



**ORGANIZACION
LATINOAMERICANA
DE ENERGIA**

SECRETARIA PERMANENTE

BOLETIN ENERGETICO No. 15

ABRIL / JUNIO 1980



**BOLETIN
ENERGETICO No. 15
ABRIL / JUNIO 1980
ORGANO DE DIVULGACION
TECNICA**

SECRETARIA PERMANENTE
GUSTAVO RODRIGUEZ ELIZARRARAS
SECRETARIO EJECUTIVO

EDICION Y REDACCION
MARUJA BAÑADOS CONTADOR
JEFE DE DIFUSION



PORTADA.
Bajo la forma del molino de viento tradicional, la energía eólica marcó una importante y prolongada época del mundo. Símbolo de una tradición energética, esta tecnología se proyecta, aún hoy, como una alternativa promisoriosa y complementaria para solucionar el agudo déficit de energía que sufren vastos sectores rurales en América Latina.

CONTENIDO

	Pág.
EDITORIAL: Programa Regional de Energía Eólica	3
Metodología Propuesta para el Aprovechamiento de la Energía Eólica en América Latina	5
Naturaleza del Viento	16
Potencia y Energía del Viento	27
Características del Viento	38
Referencias Bibliográficas	52
DOCUMENTOS: Estudio de un Modelo Dinámico de la Demanda de Combustibles – Instituto Nacional de Energía, ECUADOR ..	53
Informativo Secretaría Permanente	85

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresan, necesariamente, la posición oficial de la Secretaría Permanente.

N. de la R. Las colaboraciones deben dirigirse a: PUBLICACIONES OLADE

CASILLA 119-A
QUITO - ECUADOR

El programa regional de energía eólica de olade

El aprovechamiento del viento como fuente de energía ya es de mucho tiempo atrás. No se podría afirmar con exactitud el primer lugar del mundo donde se construyó y utilizó un molino de viento, pero hay evidencias que llevan a creer que fue en Egipto y que, posteriormente, Cruzados, hicieron llegar esta idea a Europa ya que en principios del siglo XII se tiene noticia de la existencia de molinos de viento operando en el norte de Alemania, en los Países Bajos y en Portugal.

¿ Por qué entonces una tecnología tan antigua no es debidamente utilizada en la actualidad?

Algunas razones podrían argumentarse, tales como la falta de continuidad que presenta el viento, su baja densidad energética, si se compara con otras formas de energía de producción masiva, entre otras. Por otro lado tiene ventajas que no pueden ignorarse, tales son: el acceso directo a este recurso y su carácter no predatorio al ecosistema, factor tan importante en la época actual.

La crisis energética de la década pasada mostró la importancia de invertir en fuentes alternas de energía con carácter renovable y de bajo costo. La generación de energía a través del viento satisface la primera condición, pero no se puede decir que tiene un costo reducido de producción, pues la tecnología no está investigada en su totalidad y aún se carece de producción de equipos en larga escala a fin de reducir estos costos, principalmente en términos de la Región.

OLADE está empleando todos sus esfuerzos en crear una metodología para el aprovechamiento de la Energía Eólica en América Latina, principalmente para atender a las poblaciones de menores recursos y energéticamente marginadas por su localización geográfica, lo que torna caro el acceso a la energía.

La primera etapa del Programa que OLADE está proponiendo, corresponde al levantamiento del recurso eólico en toda la Región, además del inventario de la tecnología latinoamericana disponible. Con estos conocimientos será posible detectar áreas de interés por su potencial eólico y los locales, donde se podrá buscar la tecnología necesaria a la implementación de proyectos.

El I Curso Seminario Latinoamericano sobre Prospección, Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica recientemente realizado en Cuernavaca por OLADE y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, fue la primera manifestación concreta a nivel regional del interés de OLADE en aprovechar esta forma de energía.

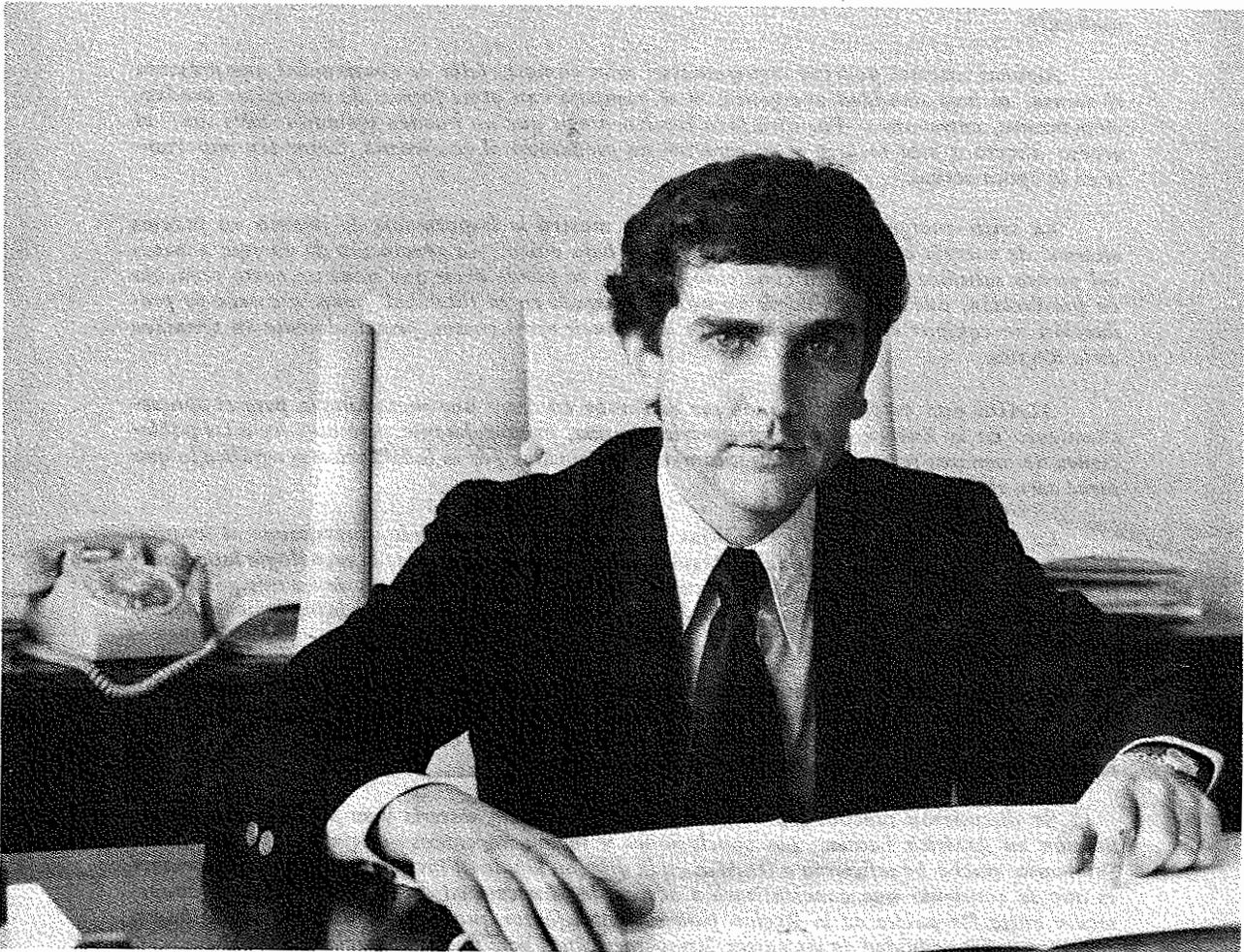
Se discutieron muchos aspectos relacionados con esta materia y su problemática de utilización en América Latina. Las conclusiones y recomendaciones originadas en este Curso Seminario mucho beneficiarán a OLADE en la orientación de su Programa y, lo más importante es que se consiguió una concientización acerca de la necesidad de establecer lazos de cooperación entre los países de la Región para su éxito, factor que convoca una vez más la buena voluntad y disponibilidad de los países latinoamericanos para una cooperación mutua.

El presente número de nuestra revista técnica contiene el Programa Regional de Energía Eólica de OLADE y también algunos estudios elaborados por experimentados técnicos latinoamericanos y que fueron presentados en el Curso Seminario de Cuernavaca. De una manera general, tratan de la descripción de la atmósfera y de su movimiento, clasificando los vientos

según sus características de formación. También abarcan el estudio matemático sobre la potencia y energía del viento, mostrando aspectos muy interesantes, a veces desconocidos. Finalmente se hace la caracterización del viento a través del concepto de turbulencia y otros parámetros de definición.

OLADE espera que los estudios aquí presentados sean útiles para profundizar los conocimientos sobre Energía Eólica y sugiere que esta energía que hoy se releva, puede ser aquella que esté soplando sobre el futuro energético de América Latina.

Ing. Luiz Augusto Marciano da Fonseca
Jefe Programa Regional de Energía Eólica



ESTUDIOS TECNICOS

Metodología propuesta para el aprovechamiento de la energía eólica en América Latina

INDICE	
CONTENIDO	
1.	INTRODUCCION
1.1.	El Viento como Fuente de Energía
1.2.	Acción de la OLADE
2.	OBJETIVO
2.1.	Lineamientos para el Trabajo
3.	PLAN DE ACCION PARA AMERICA LATINA
3.1.	Etapa I. Definición de los parámetros para la realización del Estudio de Aplicabilidad de la Energía Eólica en América Latina
3.2.	Etapa II. Analisis de la información obtenida en la Etapa I
3.3.	Etapa III. Estudios regionales meteorológicos y socio-económicos en las áreas de interés
3.4.	Etapa IV. Determinación de Mercados Potenciales
3.5.	Etapa V. Cursos de Acción para satisfacer los Mercados potenciales
3.6.	ETAPA VI. Desarrollo de programas y proyectos
CONTENIDO	
- Anexo 1	- Diagrama de Bloques
- Anexo 2	- Cronograma
- Anexo 3	- Coordinación
ABREVIATURAS UTILIZADAS EN ESTE TRABAJO	
GAEF	Grupo Asesor de Energía Eólica
CNIE	Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales - Argentina
IEE	Instituto de Investigaciones Eléctricas - México
ELETRONBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras - Brasil
ITINTEC	Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas - Perú
CEPAL	Comisión Económica para América Latina

1. INTRODUCCION

La evolución tecnológica de carácter explosivo en este siglo, no ha contribuido a mejorar sustancialmente las condiciones de vida de la población humana, ya que la sociedad industrial a la que dió origen y consolidó, se transformó en proveedora de bienes destinados a las minorías, sin solucionar por otra parte problemas como la satisfacción de las necesidades básicas, subocupación y desempleo disfrazado y abierto; en cambio sí contribuyó a su agravamiento en varios países de la Región.

El denominado estrato "moderno" del sector agropecuario no quedó al margen del proceso evolutivo antedicho. Su principal actividad la producción vegetal, recibió el impacto de aquel transformándose en un consumidor cada vez más ávido de energéticos y en un eliminador neto de energía animada, sustituida ésta por la inanimada. Tal impacto, al igual que en el sector urbano, receptor principal de la población humana que emigra del sector rural, fue y es una de las causas principales del deterioro ambiental que comienza a alarmar a la humanidad.

Es indudable también, que el motor de este proceso es la disponibilidad de energía a precios razonables y con reservas que aseguren continuidad en el tiempo. La crisis del petróleo en los años "70", mostró la importancia de invertir en fuentes alternativas de energía de carácter renovable y con mayor alcance en el número de beneficiarios a fin de garantizar el mantenimiento del proceso evolutivo.

Es conocido el ejemplo de países ricos por su recurso petrolífero, con poblaciones que por carecer de la infraestructura adecuada, no tienen acceso al aprovechamiento de la energía como forma de mejorar el "habitat" o hacer más eficientes, los métodos de trabajo.

También está claro que este afán de consumo energético, ha tenido un efecto depredador en el ecosistema y lo que es más grave, se han quemado en un uso inadecuado las disponibilidades de hidrocarburos,

al extremo que se es consciente de que a fines de este siglo estaremos al borde de una crisis energética, a menos que se logren nuevas y diferentes fuentes de energía.

Frente a lo expuesto, resulta claro que el desafío consiste, además de la reestructuración con fines conservacionistas y de uso racional de las disponibilidades efectivas, en el intento de obtención de fuentes de energía de bajo costo y con producción a perpetuidad que, a la par de contribuir a la reestructuración antedicha, posibilite la expansión ilimitada del número de beneficiarios del progreso.

En consecuencia, la ecuación planteada consta de dos términos, ambos de igual importancia, a saber: disponer de fuentes de energía de uso posible a perpetuidad, y asegurar un mínimo de su distribución a la mayoría de la población humana.

En el caso particular de los países de la Región, la solución de la ecuación explicitada parece encontrarse en el aprovechamiento racional de energía generada a partir del uso de los recursos naturales renovables, y uno de los principales es el SOL.

Por ello, en la actualidad los investigadores han centrado sus esfuerzos en aprovechar al SOL, ya sea directamente como fuente de calor, fotoelectricidad, capacidad de evaporación, etc., o indirectamente utilizando la energía del viento que se origina por el calentamiento de la atmósfera.

1.1. El viento como Fuente de Energía.

Los vientos se originan fundamentalmente por el calentamiento desigual que el sol provoca sobre la superficie terrestre. Sabido es que el aire que yace durante el día sobre grandes extensiones de agua, permanece relativamente frío, ya que la energía calórica se invierte en la evaporación o es absorbido por la misma agua.

Contrariamente, la tierra se calienta más rápidamente originando un aumento de la temperatura en la masa de aire depositada sobre ellas, perdiendo densidad y elevándose; el vacío relativo es rápidamente llenado por el aire frío y denso del mar, apareciendo una brisa marítima sobre el continente.

El más rápido enfriamiento de la tierra durante la noche, da lugar al proceso inverso, vale decir una brisa terrestre que sopla hacia el mar.

Explicación similar podemos encontrar en las brisas de la montaña, ocasionadas por el calentamiento disperejo de las laderas con respecto al fondo de

los valles. Estos vientos locales se suman a la circulación general de vientos de la atmósfera, motivados en la cantidad de calor que reciben las masas de aire ecuatoriales que provocan un desequilibrio térmico con las masas polares y que dan lugar a desplazamientos desde los polos hacia el Ecuador en la superficie terrestres, completados con el movimiento del aire caliente desde el Ecuador hacia los polos por las zonas altas de la atmósfera.

A este efecto debemos sumar la rotación terrestre, cuya consecuencia es que las masas de aire frío en la superficie rotan hacia el oeste en su avance al Ecuador, y que en la alta atmósfera los vientos calientes, que marchan hacia los polos, tienen una rotación hacia el este.

Esta rápida síntesis nos permite visualizar que, estamos en presencia de una maravillosa fuente energética, prácticamente inagotable y que está disponible para luchar por su adecuado aprovechamiento.

Basta para confirmar estas apreciaciones que la estimación sobre la potencia disponible renovable de los vientos alrededor de todo el planeta, sería de 10^6 MW, o sea, diez veces la potencia hídrica disponible en la tierra.

En América Latina, el gran predominio de las superficies oceánicas sobre los continentes en el Hemisferio Sur hace que la circulación general se aproxime al sistema teórico enunciado. Sin embargo, el conocimiento es sólo general; por lo tanto, es necesario clasificar los vientos y sus variaciones, conocer la influencia geomorfológica que en la práctica provoca un alejamiento más o menos pronunciado del esquema teórico.

1.2. Acción de la OLADE

Teniendo en cuenta lo antedicho, cabe destacar que en la Primera Reunión Extraordinaria de Ministros de la OLADE, realizada en San José de Costa Rica, durante los días 6 y 7 de julio de 1979, se explicitó con énfasis acerca de "la importancia de lograr una postura común de ésta, frente al concierto de las naciones y sin perjuicio de la soberanía de cada gobierno, se acuerda consolidar a la OLADE, como el principal instrumento encargado de promover la cooperación y coordinación energéticas entre sus Estados Miembros y los organismos subregionales".

En cumplimiento de este expreso mandato formulado por los Ministros, y frente a la necesidad de encontrar soluciones alternativas a la crisis energética, entre otras determinaciones, OLADE decidió establecer un Programa de Trabajo para aplicación masiva del recurso viento en la Región.

2. OBJETIVO

Reconociendo la importancia de la Energía Eólica como fuente alterna a las actualmente en uso, principalmente por la facilidad de su obtención y por su carácter no predatorio al ecosistema, se propone la evaluación de este recurso en América Latina en el convencimiento de que sus beneficios pueden ser aplicados prioritariamente a las poblaciones rurales de menores recursos en particular, y a un amplio sector de la población humana en general. Esta evaluación implica en la plena utilización de la capacidad técnica existente en la Región, bajo una adecuada coordinación tendiente a minimizar los recursos económicos aplicados en la investigación. Como consecuencia del atendimiento al sector rural, se evitaría la migración de su población a las ciudades, manteniéndose la actividad productiva de este sector y posibilitándole de mejores condiciones de vida.

Un punto importante en el levantamiento del recurso eólico en la Región, es que podría servir de referencia para estudios como el efecto del viento en líneas de transmisión de energía, el impacto en estructuras localizadas en áreas ventosas, entre otros.

Las aplicaciones iniciales previstas serán volcadas a las actividades productivas, principalmente a través de molino de viento para bombeo de agua, aerogeneradores de electricidad y molinos de granos. Aún se podría concebir la energía eólica en sistemas integrados de fuentes alternas de energía, que parece ser la solución más razonable y eficaz en la actualidad. Ejemplo ilustrativo bastante sencillo es en calentadores solares donde se puede utilizar una bomba accionada por viento en la transferencia del agua calentada.

Aplicaciones en larga escala para el futuro también serán consideradas con el desarrollo de aerogeneradores de 100 KVA o más para ser utilizados como puntas de carga en comunidades rurales.

2.1. Lineamientos para el Trabajo.

Es lógico que el punto de partida de todo esfuerzo que se realice en la Región para el aprovechamiento de la energía eólica se debe basar en el conocimiento del recurso a fin de determinar, mediante un estudio comparado recurso-evolución de la demanda, en qué casos tal aprovechamiento es una solución aceptable para satisfacer los requerimientos de los países usuarios potenciales. Además, debe tener en cuenta que el desarrollo integral de los países de la Región exige que las acciones deben tender hacia la obtención de un equilibrio más estable en las relaciones de desarrollo campo-ciudad.

Por ello, cabe destacar que no obstante los esfuerzos financieros altamente significativos realizados por los países de la Región para el crecimiento industrial, la economía de la mayoría de ellos aún depende en alto grado de las actividades agrícola y minera que conllevan el asentamiento de núcleos humanos dispersos, dificultando la dotación de servicios esenciales entre los que se destacan los de la distribución de energía. La carencia de servicios básicos es un componente más en la motivación que lleva a la población dispersa a migrar desordenadamente hacia las vecindades de las grandes aglomeraciones humanas con los incrementos de costos consiguientes en términos de servicios en particular, y el deterioro del ecosistema en general.

El suministro de energía convencional a la población dispersa o concentrada en pequeños núcleos humanos resultó hasta hoy difícil, cuando no imposible, en razón de los criterios de rentabilidad del servicio.

Como puede inferirse, una de las premisas de este trabajo, parte del supuesto que una de las variables posibles para mantener a la población rural en su medio está implícita en la decisión de hacerla partícipe de los beneficios del desarrollo técnico, posibilitándole el acceso a un nivel de calidad de vida superior al actual.

Finalmente, se considera de fundamental importancia para la Región el superar el esquema radial formado por la unión de cada país latinoamericano a distintos centros tecnológicos desarrollados, localizados fuera de la misma, reemplazándolo por un esquema que implique la unión entre sí dentro de la Región.

El esquema radial antedicho conlleva el desconocimiento de las capacidades propias entre los países de la Región, y una onerosa, cuando no frustrante, duplicación de esfuerzos.

3. PLAN DE ACCION PARA AMERICA LATINA

El Plan de acción que se propone está dividido en seis (6) etapas cronológicas consecutivas cuyo contenido se describe en los puntos subsiguientes:

3.1. Etapa I

Definición de los parámetros para la realización del Estudio de Aplicabilidad de la Energía Eólica en América Latina.

La realización de este estudio requiere el cumplimiento de tres metas inmediatas a seguir:

a) La evaluación preliminar del recurso energético eólico en la Región.

b) La determinación de la capacidad tecnológica actual para el aprovechamiento de la energía eólica, en los países de la Región; y

c) La estimación preliminar de los países que sean usuarios potenciales.

La evaluación preliminar debe partir de la información geológica y climatológica disponible. En función de las experiencias existentes en cuanto a la disponibilidad, confiabilidad y estructura de aquella, es necesario definir un mínimo de información a recabar y una metodología uniforme para su procesamiento y análisis.

Para el cumplimiento de las metas antedichas, deberán efectuarse las acciones siguientes:

a) Realizar un inventario de la tecnología regional disponible para el aprovechamiento de la energía eólica. Esto implica intercambio tecnológico y, en consecuencia el establecimiento de un mecanismo formal para la realización del mismo.

b) Definir los parámetros mínimos necesarios, geológicos y climáticos, que deberán ser recabados de cada país para su procesamiento y análisis.

c) Definir una metodología común para el relevamiento, aprovechamiento y análisis de la información.

Para el logro de las mismas, se propone la creación de un Grupo Asesor de Energía Eólica (GAEE), formado por técnicos de la Región, en cuya primera reunión de trabajo se analizaría estas acciones.

Como una aproximación al trabajo que debería realizar el GAEE, se explicitan a continuación algunos lineamientos correspondientes a los objetivos de la etapa.

3.1.1. Inventario de la Tecnología disponible en la Región.

El acervo de la experiencia adquirida en investigación, desarrollo y demostración de sistemas orientados al aprovechamiento de la energía eólica en la mayoría de los países de la Región, servirá de base para el establecimiento de proyectos optimizados, atendiendo las necesidades específicas de cada zona.

El inventario permitirá conocer las ventajas y desventajas de cada tecnología y, en consecuencia,

inferir las soluciones más adecuadas así como las combinaciones posibles entre las tecnologías convencionales y las nuevas.

Como tecnologías a ser inventariadas se destacan las siguientes:

a) Métodos de exploración y localización de áreas de interés por su potencial energético eólico.

b) Cuantificación y caracterización del potencial energético eólico en las áreas de interés.

c) Estado actual de la investigación, desarrollo y demostración de sistemas conversores de energía eólica y de almacenamiento de energía.

d) Experiencia latinoamericana en estudios sobre las condiciones ambientales y socioeconómicas de las áreas a ser atendidas por sistemas no convencionales de fuentes de energía.

e) Criterios económicos en la utilización de energía eólica.

3.1.2. Definición de parámetros mínimos necesarios, geológicos y climáticos.

Es necesario definir los parámetros mínimos, esenciales para el levantamiento de condiciones geológicas y climatológicas, cuya obtención estará a cargo de cada país.

Básicamente, deberán ser aprovechados los datos disponibles de las diversas instituciones nacionales, relacionada con estudios y levantamientos geoclimatológicos.

En caso de inconfiabilidad o inexistencia de la información sobre el comportamiento del viento o datos geológicos deberán ser sugeridas directrices o recomendaciones para la instalación de sistemas de medición a través de programas específicos de cooperación técnico-científico. Esta cooperación técnico-científico deberá ser desarrollado preferencialmente entre los Estados Miembros de OLADE.

Entre los parámetros más relevantes a ser considerados preliminarmente están:

a) Velocidades medias de vientos medidos durante un período estadísticamente razonable; en días, mensuales y anuales.

b) Frecuencia de ocurrencia.

c) Dirección de los vientos.

- d) Mapas geo-topográficos y hidrogeológicos.
- e) Mapas de uso potencial de los suelos.
- f) Velocidades máximas de los vientos.
- g) Contenido salino y humedad del aire.
- h) Partículas en suspensión que acarrea el viento.

3.1.3. Metodología común para el procesamiento y análisis de la información.

El conjunto de la información deberá ser procesado según una metodología que asegure un lenguaje común a todos los grupos de trabajo y permita la obtención de resultados comparables. Esta actividad estará a cargo del GAEE, que se encargará de definir esta metodología contando para eso con el conocimiento acumulado del estudio del viento, ya efectuado por las redes meteorológicas existentes, con los trabajos geológicos actualmente disponibles, en conjunto con los modelos matemáticos ya desarrollados en cada país.

Los criterios a ser establecidos para el análisis deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) La distribución geográfica de las estaciones y redes.
- b) La evaluación de las áreas seleccionadas para medición y las limitaciones en el uso de los datos recopilados con fines de selección de áreas prioritarias.
- c) La adecuación de los datos de vientos, en función de calidad del instrumental, su mantenimiento, la forma de presentación y cómputo de datos con fines de selección de áreas prioritarias.

3.2 Etapa II

Análisis de la información obtenida en la Etapa I

Los estudios preliminares del recurso, basados en la información de carácter histórico-geográfico de las respectivas instituciones nacionales de meteorología y geografía, permitirán una aproximación al conocimiento de aquél, sobre una base normalizada. Esto permitirá detectar áreas de interés para el desarrollo del recurso, tanto desde el punto de vista energético como por su previsible impacto socio-económico.

Por consiguiente, esta etapa permitirá definir las áreas en las cuales los aspectos físico y meteorológico deberán ser objeto de exhaustivos estudios, al igual que otras investigaciones socio-económicas a ser desarrolladas.

En esta etapa, los estudios físicos y meteorológicos serán realizados con la información disponible, dado los altos costos de instalación y operación de nuevas redes meteorológicas, cuya magnitud será la mínima necesaria, en operaciones de muestreo para estudios estadísticos que permitan maximizar el aprovechamiento de esta red y su información. Esto es posible ya que para el aprovechamiento energético del viento, es necesario conocer básicamente: las fluctuaciones estacionales, las velocidades medias estacionales, rumbos dominantes, patrón diario y turbulencia. En base a esta información se puede caracterizar zonalmente el viento, e inferir estadísticamente la potencia y energía aprovechable.

3.2.1. Tareas a cumplir

La realización de esta etapa conlleva a dos secciones simultáneas y dos consecutivas posteriores. Estas son:

- a) Elaboración de un modelo computacional de análisis.
- b) Recopilación de la información explícita en la Etapa I.
- c y d) Recopilación y uniformación del formato en que debe consignarse la información para su procesamiento. Estas dos últimas acciones serán coordinadas por OLADE, al igual que las acciones similares correspondientes al desarrollo de los otros programas atinentes a las Fuentes no Convencionales de Energía.

El Grupo Asesor de Energía Eólica efectuará el análisis de la información y formulará un diagnóstico a fin de definir la Etapa III.

El objetivo final de esta etapa es la obtención de un Atlas Latinoamericano, de carácter preliminar, donde se indiquen en forma zonal los niveles de potencial energético eólico. Este Atlas servirá para que el GAEE, elabore el plan de trabajo detallado, para el segundo paso de muestreo y obtención de datos, concentrados en las áreas de interés.

3.3. Etapa III

Estudios regionales meteorológicos y socio-económicos en las áreas de interés.

Es la etapa de mayor significación, tanto desde el punto de vista técnico como de presupuesto, para el éxito del Programa.

En ésta se requerirá la participación y cooperación de todos los organismos involucrados en el tema, tanto regionales como extrarregionales, pues sus resultados son sustanciales tanto para la evaluación del recurso como para la determinación de la factibilidad de su aplicación.

3.3.1. Metas de esta Etapa.

Fundamentalmente son dos, a saber:

a) Determinación, en forma detallada del recurso energético eólico en las áreas de interés.

b) Diagnóstico de las condiciones socio-económicas, aplicaciones deseables, restricciones técnico-sociales e impacto por la introducción o extensión de esta tecnología.

3.3.2 Tareas a cumplir.

En base a la programación establecida durante la segunda reunión del Grupo Asesor, se propondrán los técnicos que coformarían un grupo de trabajo en meteorología, cuya responsabilidad será la coordinación y/o desarrollo de los muestreos en las áreas de interés. Sus objetivos serán los siguientes:

- a) Definir la metodología de trabajo.
- b) Determinar equipos de medición y sistemas de adquisición de datos.
- c) Determinación de procesos estadísticos, simulación de distribución teóricas de probabilidad de la velocidad de los vientos.
- d) Adquisición del equipo meteorológico complementario.
- e) Instalación y operación del equipo en las áreas de interés.
- f) Recopilación, procesamiento y evaluación de la información.

Simultáneamente a los trabajos de medición y caracterización de los vientos en las áreas de interés, se realizarán en las mismas los estudios y análisis socioeconómicos detallados, relacionados con las posibles aplicaciones de bombeo de agua, accionamiento mecánico y generación eléctrica. Estos estudios estarán relacionados con los siguientes aspectos:

- a) Distribución de aguas subterráneas, profundidades, calidades, etc.
- b) Principales cultivos, su oferta y demanda de agua.
- c) Características geológicas y topográficas.
- d) Capacidad de uso potencial de los suelos.
- e) Programas gubernamentales.
- f) Densidad de población, incidencia según sexo y edad.
- g) Otras actividades económicas.
- h) Demanda energética, demanda por sectores.
- i) Abastecimiento de energía existente (electricidad, gas natural, kerosene, diesel, gasolinas, leñas y carbón vegetal).

3.4. Etapa IV

Determinación de mercados potenciales.

Una vez determinadas las áreas de interés de acuerdo a la intensidad y disponibilidad del viento, es indispensable la realización de las estimaciones correspondientes a la demanda actual y futura de cada una de ellas, a fin de proceder a la elección de áreas proyecto.

Cada proyecto específico de una área de interés, implica la elección de un sistema conversor de energía eólica con una determinada potencia, y el más adecuado en cada caso. La suma de sistemas conversores elegidos, permitirá conocer el número de equipos necesarios, la potencia total requerida y la tecnología. Por otra parte, lo antedicho permitirá estimar los costos y establecer un orden de prioridad en cuanto a la ejecución de los proyectos.

3.5. Etapa V

Cursos de Acción para satisfacer los Mercados Potenciales.

Para cubrir estos mercados en base a la capacidad tecnológica existente en la Región, se prevé la clasificación de zonas potenciales, así como la capacidad de los equipos de modo que permita el establecimiento de rangos con especificaciones concretas y la cuantificación de la demanda en cada una de ellas.

En la determinación de las especificaciones, se tendrán en cuenta las características de las redes eléctricas del lugar, para la fijación del voltaje y frecuencia. La demanda de equipos pequeños estará destinada a actividades productivas, así como también habrá demanda para equipos electrodomésticos tales como: radios, televisores, refrigeradoras, etc.

La ejecución de esta etapa permitirá la implementación de programas demostrativos con la tecno-

logía existente y el desarrollo de nuevos sistemas de acuerdo a la realidad y necesidades de los países de la Región.

El análisis de la capacidad de América Latina, enfrentada al uso a dar a la energía y a la producción de los diferentes países, tiene una finalidad que debe ser tomada en cuenta para la selección de proyectos. Durante el diseño, se considerará la participación de las industrias locales, la intercambiabilidad de elementos y el racional aprovechamiento de las líneas de producción.

Resumiendo esta etapa, con las consideraciones previas, se determinarán las recomendaciones para lograr el desarrollo de las capacidades existentes, a fin de cubrir las necesidades de los mercados potenciales.

Esta tarea es de gran importancia y muy difícil de instrumentar por la dificultad que implica coordinar instituciones e industrias ubicadas en diferentes países y sujetos a regímenes diferentes.

Por otra parte, el comienzo de toda actividad significa inversiones recuperables a largo plazo, por lo que será difícil conseguir que la industria se interese en esta primera etapa.

Por ello, el Grupo Asesor de Energía Eólica deberá escoger proyectos concretos que sirvan para poner a punto una metodología de cooperación supranacional que, teniendo un efecto didáctico, mostrará la posibilidad de lograrlo, y luego con carácter de recomendaciones, se enviarán publicaciones técnicas a los Estados Miembros para su consideración y uso.

Por otra parte, esta limitación en el alcance hace factible el apoyo de OLADE con los recursos disponibles y no significa un interés de legislar sobre los gobiernos nacionales.

3.6. Etapa VI

Desarrollo de programas y proyectos.

En esta etapa, realizaciones concretas transformarán al plan elaborado, sirviendo no sólo para un igualamiento de niveles en América Latina, sino como una efectiva demostración de las bondades de la cooperación tecnológica entre los Estados Miembros.

Aquí volvemos a destacar que un plan que no está destinado a cumplir objetivos concretos, corre el riesgo de no ser de realización factible por la dificultad que significaría lograr la unión de diferentes institutos e industrias en varios países con diferentes niveles de promoción científica e industrial, en la

ejecución de programas ambiciosos que si bien satisfacen ciertas aspiraciones, corren el riesgo de ser motivo de dolorosas e irreversibles frustraciones.

Por ello, si el propósito del programa es satisfacer necesidades de áreas pilotos complementadas con demostraciones de equipos desarrollados en la Región se habrá alcanzado un excelente punto de partida para un programa de acción más nuevo y sustancial, enriquecido con la experiencia y metodología adquirida.

Ante ello, esta etapa tiene tres objetivos:

1. Programas de Demostración.

Con el relevamiento de capacidades e intercambio de información que se habrá logrado hasta aquí, podremos seleccionar aquellos equipos desarrollados en los países más avanzados de la Región, para que sirvan de demostración en lugares donde se ha detectado el interés por promocionar la utilización de la energía eólica.

2. Desarrollo de Proyectos Específicos.

Este es el punto donde convergerán todos los estudios, trabajos, relevamientos, etc., realizados en las etapas anteriores del análisis de las necesidades socio-económicas de las diferentes áreas reconocidas por su disponibilidad del recurso. Se han fijado prioridades que contemplan los beneficios comunitarios, así como también las limitaciones tecnológicas.

De este análisis, sigue la selección de determinados proyectos que por la disponibilidad financiera de la OLADE y los medios disponibles, se está en capacidad de ejecutar en un plazo razonable.

En todos los casos, el país huésped será la contraparte del proyecto, participando activamente no sólo en la ejecución, sino también en la dirección administrativa y técnica, de manera que cada proyecto sea a su vez un medio de capacitación y preparación de los propios programas de los países.

3. Intercambio Tecnológico.

La forma de facilitar el intercambio tecnológico será mediante:

a) Ejecución de cursos de capacitación y otorgamiento de becas para integrar equipos en los países más adelantados de la Región.

b) Participación en los programas de demostración.

Quando se seleccione un equipo desarrollado en un país, para su utilización en demostraciones, antes y durante las mismas, técnicos del país huésped serán invitados a participar en la preparación y ejecución a fin de que estén en condiciones de formar el núcleo del grupo destinado a instrumentar la utilización de la técnica que se trata de promocionar.

c) Desarrollo de Proyectos Específicos.

Además de los técnicos calificados para este propósito, se pueden organizar cursos para distintas

etapas y disciplinas involucradas en el proyecto, transmitiendo conocimientos de acuerdo con las necesidades y requerimientos en cada país.

Las invitaciones para participar en cursos, o las becas que se otorgan, se hará en lo posible a las instituciones responsables para asegurar de esta manera - que puedan ser empleadas en beneficio de los intereses nacionales, evitando también que por distintas circunstancias personales, se extinga el tema y garantizando el logro del efecto multiplicador de conocimientos que sólo se da institucionalmente.

ANEXO 2 - C R O N O G R A M A

ETAPA I

- 1.1 DEFINICION PARAMETROS MINIMOS GEOLOGICOS Y CLIMATICOS
- 1.2 METODOLOGIA COMUN PARA PROCESAMIENTO Y ANAL. INFORMACION
- 1.3 INVENTARIO TECNOLOGIA REGIONAL ENERGIA EOLICA
- 1.4 EVALUACION PRELIMINAR RECURSOS EOLICOS REGION
- 1.5 ESTIMACION PRELIMINAR USUARIOS POTENCIALES
- 1.6 DETERMINACION CAPACIDAD TECNOLOGICA REGION

ETAPA II

- II.1 ANALISIS INFORMACION OBTENIDA ETAPA I
- II.2 ELABORACION MODELO COMPUTACION DE ANALISIS
- II.3 RECOPIACION Y UNIFORMACION FORMATO INFORMACIONES
- II.4 EJECUCION ATLAS LATINOAMERICANO
- II.5 DEFINICION DE AREAS DE INTERES

ETAPA III

- III.1 DETERMINACION DETALLADA RECURSOS EOLICOS AREAS INTERES
- III.2 DIAGNOSTICO ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS AREAS INTERES
- III.3 ESTUDIOS METEOROLOGICOS Y SOCIO-ECONOMICOS AREAS INTERES

ETAPA IV

- IV.1 DETERMINACION DE MERCADOS POTENCIALES Y PRIORIDADES
- IV.2 EVALUACION TECNOLOGIA A SER UTILIZADA
- IV.3 ESTIMATIVAS DE COSTOS

ETAPA V

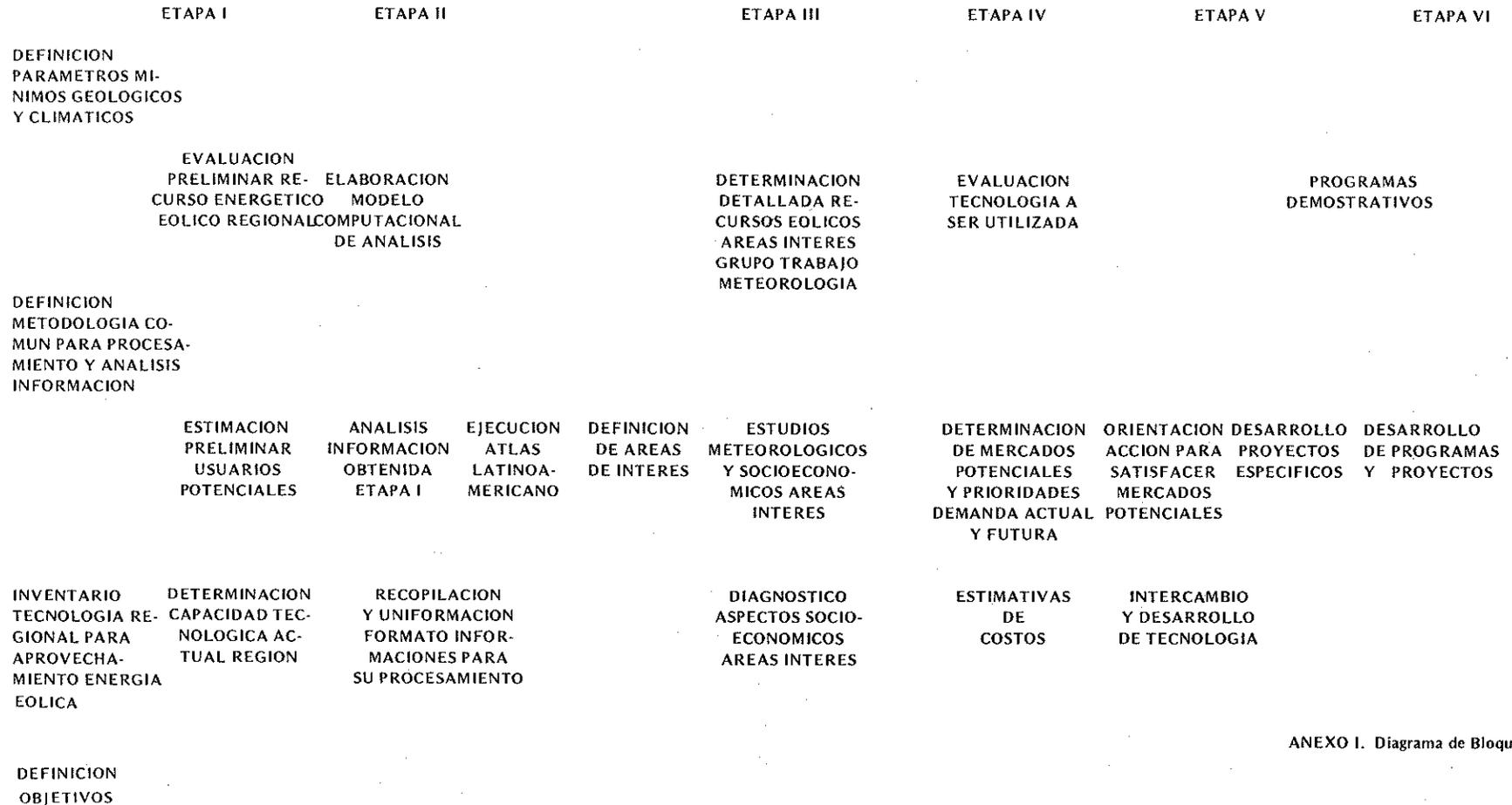
- V.1 ORIENTACION ACCION PARA SATISFACER MERCADOS POTENCIALES

ETAPA VI

- VI.1 PROGRAMAS DEMOSTRATIVOS
- VI.2 DESARROLLO PROYECTOS ESPECIFICOS
- VI.3 INTERCAMBIO Y DESARROLLO TECNOLOGIA
- VI.4 DESARROLLO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

ANEXO 3 - COORDINACION

ETAPA	EVENTO	LUGAR Y FECHA	RESPONSABLE
	DEFINICION PARAMETROS MINIMOS GEOLOGICOS Y CLIMATICOS	PAISES MIEMBROS	OLADE/GAEE
	DEFINICION METODOLOGIA COMUN PARA PROCESAMIENTO Y ANALISIS INFORMACION	PAISES MIEMBROS	OLADE/GAEE
	INVENTARIO TECNOLOGIA REGIONAL PARA APROVECHAMIENTO ENERGIA EOLICA	PAISES MIEMBROS	OLADE/GAEE
	EVALUACION PRELIMINAR RECURSO ENERGETICO EOLICO REGION	HASTA EL 14o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/PAISES MIEMBROS
	ESTIMACION PRELIMINAR USUARIOS POTENCIALES	HASTA EL 18o. MES DEL PROGRAMA	OLADE
	DETERMINACION CAPACIDAD TECNOLOGICA ACTUAL DE LA REGION	HASTA EL 16o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/PAISES MIEMBROS
	II GRUPO TRABAJO EN ENERGIA EOLICA	BUENOS AIRES ABRIL 1980	OLADE/CNIE-ARGENTINA
	I CURSO SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE PROSPECCION, EVALUACION Y CARACTERIZACION DE ENERGIA EOLICA	CUERNAVACA-MEXICO - MAYO 1980	OLADE/I.I.E. MEXICO
I	I CURSO SEMINARIO LATINOAMERICANO PARA ELECTROTECNICOS ESPECIALIZADOS EN AEROGENERACION	SEPTIEMBRE 1980	OLADE/MIN. MINAS ENERGIA - BRASIL
	ANALISIS INFORMACION OBTENIDA ETAPA I	HASTA EL 10o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
	ELABORACION MODELO COMPUTACIONAL DE ANALISIS	HASTA EL 4o. MES DEL PROGRAMA	OLADE / GAEE
	RECOPIACION Y UNIFORMIZACION FORMATO INFORMACIONES PARA PROCESAMIENTO	HASTA EL 6o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
II	EJECUCION ATLAS LATINOAMERICANO	PAISES MIEMBROS	OLADE/GAEE
	DEFINICION DE AREAS DE INTERES	HASTA EL 18o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
	III GRUPO DE TRABAJO EN ENERGIA EOLICA PARA EVALUAR INFORMACIONES OBTENIDAS EN ETAPA I	LUGAR Y FECHA A SER DETERMINADOS	OLADE/GAEE
	I CURSO SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE MOLINOS DE VIENTO	LIMA PERU FECHA A SER DETERMINADA EN EL PRIMER SEMESTRE/81	OLADE / ITINTEC PERU



ANEXO I. Diagrama de Bloques

ETAPA	EVENTO	LUGAR Y FECHA	RESPONSABLE
III	DETERMINACION DETALLADA RECURSOS EOLICOS AREAS INTERES	HASTA EL 21o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
	DIAGNOSTICO ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS AREAS INTERES	HASTA EL 21o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/CEPAL
III	ESTUDIOS METEOROLOGICOS Y SOCIO-ECONOMICOS EN LAS AREAS DE INTERES.	A PARTIR DEL 22 o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/CEPAL/GAEE
	REUNION GRUPO ASESOR ENERGIA EOLICA PARA CONSTRUIR GRUPO DE METEREOLOGIA	LUGAR Y FECHA A SER DETERMINADA	OLADE/GAEE
	DETERMINACION DE MERCADOS POTENCIALES Y PRIORIDADES	HASTA EL 24o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
IV	EVALUACION DE LA TECNOLOGIA A SER UTILIZADA	HASTA EL 26o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
	ESTIMATIVAS DE COSTOS	HASTA EL 27o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
	ORIENTACION ACCION PARA SATISFACER MERCADOS POTENCIALES	A PARTIR DEL 27o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/GAEE
V	GRUPO TRABAJO PARA DETERMINAR CURSOS DE ACCION	BUENOS AIRES ENERO 1983	OLADE/CNIE ARGENTINA
	PROGRAMAS DEMOSTRATIVOS	A PARTIR DEL 29o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/PAISES MIEMBROS
	DESARROLLO PROYECTOS ESPECIFICOS	A PARTIR DEL 29o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/PAISES MIEMBROS
VI	INTERCAMBIO Y DESARROLLO DE TECNOLOGIA	A PARTIR DEL 13o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/PAISES MIEMBROS
	DESARROLLOS DE PROGRAMAS Y PROYECTOS	A PARTIR DEL 33o. MES DEL PROGRAMA	OLADE/PAISES MIEMBROS

Naturaleza del viento

I. DESCRIPCION CUALITATIVA DE LA ATMOSFERA EN ESCALA PLANETARIA O GLOBAL

Consideramos el sistema más sencillo posible de distribución de las variables atmosféricas: el que resulta de suponer una superficie terrestre lisa y homogénea. Si bien la distribución de los continentes y los océanos, así como la topografía, alterarían los campos que resulten de esta suposición, este sistema es adecuado como primera aproximación y permite fijar ideas sobre el comportamiento en escala global de la atmósfera. En este caso no habrá variación longitudinal de los campos promedios.

Como el sistema tierra-atmósfera está mecánicamente aislado deberá conservarse el impulso angular total. La atmósfera y la tierra interactúan mecánicamente por medio del razonamiento: si el viento es oeste la atmósfera entrega impulso a la tierra (ya que se mueve más rápido que ella para un observador absoluto) y si el viento es del este la atmósfera recibe impulso de la tierra. En un intervalo largo de tiempo no podrá existir un transporte neto de impulso de la tierra a la atmósfera o viceversa, pues de lo contrario cambiaría la velocidad de rotación de la tierra notablemente. Como esto no ocurre deberán existir bandas planetarias de vientos con componentes este y oeste en superficie, en forma alternada.

En las zonas tropicales la tierra tiene una velocidad (tangencial) mayor que la atmósfera apareciendo en superficie bandas de viento este, definiendo los alisios del noreste en el hemisferio norte y del sudeste en el sur (ver Figura 1). Los alisios convergen hacia el Ecuador donde se encuentra una zona de vientos suaves llamada convergencia intertropical.

En los 30° de latitud (norte y sur) la tierra y la atmósfera se mueven con la misma velocidad, aproximadamente y por lo tanto aparecen bandas de calmas o vientos suaves y variables. En las latitudes medias (30° a 60° de latitud aproximadamente) aparecen cinturones de viento oeste. En latitudes extremas se encuentran estos polares. Las zonas límites entre las oestes en latitudes medias y los estes polares no son de calma sino tempestuosos, con vientos variables.

Trabajo presentado por el Dr. José Luis Aiello del Centro Espacial San Miguel - Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, República Argentina en el I Curso Seminario Latinoamericano sobre Prospección, Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica, realizado por OLA-DE y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, en Cuernavaca del 26 al 30 de mayo de 1980.

En cuanto al campo de presión, las isobaras coincidirán con los paralelos en el esquema supuesto (Figura 1) comprendiendo: una banda de bajas presiones relativas en el Ecuador, llamada cinturón ecuatorial; una banda de alta presión en los 30° de latitud (norte y sur) llamada cinturón de altas subtropicales; una banda de bajas presiones en aproximadamente 60° de latitud llamada cinturón de bajas subpolares.

El efecto de la rotación terrestre hace que la circulación de los vientos en el sistema de bajas subpolares sea en el sentido de la rotación terrestre (en ambos hemisferios) llamado sentido ciclónico, y en el sistema de altas subtropicales en el sentido contrario a la rotación terrestre o anticiclónico. De allí el nombre de ciclones y anticiclones para los centros de baja y alta presión, respectivamente, en las latitudes medias y altas.

Respecto al campo térmico las isotermas coincidirán con los paralelos existiendo un mayor contraste térmico en las latitudes medias.

Lo descrito anteriormente valdría en los equinoccios; en las distintas estaciones las bandas planetarias seguirán el movimiento anual del sol, es decir, se desplazarán hacia los polos en el verano del hemisferio respectivo, y hacia el Ecuador en el invierno.

Estudiaremos ahora, en un corte meridional (Figura 2) la componente zonal del viento, para distintos niveles de presión y para diferentes latitudes, promediada en longitud para invierno y verano en ambos hemisferios. Allí se representa en intensidad y dirección la componente zonal promedio del viento mediante isotajas (líneas de intensidad constante) en metros por segundo.

Las componentes oeste serán positivas y las este negativas. Las características más sobresalientes comprenden:

a) La existencia de un máximo de viento oeste muy pronunciado en ambos hemisferios y estaciones de año, situado aproximadamente en el nivel básico de 20 cb - 200 mb (correspondiente a una altura de 12 Km. aproximadamente) y alrededor de 30° de latitud, con velocidades promedios hasta de 40 m/seg. Este máximo se encuentra directamente por encima de los cinturones de altas subtropicales y se denomina "corriente en chorro" (subtropical). Esta corriente es más intensa en el hemisferio sur, si se comparan los correspondientes campos estacionales.

b) La existencia de viento este en todos los niveles en las áreas ecuatoriales y en niveles bajos en áreas polares.

c) La inclinación de los ejes de los anticiclones subtropicales (dados por las isotajas de valor cero) hacia las zonas calientes a medida que se asciende y la de los ejes de las bajas subpolares hacia las zonas frías.

d) El movimiento estacional de los máximos de viento siguiendo al sol, apareciendo en el invierno de los respectivos hemisferios un máximo secundario (corriente en chorro polar).

Estudiaremos la estructura térmica en un promedio anual para todas las latitudes (Figura 3). La tropósfera es la capa inferior, en la que la temperatura disminuye con la altura alcanzando un mínimo que define la tropopausa. Sobre la tropopausa se encuentra la estratósfera, donde la temperatura aumenta (o al menos no disminuye) con la altura. La estratósfera se extiende desde la tropopausa hasta la estratopausa que, a una altura de 50-60 Km., tiene una temperatura que varía entre -10 y +20° Celsius. Luego aparecen otras capas, definidas también por su estructura térmica llamadas mesósfera y termósfera. (También es usual definir la ozonósfera como la región de máxima concentración de ozono, situada entre los 20 y 25 Km. de altura). La tropósfera es la zona donde se producen los fenómenos de tiempo meteorológico (nubes, lluvia, etc.) y la mayor parte de la masa atmosférica M se encuentra en ella (Figura 3).

Las variaciones estacionales del campo térmico promediado a lo largo de círculos de latitud se muestran en la Figura 4. Se observan como características salientes:

a) La variación latitudinal en la altura de la tropopausa, siendo la tropopausa ecuatorial mucho más alta y más fría que la polar.

b) El contraste térmico horizontal en las latitudes medias, mucho mayor en el invierno que en el verano (visualizado a través de la inclinación de las líneas isotermas). Notese que este contraste coincide en posición con las correspondientes corrientes en chorro respectivas.

En la atmósfera real los sistemas sinóptico-planetarios que aparecen en los mapas diarios, rara vez se asemejan a estos flujos zonales promedio que hemos presentado ya que son generalmente asimétricos, concentrando los mayores contrastes térmicos y los vientos más fuertes en altura a lo largo de bandas estrechas, zonas límites entre masas frías y calientes, denominadas frentes. Más aún, el flujo planetario se encuentra influenciado por la topografía y los contrastes térmicos producidos por la distribución de conti-

nentes y mares, particularmente en el hemisferio norte. No es entonces enteramente exacto considerar los sistemas sinópticos (ciclones y anticiclones y las ondas en altura asociadas a ellos) como perturbaciones superpuestas a un movimiento zonal que varíe solamente con la latitud y con la altura. Sin embargo este esquema es muy útil como primera aproximación en el análisis teórico de las ondas sinópticas.

En las cartas sinópticas diarias se observa que las circulaciones en superficie (más débiles en verano que en invierno) consisten en vórtices o torbellinos ciclónicos, asociados con centros de baja presión, y vórtices anticiclónicos más débiles asociados con centros de alta presión. Los vórtices ciclónicos se identifican claramente como espirales nubosas en las imágenes del globo terrestre obtenidas por intermedio de satélites meteorológicos. Los vórtices principales pueden verse hasta en las cartas de nivel de 500 mb (aproximadamente 5.5 Km.), algo desplazados hacia el oeste e inmersos en un flujo del oeste. Estas ondas migratorias o progresivas son eliminadas cuando se efectúan los promedios que llevan a las distribuciones mostradas.

De todas formas las distribuciones promediadas zonalmente dan una buena información sobre las características típicas de la circulación en escala planetaria.

II. MOVIMIENTO ATMOSFERICO

Los movimientos atmosféricos ocurren en un amplio espectro de escalas espaciales y temporales que van desde el movimiento molecular hasta aquellos que dominan la circulación general.

La dinámica de la atmósfera es el estudio de los movimientos de la atmósfera asociados directamente con los fenómenos del tiempo en todas sus escalas.

Para todos los movimientos la atmósfera es considerada como un fluido o medio continuo.

El punto de partida de la meteorología dinámica surge de la aplicación de las leyes de la hidrodinámica y de la termodinámica de la atmósfera.

La aplicación de estas leyes permiten obtener sistemas de ecuaciones de alto grado de complejidad que incluyen todas las escalas.

Para poder tratar movimientos de interés, dicho sistema debe ser debidamente simplificado a través de técnicas de análisis de escala.

A los efectos del objetivo que se persigue se hará el siguiente desarrollo:

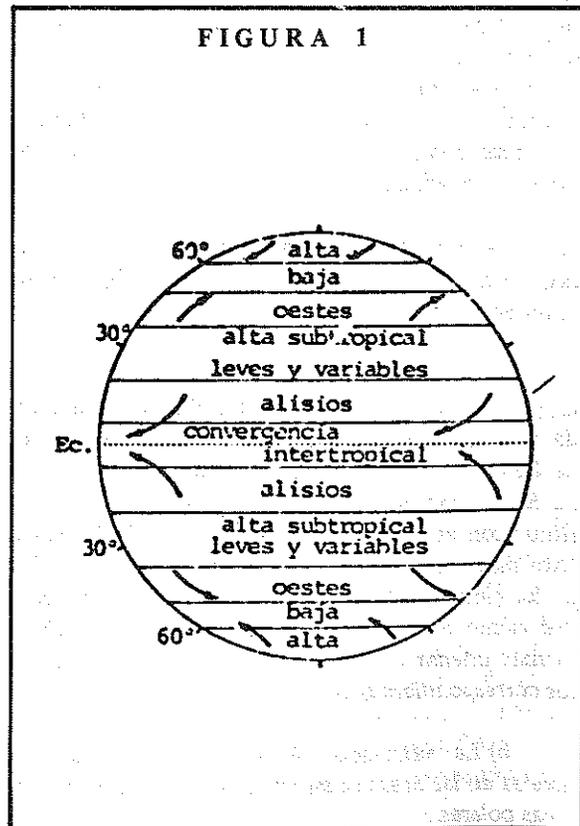
1. Breve descripción de las distintas escalas
2. Ecuación de movimientos
 - 2.1. Fuerzas fundamentales
 - 2.2. Fuerzas "aparentes"
 - 2.3. Expresión de la ecuación de movimiento (breve descripción)
3. Aproximación geostrofica y viento geostrofico

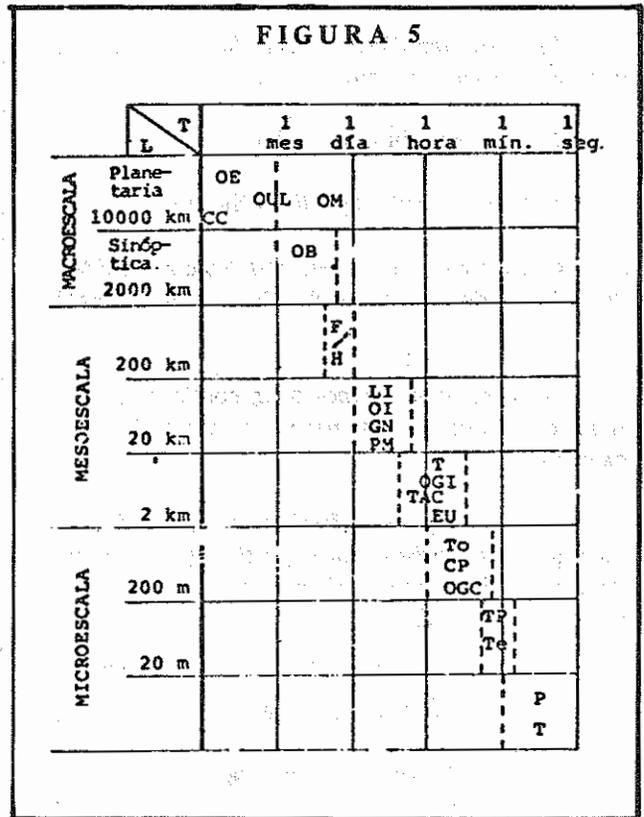
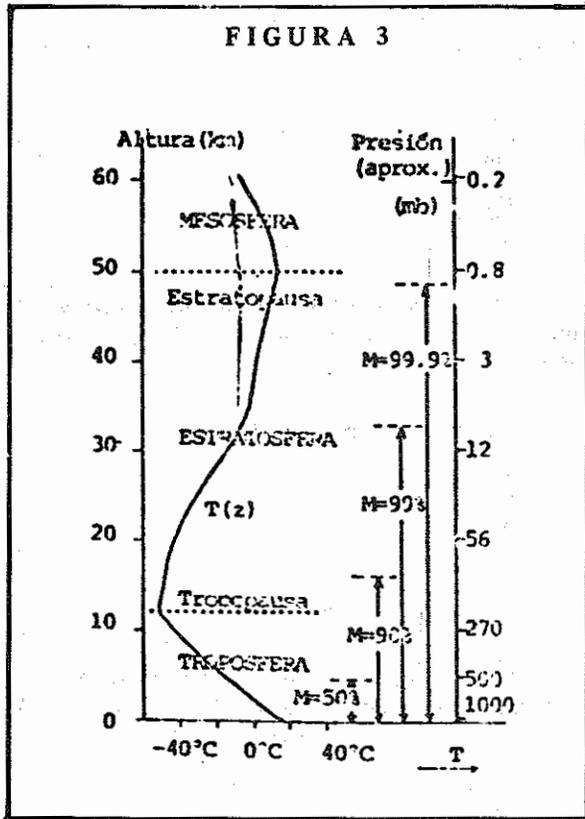
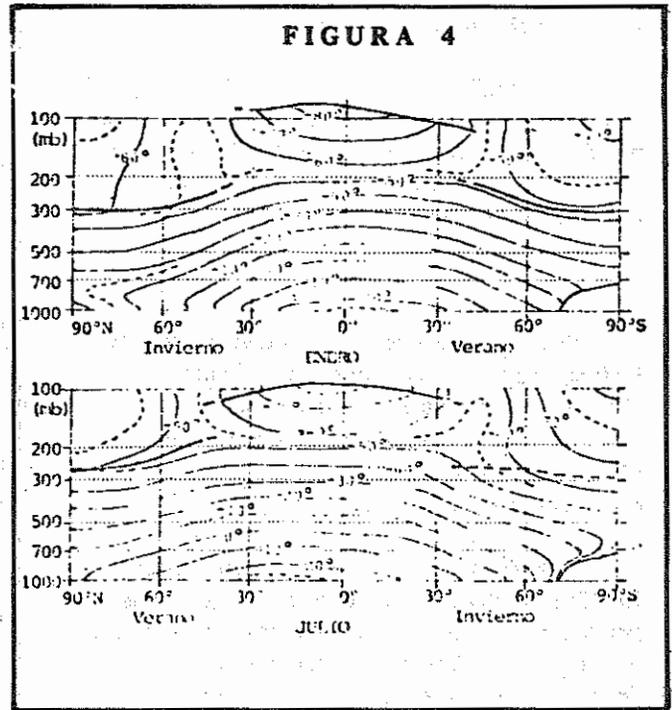
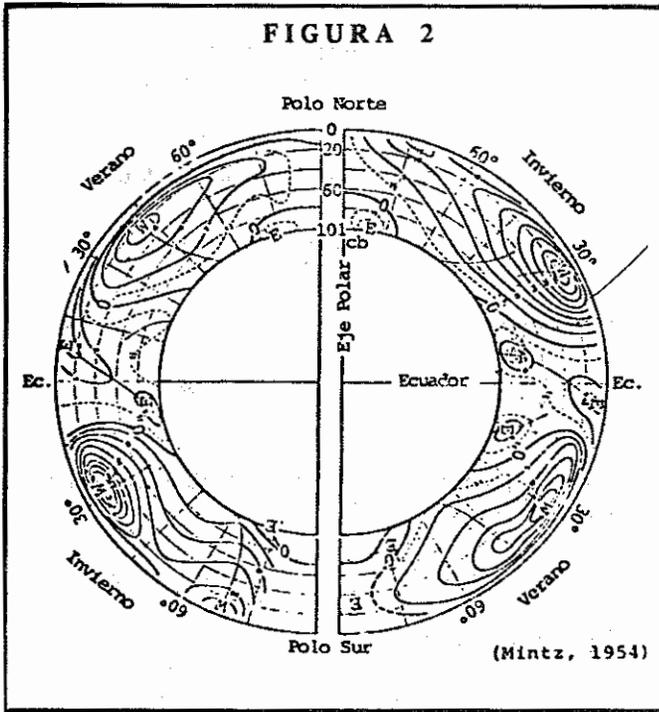
1. Breve descripción de las distintas escalas.

Las distintas perturbaciones o fenómenos meteorológicos, que ocurren en diferentes períodos de tiempo o "bandas" dan lugar a una clasificación de rangos espaciales que tradicionalmente se dividen en fenómenos de:

- a) Microescala
- b) Mesoescala
- c) Escala sinóptica
- d) Escala planetaria

En la Figura 5, se muestran los límites aproximados de estas bandas, los fenómenos que comprenden, así como su relación espacio-temporal.





2. Ecuación de movimientos.

La segunda Ley de Newton establece que la aceleración que sufre un cuerpo, referida a un sistema fijo de coordenadas, multiplicada por la masa del mismo es igual a la sumatoria de todas las fuerzas que sobre él actúan, es decir:

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Para los movimientos de interés meteorológico las fuerzas que debemos considerar actuando sobre un elemento de masa del fluido gaseoso son:

- La fuerza debida al gradiente de presión
- La fuerza gravitacional
- La fuerza de fricción

A estas las denominamos fuerzas fundamentales. Si nos referimos a un observador fijo a la tierra y por el hecho de que el fluido gaseoso que consideramos es rotante debemos introducir otras fuerzas que denominamos fuerzas aparentes, que son:

- La fuerza centrífuga
- La fuerza de Coriolis

Una vez identificadas dichas fuerzas podremos escribir la ecuación del movimiento.

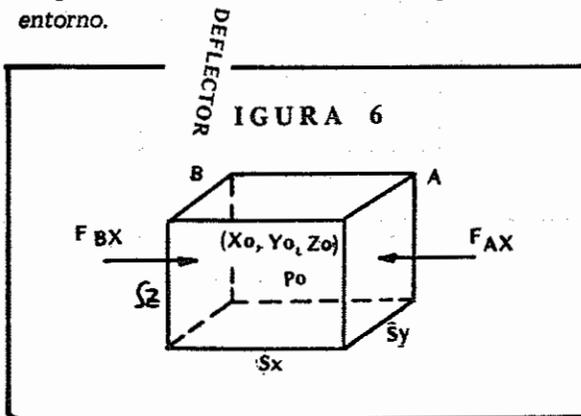
2.1. Fuerzas fundamentales

- Fuerza debida al gradiente de presión

Considerando un elemento de volumen $SV \cdot Sx \cdot Sy \cdot Sz$ centrado en el punto X_0, Y_0, Z_0 . (ver Figura 6)

Por el movimiento molecular, continuamente se transfiere momento a las paredes de dicho elemento de volumen.

Este momento transferido por unidad de tiempo y área, es precisamente la presión ejercida sobre las paredes del elemento de volumen por el aire del entorno.



Si la presión en el centro es P_0 , vale que en la face A la presión será: (por expansión según Taylor)

$$P_0 + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{Sx}{2} + \text{Términos de orden superior (se desprecian)}$$

entonces, la fuerza de presión sobre la cara A será:

$$F_{AX} = -(P_0 + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{Sx}{2}) \cdot Sy \cdot Sz$$

y sobre la cara B:

$$F_{BX} = + (P_0 - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{Sx}{2}) \cdot Sy \cdot Sz$$

luego la componente neta de la fuerza de presión según X será:

$$F_X = F_{AX} + F_{BX} = - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot Sx \cdot Sy \cdot Sz$$

y por unidad de masa:

$$\frac{F_X}{m} = \frac{- \frac{\partial p}{\partial x} \cdot Sx \cdot Sy \cdot Sz}{\rho \cdot SV} = - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}$$

esta es la fuerza debida al gradiente de presión por unidad de masa según la dirección X

Identicamente:

$$\frac{F_y}{m} = - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\frac{F_z}{m} = - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z}$$

Se ve claramente que dichas componentes están dirigidas desde las mayores a las menores presiones (observar el signo-)

En forma vectorial puede escribirse:

$$\frac{\vec{F}}{m} = - \frac{1}{\rho} \cdot \nabla p$$

- Fuerza gravitacional

Según la ley de gravitación universal de Newton, la fuerza de atracción entre dos elementos de masa M y m , separados por una distancia r será:

$$|\vec{F}_g| = - \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}$$

o vectorialmente:

$$\vec{F}_g = - \frac{G.M.m}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

si designamos: M =masa de la tierra
 m =masa de un elemento de la atmósfera

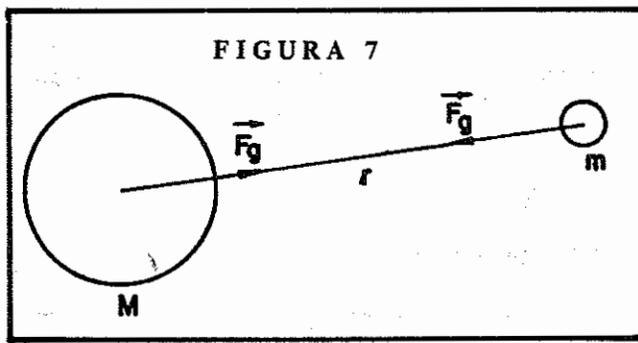
tendremos:

$$\frac{|\vec{F}_g|}{m} = - \frac{G.M.}{r^2}$$

y:

$$\frac{\vec{F}_g}{m} = - \frac{G.M.}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

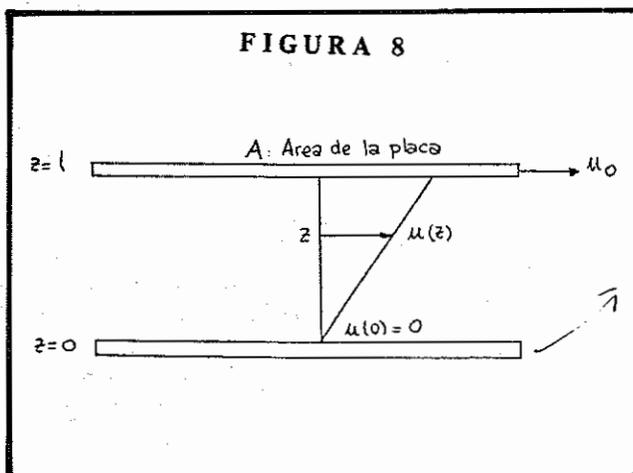
la Figura 7, muestra el sentido de \vec{F}_g :



c) Fuerza de fricción

Como expresamos al comienzo, se pretende a través de este tratamiento fijar tan solo algunos lineamientos generales y en particular una discusión completa de la fuerza de fricción o fuerza debida a la viscosidad, es bastante compleja por lo que se dará el concepto físico ilustrado en forma simple.

Consideramos una capa de fluido incompresible entre dos placas horizontales separadas por una distancia l como se indica en la Figura 8.



A: Area de la placa

La placa inferior la consideramos fija y la superior moviéndose a una velocidad u_0

Se encuentra que la fuerza tangencial aplicada para que ello ocurra es:

$$F = \mu \cdot \frac{A \cdot u_0}{l}$$

donde μ que es una constantes de proporcionalidad se denomina coeficiente de viscosidad dinámica.

Entonces, en el límite, podemos definir a la fuerza por unidad de área o tensión de corte como:

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{\partial u}{\partial z}$$

y puede demostrarse que la fuerza neta viscosa por unidad de masa sobre un elemento de volumen según la dirección X es:

$$\frac{F \text{ viscosa } X}{m} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left| \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right) \right|$$

Si μ es constante y llamado $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, como coeficiente de viscosidad cinemática, se tiene que:

$$\frac{F \text{ viscosa } X}{m} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

Para la atmósfera por debajo de los 100 km ν es pequeña y la fuerza de fricción se desprecia respecto de las demás.

No obstante, en la denominada capa límite de la atmósfera (primer kilómetro de la atmósfera en contacto con el suelo) si debemos considerarla y por ello las expresiones para calcular V (velocidad del viento) toman formas distintas que las derivadas en la denominada atmósfera libre (por encima del primer kilómetro). A estas cuestiones nos referimos más adelante.

2.2. Fuerzas aparentes

Cuando se trata el movimiento atmosférico es natural considerar un sistema de referencia fijo a la tierra rotante.

La segunda ley de Newton, establece que un elemento de masa de movimiento uniforme relativo a un sistema de referencia fijo en el espacio quedará en movimiento uniforme en ausencia de Fs. Se dice que dicho movimiento está referido a un SISTEMA

INERCIAL y al sistema de referencia se le llama INERCIAL o NEWTONIANO.

Es claro que un objeto en reposo respecto de la tierra rotante, no está ni en reposo ni en movimiento uniforme respecto a un sistema de referencia fijo en el espacio.

Por lo tanto, el movimiento que aparece como inercial para un observador en un sistema de referencia fijo en la tierra rotante es realmente un movimiento acelerado para un observador, un sistema de referencia fijo en el espacio.

En consecuencia, un sistema de referencia rotante es un sistema NO-NEWTONIANO. Las leyes de Newton son aplicables tan solo si la aceleración de las coordenadas son tenidas en cuenta y esto se hace introduciendo fuerzas aparentes y estas son, en nuestro caso:

- d) La fuerza centrífuga
- e) La fuerza de Coriolis
- d) Fuerza Centrífuga

Consideramos una masa en la punta de un hilo de longitud r girando a una velocidad angular constante ω (Figura 9).

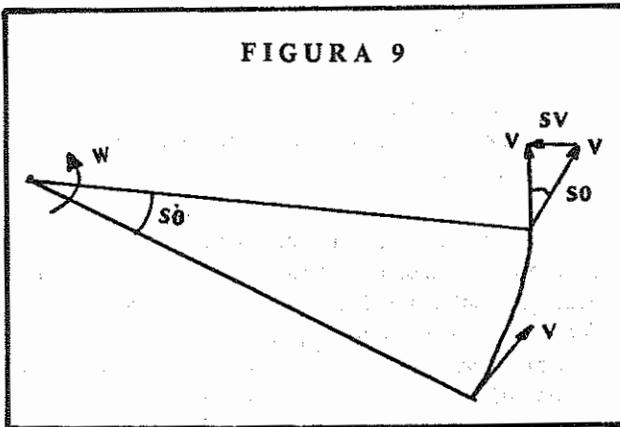


FIGURA 9

puede verse que:

$$\frac{|\dot{S}\vec{V}|}{|\vec{V}|} = \text{tg } S\theta$$

cuando: $S\theta \rightarrow 0$ $\text{tg}S\theta \rightarrow S\theta$ y entonces

$$|\dot{S}\vec{V}| = |\vec{V}| S\theta$$

dividiendo por $S\theta$.

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = |\vec{V}| \frac{d\theta}{dt} \left(-\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

y a esta aceleración se le llama contrípeta, que es la que detecta un observador desde el sistema fijo.

Si observamos desde un sistema fijo al elemento que rota, es claro que la partícula está estacionaria, pero aún actúa la "fuerza del hilo".

Luego, para aplicar la segunda ley de Newton para describir el movimiento relativo al sistema rotante, debemos incluir una fuerza adicional aparente que la llamamos fuerza centrífuga que equilibre a la contrípeta.

Entonces, una partícula de masa m , que está en reposo sobre la superficie terrestre, observada desde un sistema rotante con la tierra, está sujeta a una fuerza centrífuga.

$$\vec{F}_{\text{cfg}} = \Omega^2 \cdot \vec{R}$$

donde $\vec{\Omega}$ es la velocidad angular de la tierra y podemos definir la gravedad efectiva

$$\vec{g}_e = g + \Omega^2 \vec{R}$$

y se tiene según la Figura 10

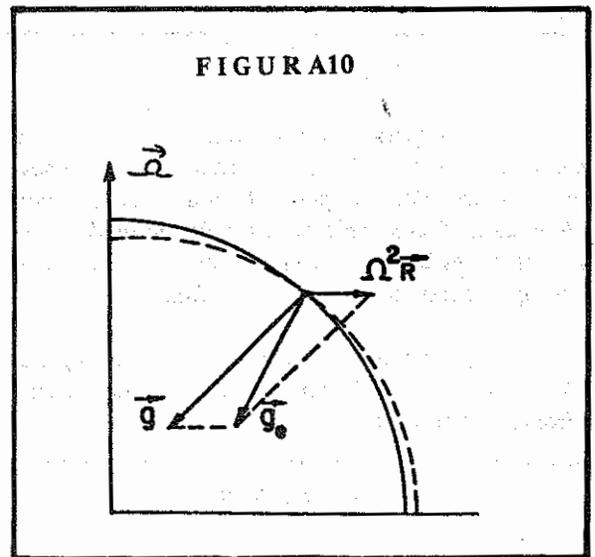


FIGURA 10

e) Fuerza de Coriolis.

Para aclarar el significado de la fuerza debida a la rotación terrestre, imaginemos un observador en el Polo Norte, N (Figura 11), que apunta con su fusil a un blanco fijo en la Tierra. En el instante en que dispara el fusil el blanco ocupa la posición B y justo detrás de él, hay un objeto S (por ejemplo, una estrella) que no participa de la rotación de la tierra. La bala disparada viajará a lo largo de la recta

INERCIAL y al sistema de referencia se le llama INERCIAL o NEWTONIANO.

Es claro que un objeto en reposo respecto de la tierra rotante, no está ni en reposo ni en movimiento uniforme respecto a un sistema de referencia fijo en el espacio.

Por lo tanto, el movimiento que aparece como inercial para un observador en un sistema de referencia fijo en la tierra rotante es realmente un movimiento acelerado para un observador, un sistema de referencia fijo en el espacio.

En consecuencia, un sistema de referencia rotante es un sistema NO-NEWTONIANO. Las leyes de Newton son aplicables tan solo si la aceleración de las coordenadas son tenidas en cuenta y esto se hace introduciendo fuerzas aparentes y estas son, en nuestro caso:

- d) La fuerza centrífuga
- e) La fuerza de Coriolis
- d) Fuerza Centrífuga

Consideramos una masa en la punta de un hilo de longitud r girando a una velocidad angular constante ω (Figura 9).

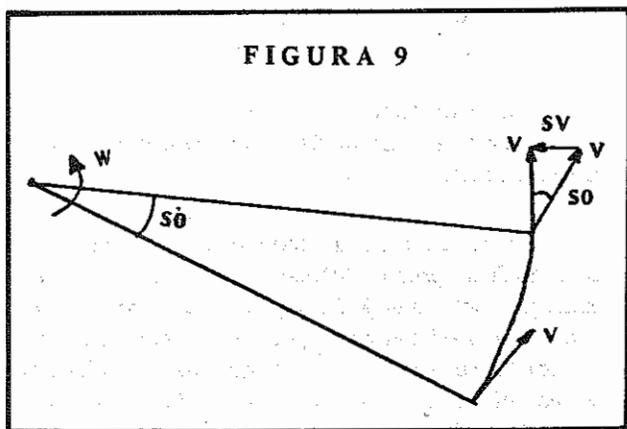


FIGURA 9

puede verse que:

$$\frac{|\vec{S}\vec{V}|}{|\vec{V}|} = \operatorname{tg} \theta$$

cuando: $S \rightarrow 0 \rightarrow \operatorname{tg} S \theta \rightarrow S \theta$ y entonces

$$|\vec{S}\vec{V}| = |\vec{V}| S \theta$$

dividiendo por $S \theta$.

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = |\vec{V}| \frac{d\theta}{dt} \left(-\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

y a esta aceleración se le llama contrípeta, que es la que detecta un observador desde el sistema fijo.

Si observamos desde un sistema fijo al elemento que rota, es claro que la partícula está estacionaria, pero aún actúa la "fuerza del hilo".

Luego, para aplicar la segunda ley de Newton para describir el movimiento relativo al sistema rotante, debemos incluir una fuerza adicional aparente que la llamamos fuerza centrífuga que equilibre a la contrípeta.

Entonces, una partícula de masa m , que está en reposo sobre la superficie terrestre, observada desde un sistema rotante con la tierra, está sujeta a una fuerza centrífuga.

$$\vec{F}_{cf} = \Omega^2 \vec{R}$$

donde $\vec{\Omega}$ es la velocidad angular de la tierra y podemos definir la gravedad efectiva

$$\vec{g}_e = g + \Omega^2 \vec{R}$$

y se tiene según la Figura 10

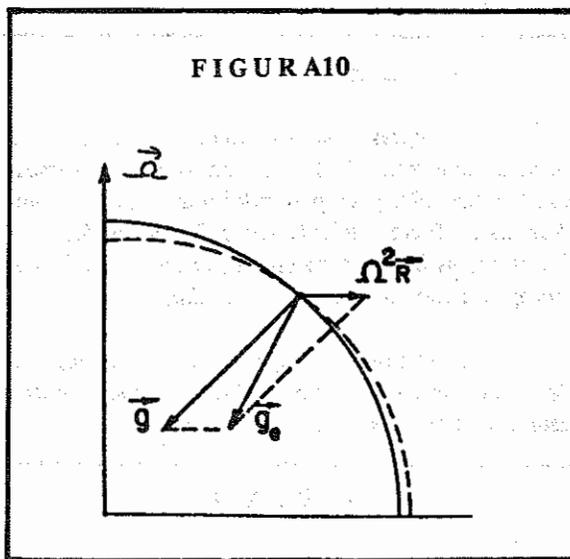
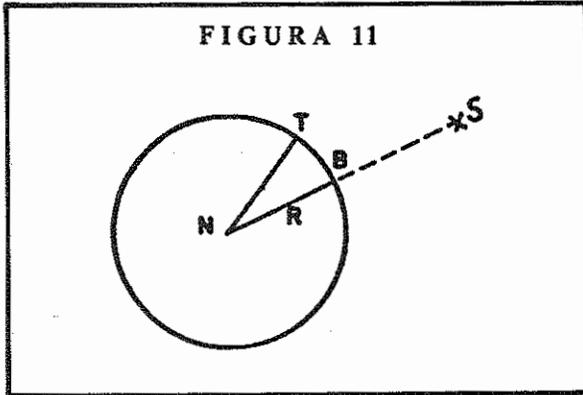


FIGURA 10

- e) Fuerza de Coriolis.

Para aclarar el significado de la fuerza debida a la rotación terrestre, imaginemos un observador en el Polo Norte, N (Figura 11), que apunta con su fusil a un blanco fijo en la Tierra. En el instante en que dispara el fusil el blanco ocupa la posición B y justo detrás de él, hay un objeto S (por ejemplo, una estrella) que no participa de la rotación de la tierra. La bala disparada viajará a lo largo de la recta

NBS, mientras que la tierra gira debajo de ella. Cuando la bala ha recorrido la distancia NB, el blanco, que se mueve con la tierra, ocupará la posición T. Ahora, si la trayectoria de la bala se mirara desde el blanco movable, veríamos que en principio la bala se mueve hacia el blanco, pero a medida que pasa el tiempo su trayectoria tuerce más y más a la derecha de su marcha. Se puede pensar que esto es contrario a la experiencia, pues un cazador en el Polo Norte es capaz de acertar a un blanco a pequeña distancia desde el polo. La explicación es que la distancia que ha de recorrer la bala es muy corta.



La desviación hacia la derecha de la línea recta NT puede explicarse introduciendo una fuerza que actúa siempre en ángulo recto con la trayectoria de la bala y hacia la derecha de ésta. Esta fuerza ha aparecido al considerar el movimiento relativo a la tierra que gira y la llamamos fuerza debida a la rotación terrestre.

La tierra gira en ángulo 2π en veinticuatro horas (sidéreas), y ésta es la velocidad angular Ω con que gira un plano horizontal en el polo. Su valor numérico es muy aproximadamente 0.000073 radianes cada segundo. Si t es el tiempo que tarda la bala en ir de N a B, el ángulo BNT es Ωt . Además, si R es la distancia de N a B y V la velocidad de la bala, $R = Vt$, la longitud del arco BT es $R\Omega t = V\Omega t^2$. Esta desviación puede explicarse suponiendo una aceleración a que actúa en ángulo recto con la trayectoria y hacia la derecha, y la desviación correspondiente a esta aceleración es $1/2at^2$.

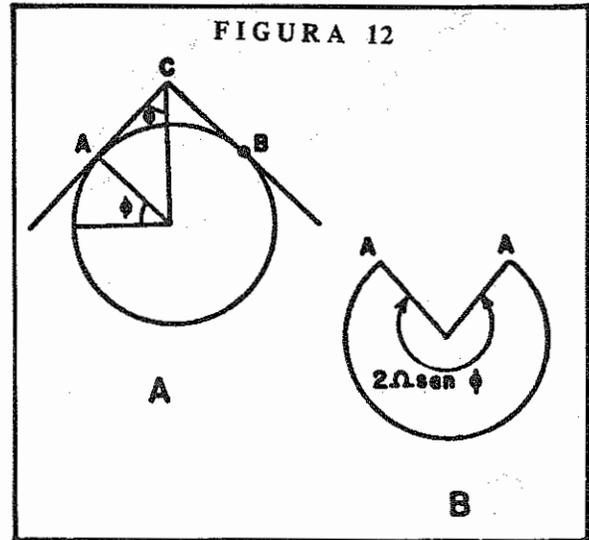
Entonces se tiene:

$$1/2at^2 = V \Omega t^2 \quad \text{ó} \quad a = V2\Omega$$

Esto se aplica a las condiciones en el Polo Norte. Para encontrar la expresión general de esta aceleración a una latitud cualquiera ϕ consideramos la Figura 12, que representa una sección de la tierra según un meridiano. Coloquemos un cono tangente a la tierra a lo largo del paralelo de latitud ϕ . Este cono se muestra desarrollado a la derecha de la figu-

ra, y representa al plano horizontal en la latitud ϕ . Ahora bien, mientras la tierra gira un ángulo 2ϕ en veinticuatro horas, un punto A en el horizonte a la latitud ϕ girará el ángulo ACA (pasando por B), que es igual a $2\pi \sin \phi$. Así vemos que mientras la velocidad angular del plano horizontal en el polo es Ω , la velocidad correspondiente a la latitud ϕ es $\Omega \sin \phi$. De la fórmula precedente deducimos que la aceleración desviadora en una latitud cualquiera ϕ se expresará por

$$a = V2\Omega \sin \phi$$



Si se hubiera hecho el análisis en el hemisferio Sur, el plano horizontal hubiera girado en dirección opuesta y la desviación hubiera sido también perpendicular a la velocidad, pero dirigida hacia su izquierda.

$$F_c = \rho V2\Omega \sin \phi$$

El sentido de esta fuerza es hacia la derecha del viento en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el hemisferio Sur.

En forma vectorial la fuerza de Coriolis se expresa como:

$$\vec{F}_c = -2\vec{\Omega} \times \vec{V}$$

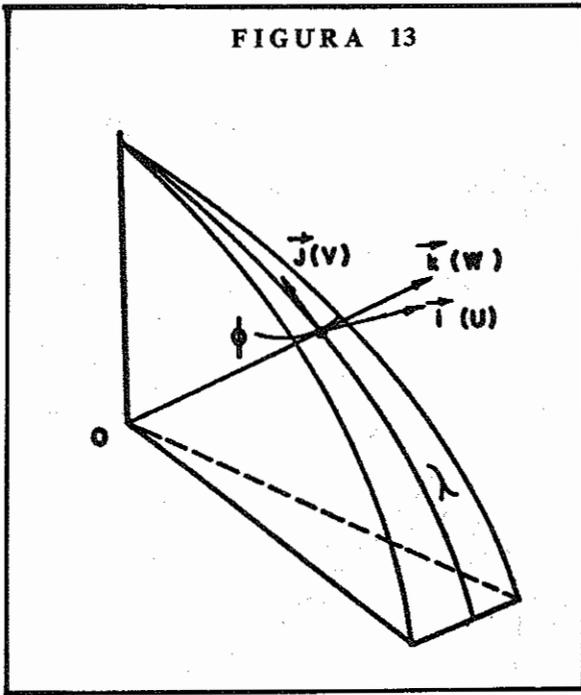
2.3. Expresión de la ecuación de movimiento

Para un sistema rotante, de acuerdo a las fuerzas descritas anteriormente, la forma es:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{g}_e - 2\vec{\Omega} \times \vec{V} + \vec{F}_{roz}$$

Si se adapta al sistema tal como muestra la Figura 13, pueden hallarse las componentes de dicha ecuación.

FIGURA 13



En particular, sin considerar \vec{g}_e y \vec{F} roz la parte horizontal es:

$$\frac{d\vec{V}_h}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla_H p - f \vec{k} \times \vec{V}_h$$

3. Aproximación geostrofica y viento geostrofico

Es una aproximación en escala sinóptica cuando se considera despreciable la aceleración $d\vec{V}_h/dt$ en la ecuación de movimiento horizontal.

La componente horizontal de la ecuación del movimiento ya dada es expresada:

$$\left(\frac{d\vec{V}_h}{dt}\right)_H = -f \vec{k} \times \vec{V}_h - \alpha \nabla_{HP}$$

normalmente la vamos a indicar en adelante, omitiendo los subíndices "H", excepto $\alpha \nabla_{HP}$, por darlos por sobreentendidos, quedando entonces:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = -f \vec{k} \times \vec{V} - \alpha \nabla_{HP}$$

Si suponemos despreciable la aceleración horizontal:

$$-f \vec{k} \times \vec{V} - \alpha \nabla_{HP} = 0 \quad \vec{k} \times \vec{V} = -\frac{\alpha}{f} \nabla_{HP}$$

$$\vec{V} = -\frac{\alpha}{f} \nabla_{HP} \quad \times \vec{k}$$

Esta velocidad obtenida, suponiendo equilibrio entre la fuerza de Coriolis y la de presión, se denomi-

na Viento Geostrofico. La ecuación muestra que el viento geostrofico es paralelo a las isobaras, en superficie de altura constante. Considerando además, que $f = 2\Omega \sin \phi$; es positivo en el hemisferio Norte y negativo en el hemisferio Sur, debido al $\sin \phi$; deducimos además, que el viento geostrofico deja las bajas presiones a la izquierda del sentido de su movimiento, en el hemisferio Norte y a la derecha en el hemisferio Sur. Tal cual como se presenta en las Figuras 14 y 15

FIGURA 14

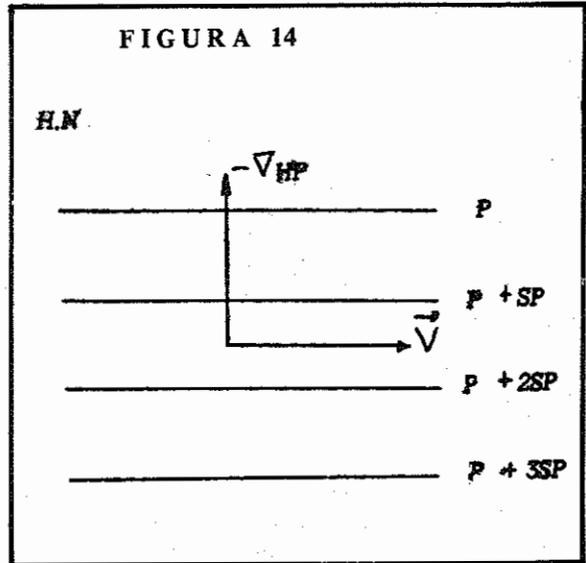
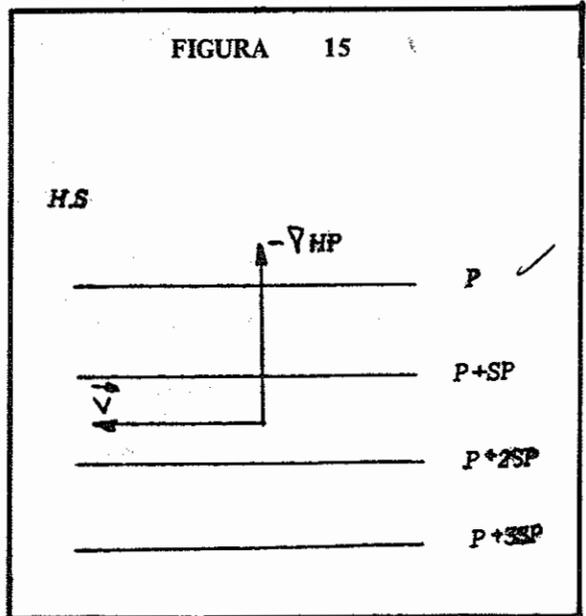


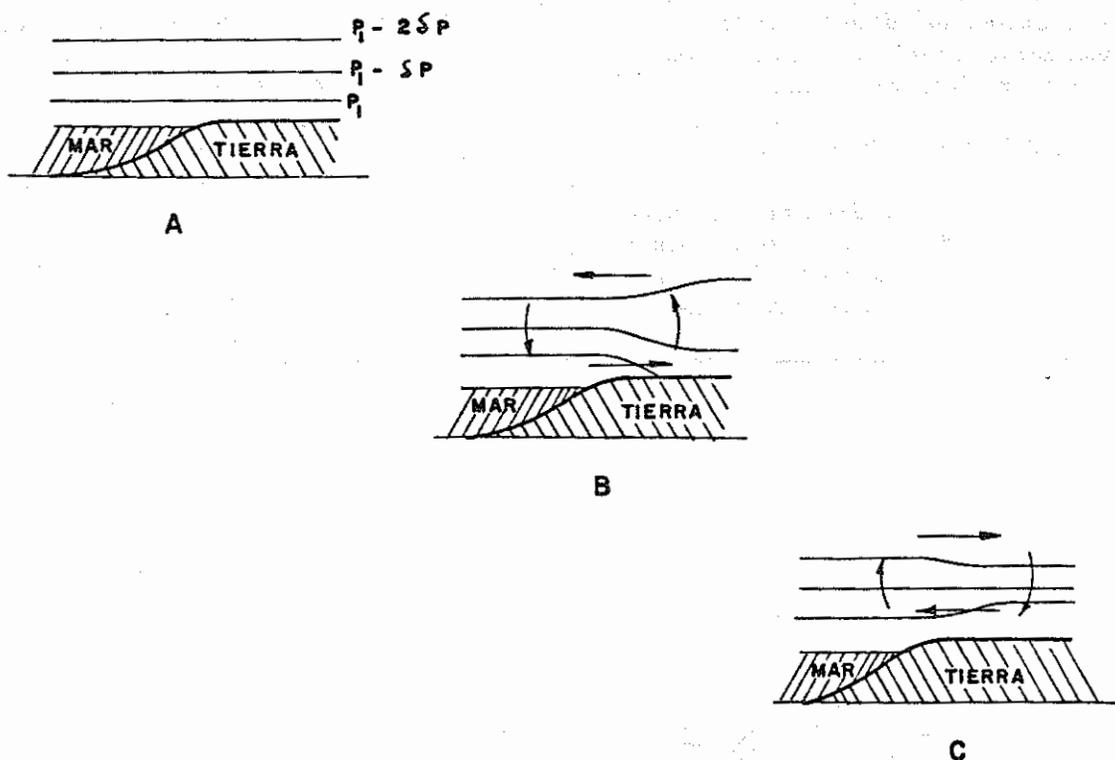
FIGURA 15



III SISTEMAS DE VIENTOS LOCALES

Aunque un viento cualquiera se designa por su dirección y su velocidad, algunos vientos se denominan con nombres particulares. Algunos sistemas loca-

FIGURA 17



Por la tarde, cuando la tierra se enfría por pérdida de radiación, desaparece el contraste de temperaturas y no hay brisa. Durante la noche, cuando la tierra está más fría que el mar, se origina un flujo de tierra a mar, que se llama brisa de tierra.

El efecto de brisa es pronunciado con condiciones de calma a escala hay fuertes vientos el efecto de brisa no es notorio.

3. Vientos de Drenaje

Durante la estación fría, se acumularán grandes cantidades de aire frío sobre las altiplanicies y zonas de tierra rodeadas por montañas. Parte de este aire fluirá hacia abajo por las laderas, acumulándose en valles y fiordos y llegando a la costa como una brisa moderada y débil. Sin embargo, cuando se aproxima una perturbación móvil, tal como un sistema de presiones bajas, el aire frío será acelerado a través de las grietas de las montañas, valles y cañones, y llegará como una cascada de aire frío, con vientos fuertes y raseados. Aunque el aire se calentará adiabáticamente mientras desciende normalmente, la diferencia de temperatura entre la costa y el interior será tan grande que el aire llegará a la costa como una corriente fría. Estos vientos son particularmente

fuertes y a veces destructivos, cuando un gran remanente de aire frío ha de vaciarse a través de una estrecha grieta o valle, o cuando convergen, encontrándose varios valles. A este efecto se le denomina catabático. Como el aire está encallejonado entre las paredes de un valle, los vientos de drenaje muestran poca relación con las isobaras. A menudo los vientos cortan normalmente a las isobaras yendo de altas a bajas presiones.

4. "Foehn", "Chinook" y "Zonda"

Estos vientos son fuertes, secos y calientes y se desarrollan ocasionalmente en la ladera de sotavento de las cordilleras. Son, sobre todo, frecuentes y fuertes sobre las laderas norte de los Alpes y la Cordillera de los Andes, pero con menor intensidad pueden tener lugar a sotavento de cualquier montaña. En los países de lengua alemana se llama a tales vientos foehns, y éste es el nombre de uso general de todas partes. Vientos análogos tienen lugar a veces al este de las Montañas Rocosas, sobre todo en Wyoming y Montana, y en Norteamérica estos vientos se les llama corrientemente Chinook, y en Argentina se le identifica como Zonda.

Potencia y energía del viento

Habiendo estudiado el fenómeno viento, el punto que nos interesa es el aprovechamiento energético del mismo. Visto el potencial eólico de un sitio como un recurso energético, es necesario evaluarlo y caracterizarlo para poder establecer las condiciones óptimas de operación del sistema conversor de energía eólica (SCEE), destinado a aprovechar ese recurso bajo restricciones técnico-económicas, fijadas por los límites prácticos para:

1. Área de la sección transversal al flujo de aire, que es posible abarcar para extraer energía del viento, y

2. Altura sobre el nivel del suelo a la que es práctica realizar esta extracción de energía.

Por limitaciones de tipo tecnológicas y económicas, únicamente el viento que fluye en los primeros 150 metros sobre el nivel del suelo es factible aprovechar con la actual tecnología, limitándose también el área unitaria barrida a la de una circunferencia con un diámetro de 100 metros.

A continuación se exponen las características de potencia y energía del viento.

I ECUACIONES DE POTENCIA Y ENERGÍA

El viento es el aire en movimiento. El aire tiene masa, aunque su densidad es baja y cuando esta masa lleva una velocidad, el viento resultante tiene una energía cinética proporcional al producto $1/2 \times \text{masa} \times (\text{velocidad})^2 /$

Si $p =$ La masa por unidad de volumen de aire (densidad)
 $V =$ velocidad del viento
 $A =$ un área que atraviere el viento

La masa de aire que pasa por unidad de tiempo es pAV , y la energía cinética que atraviesa el área por unidad de tiempo es:

$$P = 1/2 \cdot pAV \cdot V^2 = 1/2 \cdot pAV^3$$

Esta es la potencia total disponible en el viento.

La densidad de potencia del viento, expresada en watts/m² en el plano vertical y a 10 m. de altura,

Trabajo presentado por el Ing. Enrique Caldera Muñoz del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México (IIE) en el I Curso Seminario Latinoamericano sobre Prospección, Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica, realizado por OLADE y el IIE en Cuernavaca del 26 al 30 de mayo de 1980.

es una manera de definir el potencial eólico de un punto. Esta potencia por unidad de área es función directa del cubo de la velocidad del viento:

$$P/A = K V^3$$

donde K es una constante que depende de la densidad del aire y de las unidades en que se expresa la potencia y la velocidad. Esta expresión se conoce como la ley del cubo y es indicativa de porqué es necesario un registro continuo de velocidades para hacer una estimación correcta de un contenido energético, ya que existe una diferencia entre el cubo de la velocidad media y el promedio de los cubos de un conjunto de velocidad en una distribución dada. La figura 1, muestra gráficamente la relación entre velocidad y potencia.

Si matemáticamente expresamos el viento como un vector, éste en la realidad se comporta de una manera aleatoria, variando su rumbo y velocidad de tal suerte que, cuando expresamos su potencia por unidad de área, nos referimos a promedios estadísticos, obtenidos a partir de mediciones continuas anemográficas, por un período de un año al menos.

Siendo la potencia del viento proporcional al cubo de su velocidad, se aprecia que variaciones porcentualmente pequeñas en la velocidad del viento tienen una fuerte repercusión por cuanto a su potencia. Un viento de 20 Km/hr (5.55 m/s) tiene una potencia de 109.6 w/m² y uno de 25 Km/hr (6.94 m/s) de 213.85 w/m², en tanto que un viento de 50 Km/hr (13.88 m/s) que mueve a los árboles y se dificulta caminar contra él, tiene una potencia de 1720.8 w/m².

Puede decirse que, en lugares buenos, a 10 metros de altura, la energía del viento es similar en magnitud a la densidad de energía solar que se recibe en el suelo en un período de 24 horas, representando una potencia media del orden de 200 watts/m² para las latitudes comprendidas entre los dos trópicos.

A mayor altura, la energía eólica se incrementa en razón del gradiente vertical de velocidades, ocasionado por la fricción del viento contra la superficie del terreno.

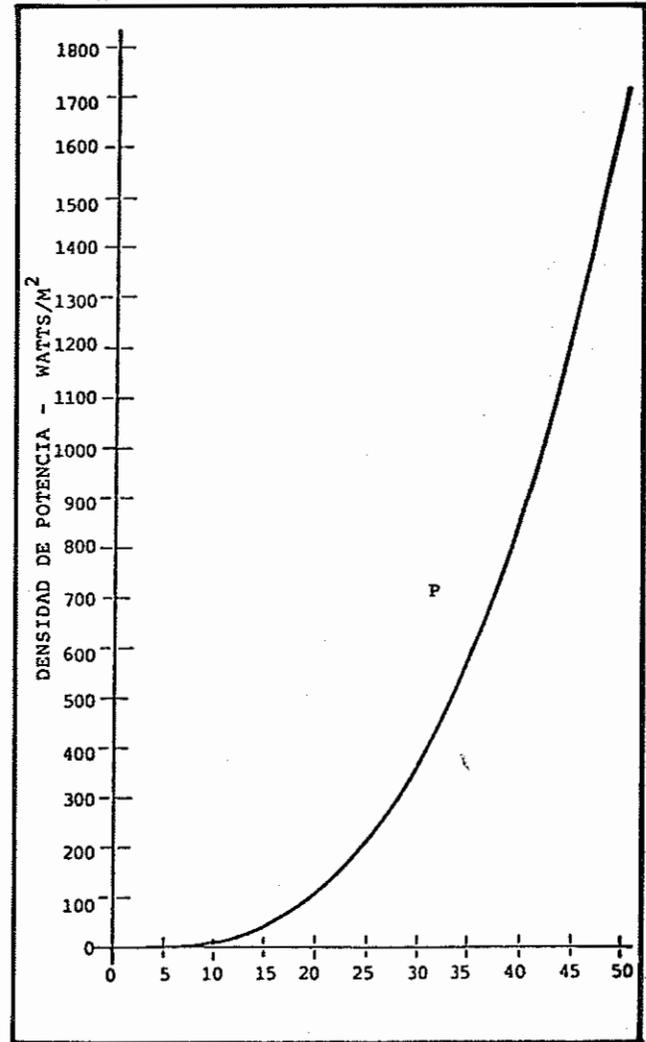
De toda la potencia del viento sólo es posible obtener una fracción, que tiene un límite teórico establecido por el científico alemán A. Betz en 1927, por el cual un aeromotor ideal sólo puede extraer 16/27 ó 59.3 o/o de la potencia del viento. Para obtener el 100 o/o de la energía cinética del viento, sería necesario que el equipo conversor le quitase el movimiento, reduciendo su velocidad hasta cero, lo cual es imposible.

VELOCIDAD DEL VIENTO - KM/HR

POTENCIA EN EL VIENTO

$$P = K AV^3$$

FIGURA 1



De esta manera la ecuación que define la potencia aprovechable del viento, para condiciones ideales es:

$$P = 0.593 KAV^3$$

Dadas las características aleatorias del viento, de terminar su potencia y energía en un período de tiempo, será resultado de un análisis estadístico del rango de velocidad observado, y la duración total de cada intervalo de velocidad. En esta forma, la energía del viento que atraviesa una unidad de área en un plano vertical, siempre perpendicular al viento, durante un período de tiempo, está dada por la expresión:

$$E = \sum_{i=1}^n P_i t_i$$

$i = 1 \dots n$, intervalos de velocidad de viento a los que corresponde una potencia (P_i) y una duración acumulada t_i

La potencia media durante el período T será por tanto:

$$\bar{P} = \frac{E}{T}$$

Para realizar el análisis de energía y potencia del viento, en un período dado, se hace uso de las siguientes representaciones gráficas, de la información obtenida de las velocidades del viento en el lugar bajo estudio.

1. Curvas de frecuencia de velocidad.
2. Curvas de duración de velocidad.
3. Curvas de duración de potencia.

II. CURVAS DE FRECUENCIA DE VELOCIDADES

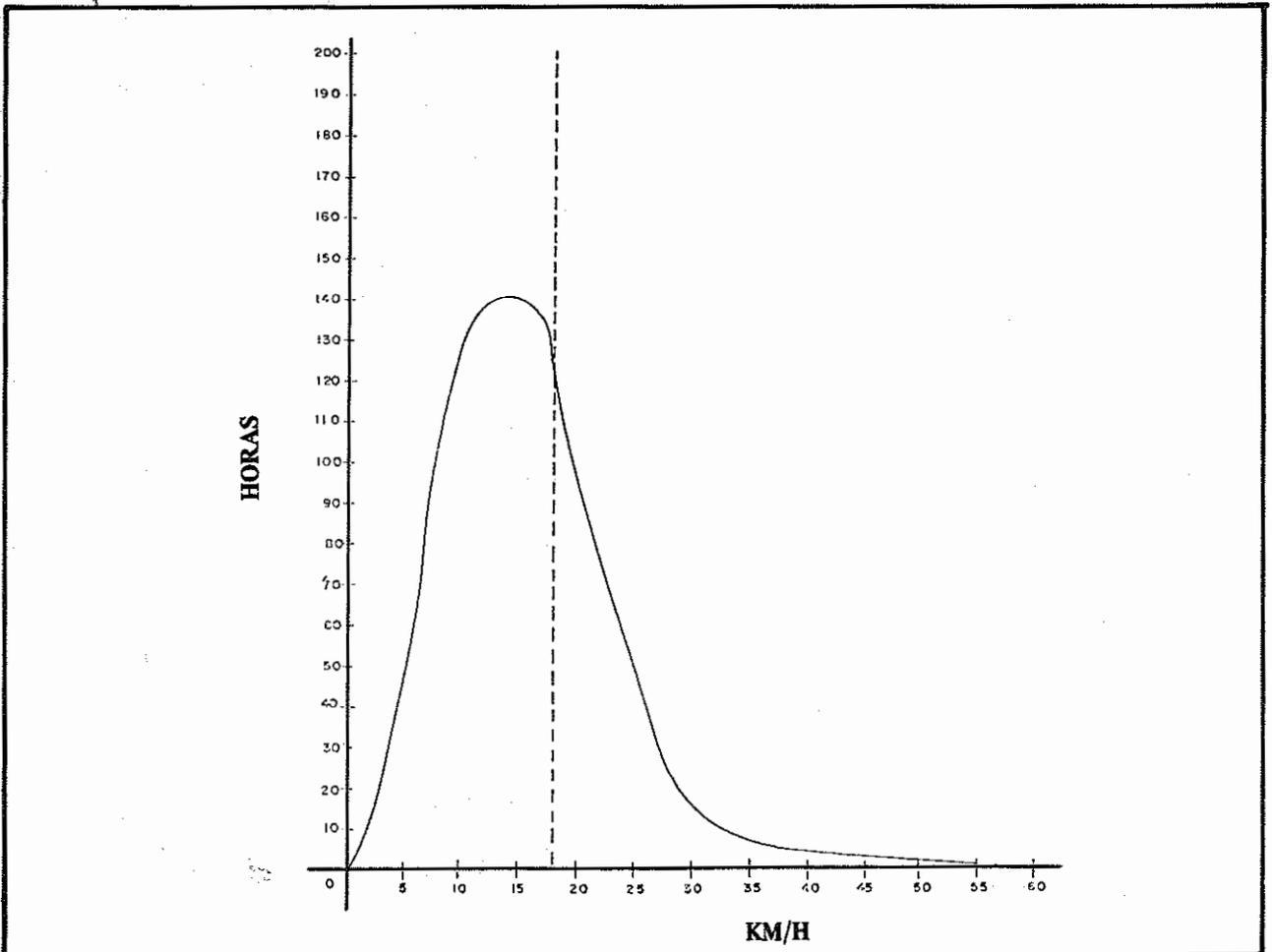
Los registros continuos de velocidad del viento se traducen a una curva de frecuencia de velocidades,

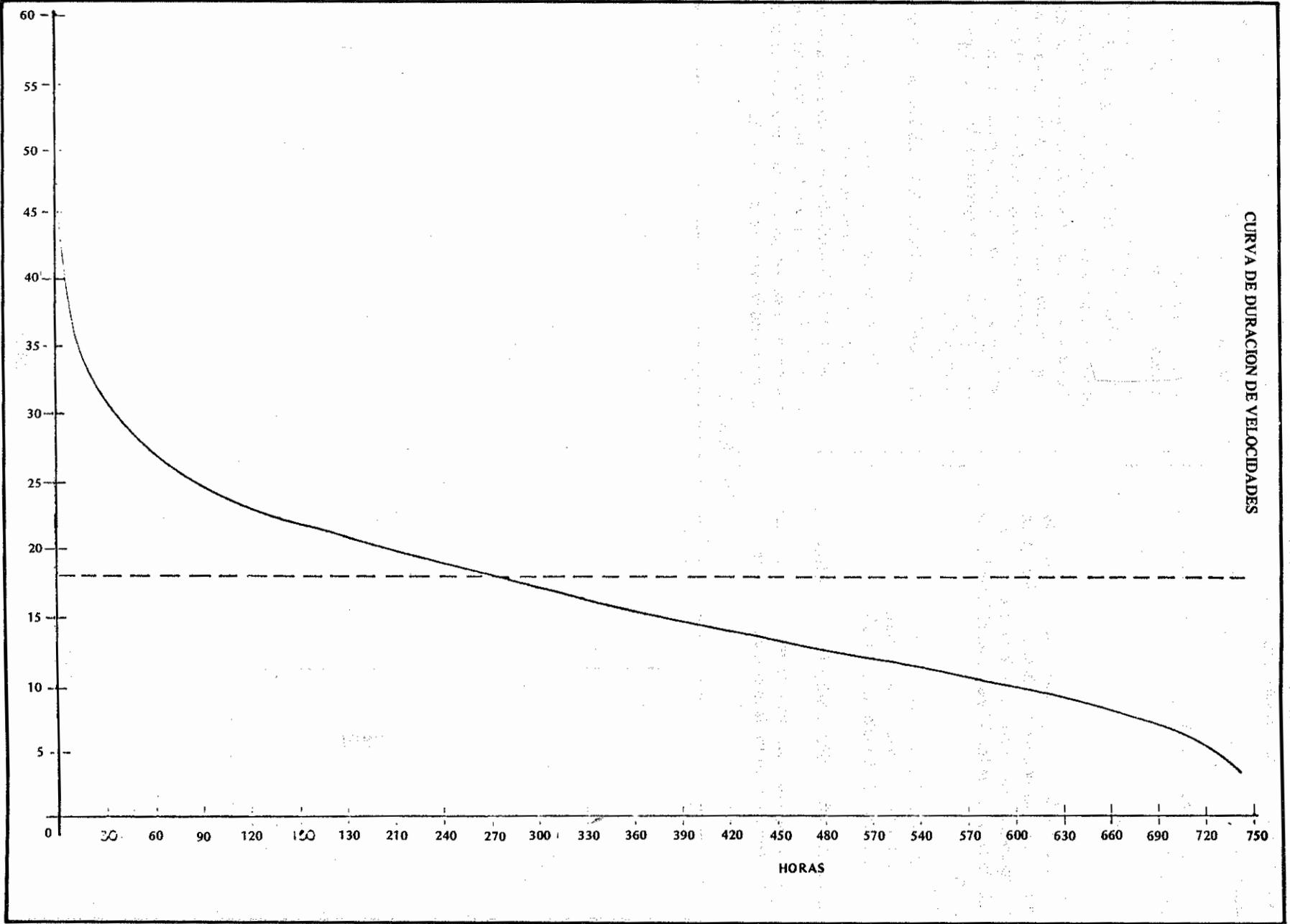
que en realidad corresponde a un histograma de velocidades ver figura 2. Esta curva de distribución se hace para cada mes y para el año completo. Esto permite conocer, por rangos de velocidades, el porcentaje del tiempo total que le corresponde. Al agrupar los datos mensualmente, se determinan las variaciones estacionales y finalmente el comportamiento del viento a lo largo del año. Hacer una buena caracterización de la distribución de velocidades a lo largo del año, requiere de mediciones anemográficas por 5 años al menos, aunque se puede prescindir de éstas si se cuenta con información que permita establecer correlaciones. Esta información es indispensable para establecer la energía que contiene el viento y poder estimar así la que es potencialmente aprovechable en un período determinado.

III. CURVAS DE DURACION DE VELOCIDADES

Una forma útil de representar la distribución de frecuencia de velocidades durante un período dado, es con la curva de duración de velocidades, mostrada en la figura 3, la que indica progresivamente el número de horas en que el viento tuvo una velocidad superior a los valores de cada ordenada.

FIGURA 2





CURVA DE DURACION DE VELOCIDADES

FIGURA 3

IV. CURVAS DE DURACION DE POTENCIA.

Si la curva de duración de velocidades puede ser convertida en una curva de duración de potencia al cubicar los valores de las ordenadas y aplicar el coeficiente de proporcionalidad K, de esta forma se hace patente la importancia energética de un sitio relativo a otro al comparar las áreas bajo la curva que son indicativas de la energía del viento.

El uso de procedimientos computacionales para procesar la información del viento, a partir de registros anemométricos continuos, ha desplazado este método de evaluación energética de un sitio, pero no por ello puede decirse que sea obsoleto.

V. CONVERSION DE LA ENERGIA EOLICA

La extracción de energía del viento se efectúa a través de sistemas aerodinámicos convectores, conocidos como Sistemas Conversores de Energía Eólica (SCEE). Un SCEE convierte la energía cinética del aire en energía mecánica de rotación. Esta energía puede a su vez ser convertida en otras formas de energía: eléctrica o térmica, o ser utilizada directamente como energía mecánica.

En todo cambio de una forma de energía a otra, se incurre en ciertas pérdidas. La relación de la energía disponible para su utilización y la energía primaria de donde se obtuvo, define la eficiencia del sistema de conversión.

En el caso de una turbina eólica, las pérdidas en el rotor pueden atribuirse a dos factores: al movimiento rotacional comunicado al aire por las aspas y a la fricción contra el aire.

1. Potencia Teórica Máxima de una Turbina Eólica.

Para determinar la eficiencia máxima de una turbina eólica, hay que asumir las siguientes condiciones:

- Las aspas trabajan sin arrastre por fricción con el aire.
- Una envolvente bien definida separa el flujo que pasa a través del disco del rotor, del que lo hace por fuera del mismo.
- Las presiones estáticas dentro y fuera de la envolvente y lejos anterior y posteriormente del rotor, son iguales a la presión estática de la corriente libre ($P_2 = P_\infty$)
- El empuje está aplicado en forma uniforme sobre todo el disco del rotor.
- El disco no imparte rotación alguna al flujo.

Si definimos un volumen de control como el que se muestra en la figura 4 y la aplicamos al teorema de momentos, suponiendo que los planos de corriente arriba y corriente abajo del volumen de control están infinitamente lejos del plano de la turbina, se tiene:

T = momento en el flujo que entra - momento en el flujo que sale

$$T = m (V_\infty \cdot V^2) = \rho A U (V_\infty - V)(1)$$

donde m es el flujo de masa por unidad de tiempo.

También, a partir de las condiciones de presión, el empuje puede ser expresado como:

$$T = A (P^+ - P^-) \quad (2)$$

Ahora, aplicando la ecuación de Bernoulli al flujo corriente arriba de la turbina, se obtiene:

$$1/2 \rho V^2 + P^\infty = 1/2 \rho U^2 + P^+ \quad (3)$$

y para corriente abajo:

$$1/2 \rho V^2 + P_\infty = 1/2 \rho U^2 + P^- \quad (4)$$

o, si se restan estas dos ecuaciones:

$$P^+ - P^- = 1/2 \rho (V_\infty^2 - V_2^2) \quad (5)$$

substituyendo la ecuación (5) en la (2) se tiene:

$$T = 1/2 A \rho (V_\infty^2 - V_2^2) \quad (6)$$

ahora, igualando la ecuación (6) con (1) se tiene:

$$1/2 A \rho (V_\infty^2 - V_2^2) = \rho A U (V_\infty - V_2)$$

$$o, \quad U = \frac{V_\infty + V_2}{2} \quad (7)$$

Este resultado establece que la velocidad a través de la turbina es el promedio de las velocidades antes y después de la turbina.

Si ahora definimos el factor de interferencia como:

$$U = V_\infty (1 - a) \quad (8)$$

Si hacemos la ecuación (7) igual a (8) se tiene:

$$V_\infty (1 - a) = \frac{V_\infty + V_2}{2}$$

Con lo que la velocidad de la estela de la turbina puede ser expresada como:

$$V_2 = V^\infty (1-2a)$$

por lo tanto,

$$a = 1 - \frac{V^\infty + V_2}{2V^\infty}$$

Lo cual implica que si el rotor absorbe toda la energía, v.gr., $V_2 = 0$, el factor de interferencia tendrá un valor máximo de $1/2$.

Dado que la potencia es expresada como el producto del flujo de masa por unidad de tiempo por el cambio de energía cinética, la potencia P , es:

$$P = m \Delta E.C + \rho A U \left(\frac{V^\infty^2 - V_2^2}{2} \right) + 1/2 \rho A V^\infty^3 4a (1-a)^2$$

$$\text{o: } P = 2 \rho A V^\infty^3 a(1-a)^2$$

La máxima potencia se obtiene cuando:

$$\frac{dP}{da} = 0$$

$$\frac{dP}{da} = 2 \rho A V^\infty^3 (1-4a-3a^2) = 0$$

$$\text{o, } a=1 \quad \text{o, } a = 1/3$$

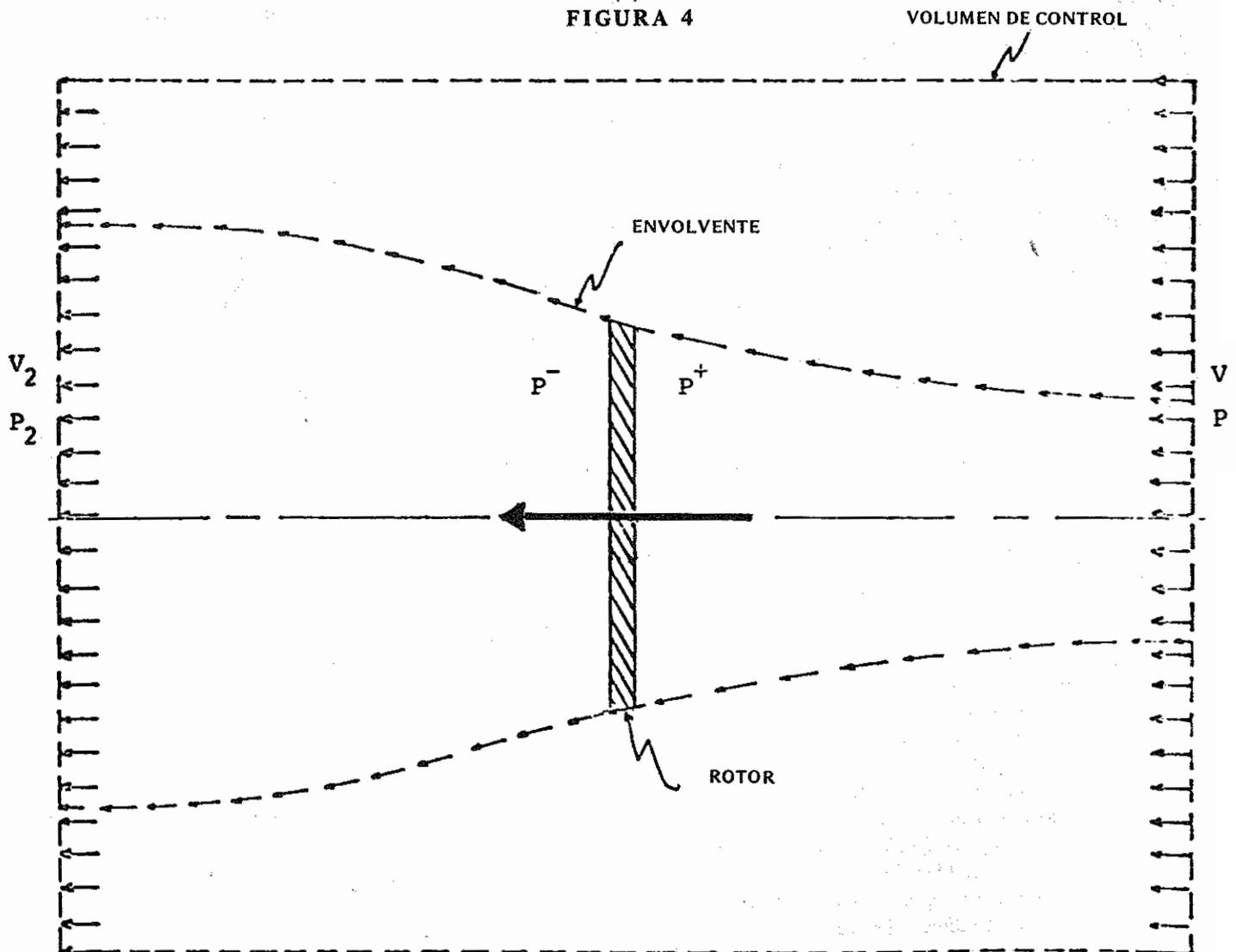
P máxima se obtiene para: $a=1/3$
luego:

$$P_{\max} = 16/27 \quad (1/2 \rho A V^\infty^3)$$

Este coeficiente $(16/27) 0,593$, se llama coeficiente de potencia y representa eficiencia del rotor de una turbina eólica:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$$

FIGURA 4



2. Sistemas Conversores de Energía Eólica

Existen diversos tipos de Sistemas Conversores de Energía Eólica (SCEE), operando sobre todos ellos la restricción teórica y práctica por supuesto, de la energía del viento que es posible recuperar.

La figura 5, ilustra el esquema general en diagrama de bloques de un aerogenerador, o SCEE para producción de electricidad.

Básicamente, los dos primeros bloques son comunes a todo tipo de SCEE, siendo el último el específico del tipo de aplicación.

El primer bloque indica el rotor propiamente, que extrae parte de la energía del viento, que como ya hemos visto, de toda su potencia, existe un límite teórico próximo a 60 o/o que nos refiere la que es posible aprovechar en condiciones óptimas de transferencia de energía para un sistema conversor. En la realidad, un aeromotor de aspas aerodinámicas y alta eficiencia, se encuentra en el rango del 40 al 45 o/o de eficiencia de conversión.

Como en toda conversión energética, la relación entre la energía disponible para su utilización y la energía primaria de donde se obtuvo, define la eficiencia del sistema. El coeficiente de potencia C_p representa la eficiencia aerodinámica del rotor, cuyas pérdidas pueden atribuirse principalmente al movimiento rotacional comunicado al aire por las aspas y a la fricción contra el mismo. Este coeficiente, depende del tipo y características de las aspas del rotor, y varía con la razón de velocidad tangencial (μ), la cual está definida como la relación instantánea entre la velocidad de la punta del aspa y la velocidad del viento. El valor máximo de C_p es alcanzado a un valor de μ característico de cada rotor. Si este valor es menor de 4, el rotor puede ser considerado como de baja velocidad, y su máxima eficiencia C_p será de 0.3 menor. La solidez del rotor, definida como la relación entre la superficie de las aspas y el área barrida por el rotor, tiende a valores grandes para turbinas de este tipo. Si el valor de μ es del orden de 4 ó superior para C_{pmax} , se trata de un rotor de alta velocidad con una eficiencia máxima C_p del orden de 0.45. La solidez en este tipo de rotores tiende a valores pequeños.

Si la velocidad nominal del rotor corresponde al valor máximo de C_p , un aumento o disminución de la velocidad del viento resultará en una disminución de C_p , si la velocidad de la flecha se mantiene constante, figura 6. Por otro lado, se permite que la velocidad del rotor varíe con la velocidad del viento (razón de velocidad tangencial μ constante), se puede lograr un máximo C_p para todo rango de velocidades de

operación. Esto resulta de dos modos básicos de generación: sistemas de velocidad constante, en los cuales la velocidad del rotor se mantiene constante cambiando el ángulo de ataque de las aspas y/o las características de la carga; y sistemas de velocidad variable, en los cuales se permite que la velocidad del rotor varíe proporcionalmente a la velocidad del viento, lo cual permite C_{pmax} para la mayor parte del rango de operación. En la figura 6 se muestran las características de potencia para algunos tipos de rotores. Existe un sinúmero de configuraciones de SCEE, cada una con ciertas ventajas particulares, y adecuado a aplicaciones más o menos específicas. Las figuras 7 y 8 muestran las principales. Básicamente, todas podrían agruparse en dos tipos: sistemas de eje vertical y sistemas de eje horizontal. Los sistemas incluidos en el primer grupo, no necesitan orientarse ya que aprovechan vientos de cualquier dirección. Los del segundo, aunque limitados por su velocidad de respuesta a cambios de dirección en el viento, se caracterizan por eficiencias más altas que los del primero.

FIGURA 5

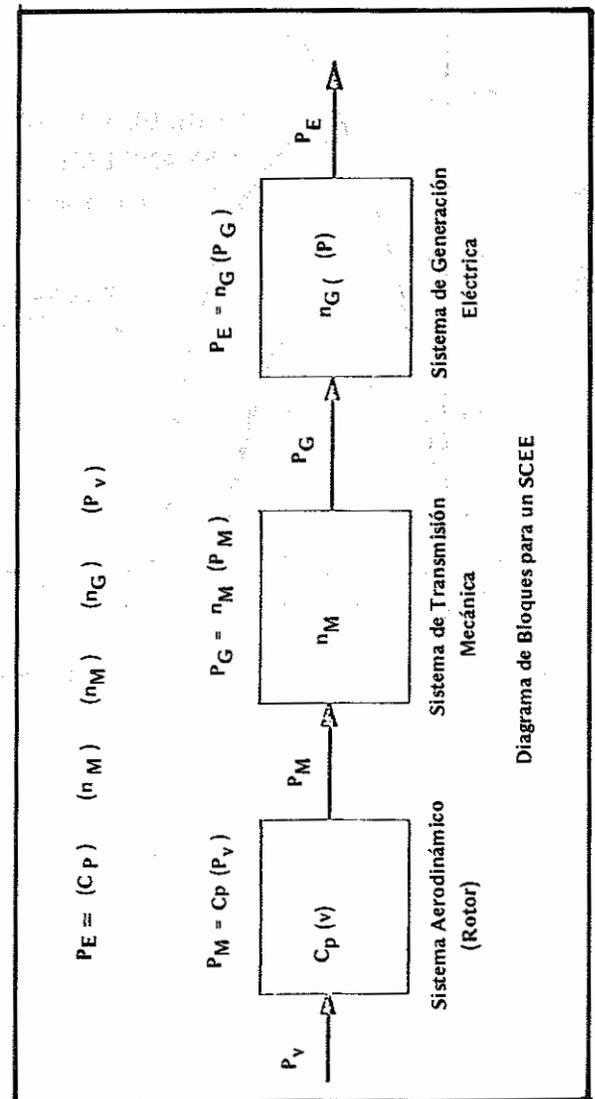
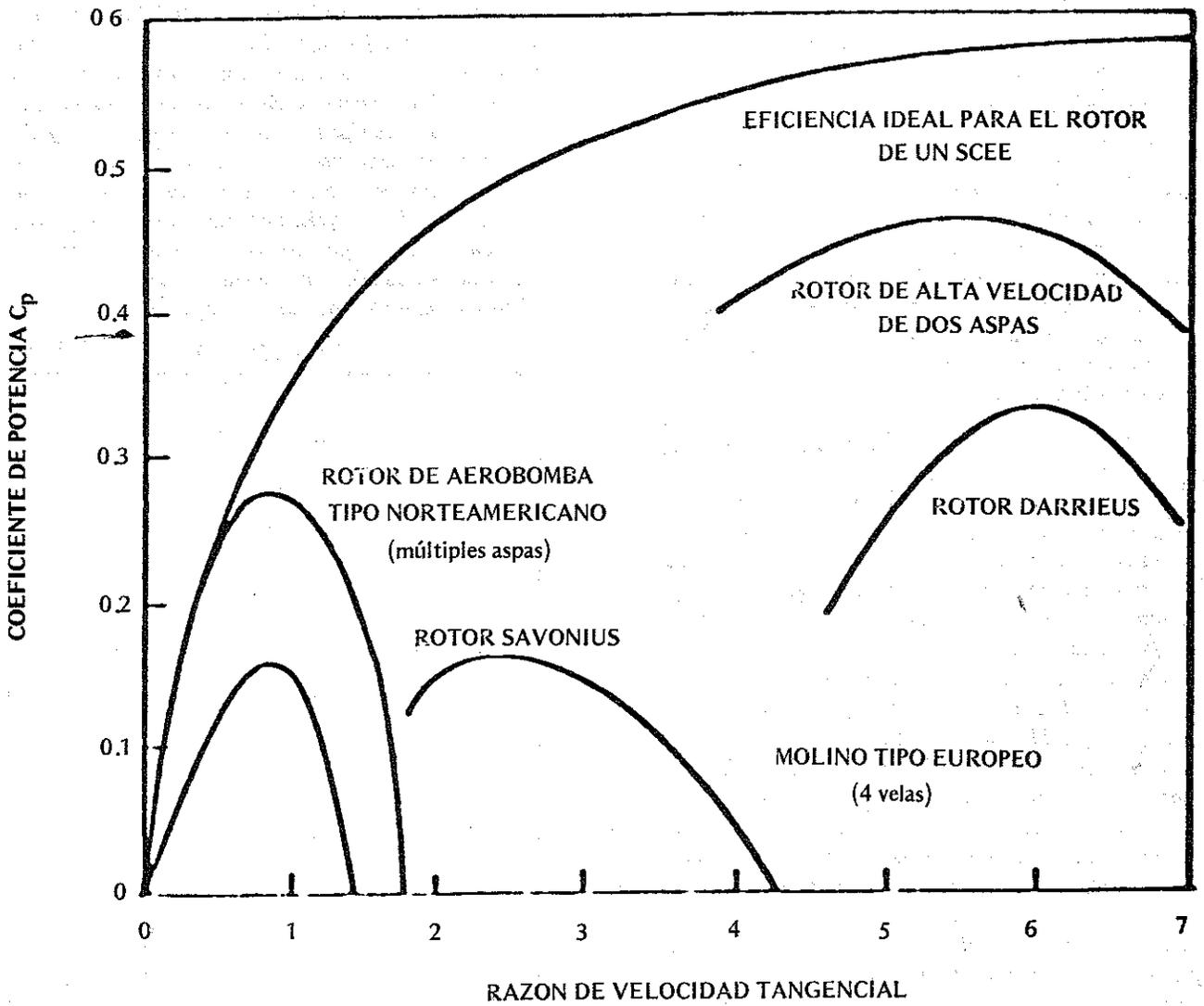


FIGURA 6

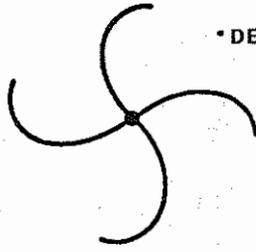


CONFIGURACIONES DE EJE VERTICAL

FIGURA 7

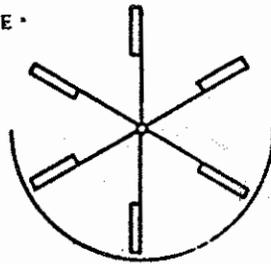


SAVONIUS

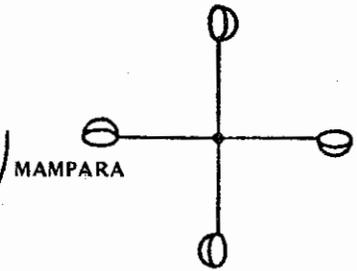


SAVONIUS
MULTIPLE

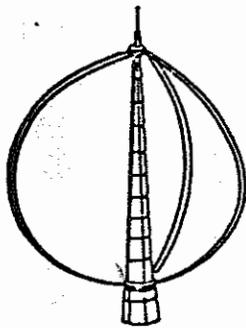
• DE ARRASTRE •



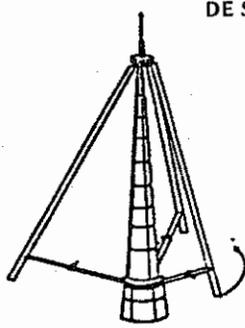
PANEMONAS



COPAS

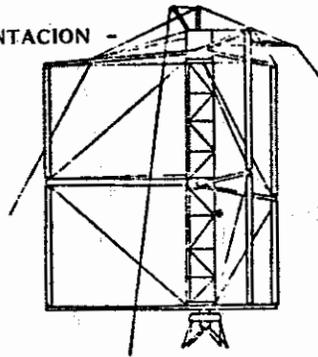


◊ - DARRIEUS

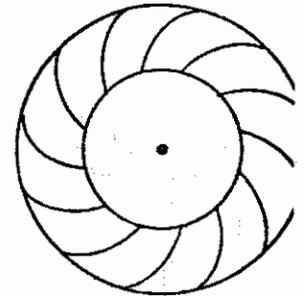


Δ - DARRIEUS

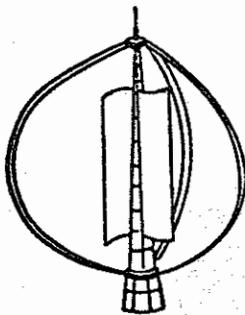
DE SUSTENTACION -



H - DARRIEUS



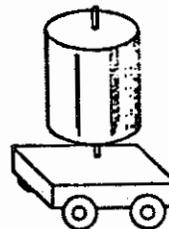
TURBINA



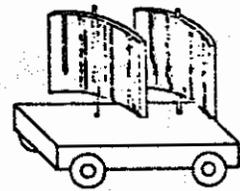
HIDRIDO
SAVONIUS
DARRIEUS



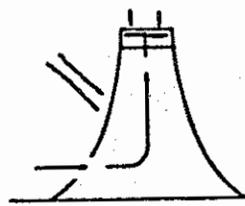
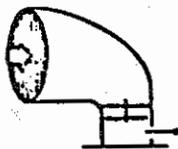
SAVONIUS
DESPLAZADO



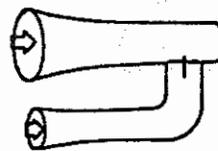
MAGNUS



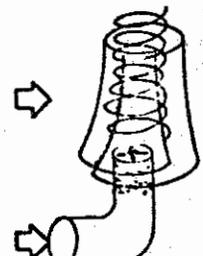
PERFIL
AERODINAMICO



CONVECTIVO
SOLAR



VENTURI



VORTEX
CONFINADO

FIGURA 8

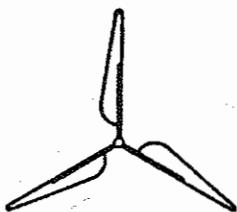
CONFIGURACIONES DE EJE HORIZONTAL



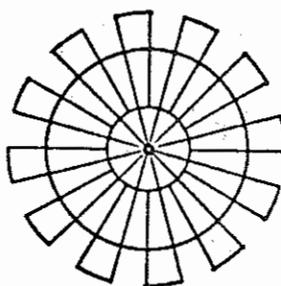
UN ASPA
CONTRAPESADA



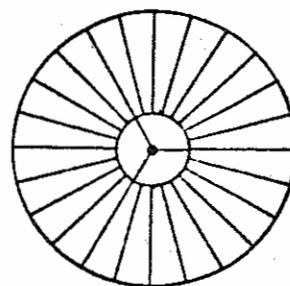
DOS ASPAS



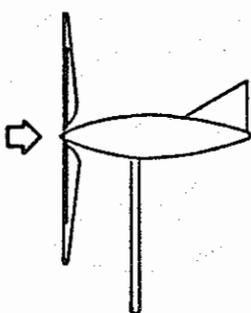
TRES ASPAS



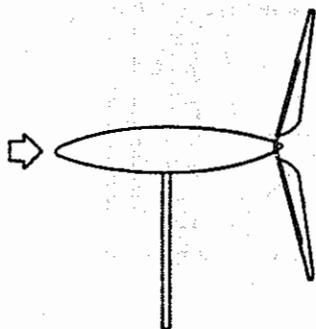
ROTOR DE ASPAS MULTIPLES
DE AEROBOMBA TIPO
NORTEAMERICANO



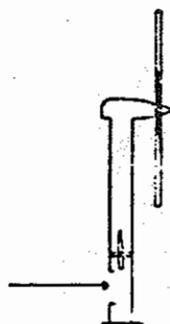
ROTOR CHALK
(RUEDA DE BICICLETA)



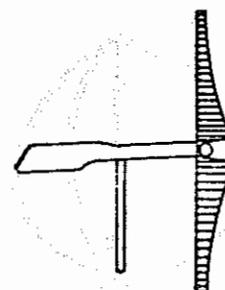
VIENTO ARRIBA



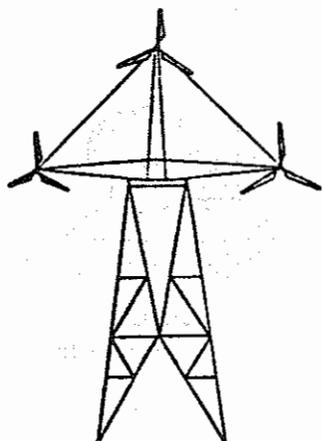
VIENTO ABAJO



ENFIELD-ANDREAU

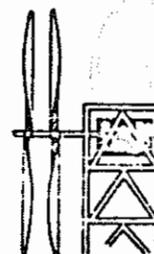


ASPA VELA

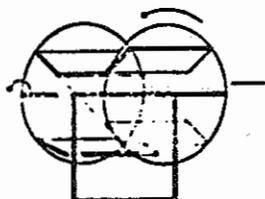


MULTIROTOR

DOBLE ROTOR
CON ROTACION
OPUESTA



SAVONIUS DE FLUJO
CRUZADO



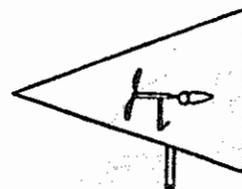
PANEMONAS DE FLUJO
CRUZADO



DIFUSOR



CONCENTRADOR



VORTEX
NO CONFINADO

3. Energía Aprovechable y Análisis Económico Preliminar.

Hasta la medición de un sitio, establecido el patrón de distribución anual de velocidades, considerando las variaciones estacionales y traducido esto a un patrón anual de energía y potencia, puede determinarse el comportamiento de un sistema conversor de energía eólica, considerando básicamente tres parámetros de diseño:

- a) Velocidad de inicio de operación.
- b) Velocidad límite superior de operación
- c) Eficiencia de conversión promedio en el rango de velocidades de operación.

Correlacionando estas características del equipo con la caracterización energética del sitio, es posible predecir la cantidad de energía útil aprovechable a partir del viento. Esta cantidad total anual de energía, se correlaciona a su vez con el costo del sistema, considerando la inversión inicial, tasas de interés y costos de operación y mantenimiento durante su vida útil, para determinar el costo anual de la instalación, obteniendo así nuestro costo por unidad de energía, a partir de un sistema conversor de energía eólica.

Este costo unitario es comparado con el obtenido a partir de otras fuentes de energía y establecer así su factibilidad económica, cuando otras alternativas son posibles. La realidad por cuanto al aprovechamiento de la energía eólica en zonas aisladas es la de que no hay otras alternativas variables que puedan competir con la energía eólica, máximo tratándose de aplicaciones como el bombeo de agua.

4. Explotación de la Energía Eólica.

Al respecto de la energía eólica, como de la energía solar directa, las "desventajas" que se les atribuyen, en una sociedad industrial ávida de energía, son su intermitencia y su baja densidad energética, si la comparamos con los medios convencionales de producción de energía en forma masiva. La realidad es que la energía solar directa así como la eólica, tienen las ventajas que los sistemas convencionales no tienen: el del acceso a la energía. Si bien esta energía por sí misma no presenta las características de disponibilidad y continuidad de las formas convencionales, donde ya existe la infraestructura de distribución, a través de sistemas de almacenamiento o respaldo se pueden lograr las características antes descritas. Esto indudablemente aumenta el costo del sistema, y el cos-

to unitario de la energía disponible, aún así su utilización puede resultar competitiva con otras fuentes. Desde un punto de vista económico, al nivel actual de la tecnología de aprovechamiento de la energía eólica y el nivel de producción industrial de estos equipos, son susceptibles aún de significativas disminuciones en sus costos, al ampliarse la magnitud de su mercado, así como de innovaciones en su construcción. La realidad actual es que para lugares aislados, normalmente marginados y pauperizados, cualquier fuente de energía, convencional o no, es demasiado cara.

5. El Sistema de Conversión de Energía Eólica como Economizador de Combustible.

Un conjunto de aerogeneradores de mediana y gran capacidad, produciendo energía eléctrica, e interconectados a líneas de subtransmisión o distribución y sincronizadas a ellas, alimentarían al sistema eléctrico con determinadas cantidades de energía, que representarían un consecuente ahorro de agua en plantas hidroeléctricas o combustible en plantas termoeléctricas. Este conjunto de aerogeneradores, al representar una capacidad instalada del orden del 10 o/o de un sistema interconectado, alimentan a éste de cantidades considerables de energía, sin consumir otros recursos y sin afectar la estabilidad del sistema, dado el carácter irregular del viento.

6. Perspectivas en la Utilización de la Energía Eólica.

El agregar grandes plantas hidroeléctricas, termoeléctricas o atómicas a los grandes sistemas interconectados, el descubrir y explotar nuevos y grandes yacimientos de petróleo o carbón, en nada benefician a aquellos sectores de la población rural para quienes la infraestructura, por cuanto a las redes de comunicación, transporte y energéticos brilla por su ausencia.

Por lo contrario, propicia patrones centralistas que agudizan la marginación y la migración a las ciudades.

El aprovechamiento de la energía eólica, como de todas las formas de energía solar, las llamadas fuentes no convencionales, constituyen la única opción inmediata, de proporcionar en forma muy limitada aún, formas útiles de energía a las zonas rurales alejadas de las redes de distribución de energéticos convencionales.

Caracterización del viento

I. TURBULENCIA

1. Concepto sobre la turbulencia.

Los principios generales de la mecánica de la atmósfera se pueden formular de acuerdo a las tres leyes de conservación: de masa, de cantidad de movimiento y de energía. Estos principios se pueden describir por medio de cinco ecuaciones escalares; la ecuación sexta que completa el sistema, es la ecuación de estado del aire.

La utilización de estas ecuaciones para describir las variaciones espaciales y temporales de los elementos meteorológicos, está supeditada, sin embargo, a la determinación de serias dificultades derivadas del carácter turbulento de los movimientos atmosféricos.

Para aclarar la importancia de esta dificultad, analicemos primero la definición y particularidades principales de los flujos turbulentos.

Movimiento turbulento es aquel movimiento, cuyas características cambian en el espacio y en el tiempo en forma irregular y caótica aunque no cambien las condiciones ambientales.

El carácter aleatorio de la variación de los parámetros es la principal particularidad de las corrientes turbulentas, diferenciándose así de los movimientos laminares, cuyas propiedades pueden ser determinadas exactamente en cualquier momento de tiempo por medio de las condiciones externas.

Sobre el carácter turbulento de los movimientos atmosféricos podemos constatar por los registros en las variaciones en el tiempo y en el espacio de los elementos meteorológicos (velocidad del viento) y obtenidos por medio de registradores especiales con una inercia muy pequeña. En la figura 1 como ejemplo, se presenta el registro de la variación con el tiempo de la componente vertical de la velocidad del viento V_z , obtenidos en condiciones ambientales determinadas. En esa curva se observa la cantidad de oscilaciones con diferentes periodos y amplitudes, lo que nos muestra la compleja estructura interna de los movimientos atmosféricos.

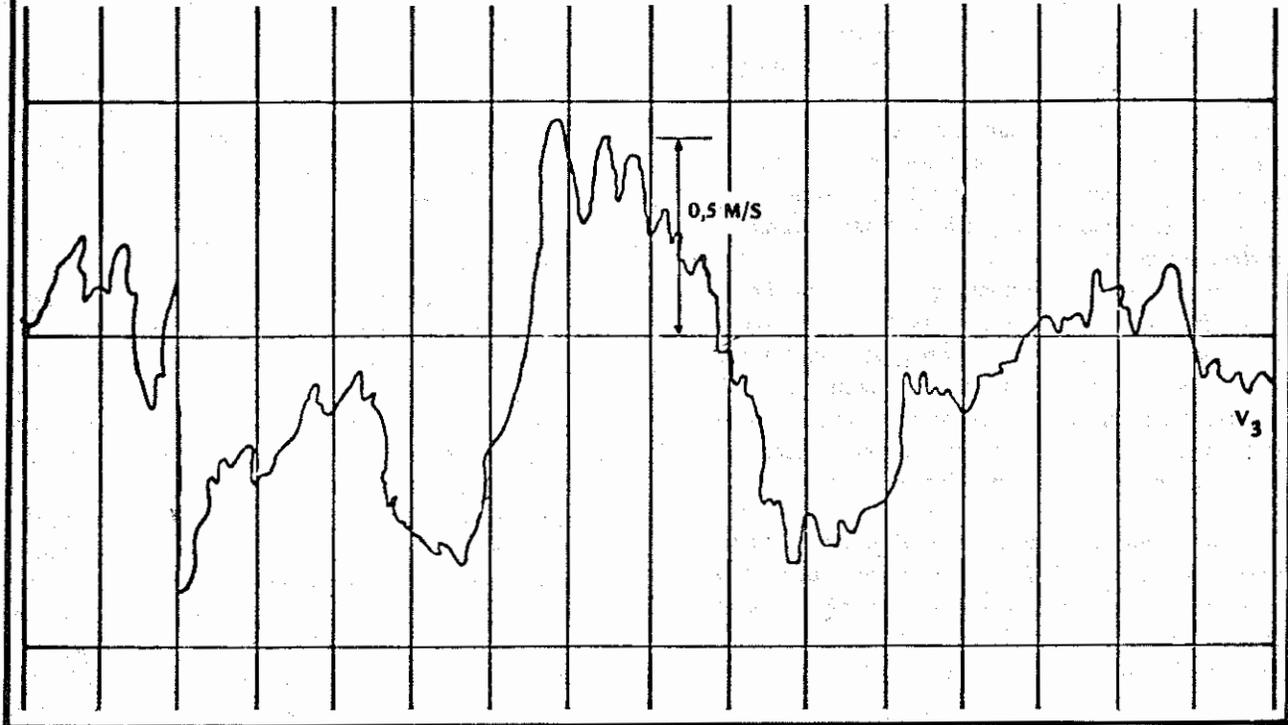
Trabajo presentado por el Ing. Met. Jorge Iván Valencia Franco del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) en el I Curso Seminario Latinoamericano sobre Prospección, Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica, realizado por OLADE y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de México en Cuernavaca del 26 al 30 de mayo de 1980.

Los movimientos atmosféricos no son los únicos ejemplos de corrientes turbulentas. La mayoría de las corrientes que encontramos en la naturaleza y en las técnicas son turbulentas. En determinadas circunstancias, las corrientes en los océanos, mares, ríos,

alcantarillas, acueductos, y oleoductos, son turbulentos, así como el movimiento del aire en las capas bajas. Las causas principales que diferencian la turbulencia atmosférica es la diferencia de escalas y la influencia de la estratificación.

REGISTROS TÍPICOS DE LA VARIACION TEMPORAL DE LA COMPONENTE VERTICAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

FIGURA 1



Como veremos adelante, el régimen turbulento aparece como resultado de que, en ciertas circunstancias, el movimiento se vuelve inestable con relación a pequeñas perturbaciones. Esto significa que las variaciones aleatorias e incontrolables de las condiciones iniciales o marginales conllevan a variaciones principales del campo de la velocidad, de tal forma que la evaluación del campo es de carácter aleatorio y los valores instantáneos del vector de la velocidad son imposibles de determinar con antelación. Como consecuencia de lo anterior, la descripción matemática de las corrientes turbulentas y laminares debe ser en principio, diferente. En el caso del régimen laminar, el sistema de ecuaciones de la hidrodinámica permite determinar el valor de todas las características en cualquier momento, de acuerdo a los valores iniciales y en determinadas condiciones límites. En el régimen turbulento, las condiciones iniciales de las características correspondientes, también determinan sus valores consiguientes. Sin embargo, estos valores dependen de las perturbaciones incontrolables en las condiciones iniciales y limitantes, las cuales es imposible determinar exactamente; por eso la interpreta-

ción de las correspondientes ecuaciones diferenciales que describen las realizaciones instantáneas de los campos turbulentos, es prácticamente imposible.

Pueden darse solamente las distribuciones probabilísticas de estos campos y no los valores exactos. Por esto, en el caso de corrientes turbulentas, las ecuaciones de la hidrodinámica pueden ser utilizadas solamente para determinar las correspondientes distribuciones probabilísticas o las características medias de los campos aleatorios determinados por estas distribuciones. De esta manera, solamente es posible la descripción estadística de los movimientos turbulentos, que consiste en el análisis de las regularidades estadísticas, que son características para un conjunto de corrientes que se encuentran en determinadas condiciones ambientales.

La situación que se crea en el régimen turbulento del movimiento, es similar a la teoría cinética de los gases, que estudia el sistema de una gran cantidad de moléculas que se mueven y actúan recíprocamente. La descripción exacta del movimiento de una mo-

lécua prácticamente es imposible; por esto se analizan las propiedades estadísticas medias del conjunto

A pesar de que entre el movimiento de una gran cantidad de moléculas en los gases y el movimiento turbulento hay una cantidad de diferencias, existen ciertas analogías que son útiles en la descripción del movimiento turbulento.

2. Origen de la turbulencia.

Las corrientes laminares y turbulentas son dos tipos de movimientos cuyas propiedades se diferencian sustancialmente, y los cuales en determinadas condiciones pueden transformarse el uno en el otro. Las diferencias entre ellas aparecen en una serie de procesos que tienen un gran interés práctico. Es conocido el hecho de que, la acción del movimiento turbulento de un líquido o gas en los cuerpos que se encuentran alrededor es mayor que para el movimiento laminar, asimismo, es muy importante que los procesos de difusión de calor y mezclas son más intensas en los flujos turbulentos; como consecuencia de lo anterior, la determinación de las condiciones del paso del régimen laminar a turbulento es muy importante para resolver una serie de problemas aplicados.

Al mismo tiempo, la determinación del mecanismo de aparición de la turbulencia debe permitir la comprensión de la naturaleza del movimiento turbulento, es por esto que el estudio de esta cuestión es también de interés para la física de la atmósfera.

El criterio sobre el origen de la turbulencia fue obtenido por el físico inglés O. Reynolds en 1883, estudiando el movimiento de los líquidos en tubos circulares de vidrio, Reynolds demostró que el movimiento laminar se convierte en turbulento cuando el número adimensional $Re = \frac{UL}{\nu}$, el cual fue llamado con su nombre, se vuelve mayor que un valor crítico determinado Rec (U y L respectivamente, son las escalas características de velocidad y longitud, ν es el coeficiente de viscosidad cinemática). El número de Reynolds, caracteriza el papel relativo de la fuerza de la inercia y la viscosidad molecular en la dinámica del fluido.

La fuerza de la inercia, cuyo papel consiste en el traslado espacial de la cantidad de movimiento, permite la aparición de perturbaciones en el flujo. La fuerza de la viscosidad, por el contrario, suaviza la aparición de estas irregularidades. Cuando el número Re es pequeño, es decir, que la fuerza de la viscosidad alcanza a opacar las perturbaciones en el flujo, que surgen como resultado de la acción de la fuerza de la inercia, el movimiento es laminar; cuando Re es grande, predomina la fuerza de la inercia, en el flujo surgen perturbaciones, las características del flujo ad-

quieran variaciones irregulares y el movimiento es turbulento. Las ilustraciones anteriores explican, porqué el número de Reynolds sirve como criterio del origen de la turbulencia.

Los valores críticos de Re (Rec) han sido establecidos experimentalmente para diferentes tipos de corrientes turbulentas. Se estableció que el valor Rec depende principalmente del grado de perturbaciones en el flujo laminar (turbulencia inicial de la corriente); mientras mayor sea la turbulencia inicial, Rec es menor.

El enfoque teórico del problema sobre el origen de la turbulencia se fundamenta en las siguientes concepciones. De acuerdo con la definición, las corrientes laminares estacionarias se describen por medio de soluciones fijas de las ecuaciones hidrodinámicas en condiciones ambientales. Se puede suponer en principio que esas soluciones deben existir para cualquier número de Reynolds. Al mismo tiempo, de la experiencia sabemos que las corrientes laminares tienen lugar cuando $Re < Rec$. Esto da base para pensar que las soluciones correspondientes a movimientos realmente obtenidos, deben satisfacer las ecuaciones de la hidrodinámica y ser además estables. Para lograr la estabilidad del movimiento es necesario que las perturbaciones desaparezcan con el tiempo. Si es inevitable la aparición de perturbaciones, así sean pequeñas, estas van a aumentar con el tiempo conllevando a cambios fundamentales en el movimiento inicial; este tipo de movimiento se llama inestable. Por cuanto el régimen turbulento aparece cuando $Re > Rec$, entonces se podría pensar que Rec caracteriza las condiciones de pérdida de la inestabilidad. Por eso, el análisis teórico del origen de la turbulencia se centra en el análisis matemático del asunto, es decir la estabilidad de las soluciones de las ecuaciones de la hidrodinámica.

El estudio sobre la teoría matemática de la estabilidad de las corrientes laminares, es de por sí, un problema aparte muy importante, al cual se le han dedicado una serie de investigaciones. Analizaremos ahora, solamente la parte cualitativa de la cuestión y examinaremos algunos momentos principales, basándonos en las ideas expresadas por Landau.

La investigación matemática de la estabilidad del movimiento, en relación con perturbaciones menores se realiza de acuerdo al siguiente esquema.

En el movimiento principal estable, con una distribución de velocidades $V_{io}(x)$ se introduce una perturbación pequeña $V_{il}(x,t)$, donde $V_{il}(x,t) \ll V_{io}(x)$, la cual se determina de tal manera que el movimiento resultante $V_i(x,t) = V_{io}(x) + V_{il}(x,t)$, satisfaga las ecuaciones de movimiento y de continuidad.

La perturbación del campo de velocidad $V_{ij}(x,t)$ satisface un sistema de ecuaciones lineales diferenciales con coeficientes, que no dependen del tiempo. La solución general de estas ecuaciones puede ser presentado en la forma de una suma de soluciones parciales del tipo:

$$V_{ij}(x,t) = A(t) f(x)$$

donde $A(t)$ es la amplitud que cambia periódicamente con el tiempo.

De tal manera, la inestabilidad cuando $Re > Rec$, conlleva a la aparición de un movimiento periódico no estacionario. Para valores grandes de Re , cercanos a Rec , este movimiento puede ser representado en forma de superposición con el movimiento estacionario $V_{i0}(x)$ del movimiento periódico $V_{ij}(x,t)$ con una pequeña, pero limitada amplitud, el valor de la cual, cuando $t \rightarrow \infty$ crece proporcionalmente a

$$\sqrt{Re - Rec}$$

Es necesario destacar la siguiente e importante particularidad de la solución periódica inestable $V_{ij}(x,t)$.

En la ecuación que determina el valor absoluto de la amplitud, la fase del movimiento periódico indeterminada y depende de las condiciones aleatorias iniciales. De esta manera, el movimiento periódico considerado no se define únicamente por las condiciones limitantes. Se puede decir que este movimiento posee un grado de libertad (a diferencia del movimiento laminar estacionario, que se determina por las condiciones en los límites y que no posee grados de libertad).

De esta manera, la presencia de una perturbación pequeña conlleva, conjuntamente con un número de Reynolds (Re) grande, pero cercano al valor crítico Rec , a la aparición del movimiento periódico inestable, en el cual uno de los componentes con una frecuencia determinada es inestable. En el sucesivo aumento del número Re , llega un momento cuando el movimiento se vuelve inestable con relación a la pequeña perturbación $V_{j2}(x,t)$ y al movimiento periódico estacionario $V_{i0}(x)$ $V_{ij}(x,t)^*$. La investigación de la inestabilidad en este caso se lleva a cabo de

(*) Esto indica, que se puede introducir el número de Reynolds no solamente para todo el flujo, sino también para el movimiento de frecuencia dada. La inestabilidad del movimiento debe llegar cuando $Re > Rec$. Como se ve, Re sobrepasará más rápidamente Rec en tanto sea mayor la escala, es decir, que en primer orden, pierde más estabilidad el movimiento de mayor escala.

igual manera que la anterior. Para la perturbación $V_{j2}(x,t)$ de nuevo se obtiene una ecuación lineal diferencial, cuyos coeficientes van a depender no solamente de las coordenadas sino también del tiempo, ya que la corriente inicial no es estacionaria. Como resultado, aparece un movimiento seudoperiódico, que se caracteriza por dos períodos diferentes y dos grados de libertad (ya que ahora hay dos fases libres).

Cuando continua aumentando Re , aparecen nuevas oscilaciones aleatorias, con diferentes períodos y fases indeterminadas, es decir, el movimiento adquiere un carácter complejo e irregular con un gran número de grados de libertad, este movimiento es turbulento; en este caso se podría pensar que los intervalos entre los valores críticos correspondientes Re , que generan nuevas oscilaciones, las cuales se hacen cada vez menores y consecuentemente las oscilaciones que aparecen serán de más alta frecuencia y de escala menor. De esta manera para valores grandes de Re , aparece un movimiento turbulento desarrollado, que es la superposición de movimientos de diferentes períodos y escalas. El movimiento de una escala o período dada, se llama vórtice turbulento (o campo turbulento).

De esta manera, obtenemos un modo visual de la aparición del movimiento turbulento. Todas estas conclusiones se relacionan con corrientes que poseen una densidad constante.

Existe otro procedimiento que permite investigar las condiciones de existencia del régimen turbulento, la esencia de este método, consiste en el análisis del balance energético de la perturbación de la vorticidad de escala correspondiente y en determinadas condiciones, en las cuales la energía de la perturbación dada no va a hacerse menor con el tiempo (es decir puede existir largo tiempo).

a) Plano horizontal.

Analizaremos la utilización de este método con una situación típica en la atmósfera. Supongamos que en una corriente homogénea horizontal aparece una perturbación de escala l , con una velocidad V^1 y una temperatura potencial, diferente de la temperatura del medio circundante T_p . El tiempo característico de existencia en este vórtice es $\tau_1 \sim \frac{l}{V^1}$. En este caso, de la energía cinética de la corriente principal (o de la vorticidad de mayor escala) para la formación de energía cinética del movimiento turbulento, del cual se resta por unidad de tiempo la energía $R_1 l$

La energía cinética de la vorticidad se gasta en el trabajo R contra la fuerza de la viscosidad. Esta fuerza se describe por medio del último miembro de

la ecuación de movimiento. El trabajo realizado contra la fuerza de la viscosidad en la unidad del tiempo es $R_2 l$.

Además, en una corriente estratificada y estable, la vorticidad realiza un trabajo contra la fuerza de "Arquimedes", el trabajo realizado en la unidad de tiempo será $R_3 l$.

Para que esta perturbación de escala l no desaparezca con el tiempo, es decir, que la variación de la energía cinética aumente con el tiempo, en la atmósfera estratificada estable se debe cumplir la condición:

$$R_1 l \quad R_2 l \quad R_3 l$$

Si el papel de la estratificación es pequeño ($R_3 l \ll R_2 l$) entonces la anterior condición se reduce a la exigencia de que:

$$R_1 l > R_2 l. \text{ Es decir: } Re l > 1$$

Si por el contrario $R_3 l \gg R_2 l$, entonces obtenemos:

$$Re l < 1$$

En este caso $Re l$ — es el número de Reynolds para la vorticidad de la escala l . De esta manera, para mantener la turbulencia de escala l , es necesario que el número de Reynolds sea lo suficientemente grande.

En una estratificación inestable, el trabajo de la fuerza de "Arquimedes" R_3 es una fuerza complementaria de energía y para el mantenimiento de la escala l se debe cumplir la desigualdad:

$$R_1 l + R_3 l > R_2 l$$

b) Plano vertical

El problema de los movimientos verticales en el aire es uno de los principales en la meteorología. Bajo la influencia de estos movimientos ocurren variaciones temporales y espaciales de muchos elementos meteorológicos (temperatura, presión, humedad y otros.) La presencia de corrientes verticales presenta además un interés práctico, por cuanto influyen en la difusión de contaminantes atmosféricos, así como en el régimen de vuelo de aviones, etc.

Dependiendo de las dimensiones horizontales características, todos los movimientos verticales que se observan en la atmósfera, se pueden dividir en tres tipos:

— **Velocidades verticales caóticas**
Las dimensiones horizontales características en este caso, pueden variar desde algunos centímetros hasta centenas de metros; la velocidad vertical característica en estas corrientes es del orden de algunos metros por segundo. La influencia de estas velocidades verticales en la transferencia y distribución de diferentes propiedades físicas (calor, humedad, cantidad de movimiento y otros) se describen con ayuda de los conceptos sobre turbulencia.

— **Corrientes verticales convectivas**
Que se presentan en volúmenes de aire con dimensiones horizontales de varios kilómetros (no más de 20-30 km), los valores característicos de la velocidad vertical es del orden de algunos m/seg.; son originados bajo la influencia de irregularidades de la superficie activa y la circulación orográfica.

— **Corrientes verticales regulares**
Abarca zonas con dimensiones horizontales del orden de miles de kilómetros, la velocidad vertical es del orden de 2 m/seg.

Las corrientes verticales de tipos II y III se describen por medio de la ecuación de movimiento y la ecuación de transferencia.

De la ecuación de continuidad se puede obtener la expresión para la velocidad vertical y nos muestra que las corrientes verticales en la atmósfera resultan por acción de tres factores: fuerza de rozamiento, inestabilidad, e inercia del movimiento.

Como se observaba anteriormente, la atmósfera siempre se encuentra en estado turbulento, en la atmósfera ocurre un proceso continuo de mezcla de los vórtices turbulentos. Los vórtices turbulentos inestables de gran escala conforman vórtices con características dimensionales y velocidades menores (intervalo de inercia de la turbulencia). Este proceso continua hasta que la influencia de la viscosidad no permite la formación de vórtices más pequeños, por la disipación de la energía de turbulencia en energía calorífica (intervalo de viscosidad).

Dependiendo de la causa de aparición de la turbulencia se pueden considerar tres tipos: térmica (convectiva), dinámica y mecánica.

II. GRADIENTE VERTICAL

1. Capa cercana a la superficie.

Ley logarítmica de la distribución vertical de la velocidad del viento.

El análisis dimensional del orden de los valores de los miembros en las ecuaciones de movimiento (si se integra de acuerdo a la altura en relación con la ecuación del flujo de calor) nos muestra que en la capa cercana a la superficie, todos estos factores se reducen y con suficiente precisión (cercana del 10 o/o) pueden ser expresados así:

$$K\rho \frac{dc}{dz} = \frac{U}{b}; \quad Tg^{\alpha} = \text{const.} \quad (1)$$

donde: $C = \sqrt{U^2 + V^2}$ es el módulo de la velocidad del viento; τ_0 es la tensión de la fricción superficial; α el ángulo de desviación del viento de las isobaras; U y V , las proyecciones de la velocidad del viento en los ejes X y Y (en este caso, el eje X está orientado por la tangente de la isobara y el eje Y , por la normal a la isobara hacia el lado de menor presión).

Las ecuaciones (1) nos muestran que la tensión de la fricción superficial y el ángulo de desviación del viento en esta capa son constantes con la altitud. De acuerdo al orden de los miembros de la ecuación (1) esta afirmación es cierta hasta los 50-100 metros.

El sabido alemán Prandtl en 1932, introdujo el concepto de trayectoria del desplazamiento ℓ el cual también se llama escala de turbulencia.

En base a razonamientos fundamentales de la teoría de la dimensionalidad, obtenemos que ℓ y el coeficiente de turbulencia K están relacionados por la fórmula:

$$K = \ell^2 \frac{dc}{dz} \quad (2)$$

entonces la primera ecuación de la expresión (1) se convierte en:

$$\ell \frac{dc}{dz} = U^*$$

considerando un elemento nuevo $U^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$, que se llama velocidad de fricción o velocidad dinámica.

Con estratificaciones de la capa en mención, cercanas a la indiferente ($Ri \approx 0$, $g = ga$), las trayectorias del desplazamiento dependen solamente de la altura. Por cuanto ℓ , posee las unidades de longitud y fundamentados en la teoría de la semejanza podemos escribir la fórmula de Prandtl de la siguiente forma:

$$\ell = \gamma (Z + Z_0)$$

donde Z , es la altura sobre la superficie; Z_0 , es el valor que caracteriza el significado de ℓ en la superficie terrestre (cuando $Z=0$) y se llama parámetro de rugosidad;

$\gamma = 0.38$, constante de Karman.

Integrando la ecuación (3) dentro de los límites de $Z=0$, donde la velocidad del viento bajo la influencia de la adhesión se convierte en cero ($C=0$), hasta una altura cualquiera Z , donde la velocidad del viento es $C(Z)$, obtenemos la expresión de la ley logarítmica de distribución de la velocidad del viento en la capa inferior:

$$C(Z) = \frac{U^*}{\gamma} \left(\ln \frac{Z + Z_0}{Z_0} \right) \quad (5)$$

si medimos en una altura Z_3 la velocidad del viento C , entonces:

$$C(Z_3) = \frac{U^*}{\gamma} \left(\ln \left[\frac{Z_3 + Z_0}{Z_0} \right] \right) \quad (6)$$

utilizando esta fórmula podemos determinar el valor de U^* . Descartando de (5) y (6) la velocidad de fricción, obtenemos:

$$C(Z) = C(Z_3) \left[\frac{\ln \left(\frac{Z + Z_0}{Z_0} \right)}{\ln \left(\frac{Z_3 + Z_0}{Z_0} \right)} \right] \quad (7)$$

si diferenciamos la ecuación (7) y utilizamos las relaciones (2) y (4) obtenemos:

$$K(Z) = \gamma^2 \frac{C(Z_3)}{\ln \left(\frac{Z_3 + Z_0}{Z_0} \right)} (Z + Z_0) \quad (8)$$

la dependencia de K de la altura, la expresó Prandtl en la siguiente forma:

$$K(Z) = K_0 + aZ \quad (9)$$

de las ecuaciones (8) y (9), obtenemos que:

$$a = \gamma^2 \frac{C(Z_3)}{\ln \frac{Z_3 + Z_0}{Z_0}} \quad \text{y} \quad K_0 = aZ_0 \quad (10)$$

De esta manera, la afirmación sobre la dependencia lineal de ℓ y Z , nos lleva a confirmar la dependencia lineal de K y Z .

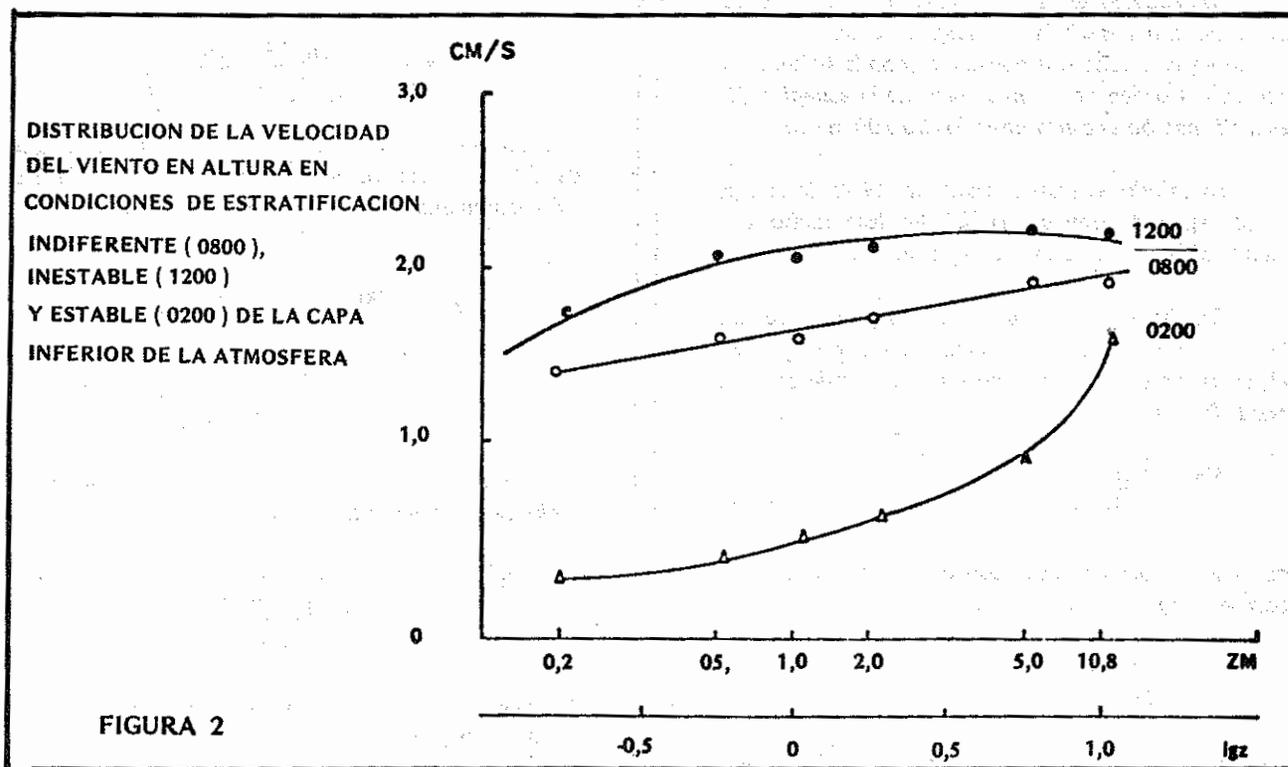
El análisis de una gran cantidad de observaciones en diferentes zonas de la tierra, han demostrado que la ley logarítmica de la fórmula (5), se cumple aceptablemente, si la estratificación térmica de la capa no se diferencia mucho de la estratificación indiferente. En la figura 2 se ha esquematizado la distribución de la velocidad del viento con la altura, obtenida por datos de mediciones de gradiente en una zona semidesértica. En este gráfico se han utilizado los ejes semilogarítmicos de coordenadas, en uno de los ejes está el logaritmo de la altura ($\lg Z$), en el otro, la velocidad del viento medida en diferentes alturas (C) en la escala lineal. Este gráfico nos muestra que a las 08:00, cuando la estratificación está cerca a la indiferente, la distribución de la velocidad del viento es logarítmica; todos los puntos experimentados que satisfacen la fórmula (5) se distribuyen cerca de la recta.

Al mismo tiempo, cuando la inestabilidad es marcada (12:00) y especialmente cuando se presenta

estratificación estable (02:00), la distribución del viento en los ejes de coordenadas ($\lg Z, C$) posee una curvatura bien marcada: de un signo para estratificación inestable y de otro para estratificación estable (de inversión). En comparación con el caso, cuando $C \sim \lg Z$, la velocidad del viento crece con la altura más lentamente para $g \gg g_a$ (número de Richard $Ri < 0$) y más rápido para $g < g_a$ ($Ri > 0$).

La cuestión sobre la distribución del viento en altura en condiciones no uniformes ($|g| \gg g_a$) en los últimos años ha sido objeto de varias investigaciones.

Las más nombradas han sido las fórmulas presentadas por MONIN-OBUJOV, obtenidos en base a la teoría de la similitud y dimensional.



El análisis de los valores dimensionales que forman parte de las ecuaciones determinantes de la variación de la temperatura y velocidad del viento en altura, en la capa cercana, ha permitido hacer las siguientes conclusiones: la temperatura adimensional (es decir la relación T/T^*) y la velocidad del viento (relación C/U^*) son funciones universales de relación adimensionales del parámetro de estabilidad estática:

$$B = \frac{Z}{L^*} \quad (11)$$

donde L^* es la escala de altura de MONIN-OBUJOV y es igual a:

$$L^* = \frac{U_*^2}{\gamma_b T^*} \quad (12)$$

donde en su orden U^* , es la velocidad de fricción o velocidad dinámica (escala de la velocidad), T^* es la escala de la temperatura determinada por la fórmula:

$$T^* = - \frac{Q_0}{\gamma C_p \rho_0 U^*} \quad (13)$$

$b = \frac{G}{T}$ parámetros de ARQUIMEDES
 (G, aceleración de la caída libre);
 γ la constante de KARMAN.

La fórmula para la distribución de la velocidad del viento en la capa inferior de la atmósfera, de acuerdo a la teoría de la similitud, es la siguiente:

$$C(Z) - C(Z_1) = \frac{U^*}{\gamma} \left[\frac{f(B)}{c} - \frac{f(B)}{c_1} \right] \quad (14)$$

donde $f_c(B)$ es una función universal de la variable h . Esta función ha sido determinada por medio de una serie de observaciones, realizadas en diferentes condiciones y en varias zonas del mundo. Como resultado se ha obtenido que:

$$f_c(B) = \begin{cases} \ln B + 10B & \text{para } B > 0 \\ \ln(B) & \text{para } 0.07 \leq B \leq 1 \\ 0.25 + 1.2B^{-1/3} & \text{para } B < 0.07. \end{cases} \quad (15)$$

2. Capa Límite Atmosférica

Anteriormente se hizo un análisis teórico acerca del comportamiento de la turbulencia atmosférica.

También cuando analizamos la aproximación geostrófica mencionamos que se despreciaba en la ecuación de movimiento el efecto de la fricción. Esta aproximación es válida en la denominada atmósfera libre, o sea desde el primer kilómetro hacia arriba. Por debajo de la misma, es decir, en la capa en contacto con la superficie terrestre los efectos de fricción deben ser tenidos en cuenta y a esta capa se le denomina capa límite atmosférica.

Se le puede caracterizar como aquella región de la atmósfera, cercana a la superficie terrestre, directamente afectada por el efecto de fricción de la misma. Como ya expresamos, si bien su altura es variable puede tomarse para latitudes medias, un valor aproximado de 1 km.

La figura 3, muestra un esquema de la capa límite atmosférica con sus subdivisiones.

2.1. Capa de superficie

También se le denomina capa de flujos constantes o de Prandtl. Se le define usualmente como la parte inferior de la capa límite atmosférica en contacto con la superficie terrestre, caracterizada por constancia de los flujos turbulentos con la altura (en realidad las mediciones determinan variaciones que oscilan alrededor de un 10 o/o). La inter-

acción con la superficie terrestre es muy fuerte y el ajuste de su estructura a las condiciones de superficie es relativamente rápido, de aquí que se puede asumir dentro de la misma un estado cuasi-estacionario. Su altura es variable y puede darse como representativo un valor entre 20 y 50 m.

Para condiciones adiabáticas (cuando es 0 el gradiente de temperatura potencial o de aproximadamente 1°C/100 m, el de temperatura) suponemos válida la expresión logarítmica:

$$u(Z) = \frac{u^*}{k} \ln \frac{Z}{Z_0}$$

u , es el valor del módulo del viento y Z es la altura k y Z_0 fueron definidos anteriormente.

Esta expresión se torna útil si se conoce el valor de u en un dado nivel, sea por ejemplo: $u(h)$ (h podría ser el nivel anemométrico).

$$\text{Entonces: } u(Z) = \frac{u^*}{k} \ln \frac{Z}{Z_0}$$

$$u(h) = \frac{u^*}{k} \ln \frac{h}{Z_0}$$

$$\text{de donde: } \frac{u(Z)}{u(h)} = \frac{\ln(Z/Z_0)}{\ln(h/Z_0)}$$

Se ve claramente la utilidad de esta expresión ya que en la misma no aparece u^* y permite conocer, dentro de la región en cuestión la distribución $u(Z)$ a partir de $u(h)$.

Se ve que el único parámetro que afecta a la distribución bajo condiciones adiabáticas es el parámetro de rugosidad Z_0 .

Se dan a continuación algunas mediciones de Z_0 , para terrenos típicos.

Descripción del Terreno	Z_0 (cm)
Liso	0,001
Arena	0.03
Superficie con nieve: nieve lisa sobre pasto corto	0,005
Sobre pradera	0,1
Nieve vieja	0,5-1,0
Pasto corto	1 - 4
Pasto largo	4 - 8
Pinos (hasta 10 m)	50 - 100
Océano (dependiendo de la velocidad del viento)	0,001 - 0,5

Supongamos $h=10$ m, entonces la relación $u(40\text{ m})/u(10\text{ m})$ varía desde 1,12 a 1,30 para rango de Z_0 entre 0,01 cm. a 10 cm. Cuando el terreno "viento arriba" es de menor Z_0 , el principal incremento del viento ocurre por debajo de los 10 m. (por experiencia). Cuando más suavizada es la superficie terrestre, mayor es el viento en los niveles bajos. Esto sugiere que a constancia de los demás factores intervinientes, es preferible ubicar un aerogenerador en un lugar de poca rugosidad, lejos de lugares con obstáculos. Si es inevitable ubicarlo en un terreno rugoso se le colocará a alturas mayores que en el caso de terreno suavizado (poca rugosidad).

Si las condiciones atmosféricas son de inestabilidad (o sea cuando la temperatura con la altura decrece a valores mayores que $1^\circ\text{C}/100\text{ m}$) como es el caso en condiciones de altos valores de insolación, la ecuación anterior para $u(Z)$ no es válida y entonces hay que recurrir a diversas técnicas que predicen dicha distribución bajo condiciones no adiabáticas, por ejemplo podemos mencionar el tratamiento de Monin-Obukhov (ya señalado) que para valores pequeños del parámetro $\beta Z/L$ expresa:

$$u(Z) = \frac{u^*}{k} \left(\ln \frac{Z}{Z_0} + \beta \frac{Z}{L} \right) \quad (18)$$

donde β es una constante que oscila entre 4 a 7, y

$$L = - \frac{u^*}{k} \frac{C_p T}{g H} \quad (19)$$

siendo: $H =$ flujo turbulento de calor

Cuando la atmósfera es inestable ($-\frac{\partial \theta}{\partial Z} < 0$ ó $\frac{\partial T}{\partial Z} < 1^\circ\text{C}/100\text{ m}$) entonces $L \ll 0$.

Para condiciones inestables se tiene que $u(Z)$ aumenta con Z más lentamente que en condiciones adiabáticas (observar en la expresión que $\beta Z/L < 0$). O sea, bajo estas condiciones el aerogenerador obtendrá el mismo rendimiento que en condiciones adiabáticas tan sólo a mayor altura.

Si la atmósfera tiene condiciones estables (o sea, $\frac{\partial T}{\partial Z} > -1^\circ\text{C}/100\text{ m}$) (se incluye obviamente la condición isotérmica), $H < 0$ (o sea dirigido hacia el suelo) y el viento se incrementa con la altura más fuertemente que bajo condiciones adiabáticas, pero bajo estas condiciones es preferible usar una expresión empírica:

$$u(z) = u_* \left(\frac{z}{Z_0} \right)^\alpha \quad (20)$$

$$\text{ó} \quad \frac{u(z)}{u(h)} = \left(\frac{z/Z_0}{h/Z_0} \right)^\alpha \quad (21)$$

El valor de α fluctúa entre 0,25 y 0,35 correspondiendo valores más altos a condiciones de mayor estabilidad.

Es interesante señalar algunas recomendaciones:

- Bajo condiciones neutras o levemente inestables el viento queda determinado por la ley logarítmica hasta alturas de 100 m. sobre el suelo.
- Bajo condiciones sinópticas detectadas en experiencias en Texas y Holanda, sobre terrenos de bajos valores de Z_0 , el incremento de u con la altura sobre dicho nivel no tiene consecuencias importantes para la instalación de aerogeneradores en condiciones diarias.
- Hay sí, un incremento bastante marcado de bajo condiciones estables y es tan sólo esas condiciones que resultaría de interés instalar aerogeneradores a alturas del suelo relativamente altas.
- Las inversiones de temperatura son un caso especial de condiciones de estabilidad y por ende una climatología de las mismas para un dado comportamiento sinóptico en una región, resulta de interés económico.

2.2. Subcapa Laminar

Aunque dada la altura que la misma tiene, no existe un interés en el conocimiento de la distribución de $u(Z)$ dentro de la misma para fines eólicos haremos una breve descripción de esta.

En ciertos casos, cuando Z_0 es pequeño, o sea, para aquellas superficies suavizadas, el valor del coeficiente de difusividad turbulenta $K_m = k u_* Z_0$, puede llegar a ser del mismo orden de magnitud que ν . Entonces, cuando ello ocurre se debe tomar:

$$(K_m \pm \nu) \frac{\partial u}{\partial Z} = u_*^2 \quad (22)$$

Aún más, cuando:

$$K_m = k u_* Z_0 \ll \nu$$

la estructura de la capa de superficie está denominada por los efectos de la viscosidad molecular y la transferencia turbulenta es despreciable. Esta condición permite la denominación de "flujo aerodinámicamente suave".

La teoría muestra que cuando:

$$Re = \frac{Z_0 u_*}{\nu} > 2,5$$

entonces es lícito no considerar ν en (22).

Se tiene que cuando

$$Re < 0,13$$

el flujo es aerodinamicamente suavizado y la expresión a usar es:

$$\nu \frac{\partial u}{\partial Z} = u_*^2$$

de donde:

$$u(Z) = \nu^{-1/2} \cdot u_*^2 \cdot Z$$

2.3. Capa de Transmisión

En esta capa el efecto de la fuerza de fricción será tal, que produce un retardo en la velocidad del viento, en el caso en que el movimiento sea balanceado, esto es:

$$0 = -f \vec{k} \times \vec{V} - \alpha \nabla H^p + \vec{F}_{roz}$$

Los esquemas que se presentan en los dos hemisferios, en el caso de isobaras rectas, se presenta en la figura 4.

De aquí se puede sacar las siguientes conclusiones:

- Que un efecto de la fricción es el de disminuir el viento.
- Que el viento real ha girado en el hemisferio Norte hacia la izquierda y en el hemisferio Sur a la derecha del viento geostrofico; o sea, en ambos casos hacia las bajas presiones.

Lo expuesto surge al considerar la fuerza de Coriolis: $-f \vec{k} \times \vec{V}$, que tendrá que actuar perpendicularmente a \vec{V} , hacia la derecha en el hemisferio Norte y hacia la izquierda en el hemisferio Sur; y la fuerza de fricción deberá actuar en la misma dirección y sentido contrario a \vec{V} .

Ekman atacó el problema teórico de como gira el viento con la altura, reduciendo la ecuación del movimiento a una ecuación de segundo orden, en la que la variable dependiente es el vector velocidad y la variable independiente la altura.

Esto es posible, porque la fuerza \vec{F}_{roz} puede ser expresada por:

$$F_{roz} = \nu \frac{\partial^2 \vec{V}}{\partial Z^2}$$

Para resolver la ecuación que da la variación del viento con la altura en la capa de fricción supuso:

- Que la fuerza de presión horizontal y por ello el viento geostrofico, tienen la misma dirección y magnitud en todos los niveles.
- Que el volumen específico es independiente de la altura. Esta última condición, no es una violación tan seria a las condiciones reales - como parecería - por cuanto el efecto de fricción está confinado a las capas más bajas.
- Que la viscosidad es independiente de la altura. Con esta suposición obtuvo como resultado que la hodógrafa del movimiento es una espiral (figura 5); de tal modo que el viento real gira con la altura en el hemisferio Norte, en el sentido de las agujas del reloj, y en el hemisferio Sur en el sentido contrario, aumentando en ambos casos, la velocidad con la altura. El nivel más alto en el cual el viento tiende a ser paralelo con las isobaras, suele ser considerado como el representativo del viento geostrofico o gradiente.

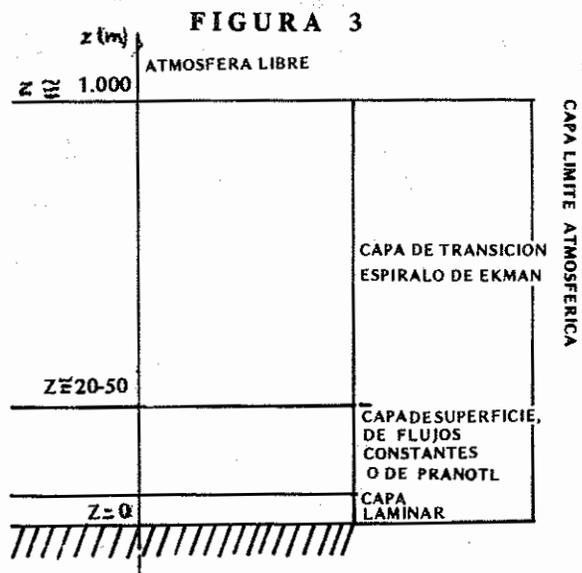
Como información se dan las expresiones de las componentes horizontales u y v del viento, según la solución de Ekman:

$$u = u_g + \sqrt{2} u_g \sin \alpha_0 e^{-Z/H_*} \cos \left(\alpha_0 + 3/4\pi - \frac{Z}{H_*} \right)$$

$$v = -\sqrt{2} v_g \sin \alpha_0 e^{-Z/H_*} \sin \left(\alpha_0 + 3/4\pi - \frac{Z}{H_*} \right)$$

u_g y v_g : componentes del viento geostrofico.

α_0 : Angulo entre el viento real y el geostrofico en $Z=0$ $H_* = \sqrt{2} \cdot Km/f$



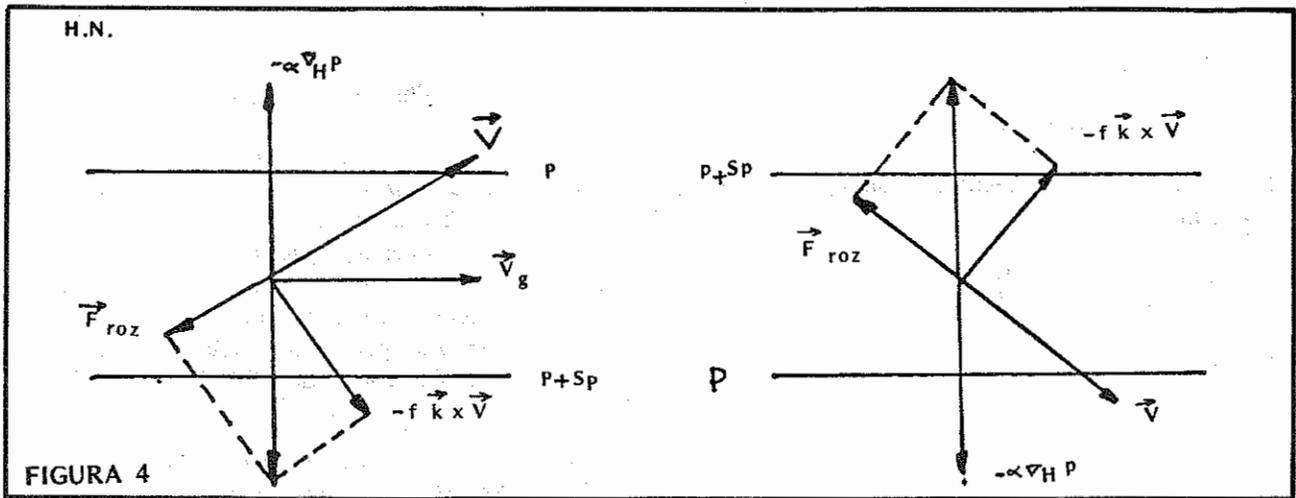
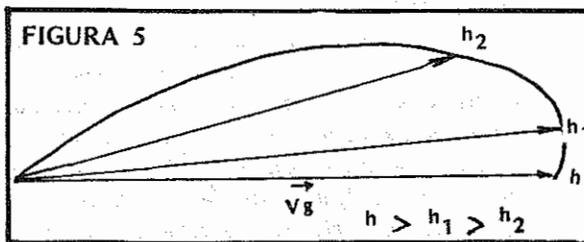


FIGURA 4



III. RACHAS Y TORMENTAS

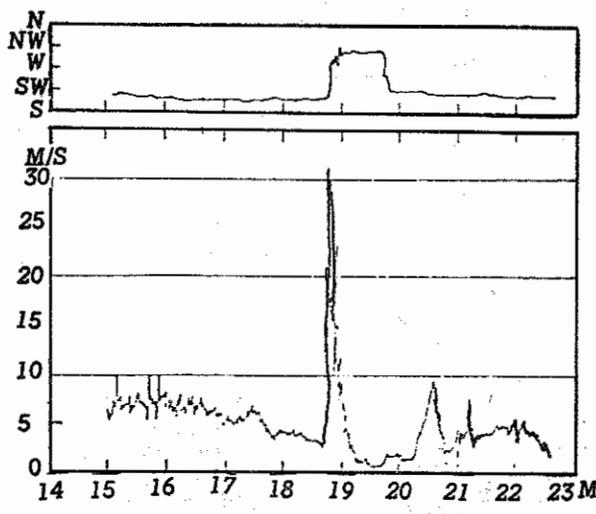
Cuando se habla de variaciones de la velocidad del viento es preciso distinguir cuidadosamente entre rachas y turbonadas.

Una racha es un aumento brusco del viento con respecto a su velocidad media, tomada en cierto intervalo de tiempo. Su duración es menor que la de una turbonada y va seguida de un debilitamiento o amaine del viento.

La turbonada es un viento fuerte que se inicia bruscamente, dura algunos minutos y después se

FIGURA 6

VARIACION DE LA DIRECCION Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO CUANDO SE PRESENTA UNA TURBONADA



calma también rápidamente, se le define con más precisión como un incremento brusco de la velocidad del viento desde 8 m/seg al menos, alcanzando 11 m/seg como mínimo y una duración de por lo menos 1 minuto.

En la figura 6, se muestra un ejemplo del registro de una turbonada y algunas rachas.

Las tormentas son un fenómeno meteorológico bastante complejo, que se desarrollan en la atmósfera con una estratificación bastante inestable. Una de las características de las tormentas es la presencia de vientos fuertes (turbonadas y en rachas). Las tormentas generalmente duran poco tiempo (dos horas).

El viento fuerte en las tormentas, de acuerdo a la escala de Beaufort, es de 10 (25 - 28 m/seg) alcanzando hasta 11 (29 - 32 m/seg).

1. Características espectrales del campo turbulento de velocidad.

Para muchos problemas prácticos, no tiene tanta importancia la descripción de los conocimientos irregulares de una corriente turbulenta, como lo hemos analizado, sino las características que describan más detalladamente la estructura de los campos turbulentos.

En particular, para la utilización de la energía eólica, es importante destacar las características de las fluctuaciones de la dirección del viento.

Ya se analizó la estructura compleja del movimiento turbulento, que se destaca en la presencia de fluctuaciones de diferentes períodos y frecuencias. Esto nos permite presentar el movimiento turbulento como una superposición de movimientos de torbellino de diferentes escalas. Para calcular la distribución de la energía de los torbellinos de diferentes dimensiones, es necesario distribuir el movimiento en sus componentes, lo cual es fundamentado físicamente, ya que la suma de la energía de los diferentes componentes debe ser igual a la energía total de turbulencia B.

Este método consiste en la presentación del campo de velocidad en forma de la integral de Fourier

en vectores de onda que son inversamente proporcionales a la escala de los torbellinos y pueden ser diferentes en distintas direcciones. Así, representamos la pulsación de velocidad en el punto A, en la forma de la integral de Fourier:

$$u_i^j(X_A, t) = A_i(\gamma, t) e^{i\gamma X_A} \quad (1)$$

donde:

$$A_i(\gamma, t) = \frac{1}{2M^3} \int u_i^j(X_A, t) e^{-i\gamma X_A} dX_A \quad (2)$$

es la componente - Fourier de la velocidad, que caracteriza el aporte, a la pulsación de la velocidad $u_i^j(X_A, t)$, de la componente del movimiento con el vector de onda. γ

El tensor espacial de correlación para el campo de velocidad es:

$$R_{ij}(X_A, X_B, t) = u_i^j(X_A, t) u_j^i(X_B, t) \quad (3)$$

$$\int A_j(\gamma, t) A_i(\gamma', t) e^{i\gamma X_A} e^{-i\gamma' X_B} dX_A dX_B$$

En el campo turbulento homogéneo, el tensor de correlación va a depender solamente de la diferencia $D = X_A - X_B$; esto tendrá lugar si:

$$A_i(\gamma, t) A_j(\gamma', t) = F_{ij}(\gamma, t) B(\gamma - \gamma')$$

Reemplazando esta expresión en la ecuación (3) obtenemos:

$$R_{ij}(n, t) = \int F_{ij}(\gamma, t) e^{i\gamma n} d\gamma \quad (4)$$

donde $F_{ij}(\gamma, t)$ - es el coeficiente de la transformación de Fourier del tensor espacial de correlación, llamado tensor de correlación espectral.

Haciendo en (4) $n=0$ e $i=j$, obtenemos:

$$R_{ii}(0, t) = \int F_{ii}(\gamma, t) d\gamma = 2\beta \quad (5)$$

el tensor $F_{ii}(\gamma, t)$, que describe el aporte de los torbellinos con el vector de onda en la energía de turbulencia, se llama tensor espectral de energía.

Teniendo en cuenta que es más cómodo analizar una función que dependa de un valor escalar, entonces tomamos la densidad espectral de energía de turbulencia $E(\gamma, t)$, que es igual a la integral de $F_{ii}(\gamma, t)$ en la superficie σ de la esfera de radio:

$$R = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2}$$

$$E(\gamma, t) = \frac{1}{2} \phi \phi F_{ii}(\gamma, t) d\sigma \quad (6)$$

$\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 = \gamma^2$

de la fórmula (5) se deduce que:

$$\beta = \frac{1}{2} \int F_{ii}(\gamma, t) d\gamma = \frac{1}{2} \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \phi \phi F_{ii}(\gamma, t) d\sigma = \int_0^\infty E(\gamma, t) d\gamma \quad (7)$$

$\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 = \gamma^2$

La densidad espectral de energía $E(\gamma, t)$ caracteriza el aporte en la energía total de turbulencia de las componentes del movimiento con el número de onda independientemente de la dirección del vector de onda.

El caso más sencillo para el análisis es considerar la situación de un campo isotrópico turbulento, es decir, el campo en el cual todas las características del movimiento turbulento son idénticos en todas las direcciones. Todas las funciones escalares promedios, que describen la estructura estadística de tal campo, permanecen invariable en la rotación o cuando se proyecta imaginariamente el sistema de coordenadas. Así, por ejemplo, el espectro $F_{ii}(\gamma, t)$ del campo homogéneo isotrópico puede ser función solamente de la longitud del vector γ , donde ésta es la única invariable con relación a la rotación del elemento. Para el campo isotrópico, de (7) y pasando al sistema de coordenadas esféricas, encontramos la relación entre $E(\gamma, t)$ y $F_{ii}(\gamma, t)$ en la forma:

$$E(\gamma, t) = 4\pi \gamma^2 F_{ii}(\gamma, t) \quad (8)$$

Las fórmulas (5) y (7) nos muestran que la condición de igualdad de la suma de energía de todas las componentes del movimiento, a la energía total de turbulencia, se cumple utilizando la transformación de funciones para el campo de velocidad.

IV. ROSA DE LOS VIENTOS

Una parte de la energía de radiación solar que llega a la tierra se transforma finalmente en energía cinética de los gases de la atmósfera, cuyas moléculas están en consecuencia siempre en movimiento.

El viento es el movimiento natural del aire atmosférico. En meteorología, esta palabra se refiere en general a un movimiento de conjunto del aire cerca de la superficie terrestre o en altitud. El presente capítulo está dedicado al movimiento horizontal del aire sobre la superficie de la tierra.

El movimiento del aire raramente es regular. Corrientemente es turbulento, con torbellinos de forma y dimensiones variadas, que se desarrollan en el aire y perturban su flujo. El efecto de la turbulencia cerca de la superficie terrestre es la producción de va-

riaciones rápidas e irregulares de la velocidad y de la dirección del viento. Estas fluctuaciones de frecuencia elevada son independientes unas de otras.

En este capítulo se verá como se realiza la medida del viento en superficie y se estudiarán sus principales características:

Principios Generales de la Medida del Viento en Superficie

El viento puede ser considerado como un vector definido por una magnitud, la velocidad del viento, y una dirección. La dirección del viento es la de su procedencia.

El viento sufre generalmente fluctuaciones rápidas. El grado de perturbación aportado por estas fluctuaciones se expresa con el término turbulencia.

La velocidad, la dirección y la turbulencia del viento se miden preferentemente con la ayuda de instrumentos, pero, cuando es imposible, se les pueden evaluar por estimación. Esto es, por ejemplo, lo que ocurre cuando la velocidad del viento es inferior a dos nudos, pues con velocidades débiles los instrumentos son poco sensibles y dejan de ser precisos. Calma, es la ausencia de todo movimiento perceptible del aire.

Dirección del Viento en Superficie-Unidades

La dirección del viento se define como aquella de donde sopla. Se expresa en grados, contados en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico o utilizando los rumbos de la rosa de los vientos.

Sin embargo, para los mensajes cifrados, la dirección del viento debe expresarse en la escala 00-36. El cuadro 1 da las cifras de la clave y su equivalente exacto en grados correspondientes a los 32 rumbos de la rosa de los vientos.

Medida de la Dirección del Viento en Superficie

En general, la dirección del viento se mide con la ayuda de una veleta. Para que funcione correctamente una veleta debe girar sobre su eje con un mínimo de rozamiento. Debe estar equilibrada con relación a este eje.

Es necesario vigilar con especial cuidado que el eje de la veleta esté perfectamente vertical y que la orientación de la veleta con respecto al norte verdadero sea precisa.

Para las observaciones sinópticas, hay que determinar la dirección media del viento durante el intervalo de los 10 minutos anteriores a la hora de la observación. Es conveniente para ello utilizar una veleta registradora.

Para la aviación y otros fines, es preferible a menudo, utilizar una transmisión a distancia y la veleta debe reaccionar a los cambios rápidos de dirección. Se utiliza con frecuencia una transmisión eléctrica entre la veleta y el registrador.

También suele ser necesario estimar la dirección del viento en ausencia de instrumentos o cuando el viento es demasiado débil. En efecto, la mayor parte de las veletas cesan de ser sensibles a la dirección del viento cuando su velocidad es inferior a dos nudos.

Velocidad del Viento en Superficie - Unidades

La velocidad del viento se expresa en nudos; un nudo es igual a una milla marina por hora ó 0.51 metros por segundo.

La velocidad del viento en superficie es raramente constante durante un intervalo de tiempo, por corto que sea; en general varía rápida y continuamente. La turbulencia del viento produce variaciones que son irregulares en período y amplitud.

Se ha convenido que hay calma cuando la velocidad del viento es inferior a un nudo.

La velocidad del viento se puede medir de distintas maneras. La más sencilla es la observación directa del efecto del viento en la superficie terrestre sin utilizar instrumentos. La escala Beaufort, establecida en 1905 por el almirante Sir Francis Beaufort con objeto de estimar la velocidad del viento en el mar, ha sido más tarde adoptada para ser utilizada en tierra. Después se le añadieron equivalencias en velocidad del viento para cada clase de efectos observados.

Los instrumentos de medida y registro de la velocidad del viento han reducido considerablemente la utilización de la escala Beaufort, particularmente para las estaciones terrestres. Sin embargo, constituye un medio cómodo para estimar la velocidad del viento a falta de otros procedimientos.

Medición y Registro de la Dirección del Viento.

El coeficiente de retardo de un instrumento para determinar la dirección del viento debe ser menor o igual a 1 segundo para registrar el 63 o/o de un cambio brusco de dirección.

Los métodos prácticos de indicar o de registrar la dirección, comprenden los tipos puramente mecánicos (tales como el modelo a doble pluma, frecuentemente adaptado a los anemómetros tubulares de presión) y los tipos de transmisión eléctrica. Estos últimos son los más convenientes para indicación a distancia, generalmente constituidos por repetidores autosincronizados a corriente alterna o continua. Con tales sistemas es posible obtener una precisión de $\pm 2^\circ$ de la dirección.

Estimación de la Dirección del Viento

La mayoría de las veletas no responden a los cambios de dirección cuando la velocidad del viento es menor de 3 nudos (1.4 m/seg.), en este caso la dirección debe estimarse observando por ejemplo la dirección del humo de una chimenea alta, el movimiento de las hojas, etc., en un sitio descubierto.

La determinación de la persistencia del viento, que es el valor resultante de la relación entre la velocidad vectorial y la escalar, la cual nos indica el cuadrante de donde sopla el viento con mayor frecuen-

cia, tiene gran interés tanto práctico como científico, para análisis climatológicos, estudios de contaminación y difusión de contaminantes, planeación, etc.

Si el viento sopla todo el tiempo de un mismo cuadrante, la velocidad vectorial y la escalar coinciden y la persistencia será de 100 o/o, si en cambio el viento sopla del lado contrario con igual frecuencia, la persistencia del viento será cero.

Se utilizan diversos métodos para el cálculo de la persistencia del viento, aunque ninguno ha demostrado confiabilidad exacta para fines específicos.

Cuando se utilizan 4 y 8 rumbos de la rosa de los vientos, y de acuerdo al fin específico de utilización de la forma, teniendo en cuenta que la dirección del viento es una variable continua y no discreta, es necesario encontrar un factor de corrección, para determinar por medio de las frecuencias relativas el ángulo que indica el punto medio del cuadrante con mayor frecuencia relativa en porcentaje de vientos que soplan de dicho cuadrante.

CUADRO No. 1 – DIRECCION DEL VIENTO

EQUIVALENCIA EN LOS RUMBOS DE LA ROSA DE LOS VIENTOS

Dirección en la rosa de los vientos.	Equivalente exacto en grados	Cifras de la clave	Dirección en la rosa de los vientos.	Equivalente exacto en grados	Cifras de la clave
Calma	—	00	S cuarto SW	191,25	19
N cuarto NE	11,25	01	SSW	202,5	20
NNE	22,5	02	SW cuarto S	213,75	21
NE cuarto N	33,75	03	SW	225	23
NE	45	05	SW cuarto W	236,25	24
NE cuarto E	56,25	06	WSW	247,5	25
ENE	67,5	07	W cuarto S	258,75	26
E cuarto N	78,75	08	W	270	27
E	90	09	W cuarto NW	281,25	28
E cuarto SE	101,25	10	WNW	292,5	29
ESE	112,5	11	NW cuarto W	303,75	30
SE cuarto E	123,75	12	NW	315	32
SE	135	14	NW cuarto N	326,25	33
SE cuarto S	146,25	15	NNW	337,5	34
SSE	157,5	16	N cuarto NW	348,75	35
S cuarto SE	168,75	17	N	360	36
S	180	18	Variable	—	99

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Necco, G.V.: *Curso de Cinemática y Dinámica de la Atmósfera*, EUDEBA, Ed. Previa, B.A. 1980.
2. Eldridge, F.R.: *Wind Machines*, National Science Foundation, Division of Ad. Energy and Resources, Oct. 1975.
3. CAPRI: *Problemas del Aprovechamiento de la Energía Eólica en la República Argentina*, Revista Electrotécnica, B.A. 1952.
4. Holton, J.R.: *An Introduction to Dynamic Meteorology*, Academic Press, 1972.
5. Petterssen, S.: *Introducción a la Meteorología*, 4ta. Ed., Espasa Calpe, Madrid, 1968.
6. Golding, E.W.: *The Generation of Electricity by Wind Power*, Editorial John Wiley & Sons U.S.A., 1976.
7. Natural Power Inc.: *Información de Equipos U.S.A.* (catálogo).
8. Natural Power Inc.: *Anemometer and Wind Direction Recording Systems U.S.A.* (catálogo).
9. Weather Measure Corp.: *Scientific Instruments and System Catalog*, U.S.A., 1978 (catálogo).
10. Natural Power Inc.: *Operating Manual for Wind Data Compilator III*. U.S.A. (manual).
11. Baumeister & Marcks: *Manual del Ingeniero Mecánico de Marks*. Uthea, 6a. Edición, 1967. México.
12. Palmer Cosslett Putnam: *Power from the Wind*. Van Nostrand Reinhold Co., U.S.A., 1948.
13. Electrical Research Association.: *Reports on Wind Power Published by ERA*. U.S.A.
14. American Wind Energy Association: *Proceeding National Conference, Fall 1978*. Editado por West Texas State University, Febrero 1979.
15. Hardy, Donald M.: *Wind Power Studies Initial Data and Numerical Calculations*. Lawrence Livermore Laboratory, U.S.A., 1976 (reporte).
16. Kerrigan, T.C.: *A Verification Statistic for Numerical Wind Models*. Pacific Northwest Laboratory. U.S.A. 1978.
17. R.I. Harris, B.A.: *On the Spectrum and Auto-correlation Function of Gustines in High Winds*.
18. Justus, C.G.: *Winds and Wind System Performance*. The Franklin Institute Press, 1978.
19. B. Wolf, H. Meyer: *Wind Energy*. The Franklin Institute Press, 1979.
20. J.V. Ramsdell: *Estimates of the Number of Large Amplitude Gust*. Battelle Pacific Northwest Laboratories, U.S.A. 1978.
21. T.C. Kerrigan: *Spectral Estimates of a Wind Fluctuation Statistic Pertaining to Wind Energy Generators*. Pacific Northwest Laboratory, U.S.A. 1978.
22. W.C. Cliff: *Wind Direction Change Criteria for Wind Turbine Design*. Pacific Northwest Laboratory, 1979. U.S.A.
23. Aiello, J.L.: *Nuevos Desarrollos en la Simulación Numérica de la Capa Límite Atmosférica con Modelos Estacionarios Bidimensionales*, Tesis Doctoral, Depto. de Meteorología, FCE y N., U.B.A., C.N.I.E., B.A., 1980.
24. Martínez C., y Rivero, O.: *Apuntes del Curso de Pronosticadores: Cinemática y Dinámica de la Atmósfera*, Depto. de Meteorología. Fac.Cs. Exactas y Naturales, U.B.A.
25. Matveev, L.T.: *Curso de Meteorología General. Física de la Atmósfera*. Hidrometeoizdat. Leningrado 1976. (Inglés y Ruso).
26. Gicina, F.A., y otros: *Meteorología Dinámica. Meteorología Teórica* Hidrometeoizdat. Leningrado 1976. (Inglés y Ruso).
27. Busch, N.E., Tennekes, H., Panofsky, H.A.: *Turbulence Structure in the Planetary Boundary Layer Meteorology"*. 1973, Vol. 4
28. Kuo, H.L.: *Planetary Boundary Layer Flow of a Stable Atmosphere over the Globe*. Journal Atmospheric Science, 1973. Vol. 30 No. 1.
29. T.C. Kerrigan: *A Technique for Analyzing the Structure of Atmospheric Turbulence*. Pacific Northwest Laboratory. (U.S. Department of Energy). U.S.A., 1978.

**ESTUDIO DE UN MODELO
DE LA DEMANDA DE
COMBUSTIBLES**

DOCUMENTOS

Jaime Andrade
Antonio Villavicencio

El Instituto Nacional de Energía se creó debido a la impostergable necesidad del país de contar con un organismo de investigación de alto nivel que se preocupe de presentar al Gobierno Nacional alternativas que le permitan implementar una política racional de conservación y utilización de sus recursos energéticos.

Para el planteamiento de éstas alternativas es necesario el contar con una serie de herramientas de análisis, entre las que se cuenta la Econometría como una de las más importantes.

En este estudio se presenta modelos dinámicos para analizar el consumo de combustibles en el Ecuador. En éstos a diferencia de aquellos empleados generalmente en el país para realizar estimaciones de variables económicas, se utiliza métodos que incorporan el análisis del comportamiento de las variables en el tiempo.

Cabe anotar que en el presente trabajo al utilizar modelos de estimación más elaborados se contribuye al desarrollo de esta importante área de la planificación energética.

Quito, Enero 19 80

Dr. Carlos Quevedo T.

I N D I C E

- 1.- Introducción
- 2.- Modelos Dinámicos
- 3.- Modelo de Utilización de Stock
- 4.- Modelo de Espectativa de Adaptación
- 5.- Estimación
- 6.- Resultados
- 7.- Apéndice A
- 8.- Apéndice B
- 9.- Referencias

1.- INTRODUCCION

La complejidad cada vez más creciente de los diferentes sectores de la economía, los intentos por implementar una política de conservación y utilización racional de los recursos y, la necesidad de un reordenamiento justo de las estructuras socio-económicas exigen que el establecimiento de objetivos y toma de decisiones tengan como base un sólida planificación, lo que implica un proceso de conocimiento de la realidad, basado en la idea de interdependencia entre todas las variables socio-económicas; idea de interdependencia que permite conocer las relaciones de las variables entre si, su evolución futura más probable y los efectos de las diferentes políticas alternativas que se propongan.

Es incuestionable el papel que desempeña la Econometría en el campo de la planificación. Su función principal es establecer criterios que permitan juzgar el grado de ajuste de una hipótesis con lo observado en la realidad; dicho en otras palabras, trata de expresar una teoría económica en términos matemáticos, verificándolos por métodos estadísticos, para determinar el grado de impacto de una variable sobre otra. De esta manera, a partir de los valores que toman ciertas variables, valores que reflejan el funcionamiento de un modelo poblacional desconocido, se intenta dar criterios para buscar el modelo correcto, es decir, el esquema o imagen conceptual que mejor se acople a los valores observados. Conviene aclarar que buscar el modelo correcto, no es tanto tratar de identificar dicho modelo poblacional desconocido sino, mas bien, el establecer el procedimiento para decidir cuando una hipótesis o esquema conceptual supuesto está de acuerdo o no con los resultados observados de ese modelo poblacional.

El alto carácter operativo de la Econometría amplía sus posibilidades de aplicación y lo convierten en un instrumento poderoso, dentro de la planificación, ya que, al definir una estructura económica permite realizar predicciones sobre el comportamiento futuro de las variables y posibilita un análisis frente a diferentes alternativas de decisión. Sin embargo, no se deben perder de vista sus limitaciones, ya que únicamente un conocimiento cabal de éstos hace que el instrumento resulte válido y no se desacredite por su uso indiscriminado y excesivamente simplificado. Conviene hacer incapié en las dificultades inherentes a la predicción, teniendo en cuenta que la mayoría de veces, es ésta la parte de la Econometría a la que se recurre con tanta arbitrariedad, a tal punto, que por lo general se toma a la Econometría como un instrumento válido únicamente para predecir el comportamiento de una o mas variables.

Como se anota en (1), el principal problema al momento de realizar una predicción es el de la incertidumbre: incertidumbre inherente al modelo y a la dependencia entre las diferentes variables; incertidumbre debida a que el modelo no es perfectamente conocido ya que se ha estimado mediante una muestra; y por último, incertidumbre procedente de los errores que traen consigo las variables predeterminadas. Además, hay que tener en cuenta el cambio estructural. Es evidente que al ajustar un modelo a unos datos observados, si no se ha cometido ningún error básico, se puede asegurar que el modelo representa a los datos, o sea, el modelo describe la estructura definida por los datos. No se puede decir lo mismo, en cambio, para las extrapolaciones en tanto no se posea una prueba de permanencia de la estructura, en otras palabras, no existe seguridad de que la estructura en la que se apoyan los nuevos datos, sea la misma que aquella en la que se basan los datos muestrales.

En definitiva, la Econometría permite realizar predicciones, pero predicciones condicionadas; y únicamente en la medida en que estas condiciones se establezcan con objetividad y por lo tanto se conozcan las limitaciones del modelo, los resultados tendrán validez, de otra manera, la especificación del modelo se reduce a una mera asociación empírica sin ninguna posibilidad de interpretación causal, limitándose a una presentación de resultados de escasa validez en lugar de un análisis del proceso que lleva a dichos resultados.

2.- MODELOS DINAMICOS

Los modelos dinámicos se caracterizan por incorporar sistemáticamente - en el análisis el ritmo temporal de los efectos del cambio de una variable sobre otra. Se considera que estos efectos no son instantáneos sino que se extienden a lo largo del tiempo. En otras palabras, las variables explicadas no recogen instantáneamente el efecto que sobre ellas producen los cambios observados o indicados por las variables predeterminadas. Estos efectos esperados se distribuyen, con intensidad distinta, sobre una sucesión de períodos, de aquí su denominación de modelos con retardos distribuidos.

Las causas que dan lugar a modelos con retardos distribuidos se pueden clasificar (2) en dos grupos: causas por rigideces y causas por deficiencia de información. Dentro del primer grupo hay que distinguir:

- a) rigidez en el comportamiento o sea, hábitos de consumo, formación de nuevos usos, resistencia al cambio. Estos factores determinan con intensidad variable el impacto de una causa sobre diferentes períodos de tiempo;
- b) rigidez tecnológica ocasionada por la existencia de bienes de consumo durables no obsoletos que retarda cualquier cambio considerado económicamente más ventajoso. En este punto se incluyen también los requerimientos de ampliación de capacidad instalada con respecto a las exigencias de una mayor producción;
- c) rigideces institucionales originadas por una insuficiente información del mercado con respecto a la estructura de precios y disponibilidad de bienes sustitutivos. Además, hay que anotar que la ejecución de una política energética crea rigideces en el tiempo, lo que retarda el

2.- MODELOS DINAMICOS

Los modelos dinámicos se caracterizan por incorporar sistemáticamente - en el análisis el ritmo temporal de los efectos del cambio de una variable sobre otra. Se considera que estos efectos no son instantáneos sino que se extienden a lo largo del tiempo. En otras palabras, las variables explicadas no recogen instantáneamente el efecto que sobre ellas producen los cambios observados o indicados por las variables predeterminadas. Estos efectos esperados se distribuyen, con intensidad distinta, sobre una sucesión de períodos, de aquí su denominación de modelos con - retardos distribuidos.

Las causas que dan lugar a modelos con retardos distribuidos se pueden - clasificar (2) en dos grupos: causas por rigideces y causas por deficiencia de información. Dentro del primer grupo hay que distinguir:

- a) rigidez en el comportamiento o sea, hábitos de consumo, formación de nuevos usos, resistencia al cambio. Estos factores determinan con intensidad variable el impacto de una causa sobre diferentes períodos - de tiempo;
- b) rigidez tecnológica ocasionada por la existencia de bienes de consumo durables no obsoletos que retarda cualquier cambio considerado económicamente más ventajoso. En este punto se incluyen también los requerimientos de ampliación de capacidad instalada con respecto a las exigencias de una mayor producción;
- c) rigideces institucionales originadas por una insuficiente información del mercado con respecto a la estructura de precios y disponibilidad de bienes sustitutivos. Además, hay que anotar que la ejecución de una política energética crea rigideces en el tiempo, lo que retarda el

proceso de ajuste temporal entre las variables sobrevivientes de cam
bios no esperados o no previstos en los planes energéticos.

En lo que respecta a la disponibilidad de información, debemos señalar que las expectativas de los precios de energéticos (tanto para consumido
res como para productores), su estructura esperada, las expectativas so
bre el comportamiento del producto nacional y, en general, el nivel de -
actividad económico esperado son causas de incertidumbre que generan mo
delos con retardos distribuidos. A corto plazo y en situación económica
política y social estable el grado de incertidumbre es mínimo. A lar
go plazo y con expectativas de inestabilidad, el grado de incertidumbre
con respecto al futuro es grande y, en consecuencia, el horizonte econó-
mico de los sujetos de la actividad económica es muy corto.

A partir de las consideraciones anotadas, hemos desarrollado dos modelos
dinámicos que tratan de explicar la estructura del consumo de combusti-
bles hidrocarburiíferos en el país. Para el primer modelo (modelo de uti
lización del stock) la ecuación básica de estimación es una ecuación li
neal que incluye retardos de segundo orden. Estos retardos están justi
ficados por dos motivos: el consumo que se considera, se refiere al nue
vo consumo generado en un período de tiempo y no al consumo total duran-
te dicho período; el factor determinante de la demanda es el stock de -
bienes tecnológicamente relacionados con el consumo de combustibles. El
segundo modelo, corresponde al clásico esquema de expectativas de adapta
ción. La ecuación básica de estimación corresponde a una expresión li
neal con retardos de primer orden. Además de los motivos señalados que -
justifican el uso de modelos dinámicos, debemos anotar que estos permiten
encontrar fácilmente parámetros como elasticidades, multiplicadores de im
pacto, tasas de cambio, retardo medio, etc.

3.- MODELO DE UTILIZACION DE STOCK

En este modelo se consideran dos aspectos básicos para el análisis de la demanda. El primero consiste en formular el modelo de demanda de combustibles considerando el stock de bienes tecnológicamente relacionados con el consumo de cada tipo de combustible. El segundo aspecto se refiere a que la función de demanda considerada, no expresa la demanda total en un período, sino que expresa la nueva demanda que se origina en este período.

Sea G_t la demanda de combustible en el período t . El incremento total en el consumo entre dos períodos consecutivos es:

$$\Delta G_t = G_t - G_{t-1}$$

Esta igualdad expresa el cambio en la demanda en dos períodos, pero no expresa una nueva demanda o consumo generada en el período t . Efectivamente, hay que tener en cuenta que solamente una parte del consumo en el período $(t-1)$ se traslada al período t . A continuación desarrollaremos detenidamente esta idea; y por comodidad, se hará referencia a la demanda de gasolina, haciéndose extensivo el estudio para el análisis de la demanda de otros tipo de combustibles: gas, kerex, diesel, etc.

Antes de continuar con el análisis cabe anotar que para el caso de Ecuador, aproximadamente el 96% del consumo total de gasolina se destina a satisfacer las necesidades del parque automotriz. Sin embargo, no es conveniente considerar el consumo directamente como una función del parque automotor por dos razones: 1) A fin de explicar la estructura del consumo dentro del contexto económico, es preferible relacionar éste con una variable macroeconómica que lo explique a un nivel de agregación más general; 2) deficiencia de datos estadísticos (número de vehículos, tasas de depreciación del stock, coeficientes de utilización, etc.) dificultan enormemente establecer una dependencia directa consumo-parque automotriz.

Denotaremos por W_t y Z_t el número de vehículos y su coeficiente de utilización respectivamente, en el período t . Para el período $(t-1)$ por definición se tiene:

$$G_{t-1} = Z_{t-1} \cdot W_{t-1}$$

Ahora bien, del stock W_{t-1} solamente una parte $(1-K) \cdot W_{t-1}$ estará presente en el período siguiente (K es la tasa o coeficiente de depreciación del parque automotor). Por consiguiente, en el período t el consumo de éste stock será: $Z_t \cdot (1-K) \cdot W_{t-1}$.

En otras palabras, esta última cantidad expresa la porción de consumo de gasolina en el período t , asociada al parque automotriz existente al inicio de este período.

El consumo en el período t está dado por la expresión:

$$G_t = Z_t \cdot W_t$$

De esta manera, la nueva demanda de gasolina G_t^* será:

$$G_t^* = Z_t \cdot W_t - (1-K) \cdot Z_t \cdot W_{t-1} \quad (3.1)$$

Sin mayor pérdida de generalidad en el planteamiento se puede suponer que el coeficiente de utilización Z_t no varía significativamente de un período a otro, esto es:

$$Z_t = Z_{t-1} = \dots = Z$$

Teniendo en cuenta que:

$$Z_t \cdot W_{t-1} = Z_{t-1} \cdot W_{t-1} = G_{t-1}$$

la igualdad (3.1) se puede escribir en la forma:

$$G_t^* = G_t - (1-K) \cdot G_{t-1} \quad (3.2)$$

En el caso que $K=0$ se tiene entonces que $G_t^* = G_t$ o sea; para una tasa de depreciación del stock igual a cero, el incremento total en el consumo representa la nueva demanda de combustible.

Asumiendo que G_t^* responde a un modelo autoregresivo con retardos geométricamente distribuidos se tiene que:

$$G_t^* = a + b(1-\lambda) (X_t + \lambda X_{t-1} + \lambda^2 X_{t-2} + \dots) + u_t, \quad (3.3)$$

en donde:

X_t es una variable macroeconómica predeterminada y u_t es un término aleatorio de perturbación (un tratamiento matemático de los modelos con retardos se detalla en el apéndice A).

El retardo medio es igual a $\frac{\lambda}{1-\lambda}$ y la varianza de la distribución de los retardos se calcula mediante la fórmula $\frac{\lambda}{(1-\lambda)^2}$ (ver A.17 y A.18).

Una estimación de los parámetros a , b , λ no es posible partiendo directamente de la ecuación (3.3). Sin embargo, aplicando a esta ecuación la transformación de Koyck (3) (la expresión (3.3) se retarda un período y se multiplica por λ ; esta ecuación resultante se resta de (3.3)). Se obtiene que:

$$G_t^* - \lambda G_{t-1}^* = a(1-\lambda) + b(1-\lambda)X_t + (u_t - \lambda u_{t-1}). \quad (3.4)$$

Procedemos de manera análoga con la igualdad (3.2) y obtenemos:

$$G_t^* - \lambda G_{t-1}^* = G_t - (1-K+\lambda)G_{t-1} + \lambda(1-K)G_{t-2}. \quad (3.5)$$

De las expresiones (3.4) y (3.5) resulta que:

$$G_t = a(1-\lambda) + b(1-\lambda)X_t + (1-K+\lambda)G_{t-1} - \lambda(1-K)G_{t-2} + \varepsilon_t. \quad (3.6)$$

De esta manera, finalmente se ha obtenido un modelo lineal autoregresivo de segundo orden

$$G_t = A_0 + A_1 X_t + A_2 G_{t-1} - A_3 G_{t-2} + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

en donde:

$$\begin{aligned} A_0 &= a(1-\lambda); & A_1 &= b(1-\lambda); & A_2 &= (1-K+\lambda); \\ A_3 &= +\lambda(1-K); & \varepsilon_t &= u_t - \lambda u_{t-1} \end{aligned}$$

A partir de la ecuación 3.6 se pueden estimar los parámetros A_i , $i=0,1,2,3$ y por consiguiente se obtienen las estimaciones para a , b , K . Debido a la presencia de la variable endógena retardada y a la autocorrelación de

los términos aleatorios el método clásico de los mínimos cuadrados, no es aplicable, por lo que se hará uso de otros métodos que proporcionen estimadores insesgados y consistentes.

ELASTICIDADES

Para la obtención de las elasticidades de la demanda en relación a la variable macroeconómica X , hay que tener en cuenta que la función de demanda que analizamos se refiere a la nueva demanda de combustible G_t^* . Se estudiarán dos tipos de elasticidades:

a) Elasticidad relativa o a corto plazo, que se define como el cociente entre una variación proporcional de la cantidad de demanda y una variación proporcional de X ; en otras palabras, es la tasa de crecimiento de G_t^* que se produce en un período por unidad de tasa de crecimiento de la variable X_t observada en el mismo período. Si llamamos e_c la elasticidad a corto plazo entonces tenemos:

$$e_c = \frac{X'}{G'} \cdot \frac{\partial G_t^*}{\partial X_t} \Big|_{X_t = X'} \quad ; \quad (3.7)$$

donde (X', G') corresponde al nivel de las variables X_t y G_t^* para el cual se calcula la elasticidad.

b) La elasticidad a largo plazo e_L se define como la tasa de crecimiento de G_t^* en el punto (X', G') debido al efecto total que sobre el nuevo consumo produce una tasa unitaria de crecimiento de X_t a través del tiempo; esto es:

$$e_c = \frac{X'}{G'} \Big|_{X_t = X'} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\partial G_t^*}{\partial X_t} \quad (3.8)$$

Para el modelo que estamos considerando, las expresiones (3.7) y (3.8) toman la forma (ver apéndice B):

$$e_c = \frac{X'}{G'} \cdot A_T = b(1-\lambda) \cdot \frac{X'}{G'} \quad (3.9)$$

$$e_L = \frac{K A_1}{1+A_2-A_3} \cdot \frac{X'}{G} = \frac{X'}{G} \quad (3.10)$$

4.- MODELO DE EXPECTATIVAS DE ADAPTACION

Consideremos el caso en que la variable endógena G_t está determinada por el valor esperado de la variable X_t al que llamaremos X_t^* . Supondremos - la siguiente relación de comportamiento:

$$G_t = a_1 + b_1 X_t^* + u_t ; \quad (4.1)$$

en donde la variable aleatoria u_t cumple con los postulados propuestos en el apéndice A. Esta ecuación no puede utilizarse directamente para estimaciones ya que, X_t^* no es una variable observable. Por lo tanto, la hipótesis (4.1) debe complementarse con una nueva hipótesis acerca del proceso de formación de las expectativas o valores esperados de X_t .

La hipótesis de las expectativas de adaptación consiste en suponer que - en el proceso de elaboración de las expectativas estas se corrigen o adaptan en proporción a los errores de previsión cometidos en el pasado. De esta manera, el nivel esperado de la variable para el período t o sea, X_t^* está dado por el nivel esperado para el período $(t-1)$, corregido por una fracción del error que se ha cometido en la predicción para este período. Entonces se tiene que:

$$X_t^* = X_{t-1}^* + (1-\lambda_1)(X_t - X_{t-1}^*), \quad (4.2)$$

en donde λ_1 es un parámetro comprendido entre cero y uno. La expresión anterior, mediante un proceso de recurrencia sobre X_{t-1}^* se transforma en:

$$X_t^* = (1-\lambda_1) \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \lambda_1^i X_{t-i} \quad (4.3)$$

Substituyendo (3) en la ecuación de comportamiento se obtiene:

$$G_t = a_1 + b_1 (1-\lambda_1) [X_t + \lambda_1 X_{t-1} + \lambda_1^2 X_{t-2} + \dots] + u_t \quad (4.4)$$

que corresponde a un modelo dinámico con retardos geoméricamente distribuidos.

Evidentemente, la ecuación (4.4) no resulta operativa desde el punto de vista de la estimación, debido al infinito número de regresores que ella implica. Aplicando la transformación de Moyer, la ecuación (4.4) se simplifica a la expresión:

$$G_t = a_1(1-\lambda_1) + b_1(1-\lambda_1) + \lambda_1 G_{t-1} + (u_t - \lambda_1 u_{t-1}) \quad (4.5)$$

que corresponde a un modelo autoregresivo de primer orden, en el que las perturbaciones aleatorias obedecen a un proceso Markoviano.

Introduciendo la siguiente notación:

$$a_1(1-\lambda_1) = B_0, \quad b_1(1-\lambda_1) = B_1 \quad \text{y} \quad \lambda_1 = B_2; \quad v_t = u_t - \lambda_1 u_{t-1}$$

la expresión (5) se reduce a:

$$G_t = B_0 + B_1 X_t + B_2 G_{t-1} + v_t \quad (4.6)$$

La ecuación (4.5) puede ser obtenida, sin recurrir a la transformación de Koyck, de la siguiente manera (ver apéndice A): en la expresión (4.2), introduciendo el operador de retardo L se tiene que

$$(1 - \lambda_2 L) X_t^* = (1 - \lambda_2) X_t;$$

de donde obtenemos:

$$X_t^* = (1 - \lambda_2)(1 - \lambda_2 L)^{-1} X_t \quad (4.7)$$

Substituyendo (4.7) en (4.1) resulta:

$$G_t = a_2 + b_2 (1 - \lambda_2)(1 - \lambda_2 L)^{-1} X_t;$$

expresión equivalente a la ecuación (4.5).

ELASTICIDADES

Las elasticidades a corto y a largo plazo, definidas en el modelo anterior, para el caso de las expectativas de adaptación se calculan mediante las fórmulas (ver apéndice B)

$$E_C = B_1 \frac{X'}{G} = b_1 (1 - \lambda_1) \frac{X'}{G}; \quad (4.8)$$

$$E_L = \frac{B_1}{1 - B_2} \frac{X'}{G} = \frac{b_1(1 - \lambda_1)}{1 - \lambda_1} = b_1 \frac{X'}{G} \quad (4.9)$$

5.- ESTIMACION

El principal inconveniente de las ecuaciones finales de demanda, correspondientes a los dos modelos analizados, consiste en que las estimaciones minimocuadráticas de los coeficientes son inconsistentes; esto se debe a la correlación existente entre el término aleatorio y la variable endógena retardada. Efectivamente, para la ecuación (4.6), por ejemplo se tiene que:

$$E(G_{t-1} \cdot v_t) = E(u_t - u_{t-1}) (a_1 + b_1(1-\lambda_2) \cdot \sum_{i=2}^{\infty} \lambda_2^{i-1} X_{t-i} + u_{t-1})$$

Teniendo en cuenta que $E(u_t) = 0$, $E(u_t X_s) = 0, \forall t, s$ obtenemos que:

$$E(G_{t-1} \cdot v_t) = E(-\lambda_2 u_{t-1} \cdot u_{t-1}) = -\lambda_2 \sigma^2$$

Por lo tanto, para la estimación de los parámetros es necesario utilizar otros métodos que proporcionan estimadores insesgados y consistentes. El método utilizado en el presente estudio es el de máxima verosimilitud (4) cuya descripción se detalla a continuación.

La ecuación básica de estimación (4.6) puede escribirse en la forma:

$$G_t - u_t = a_1(1-\lambda_2) + b_1(1-\lambda_2) X_t + \lambda_2(G_{t-1} - u_{t-1}), \quad (5.1)$$

o también

$$E(G_t) = a_1(1-\lambda_2) + b_1(1-\lambda_2) X_t + \lambda_2 E(G_{t-1}) \quad (5.2)$$

Teniendo en cuenta que:

$$E(G_{t-i}) = a_1(1-\lambda_2) + b_1(1-\lambda_2) X_{t-i} + \lambda_2 E(G_{t-i-1}) \quad (5.3)$$

luego de sucesivas substituciones de (5.3) en (5.4) obtenemos:

$$E(G_t) = a_1(1-\lambda_2) \cdot \sum_{i=0}^{t-1} \lambda_2^i + b_1(1-\lambda_2) \sum_{i=0}^{t-1} \lambda_2^i X_{t-i} + \lambda_2^t \cdot E(G_0)$$

Simplificando esta última expresión resulta que:

$$G_t = a_1 + b_1(1-\lambda_2) Z_t(\lambda_2) + (\bar{G}_0 - a_1) \lambda_2^t + u_t \quad (5.4)$$

en donde: $Z_t(\lambda_2) = \sum_{i=0}^{t-1} \lambda_2^i X_{t-i}$ y

$\bar{G}_0 = E(G_0)$ se considera como un parámetro a estimarse.

Si el valor de λ_1 sería conocido, entonces los coeficientes de la ecuación (5.4) podrían estimarse por el método de los mínimo cuadrados ordinarios. Sin embargo, como λ_1 es desconocido, éste debe estimarse conjuntamente con el resto de parámetros. Para ello partimos de la función logarítmica de verosimilitud correspondiente a G_1, \dots, G_t :

$$L(G_1, \dots, G_n) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{t=1}^n \left[G_t - a_1 - b_1(1-\lambda)Z_t(\lambda) - (\bar{G}_0 - a_1)\lambda^t \right]^2$$

en donde n es el número de observaciones.

La maximización de la función de verosimilitud $L(G_1, \dots, G_n)$ con respecto a los coeficientes, equivale a minimizar la expresión:

$$S(\lambda) = \sum_{t=1}^n \left[G_t - a_1 - b_1(1-\lambda)Z_t(\lambda) - (\bar{G}_0 - a_1)\lambda^t \right]^2 \quad (5.5)$$

Como se conoce que $0 \leq \lambda < 1$, para diferentes valores de λ se calculan los parámetros a_1 , b_1 , \bar{G}_0 por el método de mínimos cuadrados ordinarios a partir de la ecuación (5.4), tomándose luego el valor de λ que minimiza la expresión (5.5). De esta manera, las estimaciones obtenidas son insesgadas y consistentes (6).

6. - RESULTADOS

Para el modelo de expectativas de adaptación, los parámetros de la ecuación de demanda (4.6) fueron estimados por el método de mínimos cuadrados ordinarios y por el método de máxima verosimilitud descrito anteriormente. La variable macroeconómica que se ha tomado es el producto interno bruto. Los resultados correspondientes a las funciones de demanda para cuatro tipos de combustibles, así como las respectivas pruebas de hipótesis y bondad de ajustes se presentan en los cuadros 1-5.

Como era de esperarse los resultados obtenidos por el método de máxima verosimilitud son estadísticamente más satisfactorios. El coeficiente de correlación oscila entre el 97.2% para el residuo, hasta el 99,8% para la gasolina. Una consecuencia lógica de estos altos niveles del grado de correlación es que para todos los casos se rechaza la hipótesis nula, aún para niveles de confianza del 99%. Para el caso de estimación por mínimos cuadrados los resultados son satisfactorios para tres de las cuatro funciones de demanda. El valor, relativamente bajo del coeficiente de correlación para el residuo se traduce en una aceptación de la hipótesis nula para un nivel de confianza de 99%.

La hipótesis nula aplicada individualmente a cada uno de los parámetros se rechaza para el caso de la estimación por el método de máxima verosimilitud; no así para el método de mínimos cuadrados, en donde aún para niveles de confianza del 95% los resultados aconsejan no tomar como variable explicativa para el consumo del diesel y residuo el producto interno bruto.

Aún cuando el test de Durbin-Watson no se puede aplicar a modelos con -

retardos, este estadístico proporciona en muchos casos una idea aproximada del grado de correlación de los errores. Para nuestro caso, los valores que toma el estadístico de Durbin rechazan la hipótesis de correlación.

Los gráficos 1-4 muestran el comportamiento de la función de verosimilitud (5.5.) en dependencia del parámetro λ .

METODO DE MAXIMA VEROSIMILITUD: ESTIMACION DE LOS
PARAMETROS DE LA ECUACION (5.4)

		a1	b1(1-)	Go - a1	
I	GASOLINA	- 11921.54	46.21 (3.7)	15085.64 (230.6)	0.9
II	DIESEL	- 8766.21	18.741 (2.35)	10436.25 (248.13)	0.95
III	RESIDUO	- 5786.19	21.004 (3.45)	8031.13 (190.1)	0.9
IV	KEREX	- 7855.68	23.24 (2.31)	8752.54 (127.4)	0.9

CUADRO 1

BONDAD DE AJUSTE Y PRUEBAS DE HIPOTESIS

	D - W	R ²	"t" STUDENT		F
			b1(1 -)	Go - a1	
I	2.389	0.998	7.41	4.8	241.5
II	2.88	0.995	7.95	4.2	632.65
III	2.31	0.972	6.085	4.22	104.64
IV	2.032	0.99	10.04	6.87	302

CUADRO 2

METODO DE MAXIMA VEROSIMILITUD: ESTIMACION DE LOS
PARAMETROS DE LA FUNCION DE DEMANDA (4.6)

	B ₀	B ₁	B ₂
GASOLINA	- 1192.15	46.21	0.9
DIESEL	- 438.3	18.741	0.95
RESIDUO	- 578.6	21.004	0.9
KEREX	- 785.5	23.24	0.9

CUADRO 3

$$t_{0.95} (8) = 1.86$$

$$t_{0.99} (8) = 2.9$$

$$F_{0.95} (2;8) = 19.4$$

$$F_{0.99} (2;8) = 99.4$$

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE LA FUNCION DE
DEMANDA (MINIMOS CUADRADOS ORDINARIOS)

		Bo	B1	B2
I	GASOLINA	- 860.18	34.45 (16.94)	0.9561 (0.109)
II	DIESEL	- 507.64	29.31 (17.76)	0.7865 (0.19)
III	RESIDUO	- 442.07	20.328 (17.56)	0.87304 (0.35)
IV	KEREX	- 602.081	18.3457 (9.11)	0.951 (0.15)

CUADRO 4

PRUEBAS DE HIPOTESIS Y BONDAD DE AJUSTE

	D - W	R ²	"t" student		F
			B1	B2	
I	1.71	0.994	2.034	8.75	533.9
II	2.42	0.986	1.649	4.005	209.57
III	2.03	0.922	1.157	2.467	35.56
IV	1.7	0.982	2.013	6.115	162.5

CUADROS

GASOLINA

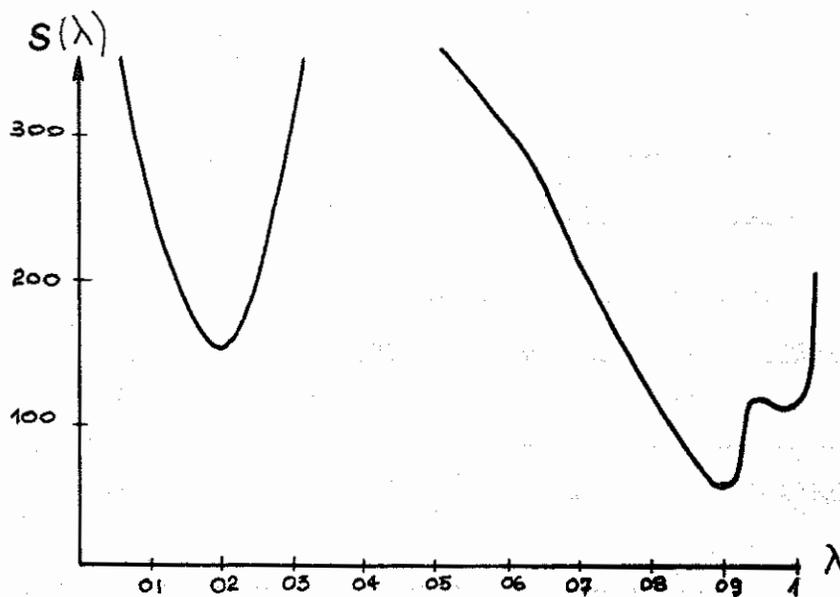


Fig. 1

DIESEL

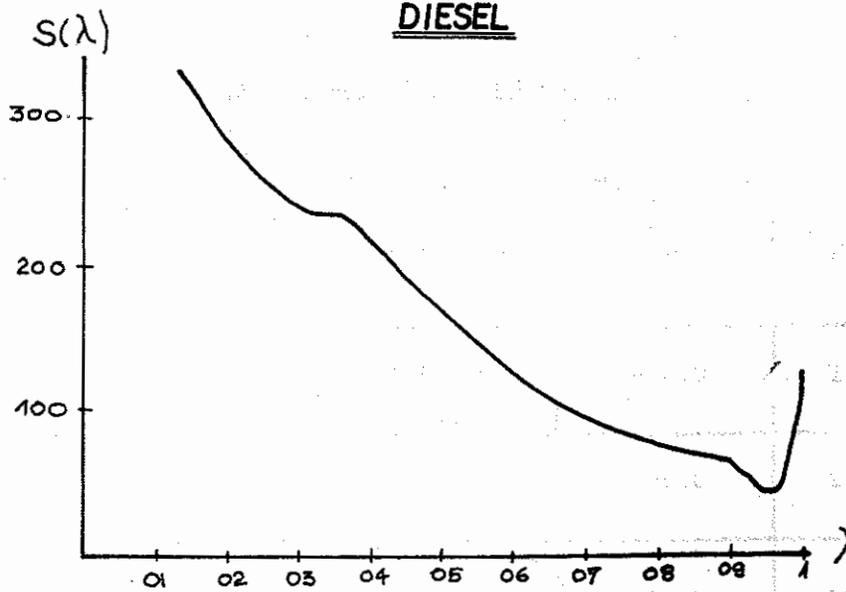
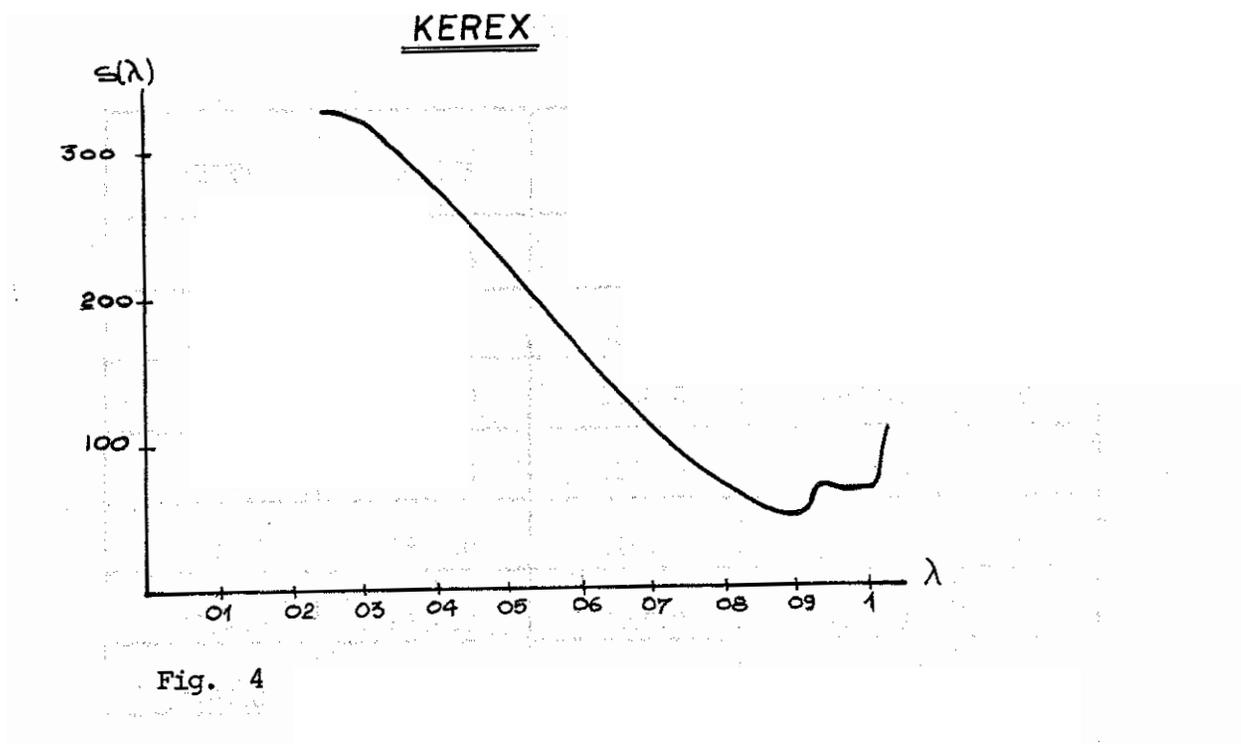
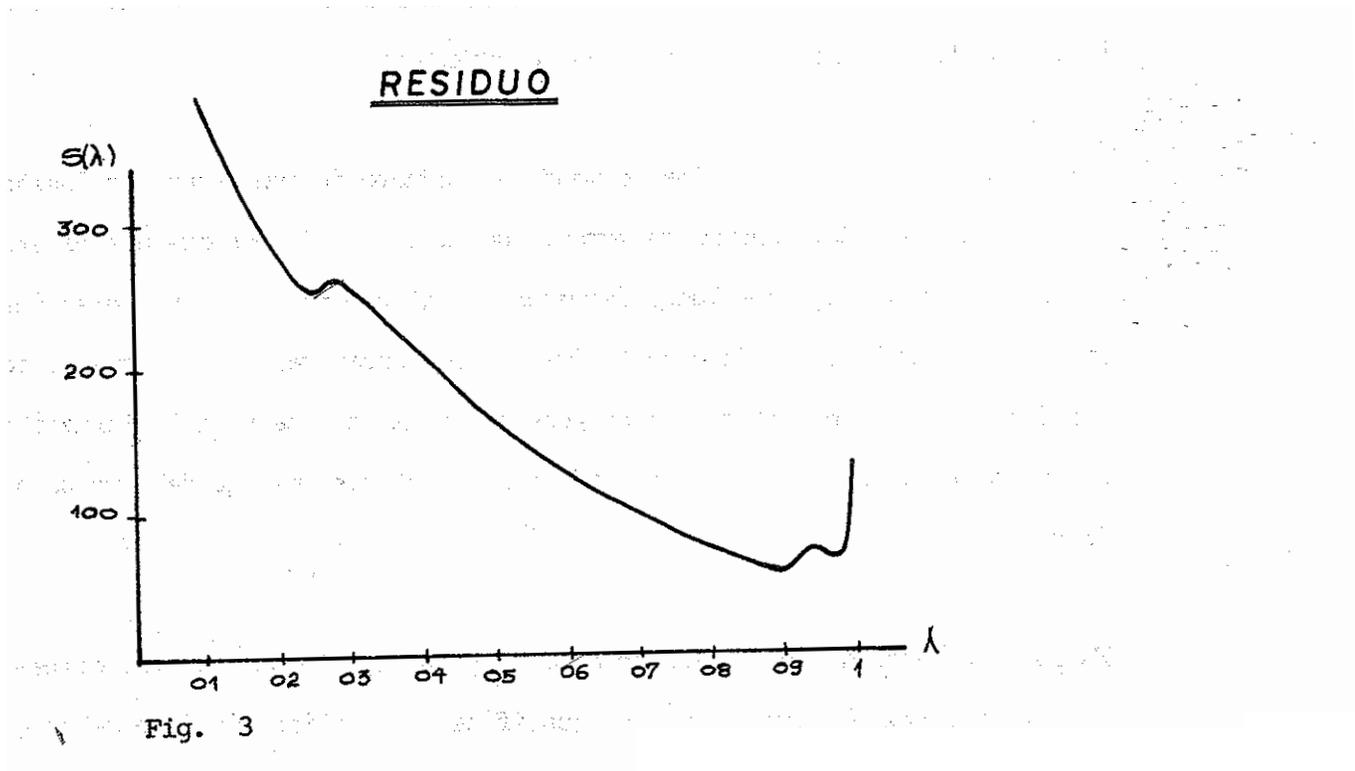


Fig. 2



En el cuadro 6 se presentan los resultados del cálculo de las elasticidades a corto plazo de la demanda de combustibles en relación al producto interno bruto para el modelo de expectativas de adaptación.

Como se observa, la elasticidad demanda - producto interno bruto es inelástica a excepción del consumo de kerex, que el año 1970 presenta una elasticidad igual a 1.016, para luego decrecer paulatinamente hasta volverse inelástico. La explicación de este fenómeno puede encontrarse en la creciente utilización de este combustible en generación eléctrica y en la formación de nuevos hábitos de consumo, estimulados por el crecimiento del producto interno bruto.

Estos resultados de inelasticidad a corto plazo concuerdan con los criterios de rigidez e incertidumbre que justifican la utilización de modelos - con retardos sobre los cuales hablamos al comienzo de este estudio.

ELASTICIDADES A CORTO PLAZO (MODELO DE EXPECTATIVAS
DE ADAPTACION)

AÑO	GASOLINA	DIESEL	RESIDUO	KEREX
70	0.5037	0.3717	0.3365	1.0164
72	0.4863	0.3454	0.3757	0.9671
74	0.4903	0.3309	0.4252	0.9736
76	0.3947	0.2925	0.375	0.6461
78	0.3452	0.2523	0.3282	0.5170
80	0.3068	0.2368	0.3053	0.4272
82	0.279	0.2252	0.2864	0.3641
84	0.2592	0.2161	0.2708	0.3181

CUADRO 6

Para el modelo de ajuste de stock, los parámetros de la ecuación estructural de demanda fueron estimados por el método de mínimos cuadrados (cuadros 7 y 8). Aún cuando los coeficientes de correlación son significativos y el estadístico de Durbin-Watson rechaza la correlación de los términos de perturbación, los resultados no son satisfactorios ya que la hipótesis nula, aplicada individualmente a cada uno de los parámetros se acepta en varios casos.

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA FUNCION DE DEMANDA

PARA EL MODELO DE AJUSTE DE STOCK

		A ₀	A ₁	A ₂	A ₃
I	GASOLINA	- 732.05	43.49 (17.06)	1.28 (0.35)	- 0.397 (0.41)
II	DIESEL	- 279.63	11.26 (11.18)	0.255 (0.42)	0.88 (0.64)
III	KEREX	- 485.03	17.17 (9.67)	1.28 (0.49)	0.44 (0.63)
IV	RESIDUO	- 432.13	21.44 (20.17)	0.938 (0.53)	- 0.097 (0.54)

CUADRO 7

PRUEBAS DE HIPOTESIS Y BONDAD DE AJUSTE

	R ²	D _W	"t" student			F
			A ₁	A ₂	A ₃	
I	0.995	2.32	2.02	3.59	- 0.95	351.3
II	0.989	2.72	0.53	0.596	1.37	160.77
III	0.983	1.91	1.776	2.57	- 0.7	99.3
IV	0.923	2.04	1.063	1.77	- 0.18	19.89

7.- APENDICE A

Consideremos la ecuación de la forma:

$$Y_t = a + b_0 X_t + b_1 X_{t-1} + b_2 X_{t-2} + \dots + u_t; \quad (A.1)$$

en donde:

- a) X_t es una variable predeterminada;
- b) Las u_t ($t=1,2,\dots$) son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con esperanza matemática cero y varianza σ^2 ;
- c) X_t se distribuye independientemente de las perturbaciones contemporáneas y de las perturbaciones sucesivas u_t, u_{t+1}, \dots ;
- d) Los coeficientes $b_i, i=0,1,2,\dots$, son todos del mismo signo y $\sum_{i=0}^{\infty} b_i < \infty$

Esta última restricción implica que un cambio finito de la variable independiente que persiste indefinidamente, trae consigo un cambio finito en la variable dependiente.

Teniendo en cuenta la condición d), la ecuación (A.1) se puede escribir en la forma siguiente:

$$Y_t = a + b \cdot [C_0 X_t + C_1 X_{t-1} + C_2 X_{t-2} + \dots] + u_t;$$

o en forma abreviada:

$$Y_t = a + b \cdot \sum_i C_i X_{t-i} + u_t \quad ; \quad (A.2)$$

en donde:

$$C_i \geq 0; \quad C_i = 1 \quad (C_i = \frac{b_i}{\sum_i b_i}) \quad (A.3)$$

En la expresión (A.2) los coeficientes C_i indican la influencia relativa de los diferentes valores retardados de X sobre la variable Y .

Las condiciones (A.3) sugieren el tratamiento de la sucesión C_i como una distribución de probabilidad. En efecto, si se define una variable aleatoria N , como una variable que exprese el número del retardo de la variable X , se tiene que:

$$P \{N=i\} = C_i, \quad i=0,1,2,\dots \quad (A.4)$$

Para la distribución (A.4) se tiene que la función generatriz:

$$F(z) = \sum_i C_i Z^i \quad (A.5)$$

converge en el intervalo $|z| \leq 1$.

Este tratamiento probabilístico de los coeficientes C_i posibilita analizar la forma de retardos y los parámetros con ellos asociados. Efectivamente, aún en el caso de que la sucesión $\{C_i\}$ presente una estructura complicada, la respectiva función generatriz en muchas ocasiones puede reducirse a una forma algebraica sencilla, lo que permite obtener directamente los momentos de la distribución. Además, si en el modelo (A.1) se presentan varias variables con retardos, la convolución de las distribuciones de los retardos se obtienen fácilmente a partir de las funciones generatrices (5).

La esperanza matemática de la variable aleatoria N (A.4) no es sino el valor medio de los retardos (retardo medio)

$$E(N) = \sum_i i \cdot C_i = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1} \quad (\text{A.6})$$

De manera similar se obtiene la varianza de la distribución de los retardos

$$\text{Var}(N) = \left[\left. \frac{d^2F(z)}{dz^2} + \frac{dF(z)}{dz} - \left(\frac{dF(z)}{dz} \right)^2 \right]_{z=1} \quad (\text{A.7})$$

En la ecuación (A.1) introducimos el operador de retardo L :

$$LX_t = X_{t-1}, \dots, L^n X_t = X_{t-n}$$

entonces (A.1) se transforma en la expresión

$$Y_t = a + [b_0 + b_1 L + b_2 L^2 + \dots] X_t + u_t \quad (\text{A.8})$$

o en forma abreviada

$$Y_t = a + bF(L)X_t + u_t \quad (\text{A.9})$$

Si suponemos que la función generatriz (A.5) es una función racional, entonces se tiene que $F(L)$ puede expresarse en la forma:

$$F(L) = \frac{W(L)}{V(L)}; \quad (\text{A.10})$$

en donde, $W(L)$ y $V(L)$ son polinomios de grado m y n respectivamente.

Sea por definición $L^n K = K$, $n=1,2,\dots$; en donde K es una constante. Entonces (A.9) se escribe:

$$Y(L)Y_t = aV(1) + bW(L)X_t + V(L)U_t, \quad (\text{A.11})$$

b.- Veamos el caso cuando:

$$W(L) = b; \quad V(L) = 1 - cL - dL^2$$

Hay que anotar que en la práctica es de interés considerar los casos en que $V(L)$ es un polinomio de grado inferior a 3, ya que polinomios de grado superior conducen a estimaciones de cinco o más parámetros.

Para este caso la expresión (A.9) toma la forma:

$$Y_t = a + \frac{b}{1-cL-dL^2} X_t + u_t; \quad (\text{A.19})$$

que corresponde a un modelo autoregresivo de segundo orden:

$$Y_t = A_0 + A_1 X_t - A_2 Y_{t-1} - A_3 Y_{t-2} + v_t \quad (\text{A.20})$$

De esta manera se ha obtenido una ecuación similar a la expresión (3.6) salvo en el término aleatorio.

La ecuación característica asociada a la ecuación en diferencias (A.20) es:

$$z^2 - cz - d = 0 \quad (\text{A.21})$$

Para que se cumplan las condiciones de convergencia y no negatividad de $(a - cL - dL^2)^{-1}$ debe tenerse que:

- 1) $c^2 \geq -4d$
- 2) $0 < c < 2$
- 3) $-1 < d < 1$
- 4) $1 - c - d > 0$

o en una forma más explícita:

$$Y_t + v_1 Y_{t-1} + \dots + v_n Y_{t-n} = aV(1) + b(W_0 X_t + W_1 X_{t-1} + \dots + W_m X_{t-m}) + V(L)u_t \quad (\text{A.12})$$

en donde por comodidad se ha tomado $v_0 = 1$.

Para que la ecuación en diferencias (A.12) tenga una solución acotada, - cualesquiera que sean las condiciones iniciales, es condición necesaria y suficiente que las raíces de la ecuación característica asociada a esta ecuación en diferencias, o sea:

$$Z^n + v_1 Z^{n-1} + \dots + v_n = 0 \quad (\text{A.13})$$

sean por módulo menores que la unidad (6). Sin embargo, para el modelo - de retardos distribuidos que estamos considerando, además es necesario que $v^{-1}(L)$ sea convergente y no negativo (4), lo que implica una restricción más fuerte sobre las raíces de la ecuación característica asociada $V(Z^{-1})=0$ esto es, que por lo menos una de las raíces sea positiva.

A continuación consideraremos dos casos particulares para las funciones $V(L)$ y $W(L)$ que conducen a los dos modelos estudiados anteriormente.

a.- Sea : $W(L) = (1-\lambda)^r$ y $V(L) = (1-\lambda L)^r$ (A.14)

En este caso la ecuación con retardos escalonados toma la forma:

$$Y_t = a + b \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \binom{r+i-1}{i} (1-\lambda)^r \lambda^i X_{t-1} + u_t \quad (\text{A.15})$$

Esta última expresión corresponde a la distribución de retardos de Pascal (3), donde: r es un número positivo y λ un parámetro por estimarse. Si $r=1$ se obtiene la distribución de las retardos geométricos:

$$Y_t = a + b(1-\lambda) \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^i X_{t-1} + u_t \quad (\text{A.16})$$

para este caso se tiene:

$$C_i = (1-\lambda) \lambda^i, \quad i=0,1,2,\dots;$$

La función generatriz de la sucesión C_i es:

$$F(Z) = \sum_{i=0}^{\infty} (1-\lambda) \lambda^i Z^i = \frac{1-\lambda}{1-\lambda Z};$$

y por consiguiente el retardo medio se obtiene

$$E(N) = \frac{d}{dz} \left[\frac{1-\lambda}{1-\lambda Z} \right]_{Z=1} = \frac{\lambda}{1-\lambda} \quad (\text{A.17})$$

con una varianza

$$\text{Var}(N) = \frac{\lambda}{(1-\lambda)^2} \quad (\text{A.18})$$

Elasticidades para el modelo de utilización de stock

La ecuación de estimación para este modelo es (3.6):

$$G_t = A_0 + A_1 X_t + A_2 G_{t-1} - A_3 G_{t-2} + u_t$$

Con ayuda del operador L podemos escribir:

$$(1 - A_2 L + A_3 L^2) G_t = A_0 + A_1 X_t + u_t$$

Despejando de esta última expresión G_t obtenemos:

$$G_t = (1 - A_2 L + A_3 L^2)^{-1} \cdot (A_0 + A_1 X_t + u_t)$$

Desarrollando $(1 - A_2 L + A_3 L^2)$ en serie de Taylor y aplicando el operador L resulta que:

$$G_t = \frac{A_0}{1 - A_2 + A_3} + A_1 \sum_{r=0}^{\infty} \sum_{i=0}^r (-1)^i \binom{r}{i} A_2^{r-i} A_3^i X_{t-(r+i)} + \delta_t \quad (B.1)$$

en donde $\delta_t = (1 - A_2 L + A_3 L^2)^{-1} u_t$.

Por otro lado obtuvimos anteriormente que (3.2):

$$G_t^* = G_t - (1-K)G_{t-1}$$

Por consiguiente la elasticidad a corto plazo viene dada por:

$$e_c = \frac{X'}{G'} \left[\frac{\partial G_t^*}{\partial G_t} \cdot \frac{\partial G_t}{\partial X_t} + \frac{\partial G_t^*}{\partial G_{t-1}} \cdot \frac{\partial G_{t-1}}{\partial X_t} \right]_{X_t = X'}$$

A partir de (B.1) y (3.2) se calculan directamente las derivadas parciales indicadas y finalmente se obtiene:

$$e_c = \frac{X'}{G'} A_1 = b(1-\lambda) \frac{X'}{G'} \quad (B.2)$$

Para el cálculo de las elasticidades a largo plazo la fórmula (3.8) puede escribirse como:

$$e_L = \frac{X'}{G'} \left[\sum_{r+i=0}^{\infty} \frac{\partial G_t^*}{\partial X_{t-r-i}} \right]_{X_t = X'} \quad (B.3)$$

Teniendo en cuenta que:

$$\sum_{r+i=0}^{\infty} \frac{\partial G_t^*}{\partial X_{t-r-i}} = \sum_{r+i=0}^{\infty} \frac{\partial G_t}{\partial X_{t-r-i}} - (1-K) \sum_{i+r=1}^{\infty} \frac{\partial G_{t-1}}{\partial X_{t-i-r}} = \frac{A_1}{1-A_2+A_3} - (1-K) \frac{A_1}{1-A_2+A_3}$$

Substituyendo esta última expresión en (B.3) finalmente se obtiene que:

$$e_t = \frac{K A_1}{1+A_2-A_3} \frac{X}{G'} = \frac{X'}{bG'} \quad (B.4)$$

ELASTICIDADES PARA EL MODELO DE ESPECTATIVAS DE ADAPTACION

Introduciendo el operador de retardo, la ecuación de estimación para el modelo de expectativas adaptables se escribe:

$$G_t = \frac{1}{a-A_2L} (A_0 + A_1X_t + u_t)$$

Desarrollando en serie el operador $(1-A_2L)^{-1}$ se obtiene:

$$G_t = \sum_{i=0}^{\infty} A_2^i L^i (A_0 + A_1X_t + u_t);$$

o también:

$$G_t = \frac{A_0}{1-A_2} + A_1 \sum_{i=0}^{\infty} A_2^i X_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} A_2^i u_{t-i};$$

de donde se obtiene que:

$$\frac{\partial G_t}{\partial X_t} = A_1 = b(1-\lambda)$$

y

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{\partial G_t}{\partial X_{t-i}} = A_1 \sum_{i=0}^{\infty} A_2^i = \frac{A_1}{1-A_2} = b$$

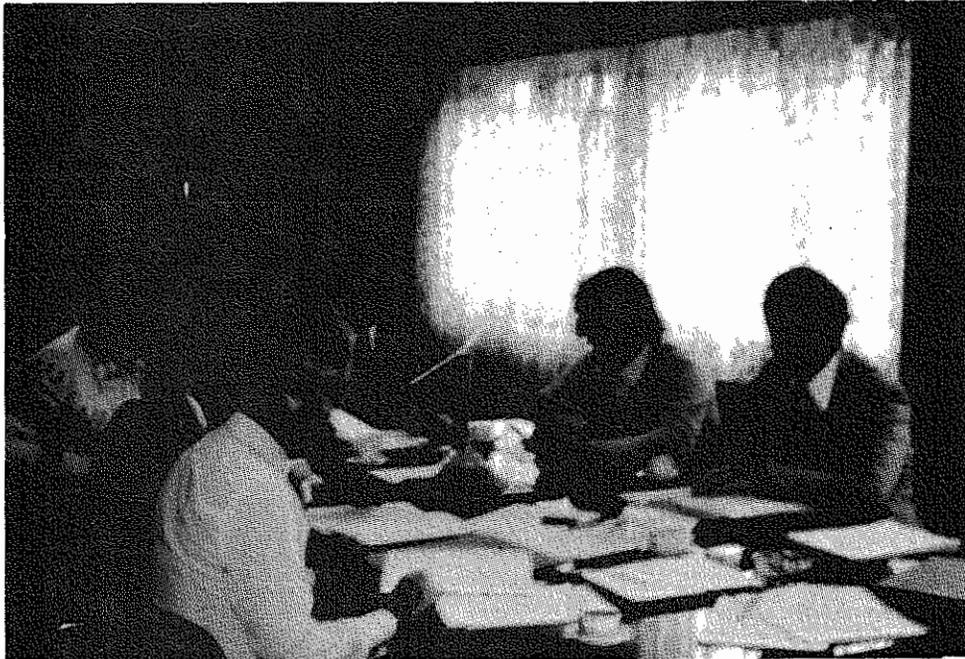
Substituyendo estas dos últimas expresiones en las ecuaciones de definición (3.7) y (3.8) se obtienen las fórmulas (4.8) y (4.9) para el cálculo de las elasticidades a corto y a largo plazo para el modelo de expectativas de adaptación.

9.-REFERENCIAS

- 1.- MALINVAUD, E.: "Métodos Estadísticos de la Econometría", Ed. Ariel, 1967.
- 2.- DAGUM, C.: "Oferta y Demanda de Energéticos en Mexico", El Trimestre Económico, UNAM; 1972.
- 3.- KMENTA, J.: "Elementos de Econometría", Ed. VICEN-VIVES, 1977.
- 4.- GRILICHES, Z.: "DISTRIBUTED LAGS: A SURVEY", Econometría, 42; 1973.
- 5.- FELLER, W.: "TEORIA DE PROBABILIDADES", Ed. LIMUSA.
- 6.- ZELLNER, A.; GEISEL, M.: "Analysis of Distributed Lag Models with Applications to Consumption Function Estimation", Econometrica, 38; 1970.

Buenos Aires y Cuernavaca

ACTIVIDADES DEL PROGRAMA REGIONAL DE ENERGIA EOLICA



BUENOS AIRES:
Participantes en el II Grupo de Trabajo del Programa Regional de Energía Eólica

II GRUPO DE TRABAJO DE ENERGIA EOLICA

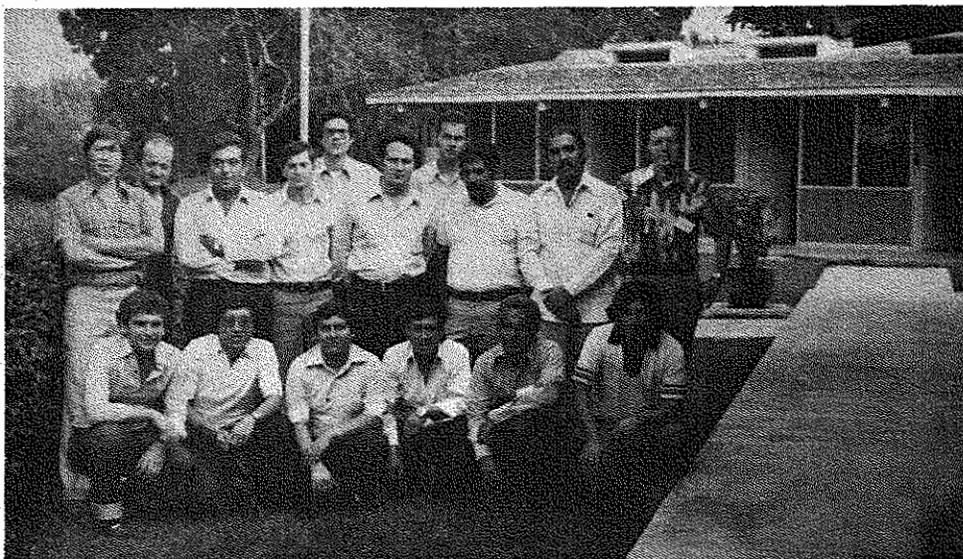
El II Grupo de Trabajo de Energía Eólica de OLADE se reunió del 28 de abril al 2 de mayo de 1980 en el Centro Espacial San Miguel, de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales de Argentina. En esta ocasión, 9 técnicos latinoamericanos discutieron el Programa Regional propuesto por OLADE, a fin de programar las acciones y eventos relativos al año 1980 y también reestudiarlo dentro de las posibilidades que presenta la región para la utilización de esta fuente alterna de energía.

Los participantes en este evento fueron:

ARGENTINA
DRA. JUANA ROSALINA CARDOSO
Asesor Científico
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales

DR. JOSE LUIS AIELLO
Director Científico
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE)

ING. JORGE RUBEN TOLOSA
Jefe División Energía Eólica.



CUERNAVACA:
Expertos que participaron en el I Curso-Seminario Latinoamericano de Prospección, Evaluación y Caracterización de Energía Eólica.

Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE).

BRASIL
ING. ROBERTO FISCHER

Sub Jefe Asesoría Fuentes Alternativas ELETROBRAS

COLOMBIA
ING. LUIS ALBERTO OLARTE CARO
Profesor - Coordinador Grupo Programa Energía Facultad de Ingeniería Universidad Nacional.

CHILE
ING. LUIS GUARDAMAGNA SANHUEZA

Instituto de Investigaciones Tecnológicas (INTEC)

MEXICO
ING. ENRIQUE CALDERA MUÑOZ
Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
Investigador

PERU
ING. EMILIO JAVIER MAYORGA NAVARRO
Instituto Investigación Tecnológica Industrial y Normas Técnicas - ITINTEC
Jefe Area Energía Eólica

OLADE
ING. LUIZ AUGUSTO MARCIANO DA FONSECA

Jefe Proyectos Hidrocarburos y Eólica

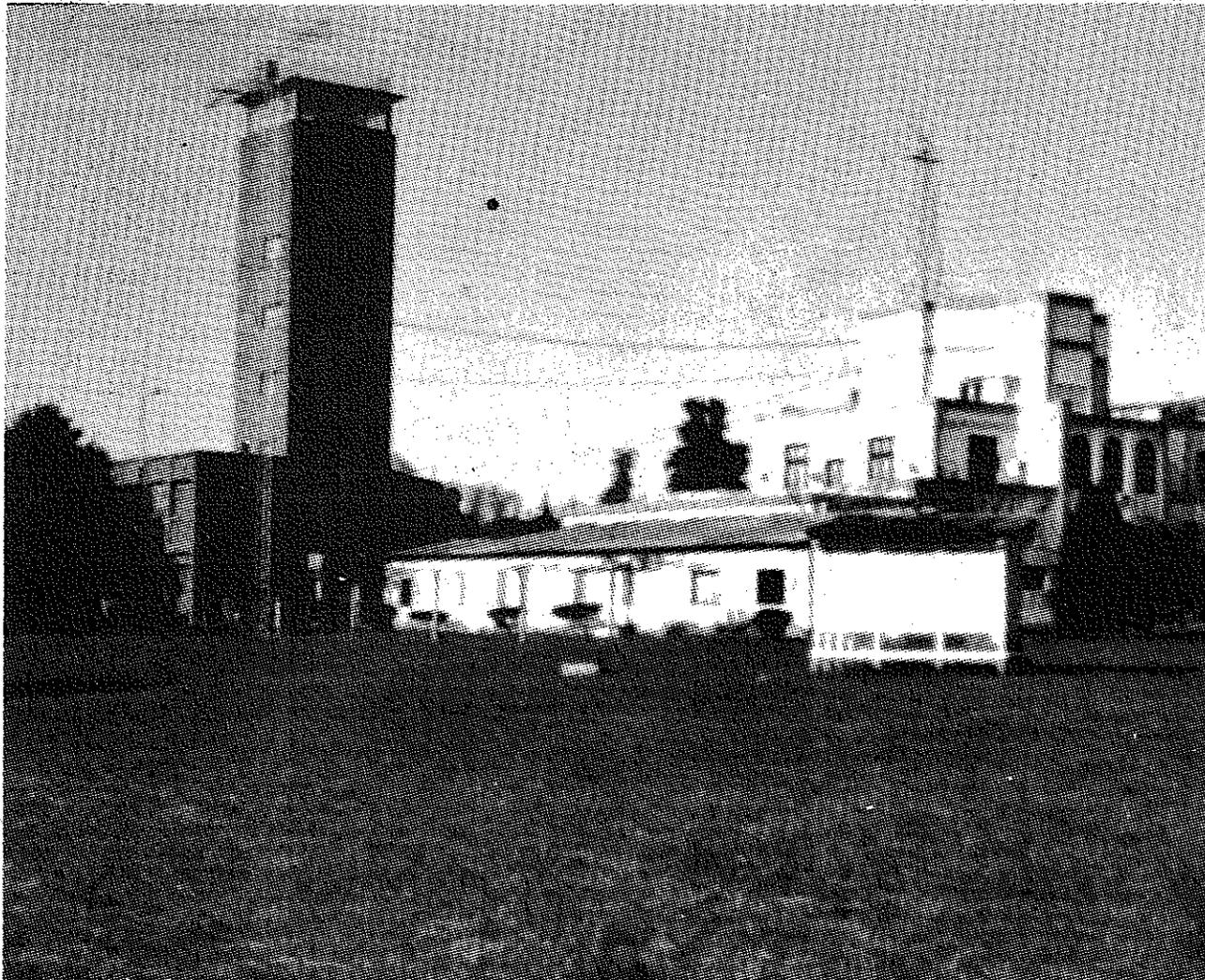
SEMINARIO DE CUERNAVACA

Posteriormente, al I Curso-Seminario Latinoamericano de Prospección, Evaluación y Caracterización de Energía Eólica, realizado en Cuernavaca, México, del 26 al 30 de mayo, asistieron 16 técnicos de 12 países de América Latina para analizar y discutir los aspectos relacionados con la medición del viento en la Región. La finalidad de este evento está relacionada con la primera etapa del Programa Regional de Energía Eólica

de OLADE, el cual prevé la evaluación preliminar del recurso eólico en América Latina y el Caribe con el objeto de elaborar un atlas regional de vientos para detectar áreas de interés por ese recurso, para la implementación de proyectos específicos.

Participaron en este evento:

ARGENTINA
DR. JOSE LUIS AIELLO
Director Científico - Centro Espacial San Miguel
ING. JORGE LUIS MARCHI - Analista Sinóptico Grupo Lucha Antigranizo - Centro Espacial San Miguel.



Vista general del Centro Espacial San Miguel, en Buenos

BOLIVIA

ING. JORGE ZARATE
SANABRIA - Ingeniero de Planificación - Instituto Nacional de Electrificación Rural - INER

COLOMBIA

ING. MET. JORGE IVAN VALENCIA FRANCO - Jefe Sección de Climatología - Instituto Colom-

biano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT

ECUADOR

ING. LUIS AMATO ZURITA FREIRE -

Instituto Ecuatoriano de Electrificación - INECEL

EL SALVADOR

MET. GELIO TOMAS GUZMAN LOPES - Jefe

Proyectos Agrometeorología y Aprovechamiento de la Energía - Servicio Meteorológico del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

GUATEMALA

ING. RICARDO ANTONIO GARCIA MARTINEZ - Coordinador Proyecto Secado Solar de Granos - Instituto Centroamericano de Investigación Tecnológica.

MEXICO

ING. ENRIQUE CALDERA MUÑOZ - Jefe Area Energía Eólica - Instituto de Investigaciones Eléctricas - IIE

ING. MARCO ANTONIO R. ROJAS DIAZ - Investigador Asistente - Instituto de Investigaciones Eléctricas - IIE

ING. RICARDO SALDAÑA FLORES - Investigador Asistente - Instituto de Investigaciones Eléctricas - IIE

NICARAGUA

ING. JAVIER LOPEZ MEDINA - Responsable de Estudios Hidrológicos Instituto Nacional de Recursos Naturales y del Medio Ambiente - IRENA

PANAMA

ING. RAMON OSCAR ARGOTE RAMOS - Jefe Departamento de Energía - Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación - IRHE

PERU

ING. EMILIO JAVIER MAYORGA NAVARRO - Jefe Area Energía Eólica Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas - ITINTEC

REPUBLICA DOMINICANA

ING. ALBERTO LLENAS - Miembro del Personal Técnico - Comisión Nacional de Política Energética.

VENEZUELA

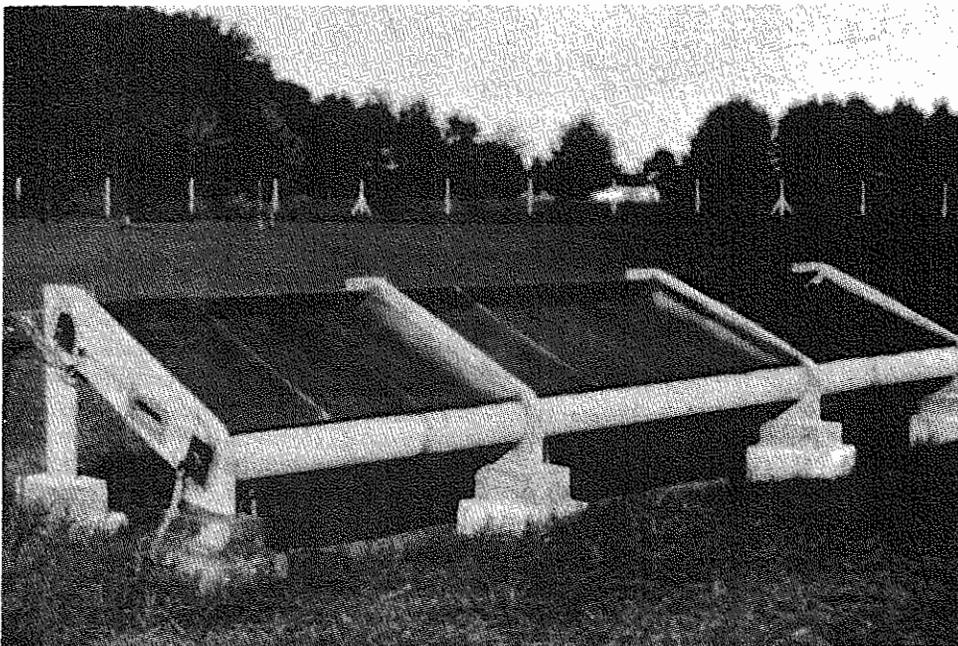
ING. ALFREDO SALIMA - Asesor en Asuntos Energéticos - Ministerio de Energía y Minas

OLADE

ING. LUIZ AUGUSTO MARCIANO DA FONSECA - Jefe Proyectos Hidrocarburos y Eólica



Instalaciones del Centro:
Un destilador de agua y el observatorio solar.



Atlanta

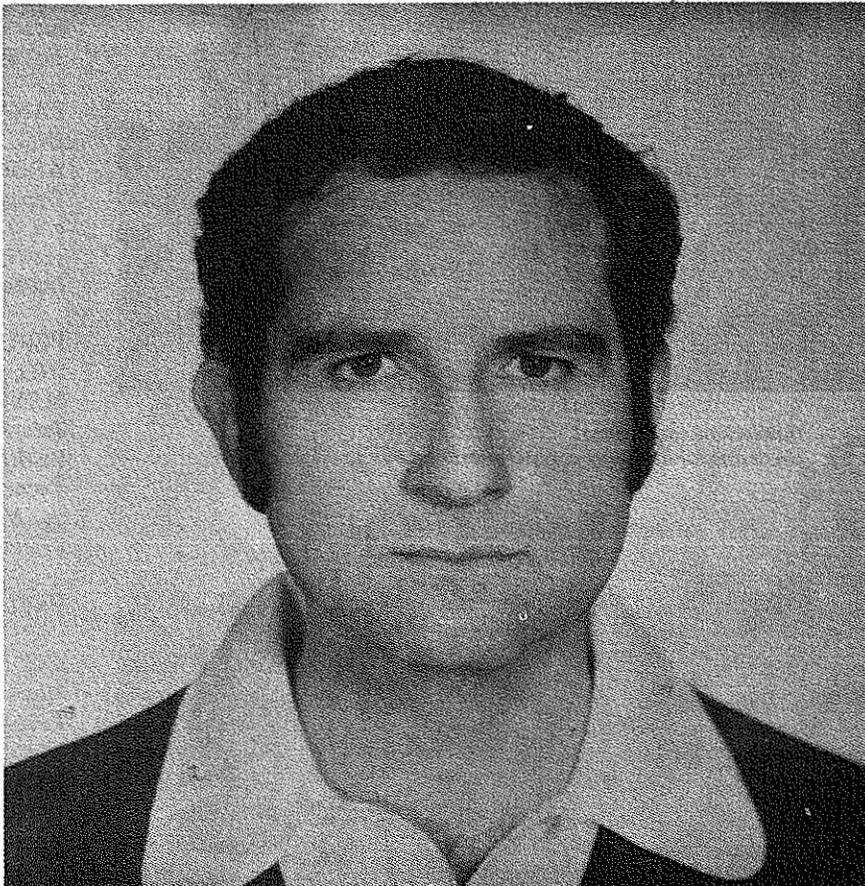
**SEMINARIO ESPECIAL LATINOAMERICANO
SOBRE BIOENERGIA**

Entre el 21 y 28 de abril se realizó en Atlanta, Georgia, Estados Unidos, el Congreso de Bioenergía, organizado conjuntamente por OLADE, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Bio Energy Council (BEC).

El evento, que congregó a los directivos de los programas de bioenergía de América Latina y a ex-

pertos mundiales en la materia, tuvo como preámbulo un Seminario Especial Latinoamericano, que se desarrolló del 18 al 19 del mismo mes.

Del acto inaugural de este seminario, destacamos algunos fragmentos de la intervención del ingeniero Francisco Monteverde Zubirán, Director Técnico de OLADE:



Ing. Francisco Monteverde Z., Director Técnico de OLADE.

“En América Latina se calcula que las compras de petróleo y sus derivados por parte de los países importadores han aumentado aproximadamente de 1.000 millones de dólares en 1972 a 6.600 millones en 1977. Las compras de petróleo en el exterior, que en 1972 representaban el 8 o/o del valor total de las importaciones, se tradujeron para 1977 en el

25 o/o. Esto trae como resultado la acentuación de los desequilibrios de balanza de pagos y el endeudamiento externo.

Por todo lo dicho anteriormente, se ve que es indispensable el desarrollo de nuevas fuentes con-

vencionales de energía o renovables, como es el caso de la bioenergía.

Un estudio preliminar sobre el posible aprovechamiento sistemático de esta fuente hace prever que sería un elemento importante en el desarrollo de nuestros países, al asociar su uso a actividades económicas y abrir la posibilidad de construir íntegramente en nuestros países, los equipos necesarios, considerando prioritariamente tecnologías desarrolladas a nivel regional.

Si la posible utilización de esta fuente se hace en forma programática, bajo una adecuada coordinación regional y con ayuda extra-regional, su uso y beneficios serán sin duda alguna muy significativos y de no iniciar acciones decididas desde ahora, implicaría causar crisis más graves en el futuro cercano.

El presente Seminario, con el patrocinio de OLADE, el BID y el Bio-Energy Council, es una invitación a reflexionar sobre el desafío que conlleva, tanto para nuestro desarrollo como para nuestra independencia latinoamericanas, la entrada a esta llamada etapa de transición en el campo de la energía.

¿Con qué "status" la región deberá entrar a este gran debate internacional sobre la bioenergía y su industrialización?. ¿Estamos entre los que corren detrás para alcanzar a los de adelante o, simplemente, buscamos un destino propio?

Tanto el BID, en la esfera económica y financiera latinoamericana, como OLADE, en su papel de "principal mecanismo de cooperación y coordinación en el campo energético regional", representan dos esquemas fundamentales en el proceso de integración continental. Y el presente Seminario, con el patrocinio conjunto de ambas Instituciones, es un reconocimiento tácito a que la integración regional requiere, principalmente en circunstancias como las que hoy vive el mundo, de decisiones y fórmulas político-institucionales.

Por el distinto punto de partida que los países de América Latina hemos tenido frente a los países industrializados, es imposible que podamos llegar a niveles comparables, aún suponiendo un desarrollo acelerado de nuestro continente.

Por ello, si los países de América Latina nos hemos planteado efectivamente cimentar nuestra cohesión energética a través de OLADE, tendremos que empezar también a analizar nuestra condición semi-marginal en materia de tecnología, a través de la utilización solidaria de lo que es nuestro patrimonio en ese campo.

Las políticas energéticas del continente son, a corto y largo plazo, el escenario donde podremos comprobar las perspectivas de una acción que supere nuestro desnivel tecnológico, adecuando los

conceptos de prioridad y planificación a objetivos regionales de desarrollo.

Ninguno de los aquí presentes dudamos de lo valioso que es el concurso de la inversión foránea en materia tecnológica. La creciente internacionalización del conocimiento científico y tecnológico hace posible que América Latina pueda absorber los progresos de otras regiones y aplicarlos a sus propias necesidades de desarrollo. Pero también es evidente, que para un máximo aprovechamiento de esa posibilidad, debe existir una acción regional coordinada. No sólo porque la integración en el campo energético facilitará la absorción y aplicación de esos conocimientos y los de modernización y especialización de los centros de enseñanza e investigación regional, sino porque constituirá la mejor manera de evitar que la transferencia de tecnología se convierta en otro factor de colonización y dependencia.

La acción desplegada por OLADE en materia de desarrollo tecnológico de fuentes no convencionales de energía arroja un balance positivo. La base operativa de sus programas en este campo lo constituyen las metodologías que ha elaborado, en las que se ha tenido en cuenta la selección y combinación de técnicas adaptables a las condiciones de cada país y al medio ambiente ecológico latinoamericano.

Nuestro esfuerzo ha estado alentado de un espíritu pragmático, de hondas raíces regionalistas, en cuanto a considerar que cada tecnología incluye los valores y las condiciones de la sociedad para cuyo servicio fue diseñada.

Quiero subrayar, a tono con lo anteriormente expuesto, los esfuerzos que dentro de este espíritu desarrolló OLADE para la capacitación teórico-práctico de recursos humanos. La formación de técnicos para la instalación de plantas de biogas ha coronado en pocos meses con un total de 25 personas, contingente que se incorporará a los programas de sus respectivos países. Con ello queremos significar que el advenimiento de un pluralismo tecnológico creativo y eficiente en la región es ya una realidad. El BID y las agencias de desarrollo económico del sistema de Naciones Unidas han concursado ampliamente para el logro de estos objetivos.

Foros como éste constituyen sin lugar a dudas, por su nivel teórico-práctico, una fuente indiscutible de ideas e iniciativas en el desarrollo energético perspectiva de los países. OLADE, imbuida del apoyo político de los países de la región, expresó en la Declaración de San José, y en cumplimiento celoso de su función primordial de asesoría y coordinación, paterniza también en esta ocasión su capacidad para la orientación técnica, eficaz, a los países de la región, ante cualquier decisión de los mismos en el camino al desarrollo energético, partiendo de la implementación de proyectos como los que ocupa la atención de estos trascendentales eventos".

Ecuador

PROYECTO PARA ESTRUCTURAR SISTEMA DE INFORMACION ENERGETICA



La Organización Latinoamericana de Energía proyecta estructurar un sistema de información regional en el área de la energía. La iniciativa tiende a fomentar un flujo adecuado de conocimientos entre los veinticinco países que integran el

organismo regional, así como a promover la transferencia y adaptación de tecnologías relacionadas con el sector.

El plan de acción propuesto a la comunidad latinoamericana sobre esta materia, fue elaborado

por analistas de información de Brasil, Costa Rica, Ecuador, Guyana, México y Perú, con la participación de expertos del Organismo de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Comisión Económica para América

Latina (CEPAL) y el Instituto para la Integración de América Latina (INTAL).

COOPERACION

La cooperación técnica y la transferencia de

tecnologías en materia energética requieren la consolidación de una comunidad regional de usuarios "bien informada" y el establecimiento de sistemas que garanticen el intercambio oportuno y eficaz de la información.

Con estas metas, el Sistema proyectado tiende en una primera etapa a establecer un subsistema de estadísticas básicas generadas en la región y requeridas por éstas; y otro de información referencial sobre fuentes no convencionales de energía, específicamente las relacionadas con energía solar, biomasa, pequeñas centrales hidroeléctricas, geotermia y energía eólica. Un primer paso en este sentido será "la identificación del universo" de la información energética regional, mediante un inventario de las fuentes que la generan, procesan y distribuyen, es decir: centros de documentación, bibliotecas especializadas y otras entidades públicas y privadas.

En razón de la serie de sistemas y redes de "información para el desarrollo" que existen en la región, el proyecto prevé asimismo efectuar una identificación de éstas. El objetivo de este cometido será conocer los servicios que ofrecen, los temas que cubren y su interrelación con el sector energético, como serían los casos de la agricultura, el medio ambiente, el transporte y la industria.

Básicamente, el sistema de información referencial se abastecerá de las fuentes técnicas que estén trabajando en el

área específica de la problemática energética, tanto a nivel mundial como regional. De tal manera, su función será recolectar y ordenar toda la información valiosa que sobre este tema se encuentre dispersa en América Latina, o sin canales para su divulgación en la región.

La naturaleza de la información será de carácter científico, técnico-científico, ambiental, económico y legislativo, fundamentalmente.

Se pretende, asimismo, que el sistema de información referencial sobre fuentes energéticas no convencionales preste a los usuarios los siguientes servicios: resúmenes (abstracts) de ensayos, artículos, tesis o estudios publicados o sin publicar; directorio de instituciones docentes, de investigación y académicas; situación actual del desarrollo y la investigación de los energéticos no convencionales en los países de América Latina y servicios de publicaciones periódicas.

Para la implementación del sistema propuesto, el grupo de trabajo de OLADE promoverá y fortalecerá contactos, entre otros, con las siguientes entidades internacionales, regionales y nacionales: INTAL, UNESCO, CEPAL, Caribbean Development Bank (Banco de Desarrollo del Caribe), Pacto Andino, Petróleos Mexicanos (PEMEX), PETROLEOS DEL PERU (PETROPERU), Petróleos del Brasil (PETROBRAS), Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEC) e Instituto Tecnológico de Chile (INTEC).

PARTICIPANTES EN EL GRUPO DE TRABAJO SOBRE INFORMACION 5,6 Y 7 DE MAYO

Eco. Miguel Hurtado, Analista del Dpto. de Información, Comisión Nacional de Energía, Dirección General de Energía, México.

Ing. Jorge Villalobos Clare, Director de Planificación y Desarrollo, Refinadora Costarricense de Petróleo S.A., Costa Rica

Ing. Rodrigo Nieto, Ingeniero Eléctrico del Plan Maestro, INECEL, Ecuador.

Eco. Luis Alfonso Jurado Velasco, Jefe de Estudios Económicos, Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Ecuador.

Eco. Eugenio Oscar Valenciano, Jefe de División, Banco Interamericano de Desarrollo - BID, Instituto para la Integración de América Latina, Argentina.

Sr. Jorge Pantoja, Jefe del Centro de Información Petrolera, Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Ecuador.

Ing. Carlos Oscar Mena Brito, Subcoordinador de Información, Petróleos Mexicanos, México.

Eco. Alfonso Celso M. de Paula, Jefe de la División de Información Técnica y Propiedad Industrial PETROBRAS, Brasil.

Srta. Lety Gaete, Documentalista, CEPAL/CLADES, Chile.

Eco. Gonzalo Moncayo López, Jefe de Análisis Estadístico, CEPE, Ecuador.

Ing. Rubén Muñoz Ribeyro, Analista Mayor en Investigación Operativa, Petróleos del Perú (Sector Energía), Empresa Estatal perteneciente al Ministerio de Energía y Minas, Perú.

Srta. Ursula Albertus, Asesor Regional del Programa General de Información de la UNESCO. Oficina Regional de Cultura para América Latina y El Caribe c/o UNESCO, Francia.

Ing. Eduardo Yáñez, Director del Centro de Información del INE, Instituto Nacional de Energía, Ecuador.

Ing. Ricardo Ferrnando Demetrio de Souza, Coordinador de Informática, Ministerio Minas y Energía, Brasil.

Miss Karen Everseley, Estadista, National Energy Unit, Guyana.

Ing. Gabriel Sánchez, Jefe del Programa de Balances Energéticos, OLADE, Ecuador.

OPINAN:

- 1.- Teniendo en cuenta la heterogénea evolución de los sistemas y servicios de información existentes en la región ¿qué importancia concede usted a la implementación de un centro de documentación y análisis de información regional en el campo específico de la energía? ¿Cuáles serían los objetivos básicos de apoyo de la información al desarrollo energético de América Latina?
- 2.- ¿De qué manera podrían armonizarse los programas de desarrollo nacionales de información y hacerlos compatibles mediante la formulación de una política y un programa normativo regionales?

RUBEN MUÑOZ

- 1.- A mi juicio, esta acción merece una capital importancia.
Estimo que el apoyo de la información al desarrollo energético tendría los siguientes objetivos básicos:
 1. Permitirá realizar estudios, en América Latina, sobre fuentes alternas de energía.
 2. Permitirá efectuar proyectos específicos en campos que hasta la fecha no han sido considerados.
 3. Permitirá aplicar tecnología que está siendo empleada en otros países.
 4. Incentivará investigaciones sobre energía en instituciones académicas y empresariales.
- 2.- Adoptando normas de procesamiento estandarizado que permita el intercambio de información energética.

Conviene también, construir una terminología específica que permita comprender los distintos aspectos específicos sobre los cuales se intercambiará información o se prestará colaboración a los usuarios.

LETY GAETE:

- 1.- La importancia que se le debe conceder a un centro de información en materia de energía, debería ser de mayor magnitud que la otorgada a otros centros de información que se preocupan de áreas claves del desarrollo; pero deberían coexistir todos estos sistemas complementándose entre sí.

En cuanto al apoyo básico al desarrollo energético de América Latina, se puedan mencionar algunos objetivos básicos como:

- Contribuir a una estrategia de política energética nacional y, por ende, regional.
- Conocer las posibilidades y limitaciones tecnológicas, lo que permitiría desarrollar e incentivar los esfuerzos nacionales en la materia, con la transferencia de información.
- Garantizar el acceso a la información especializada en el campo, a los usuarios de distintos niveles.
- Preparar información realmente confiable y oportuna para los agentes de las políticas de decisión de los gobiernos.

- 2.- La formulación de una política y un programa regional requiere fundamentalmente de un consenso mínimo sobre la índole de los problemas que se pretenden solucionar, en conjunto con los programas de desarrollo nacional.

Los programas de desarrollo nacionales de información para que sean compatibles con la formulación de un programa regional deben considerar, además, que lo que se pretende alcanzar finalmente es "información para el desarrollo".

Algunos puntos sobre los cuales se deberá prestar atención serán:

- La información generada en la región es patrimonio de ella.
- La información generada en la región debe ser intercambiada entre los países componentes de la misma.
- La información científico-tecnológica es solamente una parte de la información que se necesita.
- La cooperación horizontal con respecto a las experiencias logradas en los países de la región debe ser un bien común y, por lo tanto, debe ser transmitida; de tal manera, la cooperación constituye un condicionante clave para lograr la compatibilización.

EUGENIO VALENCIANO:

Actualmente no existe un centro de documentación e información regional en energía. Un sistema de información que vincule a los investigadores y centros que desarrollan programas en el campo de la energía puede constituir un elemento que brinde mayor eficiencia a la labor general de investigación y que estimule la transferencia de tecnología.

Este sistema de información podrá ser más eficaz si se especializa en el campo de las energías no convencionales donde tales servicios no son ofrecidos en la región por ningún tipo de institución.



Venezuela

**COOPERACION
ENERGETICA
REGIONAL
PROPICIA OLADE**

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) inició los primeros contactos para establecer las bases de un programa regional de cooperación energética, principalmente orientado a las áreas tecnológica y financiera.

Con este objeto, el Secretario Ejecutivo del organismo regional, ingeniero Gustavo Rodríguez Elizarrarás, viajó el 20 de mayo pasado a Caracas, Venezuela, país patrocinador de esta iniciativa. Allí coordinó la formación de un grupo de trabajo multirrepresentativo integrado por países latinoamericanos exportadores e importadores de energía, con el concurso de los organismos regionales y subregionales de cooperación, entre otros, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Sistema Económico Latinoamericano (SELA) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

Esta acción inicial fue decidida por la X Reunión de Ministros de Energía latinoamericanos, celebrada por OLADE en Panamá en diciembre pasado. Los resultados que obtenga este grupo de trabajo, luego de su conformación definitiva, podrán ser utilizados como elementos fundamentales de juicio para la política y estrategia energéticas a seguir por OLADE y sus 25 países miembros en la presente década.

Ecuador

REUNION DEL I GRUPO DE TRABAJO SOBRE METODOLOGIA PARA LA UTILIZACION GEOTERMICA DE MEDIA Y BAJA ENTALPIA



En esta reunión, efectuada del 19 al 23 de mayo, se estructuró la metodología para la utilización de la energía geotérmica de baja y media entalpia, con la participación de los siguientes expertos: Ronald Hilker, del Departamento de Energía, Estados Unidos;

Jean - Michel Condert, del Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.), Francia;



Gustavo Cuéllar, Coordinador del Programa Regional de Geotermia, OLADE.

Antonio Yi Yan, Jefe del Programa Regional de Geotermia, OLADE.

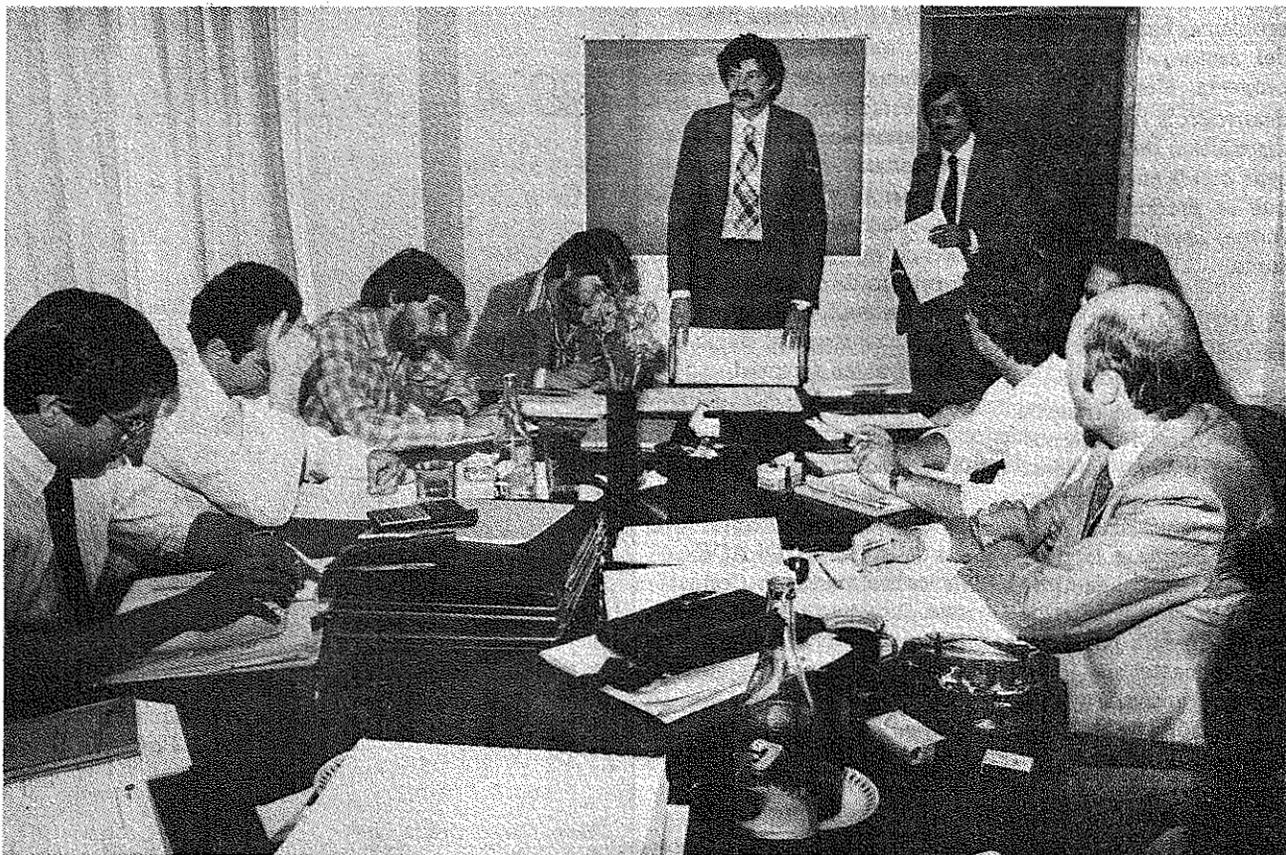
Roberto Shannon, experto de Nueva Zelandia.

Baldur Lindal, del Grupo Consultor VIRKIR, Islandia.

Al respecto, Rodríguez Elizarrarás recalcó la necesidad de establecer un programa de cooperación continental "que permita a los países que carecen de recursos técnicos y financieros, adelantar programas energéticos tanto para disminuir su dependencia del petróleo, como para desarrollar fuentes alternas de energía".



EL BALANCE ENERGETICO, UN INSTRUMENTO PARA LA PLANIFICACION



América Latina importa un 50 por ciento de su consumo de petróleo, que asciende a casi 4 millones de barriles diarios. Este balance global incluye, sin embargo, situaciones muy disímiles, como la de países expor-

tadores netos –Venezuela y México– y la de importadores, como Uruguay, Paraguay y otros países centroamericanos y del Caribe, que dependen en su totalidad del petróleo importado.

En el plano teórico, la sustitución parcial del petróleo en el presente quinquenio –sea por concepto de ahorro de carburante, por el aporte de nuevas energías, o por la generación hidroeléctrica– alcanzaría a cerca de

600 millones de metros cúbicos, equivalentes a 75 mil millones de dólares.

Sin embargo, el camino del cambio hacia una nueva estructura de producción y consumo ener-

gético de la región, está señalado por la capacidad de ésta para definir una estrategia de planificación integral de sus recursos.

¿Cuánta energía tiene América Latina, en qué y cómo la emplea? ¿Cuáles serían sus requerimientos?

Frente a estas interrogantes, la formulación de un balance energético regional, como instrumento de planificación, es la respuesta que permitiría analizar y resolver los problemas característicos del sector, al igual que proyectar alternativas de desarrollo, a partir de un diagnóstico de lo que sucede con la energía desde que se produce y transforma, hasta que se consume.

PLANIFICACION DEL SECTOR

América Latina muestra una situación heterogénea en materia de desarrollo de sus instrumentos de planificación energética. Frente a la situación observada, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) ha propuesto una metodología unificada para la elaboración de balances energéticos de la región.

El programa respectivo tiene como objetivo central lograr que en todos los países latinoamericanos se cuente con un instrumento de este tipo, "homogéneo, de rápida operatividad, que permita, entre otros aspectos, realizar diagnósticos energéticos y definir políticas sectoriales nacionales, capaces de integrarse a una política regional en este campo."

La metodología OLADE apunta como metas: el conocimiento de la estructura energética de los países de la región en cuanto a oferta y demanda y a volúmenes de consumo por fuentes de energía y por sectores (industria, transporte, comercial, servicio público, residencial, agropecuario). Ello permitiría, en cada país y en el caso de cada uno de los recursos, determinar los usos competitivos y no competitivos que faciliten una mejor comprensión de los procesos de sustitución de energía. El programa pretende, asimismo, generar una demanda de información estadística que permita establecer relaciones funcionales entre el sector energía y otros sectores económicos, al mismo tiempo que servir de instrumento de capacitación para los equipos técnicos locales encargados de la planificación sectorial.

Considerando la incidencia de este programa en las políticas energéticas de los países, OLADE ha conformado un Consejo Directivo permanente en la materia. Integrado por responsables gubernamentales de alto nivel en la planificación energética, este Consejo tendrá como misión asesora a los Ministros de Energía del organismo regional, así como la conducción del proyecto y su futura implementación. En su primera reunión realizada recientemente en Caracas, el grupo se constituyó preliminarmente con la participación de los siguientes países: Bolivia, Brasil, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, México, Perú y Venezuela.

Participantes

II REUNION DEL GRUPO DE BALANCES ENERGETICOS 28 AL 30 DE ABRIL

Juan A. Legisa, investigador principal de la Fundación Bariloche, Argentina.

Octavio Michrik, profesor del Area Interdisciplin de Energía, COPPE, Univ. Federal de Rio de Janeiro, Brasil.

Mario Hirán Barbosa, Director del Dpto. de Energía y Transporte de OFIPLAN, Costa Rica.

Diego Otero Prada, Jefe de la Unidad de Infraestructura del Dpto. Nacional de Planeación, Colombia.

Gonzalo Palacios V., Jefe de Proyectos de la Comisión Nacional de Energía, Chile.

Pierre Vernet, Asesor del Instituto Nacional de Energía (INE), Ecuador.

Winston Gómez, Consultor del INE, Ecuador.

Jorge Aquinaga O., Director del Proyecto Balance Nacional de Energía, Ministerio de Energía y Minas, Perú.

William Larralde Páez, Planificador Jefe 3, Ministerio de Energía y Minas, Venezuela.

José L. Calabrese, experto en Planeamiento Energético del PNUD, Costa Rica.

Julian Bharier, consultor económico del Departamento de Energía del Banco Mundial.

Ursula Weimper, economista energético del Departamento de América Latina, División Energía 2 del Banco Mundial.

Gabriel Sánchez, Jefe del Proyecto Balances Energéticos de OLADE.

Perú

OLADE Y GRUPO ANDINO COORDINAN ACCIONES

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y los países del Grupo Andino acordaron coordinar sus actividades en lo que se refiere a áreas y acciones de interés común.

Este fue uno de los puntos tratados durante la visita que realizó en mayo a la sede de la Junta del Acuerdo de Cartagena, el Secretario Ejecutivo de OLADE.

El representante de OLADE fue recibido por el Coordinador del órgano comunitario de la integración andina, doctor Pedro Carmona Estanga, quien estuvo acompañado de los Miembros de la Junta, economista Washington Herrera Parra y el Embajador José de la Puente Radbill.

El tema central de la entrevista fue analizar de la representatividad regional e internacional de OLADE y dentro de este contexto sus relaciones con el Acuerdo de Cartagena.

El Coordinador de la Junta, doctor Pedro Carmona, destacó la importancia del organismo latinoamericano de energía como factor de desarrollo en el continente e hizo un examen de las acciones que el Grupo Andino viene realizando y que tienen especial vinculación con el desarrollo energético.

El ingeniero Rodríguez informó sobre el avance de los proyectos técnicos de OLADE y se refirió a las relaciones de este organismo con la OPEP.

Asimismo, el representante de OLADE explicó sobre los nuevos convenios de cooperación que se han suscrito con otras

organizaciones, el ingreso a la OLADE de nuevos Estados y la adhesión de Argentina.

De otro lado, el visitante hizo un examen de los compromisos financieros de los Estados Miembros y en este sentido analizó la situación del Perú y los demás países andinos.

HOMENAJE

A EX SECRETARIO EJECUTIVO DE OLADE



El ecuatoriano Hernán Escudero Martínez, primer Secretario Ejecutivo de OLADE (1975), fue condecorado con la insignia que otorga la entidad a sus fundadores y a los más destacados funcionarios del sector energético latinoamericano.

Doctor en Jurisprudencia, al abogado Martínez Escudero le correspondió un papel destacado en la etapa de estructuración y puesta en marcha de la Secretaría Permanente del organismo así como en la plena entrada en vigencia del Convenio de Lima.

Desde su entonces cargo de Director de Política Internacional del Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos de su país, el profesional promovió e instrumentó los pasos fundamentales que convertirían a OLADE en la primera organización de su género en la región y en el Tercer Mundo.

Al agradecer este acto de reconocimiento a su labor, el Dr. Martínez Escudero destacó la etapa de dinamismo impuesta a OLADE "gracias a la actual administración, que ha consolidado la imagen del organismo en todos los temas técnico-económicos y científicos del área energética", no obstante sus escasos recursos humanos y financieros.

El Dr. Escudero recordó emocionado al personal que con él iniciara los primeros pasos de OLADE, del cual permanecen el licenciado Boris Castillo y la Sra. Elvia de Andrade, quienes actualmente se desempeñan como Coordinador Regional y Asistente Administrativa de OLADE, respectivamente.

El ex Secretario Ejecutivo interino de OLADE, tras la misión de asesor de política internacional que desempeñara hasta hace poco en la Cancillería de su país, fue designado recientemente como Representante Alterno del Ecuador ante la Organización de las Naciones Unidas.



LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS Y LA DEMANDA DE ENERGIA

La Organización Latinoamericana de Energía, si bien reconoce la necesidad absoluta de intensificar la búsqueda y aprovechamiento racional de las energías convencionales, también considera necesario desarrollar y aprovechar en forma paralela aquellos recursos que, dentro de un marco técnico y económico regional, pueden satisfacer, a costos aceptables, demandas insatisfechas de energía reales y potenciales.

Es importante también, en el marco del desarrollo de las fuentes tanto convencionales como no convencionales de energía, tener en cuenta consideraciones ecológicas que aseguren un bienestar en los asentamientos humanos. Con ello estarán necesariamente asociadas, como ya se hizo mención, las consi-

deraciones socio-económicas y técnicas que permitan elevar el nivel de nuestros pueblos.

Así lo precisó el ingeniero mexicano Gustavo Rodríguez Elizarrarás, Secretario Ejecutivo de OLADE, en el transcurso del tercer período de sesiones de la comisión de las Naciones Unidas para los asentamientos humanos que se realizó a comienzos de mayo en México.

El Secretario Ejecutivo de OLADE manifestó en el curso de ese foro internacional que la Organización regional mantiene un acuerdo de cooperación técnica con el Sistema Económico Latinoamericano (SELA) y dentro de este, un programa de acción común con el Comité de Acción para la Vivienda y Edificación de Interés Social

(CAVEIS), ente que también tomó parte en la cita sobre asentamientos de México.

Una parte de la exposición de Gustavo Rodríguez en el seno de la ONU sobre la materia, se refirió justamente a las relaciones de la energía y los asentamientos humanos y parte de su texto fue el que sigue:

"La subsistencia del hombre, desde su aparición en la tierra, está asociada al control relativo del medio ambiente y sus elementos. Ese llamado "control relativo" se incrementa al descubrir la posibilidad de utilización de los elementos fuego, aire y agua, como fuentes de energía naturales. A partir de este momento, podemos decir que la humanidad emprendió su desarrollo cultural.

Junto con la agricultura, el uso del fuego propició asentamientos humanos al sedentarizarse la actividad humana y con ello su cultura. A través del tiempo, la fuerza del viento y de las aguas, dentro de ese "control relativo", permitieron abastecer la energía necesaria para el desarrollo de la agricultura y de la incipiente manufactura pre-industrial.

Al mismo tiempo, la creciente interrelación del hombre con el medio permitía el avance de la "civilización". La adaptación a su medio ambiente fue determinando, paulatinamente, necesidades de organización y administración que insidían en el uso tanto de la energía como de los demás insumos necesarios para la existencia y funcionamiento de los asentamientos humanos.

Hablar así de asentamiento humano es pensar en éste como el punto de encrucijada en que se centran actividades e intereses de la especie humana. Encrucijada cuya complejidad ha ido en aumento a un ritmo cada vez más acelerado. Hablar de energéticos y su administración en los asentamientos humanos nos lleva a la necesidad de enfrentar uno de los problemas cruciales de nuestro tiempo. La humanidad se enfrenta cada vez más a su dependencia de los energéticos y en momentos de crisis como el actual, las funciones poblacionales que están directamente relacionadas al factor energético sufren impactos que afectan su estructura económica y social.

Es bien conocido el hecho de que el consumo energético se incrementa en relación a las dimensiones de los asentamientos humanos. Son las ciudades en contraposición a los poblados rurales, los consumidores más intensivos de energía, cuando hablamos de esta considerándola como un producto sujeto a control. El campo sigue siendo el transformador por excelencia de la energía natural en alimentación y materias primas para infinidad de industrias. La energía bioquímica acumulada durante el proceso geológico se ve asimismo sujeta a explotación y uso en un proceso que tiende al agotamiento de estos recursos no renovables.

Por otro lado, el desarrollo de las metrópolis y de la economía moderna ha incrementado en las últimas décadas la mi-

gración de poblaciones del campo hacia las ciudades, intensificando con ello, entre otros fenómenos, la demanda de energía, hecho que toma mayor significancia por asociarse a la vida citadina un nivel de consumo energético mayor que en las áreas rurales.

El problema energético es así uno de los problemas más serios y complejos con que se enfrenta la humanidad en el momento actual. En él coinciden problemas políticos y económicos de los países, tanto interno como a nivel internacional.

La satisfacción de las necesidades básicas de la humanidad, en particular de quienes viven en condiciones de subsistencia, la adecuación de la estructura económica de los países, el posible agotamiento de los recursos no renovables, el mejor aprovechamiento de los recursos renovables, el desarrollo y utilización de nuevas tecnologías, así como la gestión adecuada del medio ambiente, están en la encrucijada actual de la cultura humana.

Para los países en desarrollo esta problemática se agudiza porque para desenvolverse requieren de más energía y de un uso más intensivo y racional de ella. La definición de políticas a este respecto constituye una prioridad inaplazable, puesto que en ello se halla comprometido el resultado mismo del desarrollo planteado y sus modalidades.

El nivel de vida de la población: sobre todo las

modalidades de consumo impone la modernización, e están en relación directa con el consumo energético. Dentro de las grandes urbes son las áreas de mayor ingreso las que concentran el consumo y la industria de transformación es también un consumidor considerable de energía y el transporte de los centros de producción a los centros intensivos de consumo acentúa el gasto energético en forma relevante.

El sistema económico y social, asociado en casi todos los países al esquema de consumo y dispendio de energía, ha hecho difícil el desarrollo y utilización de recursos que pudieran dar respuesta a los grandes problemas de la población rural.

Las necesidades energéticas, tanto actuales como futuras de los asentamientos humanos, tienen dos modalidades principales: la primera es el alto grado de demanda por las concentraciones humanas de las grandes metrópolis y centros industriales y, la segunda, es la demanda energética territorialmente dispersa.

La primera forma de demanda sólo podrá ser satisfecha mediante el desarrollo de los recursos energéticos convencionales porque su uso, desde el advenimiento del desarrollo intensivo de la industria, a principios de siglo, ha estado asociado a sistemas integrados de producción, transportación y distribución del servicio a estas grandes concentraciones humanas.

En los países desarrollados los beneficios de la energía han sido dis-

tribuidos prácticamente a la totalidad de la población, los costos que estos significa difícilmente podrían ser cubiertos por las economías de nuestros países, por esta razón, es urgente encontrar formas más apropiadas de su aplicación a nuestra realidad.

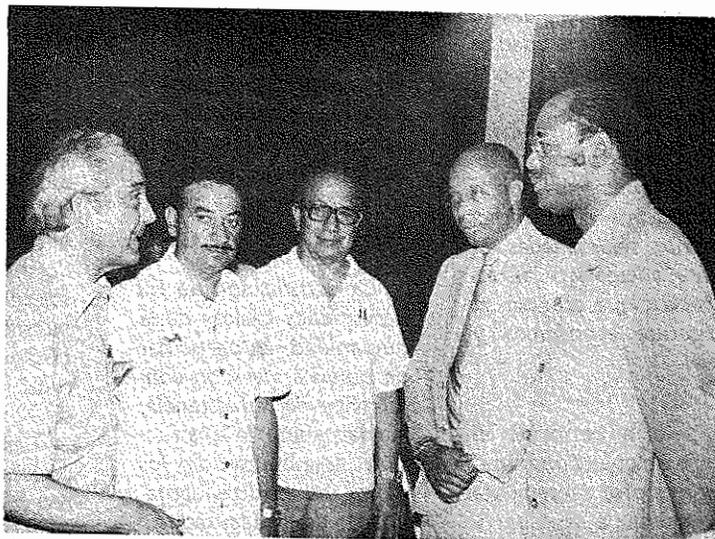
La posible respuesta a la satisfacción de algunas de las necesidades de energía en el esquema de atomización geográfica de los asentamientos humanos rurales, puede encontrarse en la aplicación de las fuentes llamadas no convencionales de energía, por el hecho de no integrarse al sistema de distribución y comercialización mencionado. Eventualmente el desarrollo de estas fuentes bien puede apoyar en determinada medida el sistema de consumo concentrado.

Para dar satisfacción al fenómeno descrito, si bien se reconoce la necesidad absoluta de intensificar la búsqueda y aprovechamiento racional de las energías llamadas convencionales, se considera también necesario desarrollar y aprovechar en forma paralela aquellos recursos que, dentro de un marco técnico-económico regional, pueden satisfacer, a costos aceptables, demandas insatisfechas de energía reales y potenciales.

La distorsión del actual esquema de consumo nos obliga a plantear urgentes soluciones para un uso más racional de los energéticos y mantener o regenerar los ecosistemas que circundan los asentamientos humanos."

Jamaica

**EX MINISTROS DE ENERGIA
CONFORMARON
GRUPO
ASESOR
DE OLADE**



Los ex ministros de energía Hugo Pérez La Salvia, de Venezuela, Gustavo Jarrín Ampudia, de Ecuador, y Enrique Mariaca Bilbao, de Bolivia, dialogan co el Emb. de Cuba Ulises Estrada y el Ministro de Minería y Recursos Naturales de Jamaica Horace Clarke.

Ex-ministros fundadores de OLADE, que agrupa a 25 países del continente, se reunieron en Ocho Ríos, Jamaica, con el objeto de constituirse en Grupo Asesor Ad-honorem del organismo regional.

Este primer encuentro que se realizó entre el 3 y el 6 de junio pasado, fue presidido por el Secretario Ejecutivo de OLADE, ingeniero Gustavo Rodríguez Elizarrarás.

El ejecutivo declaró que en esta reunión se auscultaron e intercambiaron criterios a fin de elaborar tácticas convenientes y oportunas para una estrategia de desarrollo energético regional.



Ecuador

DESARROLLO MASIVO DE LA HIDROENERGIA EN PEQUEÑA ESCALA ANALIZARON EXPERTOS

Los requerimientos y capacidades de América Latina para la implementación y desarrollo masivo de pequeñas centrales hidroeléctricas fueron analizados por un grupo de expertos convocados por OLADE.

En la reunión de trabajo, que se desarrolló del 17 al 26 de junio en la sede del organismo regional, participaron representantes de Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México, Panamá y Perú, así como del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El grupo de especialistas elaboró un documento de referencia sobre la materia, que será utilizado por OLADE en la ejecución de su Programa Regional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (P.C.H.). Los temas de análisis propuestos se refirieron a la situación actual del desarrollo de este recurso en la Región, en cuanto a su identificación y requerimientos, abastecimiento de equipo

PARTICIPANTES EN EL III GRUPO DE TRABAJO SOBRE PCH (Desarrollo de P.C.H.)

ING. ENRIQUE INDACOCHEA R. DE S.

(Coordinador del Grupo)

Coordinador de Transferencia de Tecnología y Jefe del Programa Regional de P.C.H. — Organización Latinoamericana de Energía — OLADE.

ING. OSCAR CHAQUEA B.

Aesor de la Fundación Mariano Ospina Pérez y Proyectista de PCH — Bogotá, COLOMBIA.

ING. LUIS EDUARDO MACHADO H.

Profesor de la Universidad Nacional en Recursos Hidráulicos, Consultor y Proyectista de PCH — Bogotá, COLOMBIA.

ING. ROBERTO ENRIQUE VARGAS D.

Encargado del Sector Energía Departamento de Infraestructura Oficina de Planificación Nacional y Política Económica — OFIPLAN — San José, COSTA RICA.

ING. MARIO FLEITES D.

Secretario del Grupo Técnico Asesor en Energía — Comité Ejecutivo — La Habana, CUBA.

ING. EFRAIN ENRIQUEZ CH.

Funcionario del Departamento de Sistemas Menores Unidad Ejecutora del Plan Nacional de Electrificación Rural — Instituto Ecuatoriano de Electrificación — ICEL, Quito, ECUADOR.

ING. FLAVIO FERRAN R.

Investigador de la División de Estudios de Ingeniería — Instituto de Investigaciones Eléctricas — Cuernavaca Morelos, MEXICO.

ING. LUIS A. HARO Z.

Miembro de la Comisión del Programa de P.C.H., Oficina Sectorial de Planificación — Ministerio de Energía y Minas — MEM — Lima, PERU.

ING. SERGIO MANCILLA A.

Especialista en Energía — Representación en Bogotá — Banco Interamericano de Desarrollo — BID.



y tecnología disponible, posibilidades de recursos humanos y de cooperación internacional. Asimismo, se estudiaron las acciones orientadas a promover la implementación masiva de pequeñas centrales hidroeléctricas mediante políticas nacionales y regionales específicas para la evaluación del estado de desarrollo de estas unidades y de los recursos hidroenergéticos en pequeña escala existentes, que estimulen la cooperación regional, a través del intercambio y prestación de servicio de ingeniería y de actividades de capacitación.

El documento final de esta reunión, así como

los elaborados por los anteriores grupos de trabajo del Programa, serán presentados al I Seminario Latinoamericano sobre Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, que se realizará en Girardot, Colombia, del 3 al 7 de noviembre próximo.

La reunión de trabajo fue coordinado por el Ing. Enrique Indacochea, Coordinador de Transferencia de Tecnología y Jefe del Programa Regional de P.C.H. de la Organización. En ella se complementaron y ampliaron las acciones de desarrollo tecnológico propuestas por el II Grupo de Trabajo, que se reunió en Quito del 21 al 30 de abril pasado.



El Ing. Enrique Indacochea, Coordinador de Transferencia de Tecnología y Jefe del Programa Regional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Jamaica

EXPERTOS LATINOAMERICANOS EN BIOGAS SE REUNIERON EN JAMAICA

Con el objeto de analizar políticas de implementación de programas nacionales de biogás y las alternativas tecnológicas disponibles en la región, 14 expertos latinoamericanos de 8 países se reunieron en Kingston, Jamaica.

Convocado por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el grupo de trabajo lo integraron especialistas de Brasil, Colombia, Chile, Guatemala, Jamaica, México, Perú y República Dominicana.

Como nivel de coordinación y cooperación técnica dentro del programa regional de biogás de OLADE, el grupo elaboró un documento de referencia para el I Seminario Latinoamericano sobre la materia, que se efectuará del 18 al 22 de agosto próximo en República Dominicana.

En esta oportunidad, se trató sobre las distintas tecnologías para la construcción de plantas de gas biológico a nivel rural, tipos de diseño y características de operación, mantenimiento y utilización de diversas formas de desechos orgánicos, como combustibles.

La coordinación de la reunión, que se desarrolló del 23 al 26 de junio, estuvo a cargo del ingeniero guatemalteco Alfredo Paniagua, Jefe del Programa de Biogás del organismo regional.

Ecuador

PERSPECTIVAS DEL CARBON EN EL FUTURO ENERGETICO LATINOAMERICANO

La reaparición del carbón en el escenario energético mundial, se proyecta también hacia América Latina. El interés por impulsar una agresiva política de exploración geológica y minera del recurso a nivel regional, se concretó en una reunión de expertos sobre el tema realizada por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), a fines de junio.

Con una participación que apenas representa el cinco por ciento del consumo energético primario, el desarrollo del carbón en el área se encuentra ligado, hasta ahora, principalmente a los requerimientos siderúrgicos, y una parte mínima, a la generación de energía. Pero esta magra contribución podría aumentar sustancialmente y, al mismo tiempo, convertirse en un sustituto competitivo frente a la eventual disminución de disponibilidad petrolera.

Estas conclusiones, entre otras, están contenidas en el documento ela-

borado por los técnicos participantes, en representación de Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF), de Argentina; Departamento Nacional de Planeación, de Colombia; Dirección de Geología del Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos del Ecuador; Consejo de Recursos Naturales de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, de México; Empresa Minera del Centro, de Perú, y del Ministerio de Energía y Minas, de Venezuela, con el concurso del Programa de Carbones de la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC).

El estudio da asimilado las bases de una metodología de acción regional sobre exploración y explotación del carbón, que con la dirección de OLADE, "sirva de guía a los países" para impulsar fuertemente el uso de este recurso en el abastecimiento de la termoelectricidad. El método propuesto incluye tanto a los países que carecen de indicios de existencia de carbón como a los que ya han iniciado actividades

carboníferas y a los productores.

NEGRO OLVIDO

Hasta antes de la II Guerra Mundial, el carbón cumplía una función dominante como combustible. A partir de entonces, ha venido perdiendo terreno y actualmente, sólo abastece el 19 o/o de la energía consumida en el área occidental. Este "negro olvido" se ha reflejado también en América Latina. Pero después de la crisis energética de 1973, y el agudizamiento de la situación a partir de 1979, los países carboníferos de la región, han vuelto a revalorizar su importancia y a proyectar su consumo en términos significativos para los años venideros.

En general, América Latina se distingue por ser un continente "sin tradición carbonífera". El calificativo es justo, si se considera que sólo siete de sus 30 repúblicas tienen la calidad de productores, incluidos entre los mismos, Argentina, Brasil, Chile, Colombia,

Participantes

I GRUPO DE TRABAJO PARA DEFINIR ACCION DE OLADE EN LA EXPLORACION Y EXPORTACION DEL CARBON

OLADE

Dr. Luis Alberto Aráuz, Coordinador de Fuentes Convencionales de Energía, OLADE, Quito.

ARGENTINA

Geólogo Miguel Sarris, Gerente Departamental de Minas de Yacimientos Carboníferos Fiscales, Buenos Aires.

COLOMBIA

Ing. Jaime Toro Gómez, Asesor Recursos Naturales, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

ECUADOR

Ing. Ramiro Torres Maldonado, Jefe de la Sección de Petrografía-Micropaleontología, del Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Quito.

MEXICO

Ing. Luis Rafael Brizuela Venegas, Gerente de Evaluación y Contratos, Consejo de Recursos Naturales, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.

PERU

Hernán Arévalo del Carpio, Experto en Carbones de Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC), Lima.

Ing. Mateo Flavio Román Paredes, Geólogo de Evaluación de Minas, Empresa Minera del Centro del Perú - CENTROMIN, Lima.

VENEZUELA

Ing. Antonio J. Ferrer M., encargado de las Actividades del Carbón, Ministerio de Energía y Minas.

México, Perú y Venezuela. Otros seis -Haití, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá y Bolivia- son clasificados como "países con indicios carboníferos, pero con reservas no cuantificadas", y el resto, simplemente no dispone de información sobre recursos.

A juicio de uno de los participantes del grupo, ingeniero Hernán Arévalo del Carpio, Jefe del Programa de Carbones de JUNAC, en el presente decenio podría surgir un nuevo y significativo mercado del carbón como insumo básico para fábricas, incluyendo la posibilidad de producir petróleo sintético.

"La tecnología está disponible. Una planta de conversión de carbones para producir cien mil barriles diarios de petróleo sintético o derivados, representa una inversión de tres mil millones de dólares. Pero -señala el técnico- los costos actuales de producción de petróleo, hacen competitiva esta instalación incluyendo su amortización, en un plazo razonable de tiempo." La naciente industria del crudo sintético tiene sus orígenes en la tecnología desarrollada por Alemania durante la II Guerra Mundial. Sin embargo, la mayoría de los proyectos de plantas experimentales usan un sistema desarrollado recientemente, que consiste en la extracción por solventes del carbón seguido de la hidrogenación.

EXPLORACION DE RESERVAS

Las reservas recuperables de carbón de la re-

gión representan cerca del dos por ciento de las mundiales, la producción alcanza alrededor del 0.61 o/o y las importaciones el 2,5 por ciento, aproximadamente. Pero esta situación, según el estudio de OLADE, podría cambiar radicalmente en los próximos años si se propicia un proceso exploratorio de consideración en las áreas carboníferas que se encuentran desconocidas todavía en su mayor parte. Esto, unido a la elevación de los precios de los carbones cotizables en el mercado mundial aumenta el interés de los países latinoamericanos alrededor de la exploración y explotación de su potencial carbonífero.

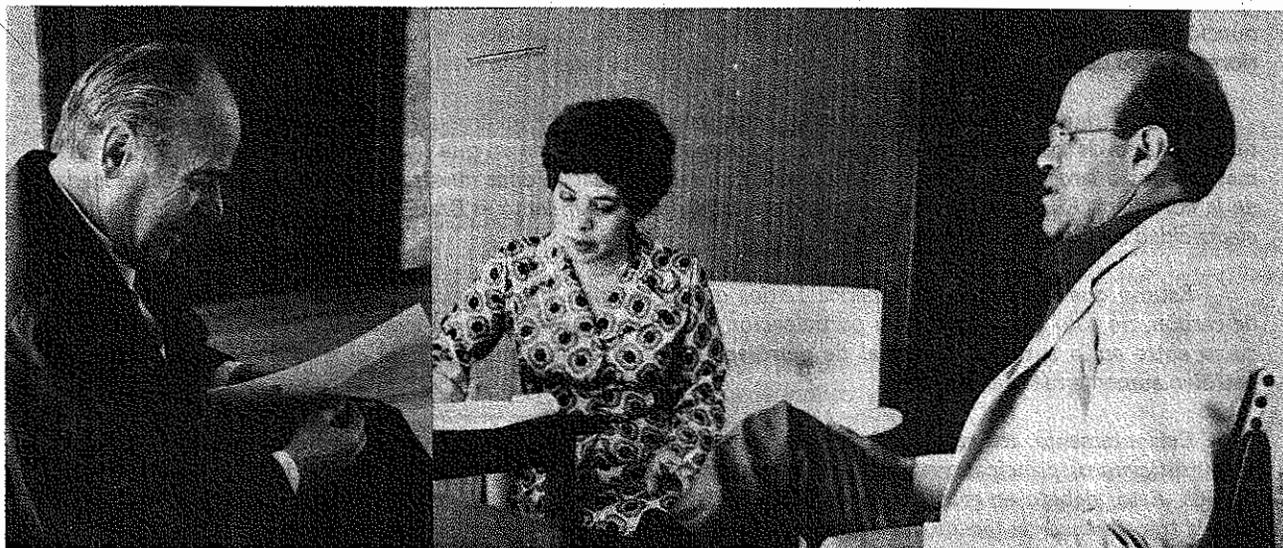
La institucionalización del proyecto de OLADE, según el coordinador de Fuentes Convencionales de Energía del Organismo Regional, Dr. Luis Aráuz, requerirá fortalecer la coordinación de las actividades con los países interesados con los organismos internacionales que desarrollan acciones en este campo, especialmente, con la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) y el Instituto del Fierro y del Acero (ILAFA), que tienen programas específicos al respecto.

Señala finalmente que este programa implica no sólo una conciencia de la perspectiva energética a largo plazo, sino también las decisiones políticas que ejecuten los gobiernos para promover la producción y el uso del carbón, así como las actitudes públicas que permitan hacer factibles tales políticas.



OPINAN:

1. Se afirma que América Latina es una región sin tradición carbonífera. ¿Qué hay de cierto en esta afirmación?
2. Es evidente que el carbón debe tener un papel cada vez más importante para reducir la dependencia actual de los hidrocarburos. ¿De qué manera concibe Ud. una estrategia industrial para incrementar el uso del carbón e incorporarlo al actual esquema de consumo energético? ¿Cómo se podrían enfrentar los grandes esfuerzos de inversión que significa implementar una infraestructura carbonífera?
3. Técnicamente, ¿cómo se prevé disminuir los efectos contaminantes sobre el ambiente que derivan de la exploración, explotación y procesamiento del carbón?
4. Si América Latina explotara su potencial carbonífero, ¿qué ahorro representaría su aporte en el consumo de hidrocarburos?
5. Posibilidades para producir petróleo y gas sintéticos a partir del carbón.
6. ¿Qué incidencia podría tener la metodología propuesta por OLADE en el descubrimiento de nuevos yacimientos?



Nuestra Revista dialoga con el geólogo Miguel Sarris (izquierda) y con el ingeniero Hernán Arévalo del Carpio.

MIGUEL SARRIS:

1. Si bien es cierto que América Latina no tiene una tradición carbonífera comparada con el Viejo Mundo, ha tenido y tiene una modalidad de producción de carbón acorde con su ritmo de desarrollo.
2.
 - a. Determinar en cada país el potencial carbonífero y acorde con esto, implementar políticas de reemplazo gradual de derivados de petróleo de carbón.
 - b. Las inversiones en la infraestructura carbonífera deberían ser graduales, acorde con el avance de esa misma estructura. Estas inversiones podrían ser financiadas por cada uno de los Estados o por instituciones que representen el capital privado.
3. En las etapas de exploración y explotación no hay contaminación ambiental.

En la etapa de procesamiento ya hay tecnología probada que garantiza la no contaminación ambiental.

4. Estimo que primeramente se debe determinar con exactitud el potencial carbonífero de América Latina y los tipos de carbón que puedan utilizarse y/o procesarse para sustituir derivados de petróleo. Recién entonces podrá determinarse el ahorro que representaría su aporte.
5. Hay tecnologías reconocidas y en proceso de desarrollo, en Sudáfrica y en U.S.A. En América Latina estas tecnologías podrán ser desarrolladas, pero su aplicación está condicionada a los tipos de carbón que se requiere para estos procesos.
6. La metodología propuesta es concurrente con las metodologías convencionales diseñadas para la explotación de carbones.

El descubrimiento de carbón dependerá de que existan formaciones geológicas que lo contengan.

HERNAN AREVALO:

Esto es efectivo, a excepción de 7 países — Brasil, México, Colombia, Argentina, Chile, Perú y Venezuela—, pero dentro de estos siete países la producción representa apenas el 1 por ciento de la producción mundial de carbón.

El carbón comienza a ser competitivo, por eso se está fomentando su explotación. Por ejemplo, aunque no a corto plazo, la obtención de petróleo sintético resultaría económicamente rentable, ya que las tecnologías están disponibles. Sabemos que esta tecnología es cara, una planta de conversión de carbones para producir 100 mil barriles de petróleo sintético, o derivados (combustibles blancos, fuel oil, gasolina, diesel), tiene un costo aproximado de 3 mil millones de dólares. Sin embargo, a pesar de que la inversión es grande, los costos de producción del petróleo sintético, incluyendo la amortización de la instalación, resultan competitivas frente a los anteriores precios del petróleo crudo, sobre todo en el caso de los países que cuentan con reservas de carbón.

No hay dudas que la gran dependencia del petróleo que acusa América Latina tiene que ser rendida mediante el uso de otras fuentes alternativas. Al respecto, el trípode en que debemos apoyarnos —aunque como mecanismos a largo plazo— son el carbón y la hidroelectricidad. Todas nuestras cuencas hídricas están colgadas de la cordillera. El mayor y mejor ejemplo de cabal aprovechamiento es Brasil, país que produce el 68 o/o de su electricidad mediante la hidroelectricidad.

Estimo que los países de América Latina deben impulsar una política agresiva en materia de producción de carbón, no sólo para sostener su participación, que es actualmente de un exiguo 5 o/o, sino para que este recurso entre en la sustitución parcial de petróleo. En no hacerlo significará que el gravoso consumo actual de petróleo aumente más del 80 o/o.

Evidentemente, los recursos humanos para sostener y ampliar la infraestructura carbonífera de la región son insuficientes, principalmente en los niveles de administración y técnica en grados de ingeniería y mandos medios. Esto, debido en gran parte a que se abandonó el carbón. De allí que sea fundamental iniciar e intensificar la transferencia de tecnología en todas las fases de la producción y utilización de carbones.

Al respecto, el Grupo Andino visualiza el desarrollo de la industria carbonífera mediante el aprovechamiento integral de los carbones en la subregión, mediante la transformación y adaptación de tecnología, la formación profesional y capacitación técnica alrededor de proyectos específicos, usando principalmente la capacidad de investigación instalada en los países y complementándola cuando sea necesario.

En su papel de organismo integrador, el Grupo Andino ha logrado ampliar la actividad empresarial, tanto del sector estatal como privado, al desarrollar rentables proyectos en la producción y utilización del carbón en algunos de nuestros países. Actualmente, la producción de carbón de los países del Grupo Andino asciende a 4 millones de toneladas por año.

René Ortíz:

"LAS RELACIONES ENTRE ORGANISMOS REGIONALES SON MAS DINAMICAS"



Ingeniero René Ortiz Durán, Secretario General de la OPEP

El ecuatoriano René Ortiz Durán, Secretario General de la OPEP, visitó oficialmente su país a fines de junio pasado. Acompañado por Sabri Kadhim, Secretario de Estudios Energéticos y de Fadhil J. Al - Chalabi, Secretario General Adjunto de la OPEP, durante su permanencia dialogó con diversos sectores del Ecuador —el más reciente miembro de la Organización, desde su ingreso a ella en noviembre de 1973— sobre la situación petrolera internacional.

El programa de esta visita incluyó una sesión de trabajo con el Secretario Ejecutivo de OLADE, Gustavo Rodríguez Elizarrarás, y su equipo asesor, en el que se analizaron los asuntos de interés común de ambos organismos tercermundistas. En esta ocasión, el máximo personero de la OPEP concedió a nuestra revista técnica la siguiente entrevista:

P.— Usted ha reiterado que la OPEP desea la cooperación y no la confrontación con las naciones industrializadas. Sobre la base de este razonamiento ¿con qué estrategia o argumentos abordará la OPEP las negociaciones globales norte-sur que se iniciarán próximamente en el marco de las Naciones Unidas?

R.— Debido a las circunstancias de cambios estructurales que ha tenido el mercado internacional de energéticos, así como las circunstancias políticas de cambio, la OPEP en abril de 1978 constituyó el Comité de Estra-

tégicas a Largo Plazo, cuyo presidente es el ministro de Arabia Saudita Za'ki Ahmed Yamani. Este presentó en abril de este año, en una reunión especial de la OPEP, el reporte que contiene la estrategia en cuanto a la política de petróleos de la OPEP y en cuanto a sus relaciones con los demás países en vías de desarrollo y con los países industrializados.

En el contexto de este reporte, se establece cómo la OPEP atacaría el problema de las relaciones con los países industrializados. Al respecto, decimos: no confrontación, sino cooperación ¿Por qué? Porque tenemos un producto que es vital para los países industrializados y nosotros queremos que estos apoyen a la OPEP para transformar este recurso, que es agotable y extinguido, en un recurso activo, permanente; o sea, la industrialización, la transferencia de tecnología adecuada, la industrialización en el campo de las operaciones de refinación, de la petroquímica, del transporte marítimo, en las cuales se tenga que eliminar las barreras proteccionistas. Porque si estamos hablando de petróleos refinados y petroquímica, no podemos aceptar que esa responsabilidad de montar tal complejo industrial esté orientado sólo al consumo interno. Usted sabe que no hay capacidad de consumo interno en nuestros países, entonces debe estar orientado hacia la exportación, y si hay barreras proteccionistas, como existen al momento, que son contrarias a los principios del GATT,

no se puede aceptar el criterio de que es fácil entrar a refinaciones en petroquímica si antes no se tiene un acuerdo concreto. Entonces, ahí radica la cooperación entre la OPEP y los países industrializados, en cuanto se refiere a este problema específico de industrialización, de transformación de un activo extinguido, en un activo permanente.

P. Dentro de la búsqueda alianza Sur-Sur, los excépticos señalan que "el número de actores es grande, el grado de cohesión, pequeña, y la definición de la situación, imprecisa . . ." ¿Qué opina sobre este criterio y qué papeles podrían jugar OPEP y OLADE en representación, por un lado mayoritario, del mundo árabe y, por el otro, de la región latinoamericana?. ¿Podría ser la creación del Banco de la OPEP?

R.— Esto abarca, justamente, un punto muy importante del reporte de estrategias a largo plazo, que tiene relación en cuanto a la OPEP y los países en vías de desarrollo. El problema fundamental de los países en vías de desarrollo, incluyendo a la OPEP, es que hay un sinnúmero de asuntos de carácter global que nunca han sido resueltos por la comunidad internacional. Uno, el problema del comercio; dos, el problema de transferencia de tecnología; tres, el problema del sistema monetario financiero. Bajo estas circunstancias, nosotros no podemos continuar indefinidamente en este proceso de búsqueda de un nuevo orden económico internacional sin que haya una verdadera cooperación del mundo industrializado. Porque la OPEP no cree que deba ser la responsable de llevar a cabo toda esta transformación, especialmente en el sector energético, donde las inversiones son cuantiosísimas. Entonces nosotros no tenemos por qué sentirnos responsables de esto, pero sí queremos con los países industrializados formar un fondo conjunto entre los dos grupos, (al respecto hay una propuesta concreta) que permita tener el suficiente flujo financiero para satisfacer estas necesidades de desarrollo energético en los países del Tercer Mundo. Ahora bien, el término "sur-sur" podría dar lugar a implicaciones divisionistas. No existe diferencia entre los países de la OPEP y el resto de los países del Tercer Mundo. La única diferencia que existe es que nosotros tenemos ahora la posibilidad de fijar soberanamente los precios de este producto y el resto de los países del Tercer Mundo todavía no han podido alcanzar esa posibilidad. Entonces, el precio del cobre se fija en Londres, el del cacao también, los del café y el estaño igual. Es decir, los precios de estos productos no los fija en los países productores. A eso es lo que yo le llamo la diferencia que existe entre los países de la OPEP y el resto de países del Tercer Mundo. Pero, en concreto, tenemos bases e intereses comunes. Como le manifiesto, son estos asuntos globales, el interés que nos lleva, ese es el interés que nosotros queremos proyectar dentro de estas negociaciones programadas dentro del marco de Naciones Unidas. Pero no queremos encontrar estas calificaciones de "sur-sur", porque esto inevitablemente va a dar lugar a distinguir dos grupos cuando si hay una distinción concreta entre norte y sur. Pero entre sur-sur esa distinción no es concreta, todos so-

mos países en desarrollo. Por qué no van un poquito a Nigeria, Indonesia, Argelia, Ecuador, Arabia Saudita a ver como esos países están precisamente en procesos de desarrollo, unos con mayor potencial que otros, pero el proceso de desarrollo, que es lo más importante, es igual.

¿La creación del Banco de la OPEP?

Bueno esa es otra de las propuestas que está en el marco de la estrategia general que tendrá que ser analizada dentro de la cumbre de Bagdad. (anunciada para noviembre próximo)

P.— Frente a la situación actual y a las perspectivas energéticas mundiales, las aspiraciones de los países de América Latina, miembros de OLADE, sus relaciones con la OPEP, se manifestaron en una reunión de expertos que se realizó en marzo pasado en Quito. El documento emanado de esta reunión propuso una base de relaciones entre ambos organismos tercermundistas que sería sometido a consideración del Comité de Estrategias a Largo Plazo ¿Qué posibilidades tienen de concretarse las formas de cooperación y las aspiraciones de fortalecimiento propuestas por OLADE en este documento?

R.— Nosotros encontramos en las relaciones organizacionales, elementos muy interesantes de cooperación, de intercambio, que hemos venido ejerciendo dentro de nuestras propias prerrogativas. Está contemplado, en forma general, dentro del contexto de la estrategia de largo plazo de la OPEP, en las relaciones con organizaciones similares tercermundistas, pero nosotros ya hemos ido mucho más allá; por ejemplo, en las relaciones que hemos establecido entre la OPEP y la OLADE se han plasmado y se han concretado pasos tendientes hacia mejorar nuestras relaciones, hacia entendernos mejor en los problemas fundamentales de cada una; incluso, a través del fondo de la OPEP se ha podido canalizar una cierta asistencia financiera. Asimismo, en mi calidad de Secretario General de la OPEP, he podido concretar una interacción más dinámica entre OLADE y OPAEP, la Organización Árabe de Países Exportadores de Petróleo. Hemos hecho lo posible para que el Secretario General de la OLADE, conjuntamente con el de OPAEP, vayan estableciendo las bases preliminares de contacto y este después vaya fluyendo como ha fluido con la OPEP, con otras organizaciones regionales. Yo considero que las relaciones entre organizaciones de orden regional son mucho más dinámicas que las de orden internacional, porque se pueden encontrar puntos más afines y, hay que reconocerlo, este es un proceso que va tomando cuerpo poco a poco. Entonces, las relaciones que se mantengan entre OLADE y OPAEP, por ejemplo, yo espero sean muy productivas en el futuro por esta razón.

P.— Se dice que América Latina aprendió a planificar a partir del problema de la energía ¿Cómo ve el Secretario General de la OPEP la contribución de OLADE en el plano de la cooperación regional?



Un aspecto de la sesión de trabajo entre el Secretario General de la OPEP y el Secretario Ejecutivo de OLADE.

R.— Yo creo que América Latina dio uno de los pasos más efectivos, y creo que lo hizo, incluso, con mucha mayor seriedad, a raíz del incremento, del ajuste de precios del petróleo en 1973. Es decir, la región vio con claridad que el problema de la energía se venía muy rápido porque concretamente América Latina, a través de OLADE, encontraba que la naturaleza extinguida de un producto, como el petróleo, era cierta, no había nada escondido detrás, no se encontraba sino la tendencia a satisfacer las necesidades energéticas del futuro, tomando en cuenta el gran potencial que existe en América Latina. De tal manera, yo creo que la iniciativa que tuvo América Latina de formar un grupo energético, en la formación de una organización que planifique el desarrollo y el suministro de energía en la región fue uno de los pasos más acertados que se han dado, y con mucha oportunidad, porque ha permitido hasta el momento establecer bases generales de cómo lanzar grandes proyectos de energía en América Latina. Esto está aún por verse en grupos como la OCDE, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, donde la mayor preocupación parece ser sólo el problema del petróleo y el problema general de la energía sólo se lo va atacando en formas individuales, pero con grandes diferencias dentro de los países industrializados.

Recientemente en 1979 tuvo lugar la primera iniciativa árabe, la primera reunión árabe, la primera conferencia de ese bloque de países sobre energía que, obvia-

mente, permitirá, según el objetivo que he detectado en este congreso, la formación de una organización similar a OLADE. Ahí es donde también yo encuentro la coyuntura de las relaciones entre OLADE y OPAEP.

Sin embargo, no se trata de una complementación a través del petróleo. Porque el problema no es sólo este producto, sino que el problema es la energía globalmente. El del petróleo es un problema totalmente aislado. No es de solución inmediata. En cambio, el de la energía es un problema de una capacidad tan grande, de un esquema tan inmenso, que abarca tanto formas de energía convencionales, no convencionales, que requiere un esfuerzo concertado de todos. El problema del petróleo es un simplemente ver cómo reducir el consumo, porque no existen suficientes reservas como para satisfacer una tasa de crecimiento de consumo como la que existe, específicamente, en América Latina, donde la tasa de crecimiento de consumo energético proveniente del petróleo es demasiado alta. Entonces hay que ir buscando los reemplazos. Parece absurdo, pero hay una forma de explicar cómo un producto como el petróleo no se ajusta a las leyes clásicas económicas. La ley clásica económica y de comercio diría que, mientras se puede colocar un barril de petróleo más, estaría mejor. Pero nosotros estamos proclamando, justamente, lo contrario: por favor, no consuman más petróleo.

EVENTOS:

Colombia

I SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS — P.C.H. —

GIRARDOT — COLOMBIA
3 AL 7 DE NOVIEMBRE
1980

PROGRAMA INSTRUCTIVO

1. INTRODUCCION

Las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) constituyen una de las principales alternativas para impulsar el desarrollo energético en el medio rural y en las poblaciones aisladas de Latinoamérica, considerando el enorme potencial hidroenergético en pequeña escala con que cuenta la región y la experiencia alcanzada por algunos países en el desarrollo de esta fuente energética alternativa.

Siendo necesario impulsar el desarrollo de las PCH a nivel regional con criterios de implementación masiva y superar los problemas que se presentan para su aplicación, en enero de 1980 OLADE inició su Programa Regional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, de acuerdo a los lineamientos desarrollados en la I. Reunión de Grupo de Trabajo sobre PCH realizada en agosto de 1979.

El Programa Regional de OLADE tiene como objetivo coordinar las acciones de los países de la región para promover el desarrollo de PCH, lo que comprende acciones de cooperación entre los países, preparación de manuales y metodologías, realización de eventos, implementar proyectos específicos con carácter piloto y demostrativo, facilitar asistencia técnica y promover actividades de desarrollo tecnológico,

transferencia de tecnología intra-regional y la producción y abastecimientos regional de equipamiento y materiales.

El desarrollo de PCH requiere de un enfoque integral que comprenda acciones relacionadas con la evaluación de recursos y necesidades, planeamiento, organización institucional y participación comunal, elaboración de estudios de pre-inversión, financiación, construcción, operación y mantenimiento de plantas, utilización productiva de la energía producida, desarrollo y aplicación de tecnologías no convencionales, transferencia de tecnología, abastecimiento y producción de equipos y materiales.

En abril de 1980, OLADE organizó la II Reunión de Grupo de Trabajo sobre PCH, en la cual se analizó la problemática de la tecnología y el equipamiento, a nivel de los países y la región en su conjunto, habiéndose preparado el documento denominado "Situación y perspectivas de la tecnología y equipamiento para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica".

Luego, en junio de 1980, OLADE organizó la III Reunión de Grupo de Trabajo sobre PCH, con la finalidad de estudiar cuestiones relativas al desarrollo de PCH como proyectos de inversión en Latinoamérica, habiéndose elaborado el documento "Requerimien-

tos y Metodología para la implementación masiva de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Latinoamérica".

Contando con los documentos de base preparados por los grupos de trabajo, se convocó al Ier. Seminario Latinoamericano sobre PCH, el cual es co-auspiciado por la Organización Latinoamericana de Energía OLADE y el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL y se realizará en Bogotá el 3 al 7 de noviembre de 1980, conteniendo los siguientes objetivos:

- 1.- Proponer un conjunto de acciones específicas a nivel regional y nacional necesarias para promover la implementación masiva de PCH en latinoamérica, tomando como referencia los documentos de base preparados por los grupos de trabajo de OLADE.
- 2.- Perfeccionar los documentos de base para adecuarlos a una amplia difusión entre instituciones y expertos de la región.
- 3.- Tomar conocimiento del estado de desarrollo y perspectivas de las PCH en los diferentes países de la región, a partir de los informes de los países, y ubicarlos en el contexto del panorama regional.
- 4.- Analizar a nivel de mesas redondas un conjunto seleccionado de trabajos técnicos específicos preparados por los delegados.
- 5.- Promover contactos entre instituciones y

expertos latinoamericanos vinculados a las PCH como una acción concreta orientada a fortalecer la cooperación regional en este campo.

Es intención de OLADE publicar y difundir los resultados de los trabajos del Seminario, conjuntamente con los informes de los países y los trabajos técnicos presentados, que reflejarán el grado de avance y perspectivas de desarrollo de las PCH en Latinoamérica.

Para el desarrollo del evento se tendrá el siguiente ordenamiento:

PROGRAMA

I. Reuniones Plenarias

Se realizarán sesiones plenarias para tratar lo siguiente:

-Presentación y discusión de los documentos de base de OLADE.

-Presentación y aclaraciones sobre los informes de los países.

-Revisión, discusión y aprobación de documento de acciones presentado por las Comisiones de Trabajo.

II. Comisiones de Trabajo

Se formarán tres comisiones de trabajo principales para tratar los siguientes aspectos:

Comisión "A" - Tecnología y Equipamiento.

Comisión "B" - Desarrollo e implementación de PCH.

Comisión "C" - Recursos humanos y capacitación.

Tomando como referencia los documentos de base de OLADE y las discusiones en la plenaria luego de su presentación, las comisiones prepararán un documento que se denominará "Propuesta de acciones nacionales y regionales para la implementación masiva de PCH en Latinoamérica", el cual será sometido a la Reunión Plenaria.

III. Mesas Redondas

Se formarán tres mesas redondas que se reunirán separada y simultáneamente para tratar los siguientes temas:

Mesa "A" Tecnología y Equipamiento
Mesa "B" Desarrollo e implementación de PCH.
Mesa "C" Recursos humanos y capacitación.

En las mesas redondas se presentarán y discutirán los documentos técnicos que hayan preparado los participantes, así como cuestiones técnicas específicas, pudiendo prepararse resúmenes de comentarios.

Las actividades del Seminario seguirán el siguiente calendario:

Noviembre 2 (Domingo)

12:00-19:30

Bienvenida e inscripción de asistentes en su alojamiento.

Noviembre 3 (Lunes)

09:00- 10:30

Sesión inaugural.

10:30-11:00

Receso.

11:00-13:30

Reunión Plenaria - Presentación de los docu-

mentos "El desarrollo de PCH en Latinoamérica" y "Situación y perspectivas de la Tecnología y equipamiento para PCH en Latinoamérica".

13:30-15:00

Almuerzo.

15:00-18:00

Presentación del Documento Requerimientos y Metodología para la implementación masiva de PCH en Latinoamérica", discusión de los tres documentos presentados.

20:00

Cena ofrecida por OLADE.

Noviembre 4 (Martes)

09:00-09:30

Formación de Comisiones de Trabajo.

09:30-13:00

Reuniones de Comisiones de Trabajo.

13:00-15:00

Almuerzo.

15:00-18:00

Reuniones de Comisiones de Trabajo; terminación del borrador del documento "Propuesta de acciones Nacionales y Regionales para la implementación masiva de PCH en Latinoamérica".

20:00

Programa cultural folklórico y cena ofrecida por ICEL.

Noviembre 5 (Miércoles)

09:00-13:00

Reunión Plenaria - Presentación "Informes Nacionales".

13:00-15:00

Almuerzo.

15:00-16:30

Reunión Plenaria - Presentación de "Informes Nacionales".

16:30-18:00

Reunión Plenaria – Discusión y aprobación del Documento preparado por las Comisiones de Trabajo.

20:00

Coctel ofrecido por OLADE.

Noviembre 6 (Jueves)

09:00-09:30

Formación de Mesas Redondas.

09:30-13:00

Reuniones de mesa redonda; presentación de documentos técnicos y discusión.

13:00-15:00

Almuerzo.

15:00-17:00

Mesa Redonda – Presentación de documentos técnicos y discusión.

17:00-18:30

Sesión de Clausura del Seminario.

20:00

Coctel ofrecido por ICEL.

Noviembre 7 (Viernes)

07:00-16:30

Visitas técnicas y almuerzo típico.

16:30-17:00

Entrega de documentos finales a participantes.

CONSULTAS Y COMUNICACIONES.

Toda consulta o aclaración adicional, así co-

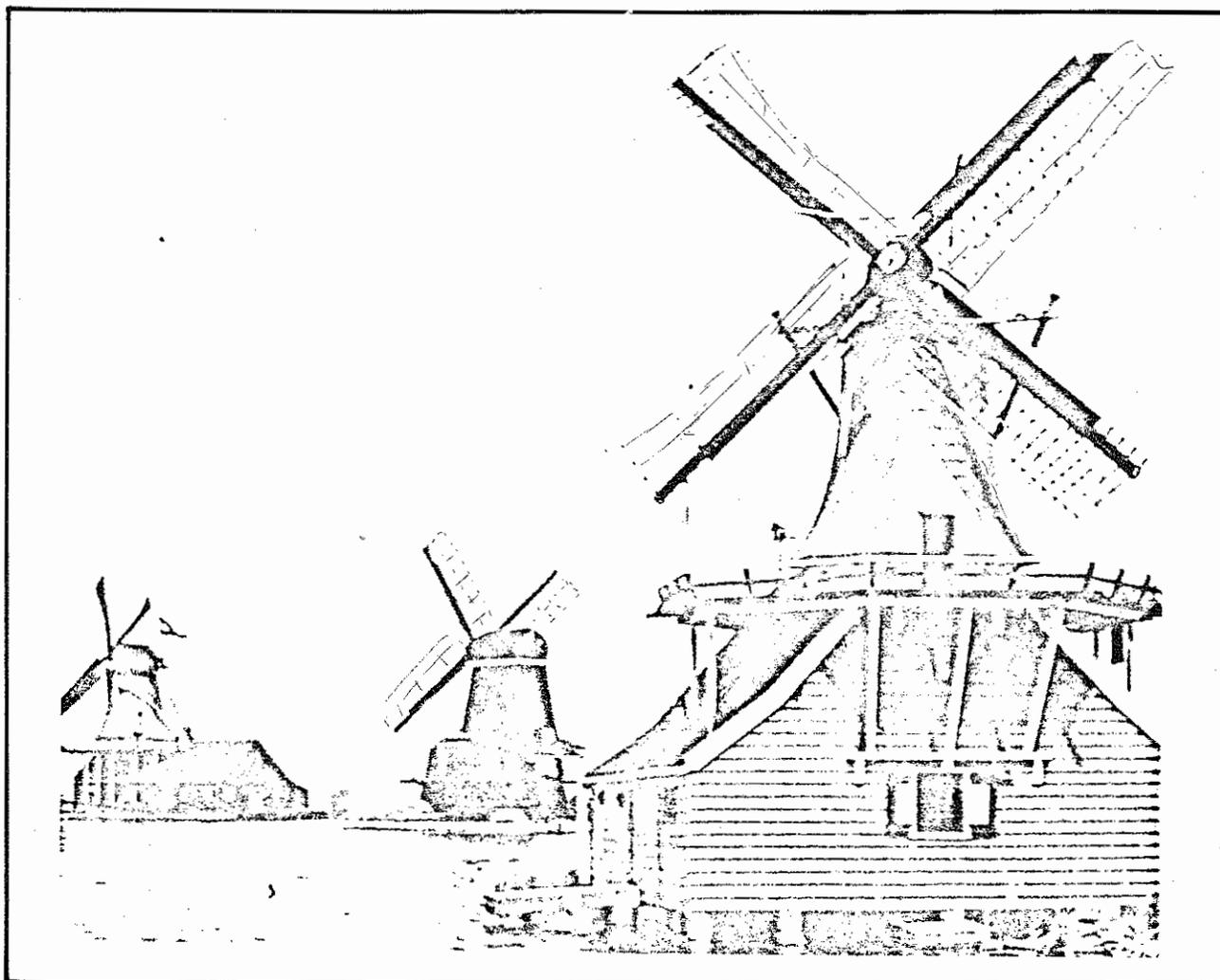
mo cualquier información sobre el seminario podrá ser dirigida a los directores del evento Ing. Carlos Rodado Gerente –ICEL– Apartado Aéreo No. 16243 Bogotá D.E. Colombia – Telefonos: 2420181 y 2439110 Ext. 11 Télex No. 43319.

Ing. Francisco Monteverde – Director Técnico – OLADE.

Casilla 119-A Quito, Ecuador

Tel: 544-800

Télex 2728 - OLADE-ED



México

La Organización Latinoamericana de Energía, máximo organismo de integración, coordinación y promoción energética de América Latina, establece programas cuyo objetivo es el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía con fines alternativos o sustitutivos. Con este espíritu, organizó y realizó el I y II Seminario Latinoamericano de Exploración Geotérmica en Quito, Ecuador, y en San Salvador, El Salvador, en 1978 y 1979, respectivamente.

De estos seminarios emanaron los documentos parciales de su "Metodología de Exploración Geotérmica", correspondientes a la etapa de exploración.

El éxito de estos eventos, la gran acogida que el medio geotérmico mundial ha otorgado a esta Metodología y los recientes resultados obtenidos de los estudios de reconocimiento que se efectuaron en Ecuador, Perú, Haití y República Dominicana, han motivado a la Secretaría Permanente de OLADE realizar este III Seminario, co-organizado por la Comisión Federal de Electricidad, CFE, de México.

De esta manera, culminamos nuestro esfuerzo de tres años consecutivos en la elaboración de esta "Metodología de Exploración y Explotación Geotérmica".

ACTIVIDADES

I. SESIONES TECNICAS

Su objetivo es revisar y redactar, para su publi-

cación, el documento preliminar "Metodología sobre Exploración y Explotación Geotérmica - Fase de Desarrollo y Explotación" elaborado por el Grupo Geotérmico de OLADE.

III. MESAS REDONDAS

Tienen la finalidad de presentar los proyectos geotérmicos que se hallan en desarrollo en los países de América Latina, para su estudio y enriquecimiento con la intervención y experiencia de los expertos participantes y, posteriormente, emitir una publicación que muestre el estado de la geotermia en la región hasta septiembre de 1980.

III VIAJE DE ESTUDIO VALLE IMPERIAL, CALIFORNIA, USA.

PROGRAMA

OCTUBRE 12. Domingo

10:00 - 19:00
Bienvenida e inscripción de asistentes en sus respectivos hoteles.

OCTUBRE 13. Lunes

09:00 - 10:30
Sesión inaugural.

10:30 - 11:00
Receso.

11:00 - 13:30
Ubicación y terminación de pozos de producción. Instalaciones superficiales.

13:30 - 15:00
Comida.

15:00 - 18:00
Presentación de los avances logrados en los pro-

III Seminario sobre
desarrollo y
explotación
geotérmica

III workshop on
geothermal
exploitation and
development



Cerro Prieto, Baja California, México
octubre 13-17, 1980
13-17 October, 1980

yectos geotérmicos de los países participantes.

20:00

Cena ofrecida por la Organización Latinoamericana de Energía.

OCTUBRE 14. Martes

09:00 – 13:00

Desecho de fluidos. Selección y diseño de plantas geotérmicas convencionales y de plantas portátiles a boca pozo.

13:00 – 15:00

Comida.

15:00 – 18:00

Presentación de los avances logrados en los proyectos geotérmicos de los países participantes.

20:00

Bailables mexicanos en el Teatro del Estado de la Ciudad ofrecido por la CFE.

OCTUBRE 15. Miércoles

09:00 – 13:00

Visita a las instalaciones geotérmicas de Cerro Prieto (campo y planta).

13:00 – 15:00

Comida.

15:00 – 18:00

Presentación de los avances logrados en los proyectos geotérmicos de los países participantes. Noche libre.

OCTUBRE 16. Jueves

09:00 – 13:00

Construcción, operación y mantenimiento.

13:00 – 15:00

Comida.

15:00 – 19:00

Presentación de los avances logrados en los proyectos geotérmicos de los países participantes.

20:00

Cena cantonesa.

OCTUBRE 17. Viernes

09:00 – 13:00

Adquisición de datos, evaluación y pronóstico del comportamiento de yacimientos.

Políticas de explotación y análisis de costos.

13:00 – 15:00

Comida.

15:00 – 19:00

Revisión final y aprobación del documento "Criterios Básicos para el Desarrollo y Explotación de Campos Geotérmicos".

19:15

Clausura del Seminario.

21:30

Noche mexicana ofrecida por la CFE.

OCTUBRE 18, Sábado

08:00 – 14:00

Visita a los proyectos geotérmicos del Valle Imperial, California, U.S.A. (Opcional).

GRUPO GEOTERMICO OLADE

Dirección:

Ing. Héctor Alonso Espinosa (CFE)

Ing. Francisco Monteverde Z. (OLADE)

Coordinación:

Ing. Alfredo Mañón Mercado (CFE)

Dr. Gustavo Cuellar J. (OLADE)

Asesoría:

Ing. Alfredo Mañón Mercado – CFE

Ing. Arturo Gonzalez – CFE

Ing. Bernardo Domínguez – CFE

Ing. Francisco Vital – CFE

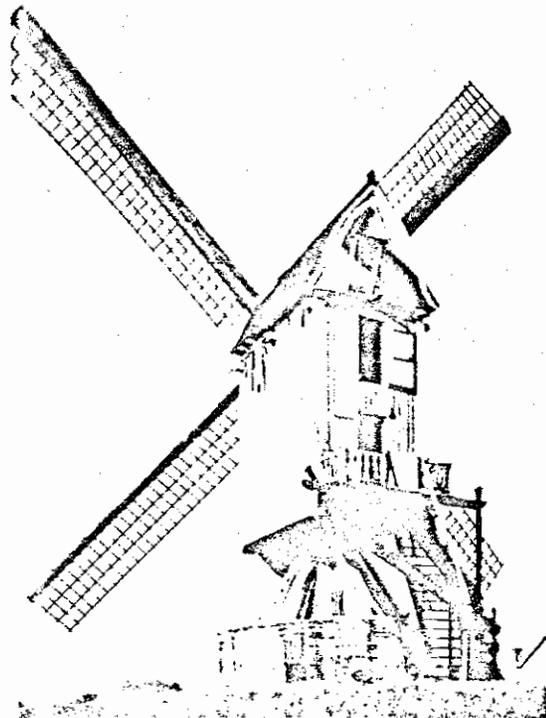
Ing. Hector Tinoco – CFE

Ing. Roberto Muñoz – CFE

Ing. Mauricio Retana – CEL

Ing. Mario Coussin – CEL

Dr. Antonio Yi Yan – OLADE



SEMINARIO SOBRE INVESTIGACION Y MEDIO AMBIENTE

Organizado por el Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA), se realizará en Madrid, del 6 al 11 de Octubre, un seminario sobre Investigación y Medio Ambiente. Sus objetivos serán:

Analizar la actual situación de la investigación básica y aplicada sobre el medio ambiente;

Reflexionar sobre el tipo de investigación que se requiere para abordar los problemas ambientales prioritarios;

Examinar formas de cooperación entre investigadores y administradores de los recursos de la investigación científica y tecnológica;

Intercambiar puntos de vista entre profesionales de diversas especialidades, con el fin de fomentar el trabajo interdisciplinario, y

Detectar y proponer líneas de investigación sobre el medio ambiente.

El programa del Seminario es el siguiente:

6 de Octubre

10,00 horas:
Recepción y entrega de documentos.

10,30 horas:
Apertura y presentación del Seminario.

11,00 - 13,00 horas:
Las ciencias ambientales en el contexto de la situación científica actual. Ponente: Faustino Cordón, Director de la Fundación para la Investigación sobre Biología Evolucionista.

16,00 horas:
La investigación básica para el desarrollo del conocimiento científico del medio ambiente. Ponente: Pedro Laín Entralgo, Catedrático de Historia de la Medicina.

7 de Octubre

09,30 - 11,00:
La comprensión del diseño ambiental. Ponentes: Javier Seguí, Catedrático de Análisis de Formas de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid y María Victoria Gutierrez Guitián, Profesor Adjunto de la Cátedra de Composición 2, de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.

11,30 - 13,00:
El medio ambiente como tema para el desarrollo de estudios integrados. Ponente: José Ma. Montes Martínez, Coordinador del CIFCA.

16,00 - 18,00:
Mesa redonda sobre la investigación básica en el conocimiento del medio ambiente.

8 de Octubre

09,30 - 11,00:
La situación actual de la investigación aplicada sobre el medio ambiente. Ponente: Domingo Jiménez Beltrán, Ingeniero Industrial.

11,30 - 13,00:
Necesidades de trabajo de investigación aplicada sobre el medio ambiente. Ponente: Hilario Domínguez Hernández, Subdirector General de Estudios e Investigación del CEOTMA (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo).

16,00 - 18,00:
Mesa redonda sobre la investigación aplicada al medio ambiente.

9 de Octubre

09,30 - 11,00:
La relación entre la investigación básica y la investigación aplicada en los estudios ambientales. Ponente: Javier de Pedraza Gilsanz, Profesor de la Cátedra de Geodinámica Externa de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

11,30 - 13,00:
Criterios socio-económicos y de elección pública en los análisis del medio ambiente. Ponentes: Armando Villamil y Gumerindo Ruíz, profesores de la Cátedra de Política Económica de la Universidad de Barcelona.

16,00 horas:
Mesa redonda, líneas de trabajo de investigación sobre el medio ambiente.

10 de Octubre

09,00 - 11,00:
El proceso de toma de decisiones y la investigación sobre el medio ambiente. Ponente: Domingo Gómez Orea, Profesor Adjunto de la Cátedra de Proyectos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid.

11,30 - 13,00:
La investigación sobre el medio ambiente en América Latina: problemas prioritarios y necesidades existentes. Ponente: por determinar.

16,00 horas:
Mesa redonda sobre las conclusiones del Seminario.

18,00 horas:
Clausura.

Cualquier información adicional sobre el Seminario podrá solicitarse a la dirección del CIFCA: Serrano 23, Madrid - 1, España.

DECIMO PRIMER CURSO LATINOAMERICANO DE ECONOMIA Y PLANIFICACION ENERGETICA

El Instituto de Economía Energética, asociado a la Fundación Bariloche, con sede en San Carlos de Bariloche, República Argentina, ofrecerá el XI Curso Latinoamericano de Economía y Planificación Energética entre el 1º de septiembre y el 3 de diciembre próximo. Dicho curso contendrá los siguientes aspectos:

I. Objetivos

1. Ofrecer una visión de conjunto del sector energético a los profesionales que ya actúan en los organismos del Estado, empresas públicas o privadas y en las universidades.

2. Procurar la formación sistemática de ingenieros, economistas y otros profesionales que se orienten a las tareas de investigación en el campo de la Economía y Planificación de la Energía, promoviendo una mayor relación entre esos especialistas.

3. Facilitar el intercambio de las experiencias energéticas nacionales entre los participantes de los distintos países latinoamericanos a fin de posibilitar todo

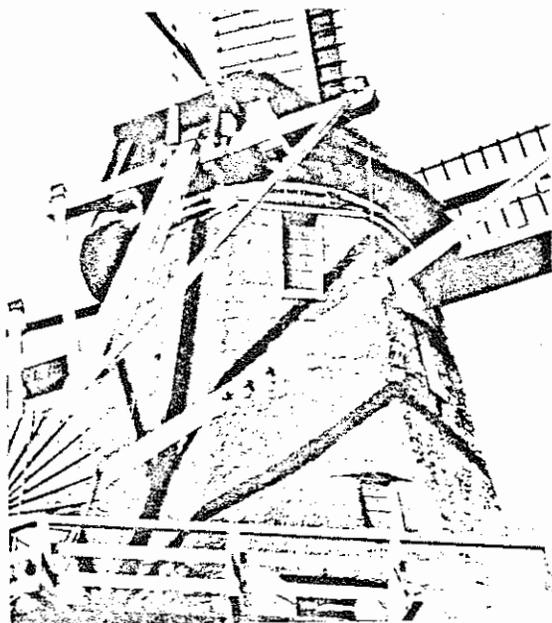
tipo de colaboración en este campo y contribuir así a la consolidación de la unidad de América Latina.

4. Promover el análisis crítico constructivo de la situación energética de América Latina, destacando la importancia de la intervención del Estado, así como el convencimiento de la necesidad de la toma de decisiones autónomas dentro de la región en este campo.

5. Poner énfasis en los aspectos ligados a la llamada "crisis" energética mundial, especialmente a su repercusión en la región; en las metodologías de Planificación Energéticas adaptadas a los países de Latinoamérica; en los métodos de conservación de energía y en las posibilidades de las Fuentes No Convencionales de Energía.

II. Docentes del Curso

El personal docente está integrado por profesionales vinculados a la planificación y economía energética, con actuación en empresas estatales, universidades y organismos internacionales vinculados con América Latina.



Profesores Externos

Carlos Givorgri: Dr. en Ciencias Económicas, Profesor Titular de la Universidad Nacional de Córdoba.

Herminio Sbarra: Ingeniero, Ex-Secretario de Energía de la República Argentina. Consultor Privado.

Yves Maingy: Ingeniero Civil en Minas. Presidente de "l'Institute de Formation et de Conseil en Informatique", Francia.

José Luis Calabrese: Ing. Químico, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Graciela Díaz de Hasson: Licenciada en Matemáticas, Consultor Privado.

Roberto Vescina: Ingeniero Químico, Petroquímica General Mosconi.

Alberto Viladrich: Ingeniero Electricista, Ingeniero Hidráulico, Programa Energético Centro Americano.

Adilson de Oliveira: Dr. en Economía Energética, COPPE, Universidad de Río de Janeiro.

Profesionales: a designar por la Comisión Nacional de Energía Atómica. República Argentina.

Profesional: a designar por la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE).

Fidel Alsina: Dr. en Física; Ingeniero. Ex-Investigador de la Fundación Bariloche.

Profesores del Instituto

Carlos Suarez: Ing. Químico.

Juan Legisa: Ingeniero Electricista.

Isaac Zyngierman: Ing. Electricista.

Félix Herrero: Dr. en Abogacía. Licenciado en Economía.

Víctor Bravo: Ingeniero Químico, Ingeniero en Petróleo.

Miguel Gross: Computador Científico del Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos (GASE), Asociado a Fundación Bariloche.

Stella Maris Torres: Licenciada en Estadística.

Hugo Altomonte: Dr. en Economía Energética y Licenciado en Estadística.

III. Asignaturas

El curso se desarrollará en cuatro unidades con sus correspondientes contenidos temáticos.

La primera se destinará a la "nivelación" y actualización de conocimientos básicos, entendiendo por tales los matemáticos, económicos y tecnológicos.

La segunda incluirá los aspectos generales de Economía y Planificación Energética así como los particulares de las principales Fuentes Convencionales, No Convencionales y de la Conservación de Energía.

La tercera comprenderá el análisis y discusión de la problemática de América Latina sobre el tema.

Por último, la cuarta, consistirá en ejemplificaciones sobre metodologías, técnicas y experiencias de Planeamiento Energético, aplicables a los países de América Latina.

PRIMERA UNIDAD: Las materias básicas.

1) **Matemática: Profesor:** Miguel Gross - Stella Maris Torres. Espacios vectoriales. Cálculo Matricial. Propiedades Matemáticas del óptimo. Análisis Factorial. Hora de Exposición y Prácticas: 12.

2) **Estadísticas y Principios de Econometría:** Hugo Altomonte, Stella Maris Torres y Profesor a designar. Los participantes, según su nivel de formación estadística, se dividirán en dos grupos. Uno recibirá clases con un mayor desarrollo de aspectos de Estadística Descriptiva y el otro pondrá énfasis en Principios de Econometría.

I - **Nivel A:** Estadística Descriptiva. Probabilidades. Inferencia. Estadística. Test de Hipótesis. Teoría de regresión y Correlación. Análisis de Series Económicas.

II - **Nivel B:** Principios de Econometría. Métodos y Modelos Econométricos. Horas de exposición y prácticas: 23.

3) **Microeconomía y Teoría de la Empresa: Profesor:** Carlos Givorgri.

Introducción a la Microeconomía. Demanda, Producción y Costos.

Asignación de recursos y producción. La empresa y el mercado. Evaluación de los resultados de la actividad de la Empresa.

Horas de exposición, seminarios y prácticas: 24.

4) **Teoría Económica y Desarrollo Económico: Profesor:** a designar.

Análisis de las Ecuaciones de equilibrio de la economía global: la Contabilidad Nacional. Los Modelos de Desarrollo. Aspectos de desarrollo regional.

Horas de exposición, seminarios y prácticas: 27.

5) **Preparación y Evaluación de Proyectos:** Profesor: Carlos Givogri.

Nociones de Matemática Financiera. Aspectos Generales. Formulación. Criterios de Evaluación. Las Empresas Públicas y los Criterios de Evaluación. Criterios Sociales.

Horas de exposición, seminarios y prácticas: 31.

6) **Análisis de Sistemas.** Profesor: Herminio Sbarra.

Se analizarán las Técnicas de Optimización, en particular la Programación Lineal, la Programación Dinámica y las Técnicas de Simulación. El desarrollo será esencialmente práctico.

Horas de exposición y prácticas: 28.

7) **Tecnología de la Energía.** Profesores: Fidel Alsina, Isaac Zyngierman, Juan Legisa, Carlos Suárez, Víctor Bravo.

7.1. Para Ingenieros

Los Ingenieros, según su orientación, recibirán una breve introducción a las tecnologías de aquellas fuentes energéticas que no son las de su esfera de acción.

Horas de exposición: 9.

Horas de proyecciones audiovisuales: 4.

7.2. Para Matemáticos y Economistas.

Estos profesionales recibirán durante parte de las horas de las asignaturas de su especialidad, un entrenamiento más detallado en este tema.

Unidades energéticas más usuales: Principios de Físico-Química. Termodinámica y Termotecnia. Principios de Física Nuclear. Principios de electro-tecnia. Centrales y Redes Eléctricas. Tecnología del Petróleo, del Gas y del Carbón. Los Reactores Nucleares.

Horas de exposición para Matemáticos: 29

Horas de exposición para Economistas: 55

Horas de proyecciones audiovisuales: 6

SEGUNDA UNIDAD: Economía y Planificación Energéticas.

8) **Economía y Planificación de la Energía: Parte General.** Profesores: Yves Mainguy, José Luis Calabrese, Graciela Díaz de Hason, Carlos Suárez, Juan Legisa.

Recursos Naturales y Energía. Geografía de la Energía en el mundo. La Energía en la economía general. Balances Energéticos: Tipo de Balances, experiencias europeas. Caso Argentino, Peruano y Centroamericano.

Análisis y Previsión de la demanda. Elementos de Planificación Energética.

Modelos Energéticos: Análisis crítico de las metodologías utilizadas en los países desarrollados. Modelos Energéticos Globales. Modelos Eléctricos. Experiencias regionales. Evolución de la concepción de la Economía Energética. "Crisis" energética mundial: la opción de los países desarrollados y subdesarrollados: repercusión en América Latina.

Horas de exposición y seminarios: 56.

9) **Economía de los Hidrocarburos:** Profesores: Carlos Suárez, Víctor Bravo.

Economía del Petróleo: El Mercado petrolero. Costos de prospección, exploración, desarrollo, transporte y refinación. Formas jurídicas de exploración y explotación del crudo. La formación de los precios del petróleo. Las Inversiones. El valor económico del petróleo. Repercusiones de la situación petrolera en la región. Evaluación de yacimientos. Selección de transportes y localización de Refinerías.

Economía del Gas: La Producción. El Transporte. Distribución. Almacenamiento. Modelo de Transporte. Determinación de Costos y Tarifas. Selección de gasoductos. El gas natural licuado: Almacenamiento y transporte: Costos e inversiones.

El gas licuado de petróleo: Costos y extracción y distribución.

Horas de exposición y seminarios: 28.

10) **Economía de la Electricidad:** Profesores: Herminio Sbarra, Graciela Díaz de Hason, Juan Legisa, Isaac Zyngierman.

Demandas, caracterización.

Tipo de centrales termoeléctricas: Determinación de la reserva de un sistema. Costos de generación e Inversiones. Economía Hidroeléctrica: Tipos de centrales y su despacho. Costos de inversión. Potencia garantida, Obras de propósitos múltiples: apropiación de costos. Alternativas Hidro-Térmicas. Criterios de Evaluación.

Despacho de un sistema mixto: Hidro-Térmico-Nuclear. Ejemplo del despacho unificado argentino.

Transmisión: Interconexión de sistemas: Costos e inversiones. Distribución y Transformación: Costos e Inversiones. Las tarifas eléctricas: tarifación al costo medio y marginal.

Impacto ambiental de las centrales térmicas e hidráulicas.

Economía Nucleoeléctrica: Profesores: Profesionales de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) - Argentina.

La Energía Nuclear: principios. Los reactores. El ciclo de combustibles.

Economía nuclear. Problemas que se presentan al elegir una política nuclear. La participación de las industrias nacionales. Costos de operación e Inversión. El futuro electronuclear. La energía nuclear en América Latina: ejemplo argentino, brasileño y mexicano. El problema de las salvaguardas. El impacto ambiental de la industria nuclear.

Horas de exposición y seminarios: 35.

11) Economía de las Fuentes No Convencionales y Conservación de Energía.

Profesores: Yves Mainguy; a designar; Roberto Vescina Carlos Suárez; Juan Legisa; Isaaca Zyngierman; Víctor Bravo.

Economía del Carbón: Características técnico-económicas de la actividad minera. Mercados del Carbón. La gasificación y licuación. La coquificación. La reducción del mineral de hierro.

Costos e Inversiones. La reactivación de la industria carbonera: posibilidades y adaptación regional.

Fuentes No Convencionales de Energía: América Latina y este tipo de fuentes. Las energías "no comerciales": la leña; el carbón de leña; los residuos de biomasa. Energía solar; Eólica, Geotérmica; Biomasa y Biogas. Lutitas Bituminosas ¿Electrificación o energetización rural? Se describirá la situación de las más importantes, en cuanto al desarrollo de conocimientos y tecnología para ponerlas en uso comercial en América Latina. Evaluación económica de alternativas.

Conservación de Energía: Posibilidades y repercusiones. Métodos utilizables en la industria, el transporte, y el sector viviendas y en la propia actividad energética. América Latina y la conservación de energía.

Horas de exposición y seminarios: 24.

12) Financiamiento Energético: Profesores: A designar, Víctor Bravo.

Fuentes de Financiamiento de Proyectos Energéticos. Financiamiento externo: Banca Internacional y proveedores: tasas, plazos y condiciones del mercado.

Financiamiento de las inversiones de un plan energético nacional.

Subsidios y Fondos especiales de la energía. Análisis de casos: Obras hidroeléctricas; Inversiones petroleras.

Horas de exposición y Seminarios: 6.

TERCERA UNIDAD: La Problemática Energética de América Latina.

13) Aspectos Generales de la Problemática Energética de América Latina: Profesores: Adilson de Olivei-

ra; Alberto Viladrich; Félix Herrero, Carlos Suárez, Juan Legisa, Víctor Bravo y Profesional de OLADE a designar.

—Panorama socio-económico y ubicación geopolítica de la región.

—Análisis de la situación y perspectivas energéticas del área. Planificación Energética. Las Fuentes Energéticas. La Energía Eléctrica. Demanda y Consumo. Demanda Insatisfecha. Oferta Equipamiento. Exportaciones e Importaciones. Niveles de Inversión. Financiamiento. Aspectos Jurídico-institucionales. Las Políticas Energéticas en Latinoamérica. La Energía y la Integración.

Horas de exposiciones y seminarios: 28.

14) Aspectos sub-regionales de la Problemática Energética: La temática indicada en el punto 12 se desarrollará, en particular, agrupando a los países presentes en el Curso en las siguientes sub-regiones:

México y Caribe.
Centro América.
Pacto Andino (incluido Chile).
Cuenca del Plata.

Los participantes se constituirán en equipos de trabajo que conjuntamente con los profesores indicados analizarán un temario común que abarcará tópicos de Planificación energética a nivel de países, fuentes energéticas y empresas, procurando detectar los problemas relevantes y sus posibles soluciones. Las conclusiones se debatirán en un seminario conjunto.

Horas de trabajo: 14.

CUARTA UNIDAD: Planificación del Sector Energético.

15) Trabajo Práctico de Planificación Energética.

Profesores: Carlos Suárez, Víctor Bravo, I. Zyngierman, Juan Legisa, Graciela Díaz de Hasson,;

El trabajo consistirá en proyectar la demanda, oferta, equipamiento e inversiones para el sector energético para un plazo de diez años, analizando políticas alternativas.

El objetivo principal será aplicar metodologías adaptables a la realidad de cada país y ejercitarse en el uso de herramientas aptas para la planificación del sector . . .

La información de base será suministrada por la Dirección del Curso y las políticas a adoptar serán elegidas por los participantes, previa discusión y fundamentación.

Horas de presentación: 6.

Horas de elaboración: 64.

Horas de discusión y conclusiones: 14.