



“PROYECTO DE HIBRIDIZACIÓN EÓLICO-DIESEL ISLA ROBINSON CRUSOE-ARCHIPIÉLAGO JUAN FERNÁNDEZ”

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Franco Aceituno Gandolfo
Jefe Área Electrificación Rural
Director Nacional Proyecto CHI/00/G32 – CNE – PNUD – GEF

faceituno@cne.cl
 Agustinas N°1291, Piso 7°, Oficina I, Santiago – Chile
www.cne.cl - www.renovables-rural.cl

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – ANTECEDENTES:

El archipiélago de Juan Fernández, se ubica en el Océano Pacífico distante 600 km del puerto de San Antonio (Vª región de Valparaíso, Chile). Está conformado por las islas Robinson Crusoe (4794 ha), Marinero Alejandro Selkirk (4952 ha) y Santa Clara (221 ha).



- 700 Hab. (Isla Robinson Crusoe, más población flotante: turistas, presta servicios a barcos en tránsito).
- Parque Nacional y Reserva Mundial de la Biosfera.
- Lugar de Importancia Histórica y Potencial Turístico.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - ANTECEDENTES:



240 viviendas, establecimientos (municipio, organismos fiscales, retén, escuela, jardín infantil, posta, central de comunicaciones, pequeño comercio y empresas productivas) y alumbrado público.

- La generación eléctrica es en base a grupos motor generadores que utilizan petróleo diesel.
- Nueva planta diesel 4x150 [kVA] y red 13,2 [kV]. Dos estanques de 25 m³ cada uno.
- Año 2004:
300 empalmes
E = 807.127 [kWh/año]
D máx = 201 [kW]
300.000 [l/año] petróleo

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - ANTECEDENTES:



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - OBJETIVOS:

- Disminuir los costos de generación del sistema eléctrico.
- Mejorar la calidad del suministro energético.
- Disminuir la dependencia energética del continente.
- Disminuir los riesgos de accidentes tanto para las personas, como el medio ambiente.

CENTRALES EÓLICAS AISLADAS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS:

EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA EN LUGARES CON REDES DÉBILES, GRUPOS DIESEL TURBINAS DE GAS O INCLUSO SIN RED, ES POSIBLE Y EXISTEN DESARROLLOS DE APLICACIONES COMERCIALES FIABLES Y DE ALTA EFICIENCIA.



CENTRALES EÓLICAS AISLADAS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS:

DIFERENCIAS FRENTE A EXPLOTACIÓN CENTRALIZADA:

- LA SOLUCIÓN DEBE DESARROLLARSE A MEDIDA.
- SE DEBE ESTUDIAR MUY EN DETALLE EL CONSUMO.
- PUEDE REQUERIRSE SISTEMA DE CONTROL ESPECÍFICO O DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA, LO QUE SUPONE UNA MAYOR INVERSIÓN.
- DIFICULTAD DE REALIZAR ADECUADAMENTE LAS TAREAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

SISTEMAS EÓLICOS AISLADOS DE MEDIA POTENCIA:

- Sistemas de potencia comprendida entre 100 y 500 [kW].
- Sistemas de consumo medio compuestos como p.e. pequeñas comunidades aisladas, pequeñas islas, desalación de agua de mar, bombeo de agua o petróleo.
- Normalmente son sistemas eólico-diesel o gas compuestos por varios aerogeneradores y grupos electrógenos o turbinas.
- El sistema de almacenamiento suele ser de corto plazo, bien por baterías, volante de inercia o aire comprimido.

SISTEMAS EÓLICOS – DEFINICIÓN DE PENETRACIÓN EÓLICA:

$$\text{Penetración Instantánea} = \frac{\text{Potencia Eólica (kW)}}{\text{Carga Eléctrica Primaria (kW)}}$$

$$\text{Penetración Promedio} = \frac{\text{Energía Eólica Producida (kWh)}}{\text{Demanda de Energía Primaria (kWh)}}$$

- **En términos de potencia.** Representa la máxima potencia instantánea que puede inyectar un sistema eólico en una determinada red sin producir perturbaciones o inestabilidades en la misma.
- **En términos de energía.** Representa el porcentaje máximo de energía de origen eólico frente a la energía total producida por un sistema híbrido en un periodo de tiempo determinado.

SISTEMAS EÓLICOS – NIVEL DE PENETRACIÓN EÓLICA:

SISTEMAS DE ALTA PENETRACIÓN EÓLICA

- En términos de potencia: hasta el 100%
- En términos de energía: mas del 60% anual

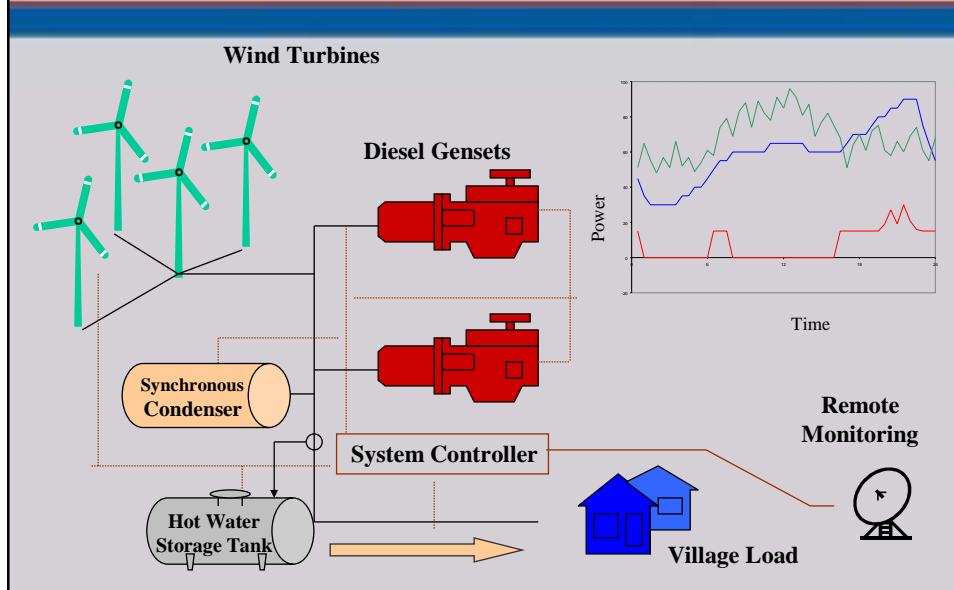
VENTAJAS:

✓ Reducción drástica del consumo de combustible si el potencial eólico es alto.

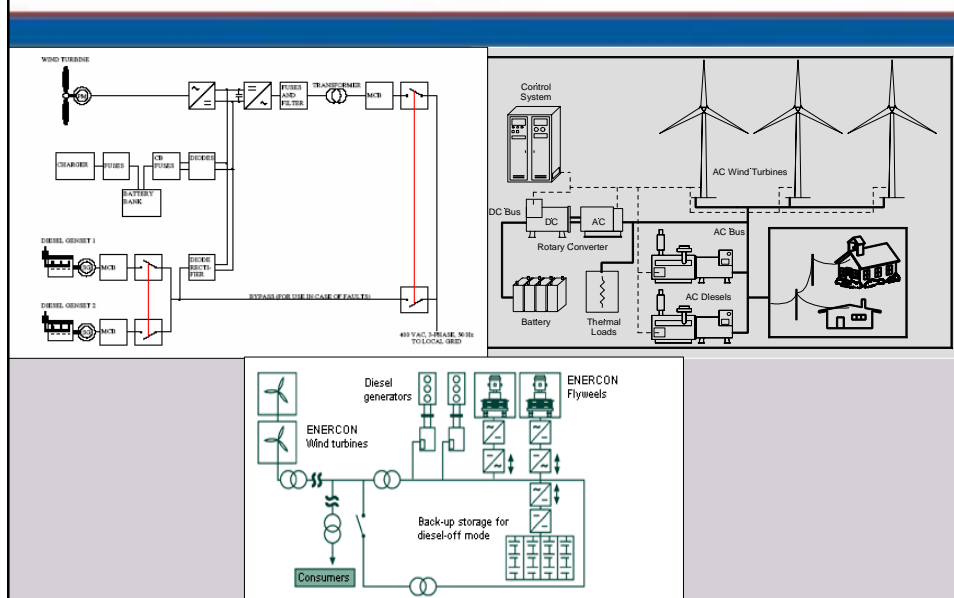
INCONVENIENTES:

- ✓ Mayor complejidad del control.
- ✓ Requiere sistema de almacenamiento.
- ✓ Mayor inversión.

SISTEMAS EÓLICOS DIESEL AVANZADOS - ALTA PENETRACIÓN EÓLICA:



SISTEMAS EÓLICOS DIESEL AVANZADOS - ALTA PENETRACIÓN EÓLICA CON ALMACENAMIENTO:



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – ACTIVIDADES REALIZADAS:

• Estudios:

- ▶ Estudio de Recurso Eólico.
- ▶ Estudio de Prefactibilidad Ambiental.
- ▶ Estudio de Construcción de Línea Base Ambiental.
- ▶ Estudio de Impacto de Ambiental.
- ▶ Estudio de Sitios de Emplazamiento.
- ▶ Estudio de Monitoreo de Variables Eléctricas.
- ▶ Estudio Evaluación Técnico-Económica.
 - En Función de los Nuevos Antecedentes Disponibles.

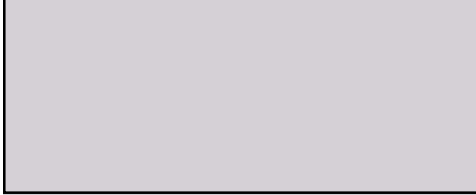
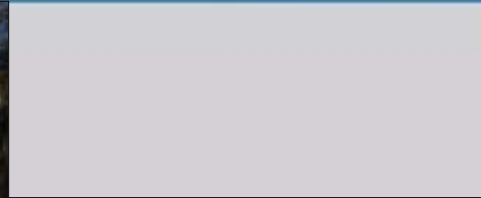
PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – ACTIVIDADES REALIZADAS:

• Proyectos Ejecutados:

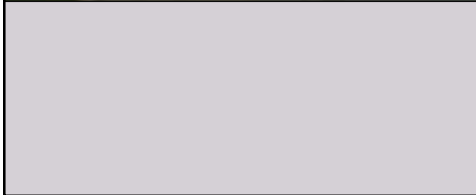
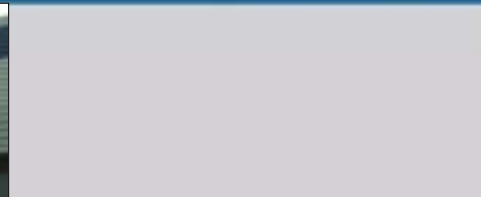
\$ 600.000.000 en Obras Ejecutadas en Normalización Sistema Eléctrico y Combustible.

- ▶ Sistema de Almacenamiento de Combustible.
- ▶ Sistema de Distribución.
- ▶ Sistema de Transporte.
- ▶ Sistema de Generación.

**PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ –
ACTIVIDADES REALIZADAS:**



**PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ –
ACTIVIDADES REALIZADAS:**

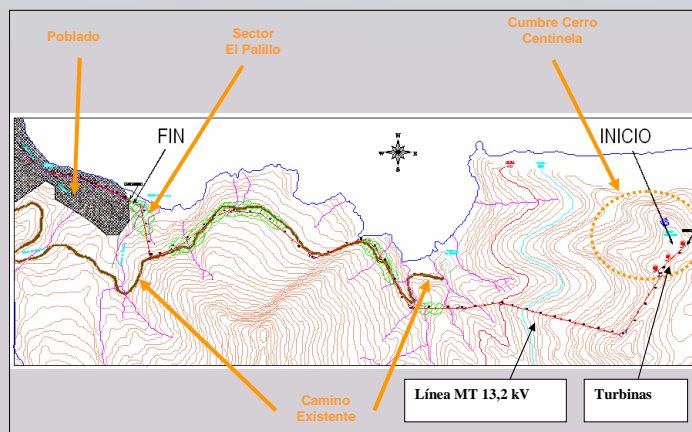


PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:

- La isla dispone de recurso eólico y del espacio físico necesario para la ejecución de un proyecto que aproveche este tipo de energía y sea la mejor alternativa técnico – económica para el abastecimiento eléctrico de los próximos 20 años.



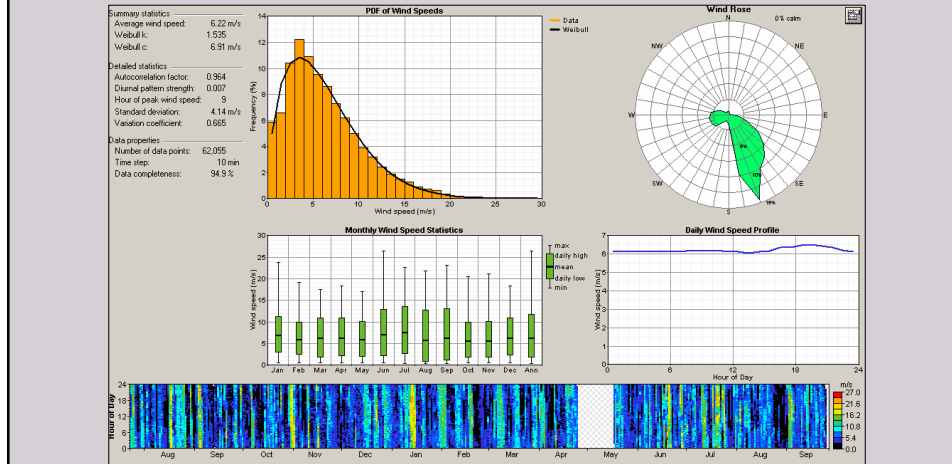
PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:



- Instalación de tres turbinas de 100 kW en Cerro Centinela.
- 2.500 m red de 13,2 kV.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:

Recurso eólico es catalogado como bueno a excelente: 6,8 m/s a 30 m.



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:

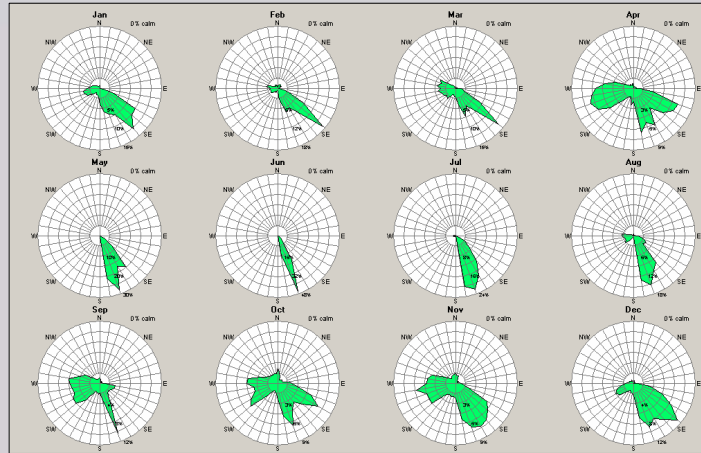
Summary statistics		Weibull k algorithms	
Average wind speed:	6.22 m/s	Maximum likelihood:	1.535
Minimum wind speed:	0.400 m/s	Modified maximum likelihood:	1.533
Maximum wind speed:	26.5 m/s	Graphical (least squares):	1.851
Weibull k:	1.535 ($\mu^2 = 1.000$)		
Weibull c:	6.91 m/s		

Detailed statistics	
Autocorrelation factor:	0.964
Diurnal pattern strength:	0.007
Hour of peak windspeed:	9
Standard deviation:	4.14 m/s
Variation coefficient:	0.665
Frequency of calms:	0.000 %

Data properties	
Number of data points:	62,055
Time step:	10 min
Start date:	2003.07.23 15:30
End date:	2004.09.26 13:50
Actual observations:	58,870
Missing observations:	3,185
Data completeness:	94.9 %

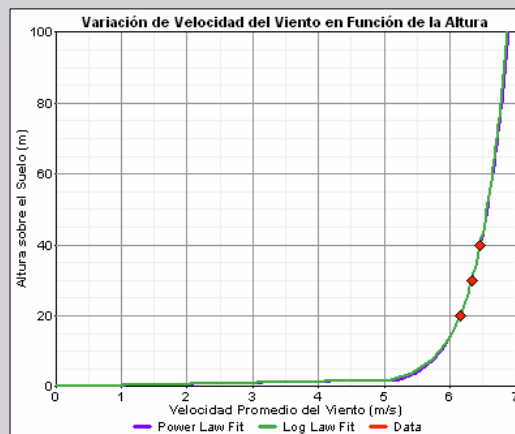
Month	Wind Speed (m/s)	Weibull k	Autocorrelation Factor	Diurnal Pattern Strength	Hour Of Peak Wind Speed	Standard Deviation (m/s)	Variation Coefficient
January	6.912	1.553	0.975	0.031	2	4.669	0.675
February	5.839	1.374	0.973	0.052	24	4.207	0.721
March	6.173	1.698	0.953	0.026	20	3.630	0.598
April	6.183	1.622	0.955	0.049	18	3.806	0.616
May	5.889	2.088	0.926	0.056	6	2.955	0.502
June	6.995	1.641	0.964	0.020	14	4.456	0.637
July	7.482	1.588	0.969	0.010	1	4.765	0.637
August	5.720	1.517	0.959	0.047	20	3.738	0.653
September	6.156	1.560	0.963	0.019	18	4.102	0.666
October	5.523	1.311	0.971	0.062	18	4.346	0.787
November	5.499	1.396	0.969	0.052	19	4.223	0.768
December	6.235	1.934	0.935	0.017	6	3.393	0.544
Annual	6.217	1.535	0.964	0.007	9	4.136	0.665

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:



Fuente : Estación de Medición Cerro Centinela – Anemómetro B, Vano B. 30 metros de Altura. Isla Robinson Crusoe.
Elaboración : CNE.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:



Fuente : Estación de Medición Cerro Centinela – Anemómetro A, B, C. Alturas de 40, 30 y 20 sobre el suelo. Isla Robinson Crusoe.
Elaboración : CNE.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:

Consideraciones Generales de Diseño:

Instalación:	Exterior
Altitud sobre el nivel del mar:	máximo 400 [m]
Temperatura ambiente máxima:	40 °C
Temperatura mínima anual:	-5 °C
Humedad máxima:	100%
Humedad mínima:	30%
Altura de nieve máxima:	No aplica
Lluvia máxima:	Frecuentes lluvias tropicales
Viento máximo:	147 [km/h]
Condiciones sísmicas:	Zona sísmica 4, según clasificación del UBC de EE.UU.
Solicitaciones sísmicas de diseño y pruebas:	Aceleración horizontal: 0,5 [g] Aceleración vertical: 0,3 [g] Para los cálculos sísmicos se considera los requisitos contenidos en el documento Endesa ETG-1018.
Otras condiciones:	Alto nivel de contaminación por partículas de polvo y humedad salina proveniente de la cercanía con el mar

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – INGRESO AL SEIA:

- El proyecto consistente en la ejecución de obras o actividades en un **Parque Nacional**, lo que implicó el ingreso del proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Los análisis se concentraron en los siguientes tópicos:
 - Geología – Geomorfología
 - Vegetación y Flora
 - Ave y Fauna
 - Paisaje
 - Medio humano
 - Arqueología
 - Ruido

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:

Geología:

Las fundaciones estarán emplazadas en terrenos con un predominio de material arcilloso rojizo y amarillento de hasta 1 m de profundidad, desde donde comienza a aflorar la roca volcánica andesítica disgregada y fuertemente meteorizada. En profundidad, esta roca debería presentar un menor grado de meteorización, pero siempre de composición disgregable y blanda, excepto cuando se encuentre con núcleos o rodados de roca fuertemente silicios, como los que se observaron en la ladera sur-occidental del Cerro Centinela.

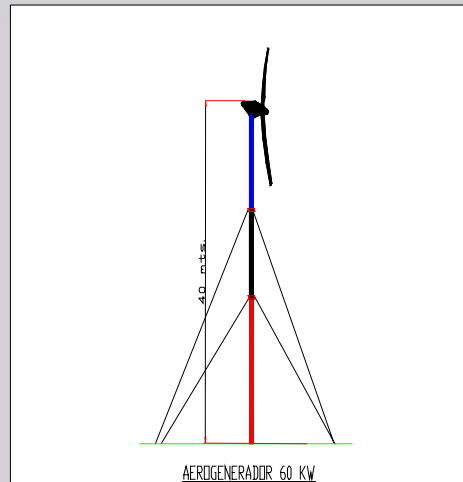


PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-DIESEL:

3* aerogeneradores de 100 kW en Cerro Centinela:

- ▶ Rotor: 21 metros de diámetro.
- ▶ Altura de Rotor: máxima 55 metros.
- ▶ Torres tubulares tipo “Till Up” ancladas mediante vientos o tirantes (“atirantadas”).
- ▶ Turbinas y Torre con pintura blanca anti reflejo.

(*) Depende de la solución planteada por el oferente, es posible disminuir el número de aerogeneradores a cambio de aumentar su potencia



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - CONSTRUCCIÓN:

- El diseño de las fundaciones corresponderá a la empresa proveedora de las turbinas, considerando:
 - Características del suelo.
 - Eventuales movimientos sísmicos.
 - El peso de los equipos.
 - Fuerzas generadas por la acción del viento.



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - CONSTRUCCIÓN:

- 3 Subestaciones elevadoras a ras de piso (Tipo Padmounted) de 125 kVA cada una.
- Instalación eléctrica subterránea en la cima del cerro (Planta Eólica). Cable 35 mm² tipo XLPE o similar; 500 m.
- Línea de Trasmisión Eléctrica Trifásica de 13,2 kV; 2.000 m.
 - 52 postes de 11,5 metros de altura.
 - 16 de ellos, en zona protegida del parque.
 - Cables aislados en zonas de presencia de árboles (principalmente eucaliptos). Cable aislado o protegido de 50 mm² antitracking y resistente a la radiación solar y la abrasión.
 - La línea de trasmisión se interconecta con la línea de distribución de media tensión existente en el poblado. Cable de cobre duro desnudo de 35 mm²

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – CONSTRUCCIÓN:



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - CONSTRUCCIÓN:

Las etapas de construcción son las siguientes:

- Levantamiento y montaje de planta eólica.
- Instalación de subestaciones de transformación.
- Instalación de nuevas líneas eléctricas.
- Instalación equipamiento de los sistemas de control y monitoreo.

Cumbre Cerro Centinela: Despeje de zona, Excavaciones y nivelaciones, Hormigonado de bases y anclajes, Montaje e instalación de torres, Instalación de los aerogeneradores, Instalación subestaciones, Instalación de equipamiento, conexiones y tendidos eléctricos subterráneos.

Zona de Tendido Eléctrico Aéreo: Excavaciones para instalación de postes y tirantes, Instalación de postes e Instalación de tendido eléctrico.

Planta Diesel: Instalación de equipamiento sistema de control y monitoreo.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - CONSTRUCCIÓN:

- Transporte de torres eólicas y equipamiento desde el muelle hasta el lugar de ubicación final mediante helicóptero.
- Los aerogeneradores se levantan mediante atirantamiento, no se requiere maquinaria pesada, ni instalación de faenas.



PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - CONSTRUCCIÓN:

- Plazo de construcción: 3 meses.
- Mano de obra: 15 personas que se hospedarán y dispondrán de los servicios necesarios en el poblado San Juan Bautista.
- Insumos: La totalidad de los componentes serán provistos desde el continente.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ - EXPLOTACIÓN:

- **Aerogeneradores:** Se considera la mantención de los equipos de manera preventiva una vez por año, la que consistirá en la visita de un técnico a la isla para la revisión del estado de los generadores eólicos (rodamientos, estado de las palas o hélices, sistemas de control, etc.).
- **Red de transmisión:** Requiere la misma mantención que actualmente se realiza a la red existente en la comunidad de San Juan Bautista, que consiste principalmente en la poda de árboles y reapriete de ferretería. En zonas o sectores en donde existe vegetación arbórea, y gracias al tipo de conductor considerado (revestido), no será necesario podar, lo que permitirá que cualquier elemento pueda estar en contacto con este sin causar consecuencias al medio y al sistema.
- **Mano de obra:** 6 personas, durante 20 años.

PROYECTO JUAN FERNÁNDEZ – IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE:

El proyecto desde el punto de vista ambiental se caracteriza:

- Intervención sobre el Parque es bastante discreta y acotada.
- Los impactos sobre la biota resultan de poca magnitud.
- El impacto mas relevante resulta sobre el paisajismo, que puede ser mitigado en alguna medida.
- El proyecto considera las medidas ambientales tendientes a mitigar, compensar y/o restaurar sus impactos, proponiendo compensaciones como el fomento de la actividad turística en la zona.
- Un programa de seguimiento, en particular de mortalidad eventual de aves.



faceituno@cne.cl
Visite páginas WEB:
www.cne.cl
www.renovables-rural.cl



MUCHAS GRACIAS

