COMISION NACIONAL DE ENERGIA
TEATINOS 126 - SANTIAGO - CHILE

CNE(ORD) N° VA/6 /

OBJ.: Envía información respecto del proyecto de gasificación de madera en Isla de Pascua.

REF.: SASIP (ORD)N°12/84 del 06.Enero.1984

25 ENE 1984

DEL : SECRETARIO EJECUTIVO DE LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA

AL : SR.GERENTE GENERAL DE SASIP

Agradecemos envío de su información en el oficio de la Referencia.

Esta Comisión considera positivo que las sugerencias vertidas en el estudio "Análisis Energético de Isla de Pascua" sean recogidas e implementadas.

Cabe hacer notar,sin embargo, la preocupación de que el proyecto "Gasificación de Madera" sea enmarcado en un procedimiento general, coordinando todos los aspectos energéticos (y otros relacionados) de la Isla y buscando complementaciones mediante ahorros u otras fuentes energéticas. Para asegurar estos aspectos se considera conveniente consultar con nuestro asesor en el campo de energías renovables,el Dr.Pedro Roth de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Se considera imprescindible, en todo caso,que se mantenga como reserva ante cualquier imprevisto, la capacidad de generación convencional en la Isla (Generadores White+Caterpiller) y que se acompañen los proyectos con una campaña de información general dirigida a la comunidad isleña

Me he permitido anexar información pertinente que creo puede ser de utilidad al proyecto.

Saluda atentamente a Ud.,

REPUBLICA DE CHILE
SECRETARIO EJECUTIVO
COMISION NACIONAL DE ENERGIA

BRUNO PHILIPPI YRARRAZAVAL
Secretario Ejecutivo
Comisión Nacional de Energía

DISTRIBUCION :

1. Gerente General SASIP, c/a
2. CNE (Archivo), c/a

LA COMBINACION DE FUENTES RENOVABLES PARA OBTENER ENERGIA ELECTRICA

Dr.-Ing. P. Roth
Universidad Técnica Federico Santa María
Comisión Nacional de Energía - Chile

RESUMEN

En muchas localidades aisladas o alejadas de la red interconectada, una combinación de fuentes energéticas representa la solución ideal para el suministro energético.

Combinando fuentes con características distintas puede lograrse una solución que reune las exigencias necesarias de suministro contínuo de energía y condiciones económicamente competivas.

Se analiza la integración de energía eólica y uso de leña para la generación de electricidad, complementado con energía solar para disminuir el consumo de electricidad.

Este análisis es efectuado para el caso específico de la Isla de Pascua.

INTRODUCCION.

Existen muchas alternativas para la generación de energía eléctrica usando fuentes energéticas renovables. No es motivo de esta presentación enlistarlas todas, sino que sólo se mencionarán aquellas de interés para el proyecto aquí analizado o para otros similares que puedan presentarse. Estas posibilidades están resumidas en la tabla de la figura 1.

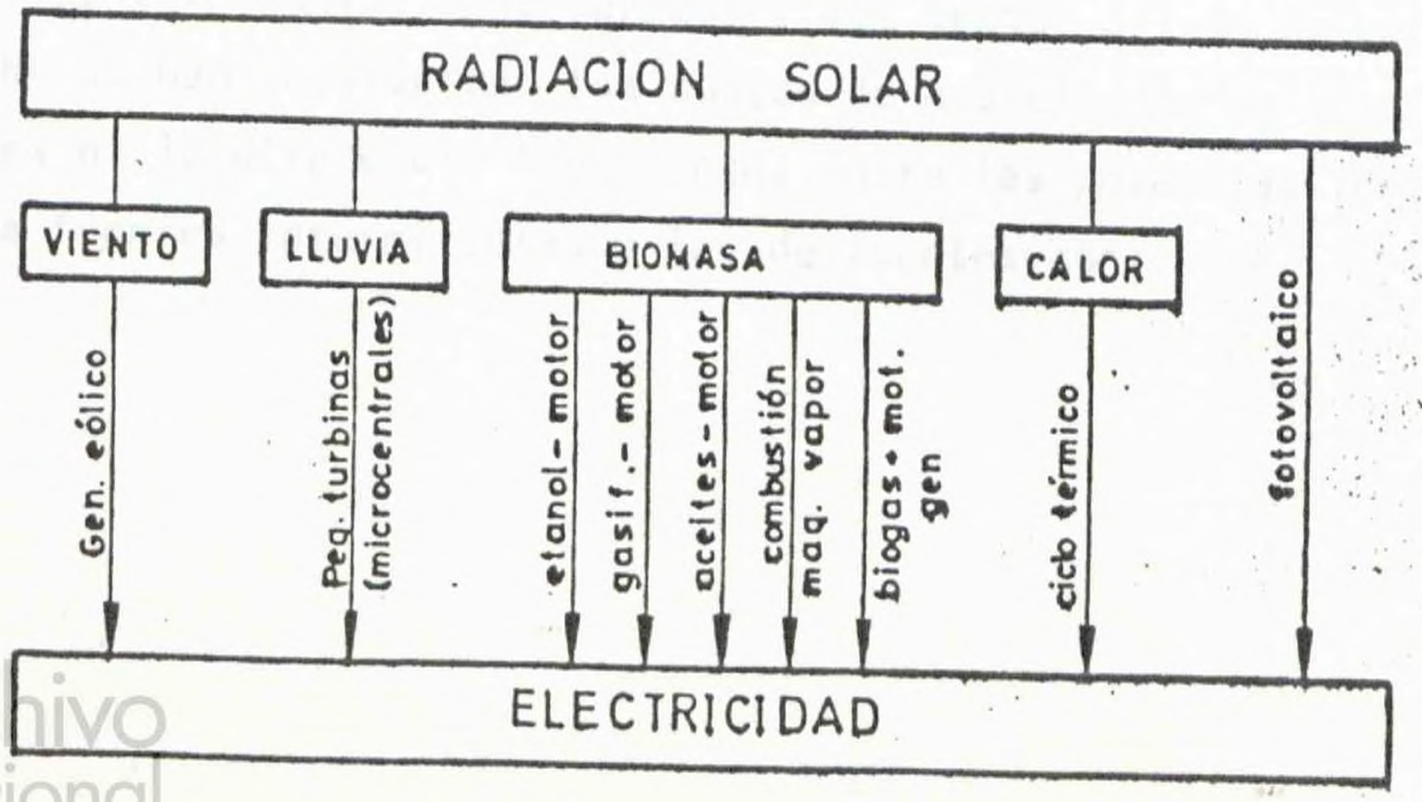

Fig. 1. Posibilidades.

FUENTE	POTENCIA kW	ESTADO ACTUAL	COSTO 1980 US$/kWh
Viento	0,1 - 100	Comercial	1000 - 2000
	100 - 300	Experimental	?
Microcentrales Hidráulicas	0,5 - 100	Comercial	1500 - 2500
Fotovoltaico	- 100	Comercial	20.000
Gasificador + Motor + Gen.	10 - 125	Comercial	1000 - 1500
Combustión + máq.vapor o turb.	10 - 10000	Comercial	1500 - 2500
Etanol + Motor + Gen.	1 - 300	Comercial	
Aceites veg. + Motor + Gen.	3 - 1000	Experimental	?
Biogas + Motor + Gen.	10 - 250	Comercial	2500 - 5000
Generador Diesel (pequeño)	3 - 1000	Comercial	800

Fig. 2: Rango de potencias, estado actual de la tecnología y costos de las alternativas consideradas.

En la tabla de la Fig. 2 se indican los rangos de potencia, el estado actual de las tecnologías consideradas y los costos del kW de potencia instalada. No se han considerado los costos de acumulación en las fuentes intermitentes ni la diferencia fundamental entre las potencias instaladas en el caso de fuentes intermitentes y las de fuentes contínuas.

Combinaciones posibles.

Aunque teóricamente podrían combinarse todas las fuentes indicadas en la tabla y otras no consideradas, la factibilidad práctica estará subordinada a 2 criterios fundamentales.

- Disponibilidad de los recursos en el lugar elegido.
- Combinación de fuente de suministro discontínuo con una contínua.

El primer criterio es obvio y no necesita mayor comentario. También condiciona el complemento del segundo criterio. Este a su vez permite evitar la utilización de sistemas de almacenamiento ya que estos en general aumentanconsiderablemente los costos. Sin embargo, una decisión final de esta índole solo podrá tomarse después del análisis correspondiente.

Combinaciones directas e indirectas.

En el análisis de cada caso deberá distinguirse entre dos posibles formas de combinación:

Combinación directa: Es aquella en que se combinan dos fuentes para producir una misma forma de energía. Por ejemplo, puese usarse energía eólica combinada con celdas fotovoltaicas para producir energía eléctrica.

Combinación indirecta: Son aquellos cados en que se emplea una forma de energía para disminuir el consumo de otra, i.e. calentar agua por energía solar para disminuir el consumo de electricidad.

Los casos reales generalmente combinarán las dos formas anteriormente mencionadas para obtener soluciones mejores a costos menores.

Para obtener las combinaciones ideales para un lugar determinado se está desarrollando actualmente una sistemática adecuada. Mediante programas numéricos y con los datos de los lugares de interés podrán obtenerse las soluciones adecuadas a la localidad elegida. Actualmente aún se desarrollan las soluciones mediante métodos convencionales: se analizan los recursos existentes, los consumos a reemplazar y los costos de las tecnologías disponibles. Como ejemplo se indicará a continuación el proyecto desarrollado para la Isla de Pascua.

Proyecto de Isla de Pascua.

Isla de Pascua está situada a 4.000 Km. de las costas chilenas. Tiene cerca de 170 Km.^{2} y 2.000 habitantes residen en ella.

Por encargo de la Comisión Nacional de Energía de Chile se efectúo un análisis del consumo energético de la Isla y de sus recursos energéticos [1].

De este estudio general se dedujo que existian posibilidades para utilizar viento, leña y sol como suministros energéticos para reemplazar los consumos actuales.

Toda la energía consumida en la Isla, salvo una pequeña cantidad de leña, se obtiene de combustibles traidos del continente. Ello significa que son de un costo muy elevado, lo que hace económicamente rentable su reemplazo.

Consumos actuales.

Los principales consumos son electricidad, generada con motores Diesel y gas licuado traido en sus envases individuales desde el continente. Se analizará solamente el consumo de electricidad por ser la forma que nos interesa en este proyecto.

Consumo de electricidad:

El consumo diario y sus variaciones está indicado en la Fig. 3. Posteriormente se implementaron algunas medidas de ahorro lo que redujo la carga base a unos 200 kW y la carga punta a 400.

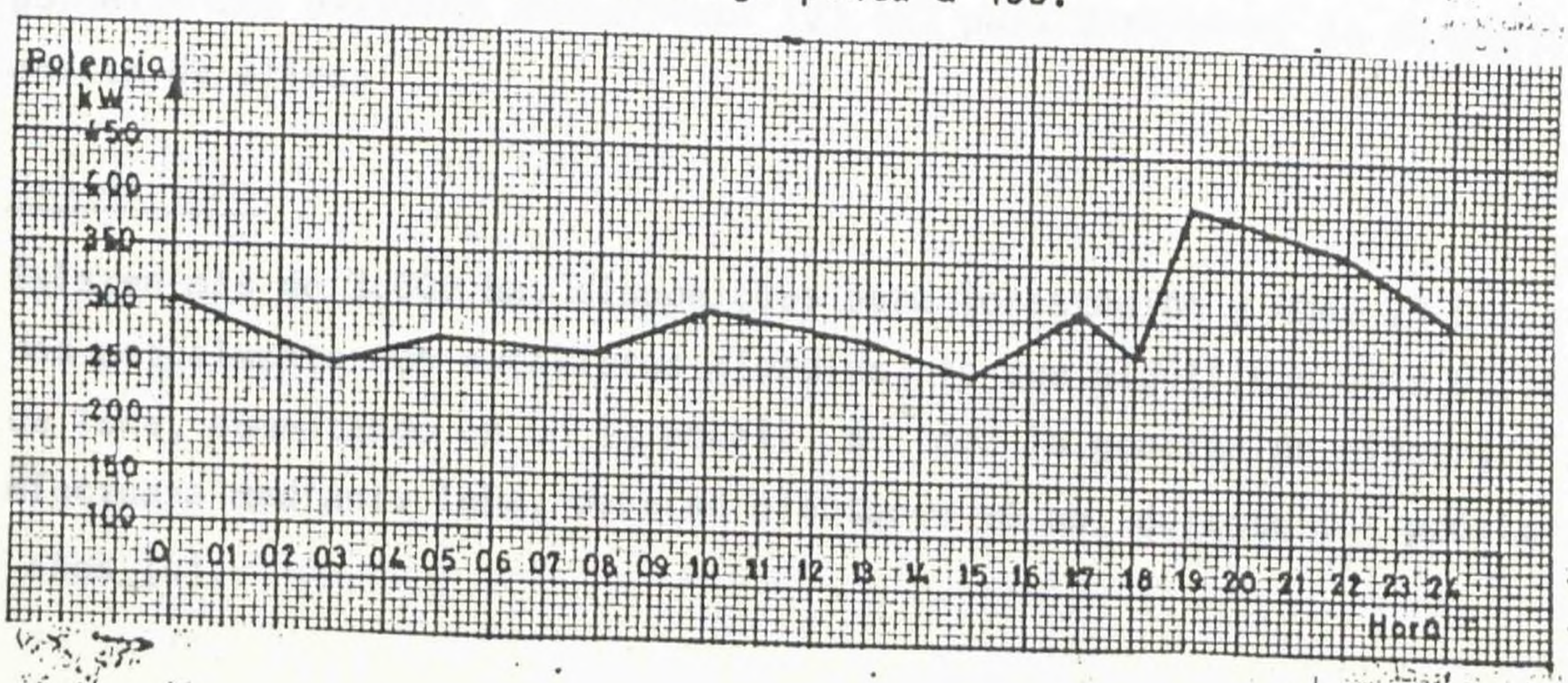

Fig. 3. Consumos típicos durante el día.

Reemplazos indirectos:

Se trata principalmente del reemplazo de los calentadores de agua eléctricos por sistemas solares. Como instalación de demostración se efectuó una en el Hogar de Menores de la Isla. Suministra agua caliente para los 50 niños que allí residen, ver Fig. 4.

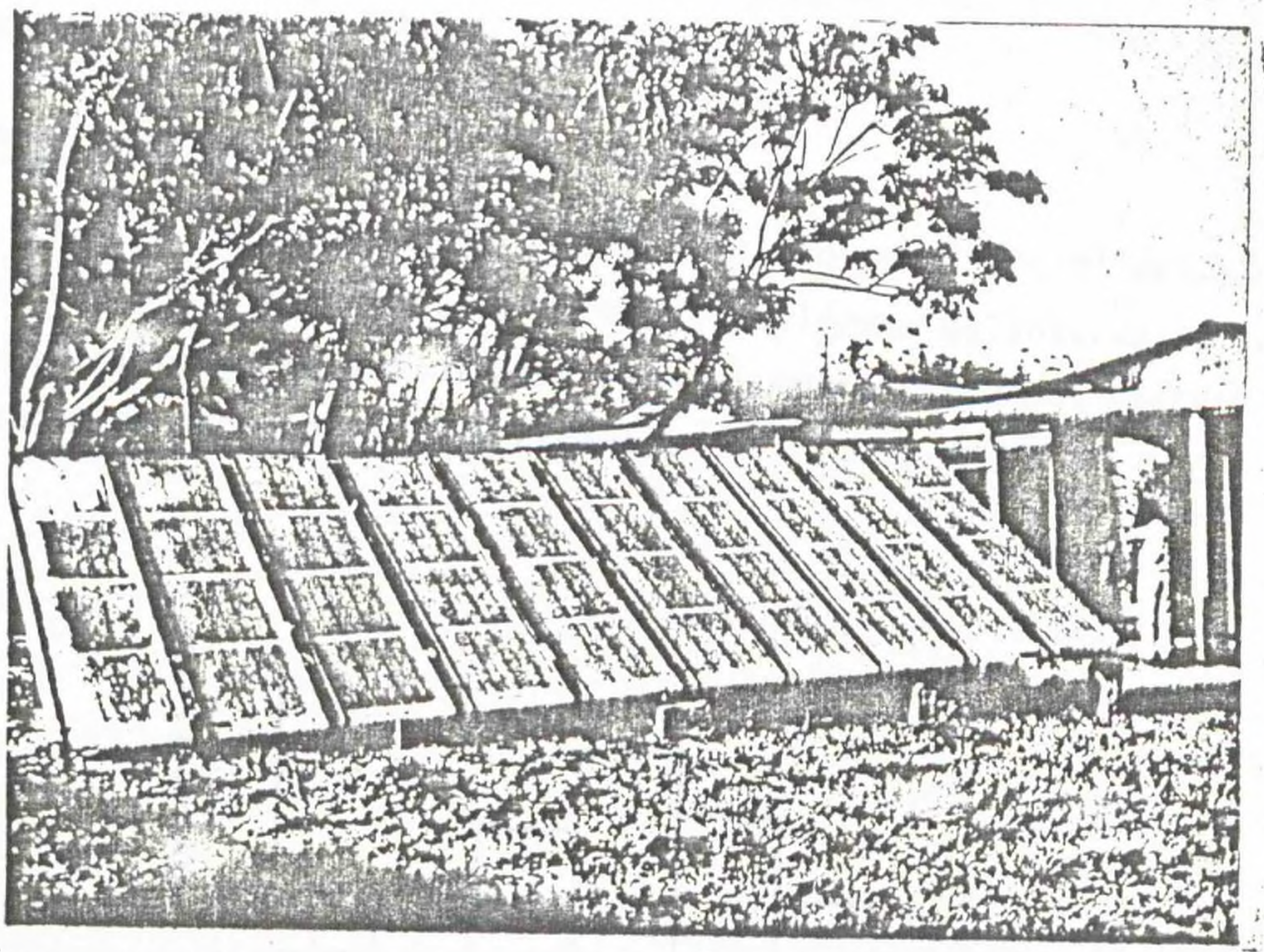

Fig. 4. Instalación solar, 14 m^2., Hogar de Menores.

Reemplazo directo:

Analizando las posibilidades de la isla, se estableció que podría utilizarse el viento y la leña como fuentes generadoras de electricidad. Se efectuaron por ello dos estudios específicos [2] [3] para determinar la disponibilidad exacta de ellos.

Uso de leña:

Existen más de 3.000 ha. disponibles para forestación y unas 70 ha. plantadas actualmente con eucaliptus globulus, lo que significan unas 63.000 t. de leña, aumentando en un 3% anual. Si toda la generación eléctrica se efectuara mediante leña, deberán plantarse 40 ha. durante los próximos 10 años [4].

La instalación del sistema generador con sus gasificadores, sistemas auxiliares para la elaboración y transporte de la leña, forestación y adaptaciones necesarias es del orden de US$ 600.000. Los costos de operación, incluyendo el combustible son de USc. 5 por kWh. Esto significa un ahorro anual de US$ 350.000 con lo que la inversión se amortizaría en un periodo de tres años. (10% de interés anual y 5% de mantención).

Uso de viento:

Un programa de medición de viento iniciado en el año 81 entregó informaciones sobre este recurso para 5 localidades de interés en la Isla. La distribución de velocidades para el monte Vai Ohao, cercano a los centros de consumo, está indicado en la Fig. 5.

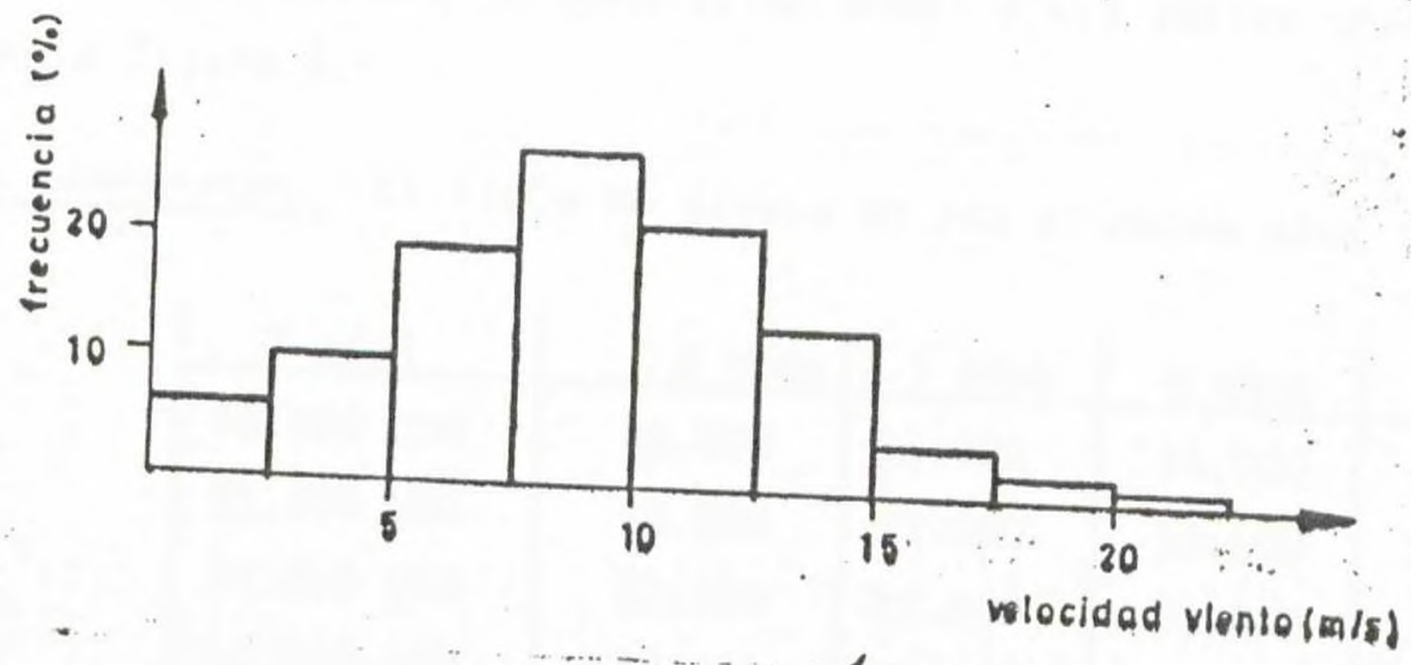

Fig. 5 : Distribución de velocidad del viento, Vai Ohao.

Se aprecia que el recurso eólico es significativo y se podría utilizar para la generación eléctrica [3]. Si se instalara una máquina de velocidad nominal 10 m/s, ésta generaría a potencia nominal durante aproximadamente 38% del tiempo y durante un 45% a potencia parcial.

La instalación de 3 máquinas de 300 kW costaría US$ 1.500.000. Con ello se generarían 2.000.0000 de kWh al año. La inversión se amortisaría en 7 años.

Solución integrada:

Como solución final se especifica un sistema integrado que actualmente se está desarrollando. En él se considera la instalación en dos etapas de cada vez un módulo generador de 125 kW a gas de leña y una máquina eólica de 50 kW. Con esta solución integrada que a futuro puede ampliarse, se disminuye la dependencia de una sola fuente energética. Como respaldo al sistema permanecen los motores actualmente instalados (1500 kW) que sólo se usarán en casos de emergencia o existiendo consumos de punta extremadamente altos. La reforestación puede reducirse a lugares más cercanos, disminuyendo los costos de recolección.

El sistema puede ampliarse a futuro, agregando otros módulos similares o máquinas eólicas adicionales.

Los costos estimados para una instalación de este tipo es de alrededor de US$ 650.000. El esquema de generación anual y sus costos sería el indicado en la figura 6.

Condiciones económicas: El flujo de dinero en los primeros años sería:

Item	1 años	2 años	3 años	4 años	5 años
Interes	65.000 USD	49.000	33.000	14.000	---
Mantención	33.000 USD	33.000	33.000	33.000	33.000
Leña	82.000 USD	82.000	82.000	82.000	82,000
Petróleo	48.000 USD	48.000	48,000	48,000	48,000
Varios	12.000 USD	12.000	12.000	12,000	12,000
	240.000 USD	234.000	208.000	189.000	142,000
Ahorro de petróleo	400.000	400.000	400.000	400.000	
Excedente año	160.000	166.000	192.000	211.000	
Capital	490.000	324.000	132.000	- 79.000	

Ello significa que la inversión estaría pagada después de aproximadamente 3 1/2 años de operación. El sistema generaría anualmente unos 2.500.000 kWh con un costo de USc 6 por kWh. Considernado una vida útil de 15 años y comparando con los costos de generación actuales (20 USc/kWh) significa que se obtiene un ahorro de USD 3.850.000.-

Fuente	Electricidad generada	Costo combustible
Viento	530.000 = 22%	---
Leña	1.630.000 = 68%	82.000
Diesel	240.000 = 10%	48.000

Fig. 6 : Esquema de generación.

Con este esquema, alrededor de 550.000 litros de petróleo pueden ahorrarse anualmente lo que significa un ahorro anual de 2.200.000 kWh ó US$ 400.000 con un gasto adicional de US$ 82.000 en combustible leña.

Conclusiones

La combinación de fuentes renovables es una solución económica para la generación de electricidad. En el caso analizado se utilizó leña y viento, es decir una fuente intermitente y una fuente intermitente y una contínua, lográndose una disminución de los costos de generación a menos de 1/3 del costo original. Además se utilizaron combinaciones secundarias y medidas de ahorro para reducir el consumo de electricidad. Un análisis similar puede aplicarse a otras localidades con condiciones comparables (Zonas aisladas, islas).

Bibliografía.

[1] Roth, P. Análisis energético de Isla de Pascua, CNE, 1981.

[2] -- Potencial energético de las plantaciones de eucaliptus en Isla de Pascua. Instituto Forestal 1983.

[3] Roth, P. Energía eólica para la generación eléctrica en Isla de Pascua. UTFSM/CNE 1982

[4] -- Prefactibilidad técnico-económica de la producción de energía eléctrica en la Isla de Pascua, mediante la gasificación de madera.

[5] -- Energy in developing countries. World Bank, Washington 1980

Proyecto "Sistema combinado viento-leña para la generación de electricidad en Isla de Pascua".-

Antecedentes

Estudios efectuados [1] [2] han demostrado que existen alternativas técnicas económicamente rentables para la generación de electricidad en Isla de Pascua: la leña, utilizándola para gasificación y en combinación con motores de combustión interna y el viento, utilizable con máquinas eólicas adecuadas.

Desarrollo del proyecto

- Efectuar un estudio del sistema combinado por SASIP-Corfo y UTFSM.
- Presentar a PNUD para financiar aporte correspondiente a equipos.
- Gestionar aporte nacional en Corfo.
- Importar equipos.
- Preparar instalación en Isla.
- Instalar equipos.
- Controlar y analizar funcionamiento.
- Sacar conclusiones para otros proyectos.
- Publicitar en Congresos.

Costos estimados del proyecto

Equipos : (PNUD)

		US$
2 gasificadores 125 kW con generadores		350.000.-
2 máquinas eólicas de 50 kW c/u		120.000.-
Maquinaria para preparación leña		60.000.-
Instrumentos		20.000.-
Varios		20.000.-
		570.000.-

Proyecto e Instalación: (Corfo)

14 viajes Isla	$	600.000.-
Estadía (10 x 6 días x 125 USD)		700.000.-
Gastos en Isla, contratos, construcciones		2.000.000.-
Líneas eléctricas, postación		1.000.000.-
Honorarios asesorías específicas		400.000.-
Forestación		1.000.000.-
Costos proyecto detallado		.500.000.-
Varios		1.000.000.-
		7.200.000.-

Procedimiento

- Comisionar a UTFSM para confeccionar proyecto definitivo en conjunto con Sasip-Corfo.
- Instalar.
- Comisionar a UTFSM seguimiento científico del funcionamiento.

Cronograma

26 diciembre - 6 enero	:	Elaborar proyecto general, 1 viaje Isla.
8 enero - 15 enero	:	Elaborar antecedentes PNUD.
	:	Solicitar antecedentes técnicos detallados a proveedores equipos.
15 enero - 1 marzo	:	Análisis y adecuación a medida que lleguen los antecedentes solicitados.
2 marzo - 10 marzo	:	2 viajes Isla, definir detalles en terreno.
11 marzo - 20 marzo	:	Proyecto detallado.

A : Si los equipos llegan antes de abril:

Abril: embarque equipos.

Mayo : instalación equipos (3.viaje a la Isla)

Julio: Puesta en marcha (4.viaje.Isla.)

Agosto 84 - Agosto 85 : Evaluación (5,6, 7 viaje Isla.)

B : Si equipos llegan después de abril.

Abril - noviembre : preparar isntalación.

Noviembre : envío equipo a la Isla

Diciembre : instalación.

Enero 85 : puesta en marcha

Febrero 85 - Febrero 86 : Evaluación funcionamiento.

Referencias

[1] Roth, P. Energía eólica para la generación eléctrica en Isla de Pascua. UTFSM/CNE 1982.

[2] -- Prefactibilidad técnico-económica de la producción de energía eléctrica en la Isla de Pascua, mediante la gasificación de madera.

PROYECTO "SISTEMA COMBINADO VIENTO-LEÑA PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD EN ISLA DE PASCUA".

Antecedentes

Estudios efectuados [1] [2] han demostrado que existen alternativas técnicas económicamente rentables para la generación de electricidad en Isla de Pascua: la leña, utilizándola para gasificación en combinación con motores de combustión interna o con máquinas de vapor y el viento, utilizable con máquinas eólicas adecuadas. Sasip-Corfo ya puso la orden para adquirir un gasificador con su generador y está iniciando los trabajos correspondientes.

Sería interesante instalar además una máquina de vapor por su mayor confiabilidad a largo plazo y su gran robustez. La instalación así efectuada sería un objeto de estudio de gran interés nacional, por su posible proyección a otras zonas, e internacional por su originalidad.

El empleo de máquinas de vapor permite además construir gran parte de la instalación en Chile (caldera).

Desarrollo del Proyecto

- Efectuar un estudio del sistema combinado por SASIP-CORFO y UTFSM.
- Presentar a PNUD para financier aporte correspondiente a equipos.
- Gestionar aporte nacional en CORFO.
- Importar equipos.
- Preparar instalación en Isla.
- Instalar equipos.
- Controlar y analizar funcionamiento.
- Sacar conclusiones para otros proyectos.
- Publicitar en Congresos.

Costos estimados del Proyecto

Equipos : (PNUD)

1 Máquina de Vapor 200 kw con caldera	US$ 200.000,-
2 Máquinas Eólicas de 50 kw c/u	120.000,-
Maquinaria para preparación leña	60.000,-
Instrumentos	20.000,-
Varios	20.000,-
	US$ 420.000,-

Proyecto e Instalación : (CORFO)

1 Gasificador 125 kw con motor	US$ 180.000,-
14 viajes Isla	$ 600.000,-
Estadía (10 x 6 días x 125 USD)	700.000,-
Gastos en Isla, contratos, construcciones	2.000.000,-
Líneas Eléctricas, postación	1.000.000,-
Honorarios asesorías específicas	400.000,-
Forestación	1.000.000,-
Costos proyecto detallado	500.000,-
Varios	1.000.000,-
	$ 7.200.000,-
	+ US$ 180.000,-

Procedimiento

- Comisionar a UTFSM para confeccionar proyecto definitivo en conjunto con SASIP-CORFO.
- Instalar.
- Comisionar a UTFSM seguimiento científico del funcionamiento.

Cronograma

Cronograma

26 diciembre - 6 enero	:	Elaborar Proyecto General, 1 viaje Isla.
8 enero - 15 enero	:	Elaborar Antecedentes PNUD.
	:	Solicitar antecedentes técnicos detallados a proveedores equipos.
15 enero - 1 marzo	:	Análisis y adecuación a medida que lleguen los antecedentes solicitados.
2 marzo - 10 marzo	:	2 viajes Isla, definir detalles en terreno.
11 marzo - 20 marzo	:	Proyecto detallado.

A : Si los equipos llegan antes de abril:

Abril	:	Embarque equipos.
Mayo	:	Instalación equipos (3 viaje a la Isla).
Julio	:	Puesta en marcha (4 viaje a la Isla).
Agosto/84-Agosto/85	:	Evaluación (5, 6 y 7 viaje a la Isla).

B : Si los equipos llegan después de abril:

Abril - Noviembre	:	Preparar instalación
Noviembre	:	Envío equipo a la Isla
Diciembre	:	Instalación
Enero/85	:	Puesta en marcha
Febrero/85-Febrero/86	:	Evaluación funcionamiento

Referencias

[1] Roth, P. Energía eólica para la generación eléctrica en Isla de Pascua. UTFSM/CNE 1982

[2] Prefactibilidad técnico-económica de la producción de energía eléctrica en la Isla de Pascua, mediante la gasificación de madera.
