. etc.

El nivel de protección responderá a:

- Temperatura de los rodamientos de turbina generador.
- Contra cortocircuito.
- Contra sobrecargas.
- Sobrevoltaje, bajo voltaje.
- Baja velocidad.
- Embalamiento.
- Potencia invertida.
- Presión de aceite.
- Gases y temperaturas de transformadores principales.
- Interrupción de la excitación.
- Fallas de aterramiento.

Para la operación correcta de la PCHE debe existir comunicación directa con el despacho de carga eléctrica por dos medios. Los turnos de operación deben cubrir todo el tiempo de operación de la PCHE, debiendo tener además técnicos de mantenimiento mecánico y eléctrico.

Esquema principal monolineal.

En este plano están representadas todas las protecciones y mediciones para los equipos a manera general. Los interruptores de los equipos secundarios deben tener protección de sobrecargas y cortocircuitos. (Ver proyecto).

Análisis de la demanda.

No se tienen datos del SEN de Cienfuegos, podemos señalar que la PCHE aporta una energía de alrededor de 1,74 GWh al año, para una potencia promedio de 270,00 kW durante 16 h al día, lo que hace más flexible la operación y es un aspecto importante para analizar la sincronización de esta PCHE al SEN.

El Listado de Materiales para las dos variantes se puede ver en el anexo 3.

Capítulo 3.12 Parte constructiva.

En todas las variantes la casa de máquinas se construirá al final de la obra de toma de la presa, precisamente en el lugar del poso amortiguador de la misma.

En las dos variantes la obra a construir será una edificación sencilla, tal y como pueden verse en los planos, utilizando paredes y cubiertas de losas prefabricadas, previendo la posibilidad de izaje del equipamiento y un fácil acceso al lugar.

Utilizando los planos que se presentan en este trabajo, se calcularon los volúmenes de trabajo a emplear en cada caso, siendo los siguientes:

Tabla 3.3 Volúmenes de trabajo por variantes PCHE Abreús.

Actividad	U.M	Variante No.1	Variante No.2
Hormigón monolítico	m3	5.58	5.36
Hormigón armado losa	m3	72.80	40.74
Hormigón armado muros	m3	58.28	58.97
Hormigón prefabricado	m3	11.58	9.64
Barras de acero	t	11.41	8.75
Encofrado	m2	359.99	317.82
Laminado de tubería	t	1.73	1.73

Pared de bloques	m2	139.20	123.00
Losas cubierta	U	20	18

Capitulo.3 13 Costos y evaluación financiera.

3.13.1 Costos de inversión.

Los costos de inversión derivados de la obra civil necesaria a ejecutar para cada variante, se hallaron en base a los volúmenes de trabajo necesarios en cada caso, utilizando los precios que brinda el SPUC-92. Estos precios están en moneda nacional (MN), pero teniendo en cuenta la situación actual del país, en que siempre es necesario situar una cantidad en moneda libremente convertible (MLC) a los constructores para la adquisición de insumos (combustible, materiales, equipos, etc.), se agrego la misma, en base a un 20 % del valor de la construcción .

El valor del equipamiento a instalar (turbinas, generadores, sistemas eléctricos y de control, etc.), se hallaron mediante los índices brindados por el IDAE, y los mismos están en MLC.

Para el costo de la línea eléctrica a instalar (en todos los casos de 13,20 kV), se utilizaron los índices de la Empresa Eléctrica, que fija el valor de la misma en 13,00 USD/m.

Los proyectos e investigaciones que son necesarios realizar, también se incluyen dentro del costo de inversión, considerando que los mismos son un 10 X de la suma de los valores de la obra civil, equipamiento y línea eléctrica.

En la tabla que sigue a continuación se presentan los costos de inversión en miles de pesos cubanos y miles de CUC.

Tabla 3.5 Costos de la inversión PCHE Abreús.

No.	Variante No.1		Variante No.2	
	M .Pesos	M.CUC	V M .Pesos	M.CUC
Obra civil	35.09	7.02	29.14	5.83
Equipamiento	-	283.94	-	282.30
Línea eléctrica	-	2.60	-	2.60
Inv.y Proyecto	32.86	-	31.99	-
Total	67.95	293.56	61.13	290.73

Como costos de operación sólo tendremos en cuenta el salario de los operadores de la PCHE, incrementados en un 20 % para cualquier imprevisto que se presente. Los mismos son dados en MN y son los mismos para cualquiera de las variantes.

Tabla 3.6 Costos de operación.

Personal	Cantidad	Sal. Mensual Pesos	Sal.Anual+Imp. Pesos
Jefe planta	1	295.00	4248.00
Operadores	4	231.00	13305.30
Mecánico	1	198.00	2851.20
Electricista	1	198.00	2851.20
Total	7	922.00	23256.00

Costos de mantenimiento y reparación.

Los costos de mantenimiento y reparación se calcularon en base a las regulaciones existentes que plantean:

- 4 años de mantenimiento simple a 0,005 pesos por kW.h generado.
- 1 año de mantenimiento complejo a 0,011 pesos por kW.h generado.

Lo cual daría como promedio ponderado el valor de 0,0062 pesos por kW.h generado-

Utilizando los valores de la energía promedio generada anualmente por cada variante, tendremos los siguientes costos anuales de operación y mantenimiento, que están dados en MN, aunque deben tener algún componente en MLC.

Tabla 3.7 Costos de mantenimiento y reparación.

Variante	Energía. Prom. Anual	Costos. Oper. Mant.
No.1	1.739	10781.80
No.2	1.736	10763.20

Ingresos.

Como ingresos consideramos los que se obtienen de la venta de la energía producida por la PCHE, y la base que utilizamos para hallarlos fueron las tarifas que paga la Empresa Eléctrica al MINAZ por la cogeneración que el mismo realiza en sus centrales. Estas tarifas que están

dadas en pesos cubanos por kW.h vendido son: de 6:00 am a 6:00 pm 0,028; de 6:00 pm a 10:00 pm 0,0842; de 10:00 pm a 6:00 am 0,015.

En caso de que el tiempo de generación fuera menor de 24 h, se considero que la misma se produciría fundamentalmente en horas pico.

Como se verá en el análisis financiero para lograr buenos índices hubo que incrementar al doble la tarifa de venta de la electricidad o sea, de 6:00 am a 6:00 pm 0,056; de 6:00 pm a 10:00 pm 0,168; de 10:00 pm a 6:00 am 0,030, lo cual da un valor medio ponderado de 0,066 pesos por kW.

Evaluación financiera de las variantes.

Para realizar la misma se utilizo el programa PCHETE, el cual no sólo brinda un resumen de los aspectos técnicos más importantes de las variantes a comparar, sino que también realiza el análisis financiero de las mismas, realizando el flujo de caja de cada una de las variantes y encontrando, entre otros, los valores del

Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), etc.(Ver Anexo 6).

En este análisis se igualo el peso cubano con el dólar estadounidense y se calculo para una tasa del 8 %, 10 % y 12 %, aunque en el anexo sólo se presenta la primera, que es la que presenta mejores resultados.[34].

Conclusiones.

1. Los resultados del estudio de sustentabilidad, nos demuestran que es factible desde el punto de vista técnico el uso de la presa Abreús para la producción de energía.

2. Los costos de generación para un MW instalado, el tiempo de recuperación de la inversión y la ganancia nos demuestra que la energía hidráulica ofrece las mejores opciones en Cuba comparadas con otras tecnologías renovables y con la generación por Fuel Oil.

3. Se realizó la evaluación financiera para comparar cada una de la variante con los datos técnicos más importantes del proyecto como son: Variante No1

dos turbinas axiales tubulares tipo S, acopladas a generadores sincrónicos de 220kW, con una energía promedio generada anualmente de 1739 GWh. Como variante No 2 dos turbinas axiales tipo bulbo, acopladas a generadores sincrónicos de 220kW, con una energía promedio generada anualmente de 1736 GWh.

4. Aunque las variantes son similares desde el punto de vista técnico-económico, la No. 1 presenta ligeramente mejores valores como los ingresos que se obtienen de la venta de la energía producida., los valores del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) entre otros.

CONCLUSIONES GENERALES,

- 1.** La producción de electricidad a partir de la hidroenergía depende en lo fundamental de un programa intensivo de investigación y desarrollo del uso de la energía hidráulica, haciendo énfasis en los conceptos de gestión y eficiencia energética.
- 2.** El desarrollo de la hidroenergía en la provincia esta en el aprovechamiento de las presas y embalses construidos, requiriendo de un estudio de las tecnologías apropiadas y de la factibilidad para el aprovechamiento de las mismas.
- 3** .Es factible desde el punto de vista técnico el uso de la presa del Municipio de Abreús para la producción de electricidad.

RECOMENDACIONES.

- 1.** La producción de electricidad a partir de la hidroenergía depende en lo fundamental de un programa intensivo de investigación y desarrollo del uso de la energía hidráulica, haciendo énfasis en los conceptos de gestión y eficiencia energética.
- 2.** El desarrollo de la hidroenergía en la provincia esta en el aprovechamiento de las presas y embalses construidos, requiriendo de un estudio de las tecnologías apropiadas y de la factibilidad para el aprovechamiento de las mismas.
- 3 .**Es factible desde el punto de vista técnico el uso de la presa del Municipio de Abreús para la producción de electricidad.

BIBLIOGRAFIA.

1. Grupo Nacional de Energía Hidráulica terrestre .Estado del arte de la Hidroenergía, abril 2009.
2. Hernández Nelson. Centrales Hidroeléctricas... Cambio de paradigma con el medio ambiente. Venezuela.www.cmpc.consult.com.
3. Del Valle Yanira. Vuelta a la era hidroeléctrica. Tomado del diario Especial El nuevo Día. Puerto Rico, 2008
4. Amazonia: Energías renovables, Electrificación Rural y Desarrollo Humano Sostenible Seminario Regional Quito y Coca, 7-11 de Julio del 2008.
5. Empresa Nacional de Hidroenergía. Materiales y Archivos. Abril 2008.
6. Grupo de Energía Hidráulica terrestre. Materiales y Archivos. Abril 2008.
7. Empresa Nacional de Hidroenergía. Cuba apuesta por la Hidroenergía julio 2008.
8. Madruga. Emir .Turbinas hidráulicas en Cuba. Tomado del Portal cubano de la red del SNIE.19 de mayo 2009.
9. Empresa Nacional de Hidroenergía. Situación Actual y Perspectivas de desarrollo en Cuba. Septiembre 2008.
10. Grupo de Energía Hidráulica terrestre .Programa estratégico para el desarrollo de la Hidroenergía en Cuba hasta el 2020. Septiembre 2008.
11. Redenerg.Hidroenergía.Portalcubano de la red del SNIE .19 de julio2009.
12. Rodriguez Armas Gisela. Hidroenergía en Cuba una alternativa energética ambientalista. Radio Rebelde 23 de enero 2009.
13. CubAgua.Gestión integrada del agua.(recursos hídricos).publicación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos abril 2008.
14. Cuba apuesta por la Hidroenergía .ISSN 1695-2277.Editorial 5 de septiembre15/11/2008.
15. Soler Costafreda. Aplicación de innovaciones eleva el funcionamiento de hidroeléctricas. Editorial periódico Venceremos 10 de mayo 2008.
- 16.Pazo Torrado C.M.La Hidroenergía en Cuba.. Portal cubano de la red del SNIE .20 de Abril 2009.
17. E. del Valle.Amaury.Cuba se propone Construir 220 hidroeléctricas en presas del país. Editorial Juventud Rebelde.19 de Julio 2009.
18. Rodriguez Gavilán Agneris.Hidroelectricidad: Un camino de luz. Editorial Juventud Rebelde. 8 de Abril 2008.
19. CubAgua.Gestión integrada del agua.Hidroenergía.Publicación del INRH.Abril 2008.

20. Costa Pérez Inocente. Desarrollo de las Energías renovables en Cienfuegos .Editorial Cuba Solar junio 2007.
21. Águila. Silvio Yoel .Impactos de la Hidroenergía en el Escambray. Trabajo de Fórum, Cumanayagua julio 2002.
22. Francisco y colaboradores. Metodología de Investigación. Editorial Universo Sur. Cienfuegos. 2006
23. Terry C.C., Gutiérrez J: B: y Abo M. Manejo de aguas residuales en a la gestión ambiental CIGEA. Ciudad de la Habana 2007.
24. José Pedro Monteagudo Yanes. y Wilfredo Francisco Martín. Uso racional del agua. Cienfuegos 2007.
27. Areguín, Felipe. El uso eficiente del agua y la tecnología. Ingeniería Hidráulica en México. (México) 12(1), enero–abril 1997.– – p.93–97
28. Cameron. Hidraulic data. /Cameron. – –La Habana: Instituto Cubano del Libro, 1974. – – 239p.
25. CONAC. Agua, su relación con la energía y el medio ambiente./CONAC. – – México: Ed. Amacell, 1995. – – 450p.
26. Middleton, Richard. El agua limpia. Un recurso frágil. Documento Verde. (EUA) marzo 1995.
27. Miller, John B. Evaluación completa del agua dulce. – – Organización Meteorológica. (Suiza). 46(2), abril 1997. – – p.141 – 144
32. Nekrasov, B. Hidráulica / B.Necrasov. – La Habana: Instituto cubano del libro, 1976.
28. OLADE—GTZ: Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Guía para la formulación de políticas energéticas. Primera Edición, Naciones Unidas .Santiago de Chile, 2003.
29. Borroto, Aníbal, Colectivo de Autores CEEMA: Gestión Energética Empresarial. Cienfuegos, Editorial Universidad de Cienfuegos, 2002.
30. González, P. F. y Colectivos de Autores. Energía y desarrollo sostenible. Editorial Política. La Habana, 2006.p.94.
31. Ambriz.García.Juan José. Evaluación de la sustentabilidad en proyectos hidroeléctricos en México. Área de Ingeniería en Recursos Energéticos. Universidad Autónoma Metropolitana. A.P. 55-534, México, 2008.
32. Olalde Font Raúl. Impacto de la hidroenergía en el desarrollo económico sustentable de comunidades rurales aisladas de Cuba. Editorial Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
33. Grupo de Biomasa y Sistemas Integrados de Cuba Energía. Análisis de los costos de Generación de electricidad con tecnologías seleccionadas de renovables y de Fuel Oil. La Habana junio 2009.
34. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos. Proyecto Hidrotécnico de la PCHE Abreús, Villa Clara Octubre 2007.

ANEXO 1. Resumen sobre la actividad de hidroenergía.

Instalaciones	Potencia Instalada (MW)	Estimado Plan de Inversiones 2007	Potencia Instalada (MW)	Potencia estimada 2007-2008 (MW)	Proyección estimada 2008 - 2010	Potencia Instalada (MW)	Potencia estimada antes del 2010 (MW)	Ahorro Combustible estimado con 100 (MW)	
								Diesel (T)	Fuel-oil (T)
179	19,2	4 PCHE	7,8	70,0	21 PCHE	30,0	100	1 849	2 465
Hanabanilla	43,0								
Total	62,2								

Impacto social.

Instalaciones Aisladas	Potencia Instalada MW	Viviendas beneficiadas	Habitantes beneficiados	Instituciones de Salud	Instituciones de Educación	Otros Objetivos Económicos
149	4,7	8 629	34 990	78	138	188

Anexo 2.Presupuesto para la rehabilitación de la Minihidroelectrica” El Nicho”

VALOR DE INVERSION	Unidad 1		
	MN	CUC	TOTAL
	420000.00	420511.00	672435.00
Equipos	65081.80	41835.70	106917.50
Turbina -Generador	54000.00	22400.00	237180.60
Transformador	2256.00	9423.00	7951.40
Caja chucho de baja (3)	2800.20	1746.20	54524.28
Panel de Equipo CD (3)	525.30	726.14	27262.14
Chucho 35 KV de alta	500.30	1340.36	3407.77
Equipo multipropósito	5000.00	6200.00	11200.00
C + M	233677.58	223022.37	456699.95
Camino de acceso	53334.48	83333.70	66668.10
Facilidades temporales	7908.55	17977.46	9886.06
Camino (1,4 km)	15178.27	12410.00	9001.59
Montaje de interconexión al SEN.	90000.00	101200.00	551.77
Drenaje Casa estación	250.00	1150.00	400.00
Demoliciones casa estación	2300.00	2220.45	450.44
Estructura casa estación	4222.26	3305.56	6527.82
Inst, Hidráulicas Casa estación	484.02	1345.20	829.22
Imprevistos	60000.00	80.00	140.00
Otros	33479.40	26820.00	60299.40
Otros gastos directos de obra	3850.00	5900.20	29855.91
Gastos adicionales bancarios imprevistos	6309.50	6450.40	32886.88
Contribuciones	7261.90	1309.40	6577.38
Ingeniería de Detalle	16058.00	13160.00	55800.00
Total	332238.78	291678.07	623916.85

Anexo 3. Listado de Materiales para la ejecución de las dos variantes de la PCHE Abreús.

No	Denominación	UM	Cantidad
1	Generador sincrónico 4 polos; 440 V; 60Hz. .p= 0,80 N= 94 %; P= 220 kW; protección IP-23; Aislamiento clase F; Autoexcitado	U	2
2	Transformador de fuerza; montaje intemperie; potencia 630 kVA; relación de transformación; 13,20 ± 2,2,5 a 0,44 kV frecuencia 60 Hz; con relé de gases y temperatura	U	1
3	Panel de protección y medición del generador	U	2
4	Panel de control del generador y excitación	U	2
5	Panel de baterías y del rectificador de corriente directa	U	1
6	Panel de necesidades propias, con transformador seco de 15 kVA; 440V a 220V y 110 v.	U	1
7	Cable de fuerza de cobre, tensión 1kv aislamiento PVC y sección 2.3.95 mm ² + 1.50 mm ² .	m	40
8	Cable de control de cobre tensión 300 V aislamiento PVC y sección 8.1,5 mm ²	m	80
9	Cable de fuerza de cobre tensión 600 V aislamiento PVC y sección 4.4 mm ² .	m	30
10	Cable de fuerza de cobre tensión 600 v aislamiento PVC y sección 4.2,5 mm ² .	m	40
11	Cable de fuerza de cobre tensión 1 kV aislamiento PVC y sección 10.120 mm ² .	m	30
12	Lámpara fluorescente de 3.40; 220 V f.p.= 0,90	U	6
13	Luminaria con lámpara de mercurio; tipo alameda o parque; 220 V; 60 Hz; 175 W; con reactor incorporado; f.p.= 0,90.	U	5
14	Luminaria con lámpara de mercurio; tipo industrial; 220 V; 60 Hz; 250 W; con reactor incorporado; f.p. = 0,90	U	4

ANEXO 4. Datos para la simulación de la presa Abreús.

Cota de Nivel de Aguas Normales de la presa= 10

Cota de Nivel de Volumen Muerto de la presa=4.5

Coefficiente de filtrados de la presa= 5

Escurrimiento mensual en hm³.-

Año	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept	Octub	Novie	Dicie	Total
1962	2.59	1.92	1.82	1.46	1.38	28.97	6.28	22.18	19.38	36.66	5.96	5.04	133.68
1963	4.30	3.45	2.89	10.51	2.96	13.18	13.22	41.82	36.34	25.71	10.24	7.27	171.89
1964	7.85	5.81	4.08	7.20	4.42	28.30	44.34	58.19	42.52	70.05	25.43	10.82	309.01
1965	3.72	2.81	2.51	2.12	1.84	16.32	20.68	13.02	7.66	14.19	4.18	2.93	91.98
1966	4.61	3.42	6.38	5.52	114.0	176.69	119.6	47.83	57.10	21.47	7.74	5.07	569.41
1967	3.01	2.17	2.15	1.92	1.91	33.01	7.26	25.31	22.17	41.61	6.61	5.64	152.77
1968	4.38	3.32	2.86	1.97	7.62	112.53	49.11	65.06	144.61	154.40	73.89	15.63	635.38
1969	21.66	15.94	8.44	8.16	44.80	361.20	135.7	50.72	184.96	78.08	17.25	10.59	937.45
1970	10.24	7.59	8.95	5.04	5.78	52.16	31.07	35.11	81.12	65.47	29.90	7.83	340.26
1971	5.16	3.57	2.96	2.34	7.70	34.04	27.75	35.26	39.72	62.92	52.57	15.95	289.94
1972	8.98	9.01	7.30	3.97	16.67	141.90	57.97	26.21	17.52	45.85	12.23	10.01	357.62
1973	13.25	5.52	6.51	3.79	3.69	8.87	38.36	30.06	67.37	48.41	10.28	6.93	243.04
1974	3.95	2.82	2.44	3.16	2.48	16.75	18.46	13.83	41.28	110.02	6.55	3.95	225.69
1975	2.90	1.96	1.67	1.19	5.70	60.52	22.33	22.25	61.14	18.39	6.10	4.17	208.32
1976	2.98	2.56	3.44	2.94	11.61	164.11	41.22	48.60	53.65	37.54	11.07	7.43	387.15
1977	5.57	4.27	4.48	3.18	111.8	121.66	51.66	59.01	84.32	47.03	18.85	8.96	520.81
1978	4.67	3.14	15.01	6.27	31.94	144.15	85.53	42.73	127.74	228.87	22.75	16.33	729.13
1979	5.32	4.90	3.30	2.76	6.97	9.53	6.50	7.96	28.78	27.57	4.98	2.54	111.11
1980	3.71	9.08	2.83	4.92	37.08	96.62	25.67	51.21	67.66	73.58	35.91	8.37	416.64
1981	4.47	4.91	5.98	3.40	12.44	77.29	94.98	74.91	143.98	47.20	8.70	7.83	486.09
1982	2.64	2.36	2.67	2.49	2.95	5.93	5.00	1.89	4.98	20.74	2.10	1.10	54.85
1983	31.11	114.15	53.89	5.82	14.44	65.09	11.96	77.27	25.32	39.18	9.48	3.66	451.37
1984	2.46	2.06	2.11	1.63	5.67	7.35	45.53	17.51	169.61	7.00	3.85	2.57	267.35
1985	1.85	1.22	2.44	2.94	41.18	11.29	12.75	25.65	61.57	8.92	8.40	4.48	187.49
Total	161.3	217.96	157.11	94.70	502.05	1787.46	972.86	893.59	1590.50	1330.86	394.96	175.10	8278.43

3 - Demandas turbinables y no turbinables mensuales en hm3.-

Dman	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octub	Novie.	Dicie.	Total
turbin.	7.218	6.520	7.218	6.987	7.218	6.987	7.218	7.218	6.987	7.218	6.987	7.218	84.994
No tur.	4.553	4.112	4.553	4.406	4.553	4.406	3.660	1.875	1.814	1.875	4.406	4.553	44.766
Total	11.771	10.632	11.771	11.393	11.771	11.393	10.878	9.093	8.801	9.093	11.393	11.771	129.760

4 - Lamina de pérdidas complementarias mensuales por evaporación en mm.-

Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octub.	Novie	Dicie	Total
27.51	28.73	40.70	46.6	46.66	35.91	40.70	39.48	32.30	28.73	27.51	25.12	420.01

5 Curvas N.A. Vs volumen, N.A. Vs área del espejo Y N.A. Vs gasto aliviadero.-

Nivel de agua	Volumen(hm3)	Nivel de agua	Area (km)	Nivel de agua	Gasto aliv. (m3/S)
1.00	0.3195	1.00	0.3195	5.00	0.00
3.00	2.7135	3.00	1.1970	9.86	2200.00
4.50	7.5000	5.00	3.4225	10.00	2400.00
5.00	9.5585	8.00	6.5475		
8.00	29.2010	10.00	10.0055		
10.00	50.0000	13.00	13.3870		
13.00	89.3730				

Anexo 5. Programa de Cálculo Técnico-Económico (PCHETE).

Autor: Ing. francisco Rodríguez. de la Lastra. Versión 5.60.- 1994.

Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos.- Villa Clara.-
Departamento de Electromecánica.

Datos:

Nombre de la presa: Abreús
Observaciones: Incrementando al doble las tarifas eléctricas
Tarifa de electricidad de 6:00 a > A 6:00 p.m.: .856 \$.kw/h
Tarifa de electricidad de 6:80 pm A 10:00 pm: .168 \$.kw/h
Tarifa de electricidad de 10:00 am A 6:00 am: .03 \$.kw/h
Tasa de interés anual; 8 %
años
Fichero de datos y resultados: ABREUS

Nombre del proyectista: de la Lastra
fecha: 22/1/96
Vida útil obra civil= 50 años
Vida útil equipamiento; 25 años
Vida útil línea eléctrica; 25 años
Tiempo de análisis de la obra; 25 años

Página: ½

Parámetros técnicos de las variantes:

N	Ficher	Mod	#	Dia	Gasto	Pot.	Pot.	Facto	Gasto	Gast	Gasto	Hn	Hn	Hn	Ti.	tra	di	Ti.	tra	an
av		turbi	turbi	rod	por	por	inst.	Pí/Pm	max.	med.	min.	ma	me	mi	ma	me	mi	ma	me	mi
		na	nas	ete	toma	toma		ax	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	x.	d.	n.	x.	d.	n.	x.	d.	n.
			(u)	(mm)	(m3/s)	(kw)	(kw)	(%)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(h)			(h)	(h)	
1	ABRE US-4	A-2- 1000	2	100 0	18.94	773.31	440	56.9	7.68	5.30	3.3	7.9 8	6.8 3	4.0 2	24	16	1	70 47	57 44	29 93
2	ABRE US-9	A-2- 1000	2	100 0	18.94	773.31	440	56.9	7.68	5.35	1.86	7.9 8	6.8 2	4.0 7	24	16	1	70 47	56 77	29 16
N	Pot.ge	Pot.g	Pot.	Ene	Energ	Energ	Ener	Volu	Volum	Volu	Vol.	Fac								
o	n.	en.	gen.	rgía	ía	ía	gía	men	en	men	emb.	tor								
v	Max.	med	min.	total	firme	secun	resi	turbin	turbina	verti	regul	pla								
ar	(kw)	(kw)	(kw)	(Gw	(Gw.h	daria	dual	ado	do	do	ador	nta								
.				.h)	)			(hm3)	(hm3)	(hm3)	(mm3)	(%)								
1	425.7	267.6	78.0	41.7 18	1.150	0.589	1.00 9	2892	0	4165	0	50. 4								
2	425.8	270.2	46.8	41.6 78	1.151	0.585	1.01 1	2880	0	4177	0	52. 7								

Anexo 6. Fichero de datos y resultados económicos de las variantes.

No. Var.	Costo inv. Obra civil. M.CUC.	Costo inv. Equip. M.CUC.	Costo inv. Línea electr. M.CUC.	Costo inv. proy. M.CUC.	Costo total inv. M.CUC.	Costo Anual M.CUC.	Costo cap. Total. M.CUC.	Costo Anual Total. M.CUC.	Beneficios totales. M.CUC.	Beneficios. Anual. M.CUC.	Ganancia. Anual. M.CUC.
1	4211	283.94	260.00	3286	361.51	34.04	777.94	67.01	3111.94	134.38	100.34
2	3497	282,30	260.00	3199	351.86	34.02	768.04	66.18	3123.12	134.86	100.78

No. Var.	Indice de potencia (\$/kW)	Indice de energía (\$/kWh)	Tiempo caract. (h)	Relación benef/costo	VAN (M.\$)	US (%)	Periodo retorno (años)
1	821.61	0.208	3950.56	3.95	709.6	27.7	5
2	799.68	0.203	3946.77	3.96	723.9	28.59	5

Anexo7 Principales compromisos y acuerdos contraídos o en proceso de negociación para dar cumplimiento al programa.

No	PAIS	EMPRESA O FIRMA	TEMA	TIPO DE ACUERDO	AÑO
1	BULGARIA	HIDROENERGO PROEKT S.A.	DESARROLLO DE PROYECTOS Y ESTUDIOS EN LA HIDROENERGÍA	ACTA DE INTENCIÓN	30-10-07
2	BULGARIA	NELBO S.A.	ENERGÍA RENOVABLE, TERMOBOMBAS	ACTA DE INTENCIÓN	30-10-07
3	BULGARIA	VAP-HYDRO	PROYECTO PCHE TUINICU DE 986 KW	ACTA DE INTENCIÓN MEMORANDUM CONTRATACIÓN	30-10-07 14-07-08
4	AUSTRIA	JANK TURBINE	PROYECTO MINI LOMA DE LA CRUZ 480 kW	CONTRATACIÓN	22-02-07
5	IRAN	SUNIR	PROYECTO PCHE GUIZA Y JUAN SAEZ		29-07-08
6	CHINA	CORPORACIÓN NACIONAL DE EQUIPOS ELECTRICOS DE CHINA (CNEEC).	PROYECTO 4 PCHE DE LAS 21. PROGRAMA DE DESARROLLO HASTA EL 20220.	ACTA DE INTENCIÓN MEMORANDUM	19-01-08
7	RUSIA	INTER RAOUES	CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE PCHE	ACTA DE INTENCIÓN	24-11-08
8	ESPAÑA	SOLARIA	MODULOS FOTOVOLTAICOS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL.		3-12-08
9	GUATEMALA	INDEC S.A	INTERCAMBIO DE EXPERIENCIA EN PCHE	MEMORANDUM	2-03-07
10	HONDURAS	CONGELSA	ASESORIA TECNICA PARA CONSTRUCCIÓN DE PCHE		28-03-07
11	VENEZUELA	EDELCA	EJECUCIÓN DEL PROYECTO LAS NUEVAS	ACTA DE INTENCIÓN	5-05-08
12	NICARAGUA	GOBIERNO	ASESORIA TECNICA PARA CONSTRUCCIÓN DE PCHE	FASE NEGOCIACIÓN	20-02-09
13	COLOMBIA	IPSE S.A	DESARROLLO DE PROYECTOS	FASE NEGOCIACIÓN	8-03-08
14	HUNGRIA	PROJECT INVEST	ENERGÍA RENOVABLE, HIDROENERGÍA	FASE NEGOCIACIÓN	15-02-09
15	ALEMANIA	FELLA Maschinenba GMBH	NUEVAS TURBINAS SUMERGIBLES	FASE NEGOCIACIÓN	12-02-09

Principales datos económicos.

No	PCHE	PROV.	PO T.	ENERG.	AHORR. COMB.	CO2 DEJADO EMITIR	VALOR COMB	COSTO TOTAL PCHE	TIEMPO EJEC.	PERIOD. RECUP.
			kW	MWh	t	t	MCUC	MCUC	AÑOS	AÑOS
1	Río Yara	Granma	1250	4550	956	3868	640	2.475,0	1	3,9
2	Cauto Paso I	Granma	1200	3640	764	3094	512	2.376,0	2	4,6
3	Cauto Paso 2	Granma	700	2123	446	1805	299	1.386,0	2	4,6
4	Guisa	Granma	1670	3635	763	3090	511	3.306,6	2	6,5
5	Vicana	Granma	560	1960	412	1666	276	1.108,8	1,5	4,0
6	Pedregal	Granma	178	1538	323	1307	216	352,4	1,2	1,6
7	Cautillo	Granma	1390	3983	836	3386	560	2.752,2	2	4,9
8	Cilantro	Granma	43	150,5	32	128	21	85,1	0,8	4,0
9	Juan Sáez	Tunas	102	357	75	303	50	202,0	0,8	4,0
10	Las Mercedes	Tunas	50	175	37	149	25	99,0	0,8	4,0
11	La Paila	P. del Río	770	4350	914	3698	612	1.524,6	6	2,5
12	Juventud	P. del Río	720	4000	840	3400	563	1.425,6	1,6	2,5
13	Los Palacios	P. del Río	720	3680	773	3128	518	1.425,6	1,6	2,8
14	Minerva	Villa Clara	1460	3000	630	2550	422	2.890,8	1,8	6,8
15	Alacranes	Villa Clara	3000	13300	2793	11305	1871	5.940,0	2	3,2
16	Abreus	Cienfuegos	500	2600	546	2210	366	990,0	1,5	2,7
17	Lebrijes	S. Spíritus	1260	3000	630	2550	422	2.494,8	1,5	5,9
18	Tuinicú	S. Spíritus	986	2600	546	2210	366	1.952,3	1,8	5,3
19	La Felicidad	S. Spíritus	800	2000	420	1700	281	1.584,0	1,7	5,6
20	Jimaguayú	Camagüey	560	3000	630	2550	422	1.108,8	2	2,6
21	Najasa I	Camagüey	360	900	189	765	127	712,8	1,5	5,6
22	Najasa II	Camagüey	225	736,00	154,56	626	104	445,5	0,8	4,3
23	Porvenir	Camagüey	360	873,4	183,414	742	123	712,8	0,8	5,8
TO TAL			18864	66151	13892	56228,5	9307,5	37350,7		