



**PROYECTO EOLO**  
**EVALUACION DEL POTENCIAL EOLICO NACIONAL**



**INFORME FINAL**



UNIDAD EJECUTANTE DEL PROYECTO

DEPARTAMENTO DE GEOFISICA  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

SANTIAGO - CHILE

1993

## **Participantes**

### **Ejecutivos y profesionales de CORFO relacionados con el estudio**

Tomás Vial, Gerente de Desarrollo

Mario Castillo, Subgerente de Estudios y Proyectos

Ángela Kelergis, Coordinadora del proyecto

Hugo Álvarez, Coordinador inicial del proyecto

### **Unidad Ejecutora**

Departamento de Geofísica.

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile

### **Equipo Profesional**

Patricio Aceituno, Jefe de Proyecto

Pablo Ulriksen

### **Equipo Técnico**

Cristian Santana, Ricardo Muñoz, Aldo Montecinos, Benjamín Rosenblüth

### **Colaboradores**

Humberto Fuenzalida, José Rutllant, Luis Sánchez

### **Ayudantes**

Carmen Gloria Becerra, Cristina Callejas, José Gutiérrez, Mauro Huenupi, Verónica Morán, Esperanza Ogaz, Palmira Ramírez, Manuel Riquelme, Zaida Salinas, Patricia Sepúlveda, Pedro Sepúlveda, Angela Soñán, Sandra Soñán

### **Secretaria**

Francisca Gallardo

## **Agradecimientos**

*Numerosas instituciones y personas colaboraron con este proyecto proporcionando información básica de velocidad y dirección del viento. A este respecto agradecemos en particular la colaboración de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA). Ambas instituciones permitieron libre acceso a sus archivos meteorológicos. Otras instituciones que también pusieron sus datos a disposición del proyecto son la División Chuquicamata de CODELCO, el European Southern Observatory (ESO), el Observatorio Tololo Aura Inc., la Empresa Nacional de Petróleos (ENAP), la Compañía de Carbones de Chile (COCAR), y la Empresa de Electricidad del Norte (EDELNOR - Antofagasta). Reconocemos también la colaboración de otras instituciones que mantienen en operación estaciones meteorológicas, y cuyos datos por diferentes motivos no fueron analizados en el estudio. Entre éstas están la Dirección General de Aguas (DGA), el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL) y la Compañía Minera Disputada de las Condes.*

*Los aportes personales fueron también importantes en la fase de recopilación de información. Agradecemos en particular a los profesores Carlos Naveas y Rolando Tiemann de la Universidad de Playa Ancha, quienes pusieron a disposición del estudio la información de viento recopilada en diversos trabajos. También valiosa fue la contribución de los profesores Roberto Román y Hugo Romero de la Universidad de Chile; Roberto Espejo y Ricardo Zuleta, de la Universidad del Norte - Antofagasta; y Ariel Santana del Instituto de la Patagonia. Los aportes de datos provenientes de proyectos de investigación fueron también de gran utilidad. Agradecemos en particular a los profesores José Rutllant y Humberto Fuenzalida de la Universidad de Chile (proyectos de Ciencias del Mar, Fondecyt y IDRC), al Sr. M. Grosjean (Universidad de Berna) y al Sr. Dieter Schmidt (Proyecto Geoecología de Atacama, de la Universidad de Erlangen-Nürnberg).*

*Por último, agradecemos la eficiente administración del proyecto por parte de la Fundación para la Transferencia Tecnológica.*

*Patricio Aceituno G., Responsable del Proyecto  
Abril 1993*

## INDICE

	página
<b>1. INTRODUCCION</b>	
<b>2. ASPECTOS GENERALES DEL VIENTO EN CHILE</b>	2 - 1
2.1 Factores de gran escala	2 - 1
2.2 Factores locales	2 - 4
2.3 Regímenes del viento superficial en Chile	2 - 6
<b>3. RESULTADOS DE ESTUDIOS PREVIOS</b>	3 - 1
3.1 Estudios de carácter global	3 - 2
3.2 Estudios en la zona norte del país	3 - 5
3.3 Estudios en la V Región y Región Metropolitana	3 - 11
3.4 Estudios en la VII Región	3 - 13
3.5 Estudios en la X Región	3 - 16
3.6 Estudios en la XI y XII Región	3 - 19
3.7 Descripción de tablas resúmenes con los resultados de estudios previos	3 - 25
3.8 Comentarios generales sobre los resultados de estudios previos	3 - 25
<b>4. PROCESO DE RECOPIACION DE DATOS</b>	4 - 1
4.1 Fuentes de información	4 - 1
4.2 Técnicas de medición y selección del tipo de datos	4 - 2
4.3 Consideraciones respecto a los datos de la DGA, SMA e INIA	4 - 6
4.4 Descripción de las series de datos recopilados	4 - 7
4.5 Estadísticas horarias y mensuales provenientes de otros estudios	4 - 18
4.6 Información recopilada desde Anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile	4 - 20
4.7 Datos provenientes de observaciones de barcos	4 - 21
4.8 Distribución de las estaciones con estadísticas a nivel horario	4 - 23
4.9 Fuentes de información de viento no incluidas en el estudio	4 - 24
<b>5. PROGRAMA DE MEDICIONES</b>	5 - 1
5.1 Objetivos generales de las mediciones	5 - 1
5.2 Metodología utilizada en las mediciones	5 - 1
5.3 Programa de mediciones desarrollado durante el proyecto	5 - 6
<b>6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION</b>	6 - 1
6.1 Procesamiento de información disponible a nivel horario	6 - 1
6.2 Procesamiento de información disponible como promedios mensuales horarios	6 - 7
6.3 Procesamiento de datos recopilados desde Anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile	6 - 8
6.4 Estimación de la densidad de potencia eólica y potencia generable a partir de la velocidad media anual	6 - 10
<b>7. MODELO DE EXTRAPOLACION ESPACIAL DEL VIENTO EN SUPERFICIE</b>	7 - 1
7.1 Introducción	7 - 2
7.2 Aplicación del modelo	7 - 2
7.3 Cálculo de factores de amplificación promedios	7 - 26
7.4 Conclusiones	7 - 27
<b>8. ANALISIS DE EXTRAPOLACION ESPACIAL DEL VIENTO EN SUPERFICIE</b>	8 - 1
8.1 Resultados generales: mapas de velocidad media y densidad de potencia media	8 - 2
8.2 Aspectos generales del régimen de viento en Chile	8 - 3
8.3 Aspectos regionales del régimen de viento en Chile	8 - 5
8.4 Densidad de potencia eólica	8 - 7
8.5 Conclusiones y recomendaciones	8 - 8

## 9. **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ANEXO I      Fundamentos para la estimación del potencial eólico
- ANEXO II      Características de los equipos de medición y actividades de terreno
- ANEXO III     Información recopilada desde Anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile
- ANEXO IV     Modelo de extrapolación espacial del viento
- ANEXO V      Resultados por estación

## 1. Introducción

Las comunidades rurales del país alejadas de las áreas atendidas por las empresas eléctricas, no disponen de este servicio debido a los altos costos de construcción y operación de una red de distribución eléctrica. Así, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 1982, existían en el país unas 220.000 viviendas que carecían del servicio de energía eléctrica para atender sus necesidades domésticas, productivas y de integración al quehacer nacional.

Por otra parte, Chile es un importador neto de combustibles líquidos. La disminución de la producción nacional en los últimos años ha significado una mayor dependencia del abastecimiento de combustibles desde fuentes externas, con precios sometidos a fluctuaciones impredecibles. Además, se desarrollan actividades altamente demandantes de energía en regiones donde su costo es comparativamente más alto, debido a la carencia de recursos hídricos que permitan la construcción de plantas hidroeléctricas. Un ejemplo de esta situación es la actividad minera en el sector norte del país.

Los problemas anteriormente descritos para el abastecimiento energético, particularmente en los lugares aislados, justifican la evaluación de fuentes alternativas de energía. Dentro de este contexto, la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, está interesada en la evaluación del potencial del recurso de energía eólica, con miras a la explotación del mismo. Para esto solicitó al Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, la realización del estudio "Explotación de Energía Eólica Nacional". El trabajo se realizó mediante un contrato con la Fundación para la Transferencia Tecnológica.

El objetivo general del estudio es evaluar el potencial de energía eólica disponible en las diversas regiones del país, presentando los resultados obtenidos en la forma de un atlas de energía eólica a nivel nacional. Se describen en este informe las actividades realizadas para alcanzar dicho fin y los resultados obtenidos.

Como un objetivo específico del estudio se planteó la realización de mediciones en dos áreas geográficas favorables para un eventual aprovechamiento del recurso eólico, permitiendo de paso la ampliación de la cobertura de información a nivel nacional.

El estudio contempla cuatro líneas de trabajo principales: análisis de resultados de estudios previos; recopilación, sistematización y análisis de datos existentes; programa de mediciones en dos áreas seleccionadas; implementación de un modelo de interpolación de viento. En este informe se integran los resultados en un análisis global, presentando las características generales y los aspectos regionales del recurso eólico en el país.

En la sección 2 se describen aspectos generales de los diferentes regímenes de viento en Chile y los factores locales y de gran escala que los controlan. La sección 3 corresponde a un catastro y análisis crítico de los resultados obtenidos en estudios previos. Dentro de lo posible se realiza una homogenización de los mismos para facilitar su comparación.

Los aspectos relativos a la recopilación de datos utilizados en el estudio son tratados en la sección 4. La gran variedad de fuentes de información y de formato de los datos que estuvieron disponibles para el estudio, impidió la definición de una metodología única en el proceso de recopilación.

La sección 5 describe el programa de mediciones desarrollado durante el proyecto. En la sección 6 se analiza la metodología utilizada en el procesamiento de los diversos tipos de datos recopilados. El tema de la sección 7 es el desarrollo y aplicación de un modelo de extrapolación espacial del viento.

Los resultados alcanzados se analizan en la sección 8, en la cual se incluyen también algunas conclusiones y recomendaciones. Las estimaciones de los valores anuales de velocidad media y densidad de potencia eólica media son presentadas en

los mapas 2 y 3. El mapa 1 muestra la distribución de estaciones para las cuales se obtuvieron estadísticas a nivel horario o aquellas donde se pudo contar con resultados confiables de estudios previos.

En el anexo I se describen algunos aspectos metodológicos en la evaluación del potencial eólico a partir de series de velocidad del viento. El anexo II incluye la descripción de los equipos de medición y las actividades de terreno. En el anexo III se presentan los valores medios anuales de velocidad del viento estimados a partir de información incluida en anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile. El anexo IV se refiere a aspectos específicos del desarrollo del modelo de extrapolación espacial del viento. Finalmente, en el anexo V se incluyen los resultados del análisis realizado para cada estación.