

el Medio Ambiente. Los fondos para la realización del plan, en el campo internacional pueden proceder de varias fuentes, a saber:

- del presupuesto ordinario de los organismos de las Naciones Unidas y de las agencias especializadas;
- asistencia bilateral, multilateral y multilateral (\*);
- financiamiento agrupado;
- una cuenta especial, por ejemplo, una cuenta global dentro de las Naciones Unidas para la realización del plan de acción.

#### *Acción dentro de la OMM*

En la última reunión del Comité Ejecutivo de la OMM (Ginebra, Mayo-Junio de 1977), se autorizó al Secretario General, dentro de los fondos disponibles, para iniciar cualquier acción inmediata que sea necesaria. También invitó a preparar un informe para la siguiente sesión del Comité Ejecutivo, que tendrá lugar en Mayo de 1978. Este informe contendrá recomendaciones para acometer el trabajo en la OMM en la parte que le corresponde en la realización del plan de acción discutido en la Conferencia de las Naciones Unidas para combatir la desertificación.

D. J. B.

## **EL CENTRO EUROPEO DE PREDICCIONES METEOROLÓGICAS A PLAZO MEDIO**

*Por E. KNIGHTING*

En octubre de 1967, el Consejo de Ministros de la Comunidad Europea adoptó una resolución en la cual se afirmaba que los Países Miembros, República Federal Alemana, Bélgica, Francia, Holanda, Italia y Luxemburgo, estarían dispuestos a subvencionar un programa energético para fomentar la investigación técnica y científica. El Consejo solicitó del grupo de trabajo de Política Técnica y Científica del Comité de Economía Política a plazo medio, que examinara las posibilidades de cooperación en seis campos uno de los cuales era la Meteorología. Un grupo de expertos en Meteorología presentó su primer informe en Marzo de 1969, en el cual se sugería la colaboración en varias áreas. Ello incluía la creación de un centro meteorológico especializado en investigaciones sobre las predicciones meteorológicas a plazo medio y que debería estar dotado con un ordenador de gran potencia y con medios para el tratamiento de la información. Fueron invitadas a participar otras naciones europeas y, en principio, aceptaron Austria, Dinamarca, España, Irlanda, Noruega, Portugal, Suecia, Suiza y Reino Unido, más tarde, Finlandia y Yugoslavia se sumaron a los proyectos comunes. En Abril de 1970, un extenso grupo de expertos, dirigidos por el Dr. E. Süssenberger, que entonces era presidente del Deustcher Wetterdienst, comenzó a considerar la posible crea-

---

(\*) "Multilateral" se define como la agrupación de fondos bilaterales, manejados por una agencia internacional. En la OMM se sigue este sistema de financiación para apoyar el programa Saheliano.

ción de lo que se denominó Centro Europeo de Cálculos Meteorológicos, aunque a lo largo de todo el período de planificación estuvo siempre en primer término la aplicación del ordenador a predicciones meteorológicas para un período de cuatro a diez días.

### *Trabajos preliminares*

Se crearon dos grupos de estudio. El primero quedó encargado de realizar un análisis para establecer los posibles beneficios de la creación del Centro Europeo de Cálculos Meteorológicos. Este grupo limitó sus investigaciones a los sectores: agricultura, construcción, electricidad, producción y distribución de gas, transporte, venta de alimentos, abastecimiento de aguas y protección contra los desastres naturales. Se realizaron alrededor de 150 entrevistas en 15 países, para determinar el punto de vista del usuario sobre el tipo de información meteorológica requerida, el uso principal que ésta pudiera tener y el beneficio neto supuesto de las predicciones para períodos de cuatro a diez días. Los beneficios fueron reducidos debido al uso parcial que, se estimó, se haría de las predicciones, sin embargo, en 1970 estos beneficios previstos sumaron alrededor de 200 millones de dólares americanos.

El segundo grupo de estudio examinó los problemas científicos que tendrían que resolverse para realizar predicciones meteorológicas a plazo medio y los equipos que tendrían que suministrarse a un Centro que tuviera la misión de desarrollar dichas predicciones sobre una base inicial y, después, desarrollarlas hacia una fase operativa. El grupo hizo estimaciones detalladas de las necesidades de predicciones a plazo medio; de las necesidades de datos, de la resolución del modelo numérico, de los cálculos de inicialización, del propio programa de predicción y del tratamiento de datos necesarios para transformar los resultados en una información meteorológica aceptable; y de los presupuestos del sistema de comunicaciones que sería necesario para que un centro de estas características pudiera comunicarse con los Estados Miembros. También se tuvieron en cuenta las necesidades de la plantilla de personal para la administración de un centro autónomo y las condiciones del edificio que alojara el proyecto.

En resumen, se estimó que el desarrollo de un primer sistema de predicciones operativo necesitaría unos cinco años a partir del establecimiento del centro, que sería necesaria una plantilla de unas 140 personas para realizar las distintas funciones y que se necesitaría un ordenador central capaz de realizar unos 50 millones de instrucciones por segundo para cumplir el programa operativo y las investigaciones complementarias para un perfeccionamiento de las predicciones. Para alojar el proyecto se necesitaría un edificio de unos 500 m<sup>2</sup>. El coste por año, según los precios de 1970, se estimó en unos 8 millones de dólares americanos.

El grupo hizo también la recomendación de que si se estableciera un centro de estas características, dicho centro debería aceptar además otras responsabilidades, por ejemplo, alrededor de un tercio del tiempo total de cálculo podría ser utilizado por los Estados Miembros para sus proyectos de investigación, para el archivo de los datos para uso en las investigaciones y para el cumplimiento de una labor de formación pro-

fesional en relación con la predicción numérica del tiempo y con la meteorología dinámica.

### *Firma del Convenio en 1973*

A mediados de 1971 se completaron los informes de ambos grupos y, en octubre de 1973, 15 naciones firmaron el Convenio que estableció el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Plazo Medio. Los países firmantes fueron: República Federal Alemana, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Portugal, Suecia, Suiza, Reino Unido y Yugoslavia.

El Convenio fue firmado por Austria en 1974 y, posteriormente, por Turquía. El nuevo nombre, Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Plazo Medio, refleja mejor las actividades del Centro que el nombre provisional anterior, Centro Europeo de Cálculo Meteorológicos.

### *Objetivos del Centro*

Los objetivos del Centro se especifican en el Convenio, e incluyen las siguientes actividades:

- desarrollo de modelos dinámicos de la atmósfera con vistas a realizar predicciones meteorológicas a plazo medio por métodos numéricos;
- disposición, en forma rutinaria, de los datos necesarios para la realización de predicciones meteorológicas a plazo medio;
- Realizar investigaciones científicas y técnicas encaminadas hacia un mayor perfeccionamiento de estas predicciones;
- recopilación y archivo de los datos meteorológicos apropiados;
- poner a disposición de los Estados Miembros, en la forma apropiada, los resultados proporcionados por los estudios e investigaciones del primer y tercer objetivo y los datos a que se hace referencia en los objetivos segundo y cuarto;
- poner a disposición de las oficinas meteorológicas de los Estados Miembros para sus investigaciones, una proporción suficiente de su capacidad de cálculo, dando prioridad al campo de las predicciones numéricas. La asignación de las proporciones será determinada por el Consejo;
- colaborar con sus instalaciones con los programas de la Organización Meteorológica Mundial;
- ayudar en la mejora de la formación profesional de la plantilla de científicos de los Servicios Meteorológicos de los Estados Miembros en el campo de la predicción numérica del tiempo.

### *Establecimiento del Centro*

Hubo ratificaciones suficientes del Convenio como para que el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Plazo Medio (CEPMPM) se creara el 1 de noviembre de 1975. Sin embargo, anteriormente, el profesor A. Wiin-Nielsen había sido nombrado director el 1 de enero de 1974, y había reunido un pequeño equipo para planificar en detalle las futuras actividades del Centro bajo las amplias directrices del Convenio. En su primera reunión, en Noviembre de 1975, el Consejo del CEPMPM pudo

aprobar un programa de necesidades y de los recursos necesarios para realizarlo. El programa daba prioridad a la introducción de las predicciones operacionales a plazo medio y constaba de tres aspectos fundamentales: en primer lugar, investigación y desarrollo de métodos para realizar predicciones meteorológicas operativas a plazo medio, en segundo lugar, la adquisición de equipos adecuados de cálculo para realizar las predicciones operativas y, en tercer lugar, la construcción de un edificio para alojar el Centro.

Las actividades han incluido la especificación técnica del ordenador y la decisión final en la adquisición del mismo. También ha comenzado la construcción del nuevo edificio. Se espera que el bloque del ordenador esté terminado a mediados de 1978 y el resto del edificio antes de que acabe dicho año. Se espera que comience la primera fase de predicciones operativas en julio de 1979 y la segunda fase en enero de 1980.

### *El edificio*

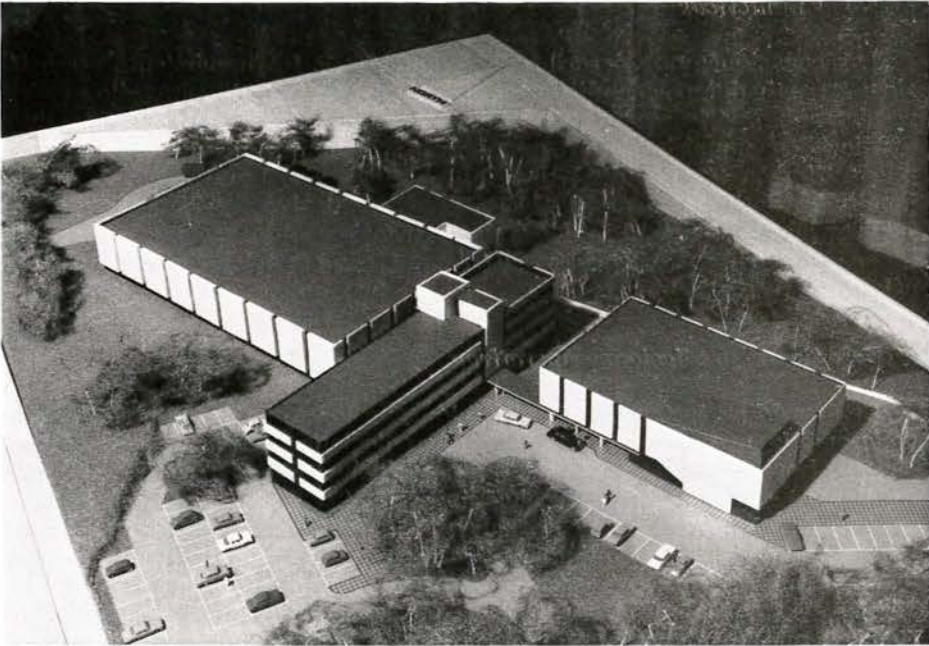
Una de las decisiones incluidas en el Convenio fue que el Centro estaría situado en Shinfield Park, Reading, Inglaterra. El lugar fue elegido por estar cerca de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, donde hay un centro regional de telecomunicaciones, y porque está próximo a varias universidades e instituciones que tienen departamentos meteorológicos importantes; por ejemplo, la Universidad de Reading está a menos de tres kilómetros y el lugar es adyacente al Meteorological Office College. El Gobierno del Reino Unido se ofreció a proporcionar el edificio adecuado en dicho lugar y el equipo de planificación, juntamente con un arquitecto designado por el Gobierno Británico, determinó después los detalles específicos. Los planes definitivos fueron aprobados a mediados de 1976 y la primera fase de la construcción del edificio comenzó en enero de 1977. El terreno tiene una extensión de dos hectáreas y media y la superficie en planta del edificio es de poco más de 6.300 m<sup>2</sup>. Hay tres bloques intercomunicados, el bloque del ordenador, el bloque de oficinas y el bloque de conferencias (véase la figura); las instalaciones complementarias incluyen biblioteca, sala de conferencias y reuniones, salón de actos, clases y comedor. El proyecto del edificio prevé que se termine primero el bloque del ordenador, de modo que la instalación del ordenador pueda utilizarse tan pronto como sea posible. Luego se construirá el bloque de oficinas y, por último, el bloque de conferencias. Mientras tanto, por cesión del Gobierno Británico, el Centro se aloja temporalmente en Bracknell.

### *Las predicciones a varios días de plazo y el problema de la predictibilidad*

Los problemas científicos, incluyendo los matemáticos, relacionados con el desarrollo de los métodos numéricos para predicciones con 4 a 10 días de antelación no están enteramente determinados. En realidad, hay algunas dudas acerca de la posibilidad de hacer predicciones eficaces para los últimos lapsos de tales períodos. Uno de los objetivos fundamentales del Primer Experimento del GARP es la determinación de la predictibilidad de los fenómenos atmosféricos. Las ecuaciones básicas, las ecuaciones de Navier-Stokes y las ecuaciones de la termodinámica relacionadas con manantiales, sumideros y transferencia de energía, son bien conocidas y se han hecho considerables progresos en las últimas décadas usando estas ecuaciones para dos objetivos distintos.



El primer objetivo son las predicciones meteorológicas a plazo corto, para un día o dos. Hoy día es frecuente que los Servicios Meteorológicos Nacionales, especialmente los de las latitudes extra-tropicales, basen sus predicciones a plazo corto en la integración numérica de esas ecuaciones. El problema es la predicción, con exactitud considerable, del movimiento y evolución de los sistemas meteorológicos; esto requiere un conocimiento bastante preciso del estado de la atmósfera en el instante de la predicción y, en este caso, pueden despreciarse algunos procesos físicos de evolución lenta.



El proyecto realizado por el arquitecto para el edificio que se está construyendo actualmente en Shinfield Park, Reading, para alojar el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Plazo Medio.

El segundo objetivo es el averiguar el porqué de la estructura climática general de la atmósfera y aclarar el problema de los cambios climáticos. En el transcurso de esta investigación, las ecuaciones se integran para 100 o más días de antelación, en contraste con los uno o dos días de las predicciones a plazo corto. Durante este período se desarrollan muchas generaciones de sistemas meteorológicos y la importancia no está en las condiciones iniciales sino en una cuidadosa representación de los procesos físicos que se piensa son importantes en los desarrollos atmosféricos en un período tan largo.

Se cree que hacer una predicción con unos 10 días de antelación es uno de los problemas más difíciles ya que hay que considerar conjuntamente las condiciones iniciales y los procesos físicos. Tienen que considerarse las condiciones iniciales, ya que la evolución los sistemas atmosféricos exis-

tentes al comienzo del período de predicción tienen una profunda influencia sobre la evolución del tiempo durante todo el período y, además, algunos sistemas pueden persistir, aunque con forma y posición modificadas, a lo largo de todo el período. También pueden ser importantes los cambios ocasionados durante el período por los diversos procesos físicos; puede ser notable el efecto de un cambio de la temperatura en la superficie del mar. En un período de 10 días la evolución de los sistemas meteorológicos en el Atlántico Norte y Europa puede ser el resultado del desarrollo de sistemas muy lejanos, incluso situados en el hemisferio sur. Es decir, las predicciones numéricas tienen que ser mundiales.

### *Técnicas numéricas*

Las ecuaciones que describen la evolución de los movimientos atmosféricos a partir de unas condiciones iniciales dadas, actualmente, sólo pueden resolverse numéricamente y la potencia de cálculo necesaria para realizar predicciones numéricas para un período de 10 días en unas 10 horas se puede fijar con facilidad. Haciendo un retículo con puntos cada grado de longitud y latitud y con 10 niveles en la vertical, los cálculos necesitan realizar alrededor de 50 millones de instrucciones por segundo. El Centro espera adquirir un ordenador CRAY — 1 como núcleo de su centro de cálculo para realizar estas operaciones y otras tareas.

### *Modelos para predicciones operativas*

Se acordó en la fase de planificación que los trabajos de investigación y desarrollo necesarios para realizar predicciones operativas disponibles con un horario determinado empezarán incluso antes de que el Centro funcionara oficialmente. A principios de 1975 se contrató el primer equipo de científicos y técnicos para el Centro. Bajo la dirección del Dr. L. Bengtsson, el equipo de científicos empezó a experimentar con modelos numéricos proporcionados por el Laboratorio Geofísico de Dinámica de los Fluidos, Princeton, Departamento de Meteorología, Universidad de California, Los Angeles y la Oficina Meteorológica Británica; todos estos modelos fueron diseñados para simulaciones del clima y el Centro experimentó con ellos para las predicciones a un plazo de 10 días. Las mayores dificultades que se encontraron fueron: el tratamiento de los datos de modo que sirvan como base a los procesos de predicción numérica; la creación de un método de cálculo efectivo y económico de las predicciones: la parametrización de los fenómenos físicos considerados importantes en la evolución de los sistemas atmosféricos en un plazo de 10 días; y la interpretación de los resultados de la predicción. El aumento de la plantilla permitió la creación de pequeños equipos que empezaron a trabajar en estos problemas y se desarrolló la definición del primer modelo para predicciones operativas.

El campo será mundial aunque sólo puedan utilizarse zonas limitadas. Las coordenadas horizontales serán la latitud y la longitud, mientras que la coordenada vertical será las superficies sigma (niveles seleccionados de presión). Habrá un retículo regular latitud-longitud, con niveles verticales espaciados irregularmente. Se suministrarán más detalles del modelo de referencia en los diversos informes técnicos que se están preparando en el Centro.

Las investigaciones y experimentaciones científicas requieren una amplia gama de sistemas de cálculo y, a principios de 1975, el equipo técnico y operativo, bajo la dirección del Sr. J. Labrousse, empezó a trabajar para proporcionar los sistemas adecuados. En agosto de 1975, la Control Data Limited, instaló un ordenador CDC 6600 en un edificio cercano a la sede provisional de Bracknell; este ordenador se ha usado únicamente por el Centro y se ha contratado recientemente su alquiler financiado para ser usado de forma ilimitada por el Centro. También se ha utilizado el ordenador IBM 360-195/370-158, Cosmos, en la sede de la Oficina Meteorológica Británica, en Bracknell.

En mayo de 1975 se dio una notificación preliminar de las características del ordenador que se debe instalar a principios de 1978. El ambiente de intenso trabajo del Sr. Labrousse y su equipo tuvo como resultado la celebración de un concurso a mediados de julio de 1976. Este concurso estaba dirigido a firmas que propusieran un sistema con unas especificaciones básicas, que incluían un ordenador central capaz de 50 millones de instrucciones por segundo y con una memoria central de 10 millones de palabras y una memoria auxiliar de  $2 \times 10^8$  palabras. También se dio una especificación acerca de un ordenador auxiliar.

La evaluación de las ofertas y de las recomendaciones al Consejo se terminó a finales de 1976. Después el Consejo ha aprobado la elección de un CRAY-1 como ordenador principal y de un CDC CYBER 175 como ordenador auxiliar.

Estos dos ordenadores se instalarán provisionalmente cerca de Bracknell durante el otoño de 1977, para trasladarlos después a su localización definitiva en Shinfield Park. Esto permitirá el desarrollo de los modelos de predicción operativa, de acuerdo con el programa de actividades.

### *Plantilla*

El profesor A. C. Wiin-Nielsen es el director y hay tres subdirectores. Se estimó que se necesitaría una plantilla de unas 136 personas para los departamentos de investigación, operaciones y administración.

El CEPMPM es una organización internacional independiente y tiene que sufragar sus propias necesidades administrativas. El personal del centro es, en general, contratado, con contratos que no superan los 5 años, aunque puedan ser renovables. Actualmente hay una plantilla de 65 personas, procedentes de 13 países diferentes. Probablemente, para el año 1980 se habrán cubierto el resto de las plazas.

Los planes que se han expuesto son ambiciosos, pero el objetivo no es adquirir un edificio, un sistema de ordenadores y una plantilla. Hay buenas razones para esperar que la primera predicción operativa se haga en el año 1980.

## **INSTRUMENTOS Y METODOS DE OBSERVACION**

### **CONFERENCIA TECNICA DE LA OMM, HAMBURGO, JULIO DE 1977**

Del 27 al 30 de julio de 1977 tuvo lugar una Conferencia Técnica sobre Instrumentos y métodos de observación (TECIMO) en Hamburgo, Repú-