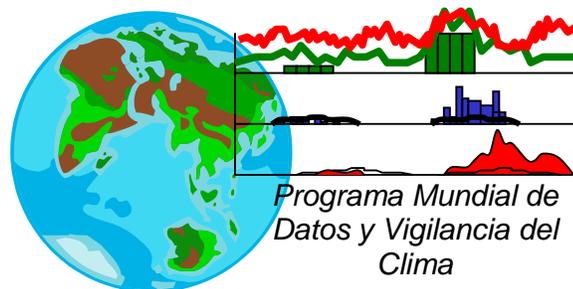


Directrices sobre la gestión de datos climáticos

WCDMP-Nº 60

WMO-TD Nº 1376



Organización Meteorológica Mundial

(Ginebra, marzo de 2007)

(Contribuciones de: N. Plummer, W. Lipa, S. Palmer, G. Prank, J. Shortridge, D. Stuber)

Edición a cargo de: Omar Baddour y Hama Kontongomde

©2007 Organización Meteorológica Mundial

WMO/TD N° 1376

NOTA

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en la presente publicación no implican la expresión de opinión alguna por ninguno de los organismos participantes con respecto a la situación jurídica de país, territorio, ciudad o área algunos, o con respecto a la delimitación de sus fronteras.

El presente documento no es una publicación oficial de la OMM y no ha sido sometido a los procedimientos de edición habituales de la OMM. Las opiniones en él vertidas no cuentan necesariamente con el respaldo de la OMM.

LA SERIE DE "DIRECTRICES" DEL PMDVC

Consciente de la necesidad de que los servicios meteorológicos nacionales (SMHN) mejoren sus servicios de datos y vigilancia del clima, la Comisión de Climatología (CCI) de la OMM otorgó una alta prioridad a la distribución de directrices para los SMHN.

En el marco del Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima, dentro del Grupo abierto de área de programa sobre datos climáticos y gestión de datos (GAAP I), el Equipo de expertos sobre gestión de datos emprendió la preparación del presente documento. Estas directrices tienen por objeto proporcionar a los SMHN información sobre las mejores prácticas de gestión de datos climáticos, y ayudarlos a efectuar la transición desde bases de datos antiguas, como CLICOM, a otro tipo de sistemas de mucha mayor utilidad, seguridad y robustez.

El presente documento fue redactado por un subgrupo del Equipo de expertos de la CCI sobre gestión de datos climáticos, y ha sido revisado externamente. Durante su primera reunión, celebrada en Nairobi del 1 al 3 de noviembre de 2006, el nuevo Equipo de expertos designado por la decimocuarta reunión de la CCI (Beijing, China, 3 a 10 de noviembre de 2006) propuso efectuar una segunda revisión del documento y aportó algunas novedades.

Conviene tener presente que el presente documento técnico, al igual que otros documentos técnicos publicados en la serie de la OMM sobre el PMDVC, tiene por objeto proporcionar directrices en forma de prácticas adecuadas que pueden ser de utilidad para los Miembros. Debido a la diversidad del tamaño y del estado de desarrollo de los SMHN, podría no ser particularmente útil para determinados Miembros. Sin embargo, en este documento no se abordan muchas otras directrices que podrían aportar algún tipo de ayuda a los Miembros.

Directrices sobre la gestión de datos climáticos

Neil Plummer¹, Wolfgang Lipa², Steve Palmer³, Glenn Prank⁴,
John Shortridge⁵, Denis Stuber⁶

Índice

1	Introducción y finalidad	1
2	Breve historia de la Gestión de Datos Climáticos	2
3	La Gestión de Datos Climáticos, y el contexto desde el punto de vista de la Organización	3
3.1	Necesidades de los usuarios y prioridades requeridas	3
3.2	Sistemas de gestión de datos climáticos: Propiedades aconsejables	4
3.2.1	Modelos de base de datos	4
3.2.2	Capacidades de introducción de datos mediante teclado	5
3.2.3	Opciones para la introducción electrónica de datos	5
3.2.4	Consideraciones sobre la calidad, y metadatos al respecto	6
3.2.5	Alcance de las comprobaciones de la calidad de los valores de observación	6
3.2.6	Extracción de datos	6
3.3	Consideraciones sobre seguridad	7
3.4	Gestión y monitoreo de la base de datos	8
3.5	Gestión de la documentación	9
4	Elementos esenciales de la gestión del flujo de datos climáticos	10
4.1	Documentación y gestión de metadatos	10
4.2	Adquisición, introducción, almacenamiento y archivado de los datos	11
4.2.1	Adquisición	11
4.2.2	Introducción de datos	11
4.2.3	Almacenamiento y archivado de registros en papel	13
4.2.4	Almacenamiento y archivado de la información digital	13
4.3	Gestión de registros originales y rescate de datos	14
4.4	Aseguramiento de la calidad y control de la calidad	16
4.5	Intercambio de datos	18
4.6	Acceso a los datos y desarrollo de productos	19
4.7	Administración y monitoreo de los datos	19
4.8	Consideraciones sobre la gestión de los cambios	21
5	Transición a un sistema de gestión de bases de datos	22
5.1	Selección de un sistema de gestión de bases de datos climáticos: factores que habrá que tener en cuenta	22

¹ Organismo de Meteorología, Melbourne, Australia.

² Instituto Central de Meteorología y Geodinámica (ZAMG), Viena, Austria.

³ Oficina Meteorológica del Reino Unido, Exeter, Reino Unido.

⁴ Organismo de Meteorología, Melbourne, Australia.

⁵ Organismo de Meteorología, Melbourne, Australia.

⁶ Météo France, Toulouse, Francia.

5.1.1	Considerar las necesidades organizativas	22
5.1.2	Diseño del sistema deseado	23
5.1.3	Ampliabilidad	24
5.1.4	Arquitectura y tecnología	24
5.1.5	Selección del CDMS	25
5.2	Consideraciones sobre la arquitectura de la base de datos	26
5.2.1	Consideraciones sobre el diseño de bases de datos: normalización	27
5.2.2	Modelos de datos utilizados por los CDMS	28
5.3	Consideraciones sobre el equipo y los programas informáticos	29
5.3.1	Análisis de la situación actual	30
5.3.2	Diseño de soluciones funcionales: determinación de los elementos requeridos	30
5.3.3	Diseño de soluciones técnicas	33
5.3.4	Cuestiones sobre la transición a nuevos sistemas y servicios	36
5.4	Para efectuar la transición a partir de CLICOM	37
5.4.1	Nivel de conocimientos especializados necesarios	37
5.4.2	Seguridad del sistema CLICOM existente	38
5.4.3	Preparación de los metadatos para su importación	38
5.4.4	Preparación de los datos climáticos que se importarán	39
5.4.5	Recopilación de información sobre los métodos de control de calidad de CLICOM	40
5.4.6	Ensayo intensivo del nuevo sistema	40
6	Mantenimiento de las operaciones de gestión de datos	40
6.1	Recursos requeridos, y en particular los de personal	40
6.2	Formación	41
6.3	Cuestiones sobre salud y seguridad laboral	41
7	Conclusiones	42
8	Nota de agradecimiento	43
9	Referencias	43
	Apéndice 1: Descripciones del CDMS	48
	Apéndice 2: Estudio de un caso concreto de implantación de un CDMS	50
	Apéndice 3: Ejemplos de equipo informático	53

1 Introducción y finalidad

La serie de documentos orientativos del Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima (PMDVC) y de la Comisión de Climatología (CCI) proporciona información y asistencia sobre la manera de organizar e implantar servicios climáticos en áreas de importancia para los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN). Tiene por objeto también exponer procesos y soluciones tecnológicas que puedan dar una respuesta a la situación y necesidades especiales de los SMHN pequeños, que frecuentemente disponen de recursos limitados. En la medida de lo posible, los documentos orientativos deberían ser también:

- Aplicables a todos los demás programas de la OMM;
- Flexibles para adaptarse a diversas necesidades;
- Formulados de manera que puedan ser mejorados; y
- Conformes a los principios de la Guía de prácticas climatológicas, y complementarios a ésta.

Las presentes directrices tienen por objeto proporcionar a los SMHN información sobre las prácticas más idóneas para la gestión de los datos climáticos. Esta información es oportuna, dada la necesidad de muchos países de transvasar las antiguas bases de datos, como CLICOM, a otro tipo de sistemas que proporcionen mucha mayor utilidad, seguridad y robustez.

Atendiendo a los objetivos generales de estos documentos orientativos, se dedicará especial atención a la creación de conocimientos y capacidades con respecto a:

- Las fases y etapas de gestión de los datos informatizados;
- Las tecnologías de bases de datos disponibles y la selección de una base de datos apropiada;
- El proceso de transición a un sistema de bases de datos climáticos moderno; y
- La continuidad de las operaciones de gestión de datos.

Se dará también preponderancia a los aspectos de la gestión de datos climáticos que revistan interés para aquellos SMHN que deseen emprender la transición a un sistema moderno de gestión de bases de datos climáticos, y a otro aspecto igualmente importante: los conocimientos prácticos, sistemas y procesos que será necesario establecer para asegurar la continuidad de las operaciones. Estas directrices no van dirigidas a los SMHN que deseen crear una base de datos partiendo de cero, sino que son más apropiadas para quienes desean analizar y evaluar los sistemas que podrían adoptar.

Se han omitido en estas directrices los pormenores acerca de las prácticas y normas de gestión de datos, que en líneas generales están documentadas en la Guía de prácticas climatológicas (WMO 2005) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y en otros documentos orientativos (por ejemplo, WMO 2003a, 2003b, 2004). El lector que desee profundizar en los aspectos técnicos de las bases de datos puede consultar otros textos específicos sobre ese tema (por ejemplo, Date 1999). La serie de publicaciones del PMDVC (en <http://web/wcp/wcdmp/html/wcdmpreplist.html>) constituye también un recurso muy valioso.

Aunque no se presupone un conocimiento detallado de la gestión de datos climáticos, los lectores que tengan un conocimiento suficiente del tema podrán beneficiarse en mayor medida de estas directrices.

En la sección 2 se abordará a grandes rasgos el desarrollo histórico de la gestión de datos climáticos en lo que se refiere a los SMHN. En la sección 3 se examinará el contexto de la gestión de datos climáticos a nivel de organización, es decir, las ideas generales que los gestores de datos deben conocer. Este tema se analiza más en detalle en la sección 4, en la

que se aborda la gestión de flujos de datos. En la sección 5 se aborda la transición entre sistemas de gestión de bases de datos, y particularmente la transición de CLICOM a un sistema actual. Los aspectos clave de la continuidad de las operaciones de gestión de datos constituyen el tema de la sección 6, y la sección 7 contiene una serie de conclusiones.

2 Breve historia de la gestión de datos climáticos

La anotación manuscrita de datos sobre el estado del tiempo se ha practicado durante siglos. Los datos más antiguos eran anotaciones sobre fenómenos extremos, en ocasiones catastróficos, y datos tales como las fechas de congelación y deshielo de ríos, lagos y mares, que han adquirido especial relevancia con la reciente preocupación por el cambio climático.

Durante los dos o tres últimos siglos se ha hecho uso de publicaciones periódicas para recopilar y conservar información climatológica (WMO 2005). El desarrollo de instrumentos que permitían cuantificar los fenómenos meteorológicos, y el esfuerzo de los observadores que mantenían registros metódicos, fiables y bien documentados sentaron las bases para una gestión organizada de los datos climáticos. Desde los años 40, los formularios y procedimientos normalizados fueron ganando terreno y, cuando los SMHN empezaron a utilizar sistemas informáticos, aquéllos fueron de gran utilidad para la puesta en marcha de procesos informatizados de introducción de datos y, por consiguiente, para el desarrollo de archivos de datos mediante computadora.

En los últimos años del siglo XX empezó a ser habitual el intercambio de datos meteorológicos en forma digital, lo que permitió a gran número de centros obtener y almacenar datos meteorológicos y similares en sus bases de datos. A finales de los años 50 se produjo un gran avance en cuanto a métodos automáticos de recopilación y procesamiento de datos meteorológicos, coincidiendo con el Año Geofísico Internacional y con el establecimiento de la Vigilancia Meteorológica Mundial. El desarrollo por la OMM de directrices y normas internacionales sobre gestión de datos climáticos e intercambio de datos ayudó a los SMHN a organizar sus actividades de gestión de datos y, de manera menos directa, impulsó también el desarrollo de bases de datos regionales y mundiales. En la actualidad, la gestión de registros climáticos responde a una metodología sistemática que abarca registros en papel, registros en microfilm o en microficha y registros digitales, que a su vez pueden incorporar tanto imágenes como representaciones alfanuméricas tradicionales.

Antes del advenimiento de las computadoras electrónicas, los dispositivos mecánicos desempeñaban un papel importante en el desarrollo de la gestión de datos. Uno de esos dispositivos era el contómetro (calculadora mecánica o electromecánica), cuyos resultados se anotaban en papel. El paso siguiente fue la introducción del sistema Hollerith de tarjetas perforadas, clasificadores y tabuladores. Las tarjetas, que gracias a una serie de perforaciones registraban los valores de las variables meteorológicas, eran clasificadas y tabuladas mediante esos dispositivos, que facilitaban así los cálculos estadísticos.

En los años 60 y 70, varios SMHN instalaron computadoras electrónicas y fueron transfiriendo la información de millones de tarjetas perforadas a cintas magnéticas. Estas computadoras fueron sustituidas por computadoras centrales cada vez más potentes, y los avances en la tecnología de disco permitieron acceder en línea a los datos.

Un gran avance en esta dirección fue el proyecto CLICOM del PMDVC. Iniciado en 1985, este proyecto hizo posible la instalación de programas informáticos de bases de datos climáticos para computadoras personales, acompañados del equipo necesario y de un programa de formación concienzudo en más de 100 SMHN de todo el mundo. El proyecto sentó también las bases para introducir mejoras notorias en los servicios, aplicaciones e investigaciones climáticas en esos países. A finales de los años 90, el PMDVC emprendió

un proyecto de sistema de gestión de bases de datos sobre el clima (CDMS) que, haciendo uso de las tecnologías más recientes, trataba de responder a las necesidades diversas y crecientes de los Miembros en materia de gestión de datos. Aunque desde un punto de vista tecnológico los nuevos CDMS son en ocasiones más caros y complejos (y requieren, por consiguiente, conocimientos más especializados), mejoran la accesibilidad y la seguridad de los datos, y son mucho más útiles para los usuarios. Las bases de datos relacionales han demostrado su eficacia en varios SMHN.

Además de los adelantos en la tecnología de bases de datos, durante la segunda mitad de los años 90 la eficacia en la obtención de datos aumentó gracias al mayor número de estaciones meteorológicas automáticas (EMA) y libretas de trabajo electrónicas (es decir, computadoras portátiles utilizadas en las estaciones para introducir observaciones, controlar su calidad y transmitir las), y gracias también a Internet y a otros avances tecnológicos.

Como cabría suponer, algunas de las tendencias actuales parecen indicar que la gestión de datos y la prestación de servicios en los SMHN mejorará todavía considerablemente. Gracias a Internet, la accesibilidad de los datos es ahora mucho mayor y, si se resuelven los problemas de seguridad, cabe esperar importantes oportunidades para los gestores de datos en los próximos cinco a diez años. En ese mismo plazo de tiempo, los sistemas de bases de datos relacionales de código abierto⁷ podrían eliminar también las limitaciones económicas que constriñen a muchos SMHN.

3 La gestión de datos climáticos, y el contexto desde el punto de vista de la organización

3.1 Necesidades de los usuarios y prioridades requeridas

Es esencial que, tanto en el desarrollo de bases de datos climáticos como en la aplicación de prácticas de gestión de datos, se tengan en cuenta las necesidades de los usuarios actuales y, hasta donde sea previsible, de los usuarios de datos futuros. Aunque a primera vista esta idea puede parecer intuitiva, no es difícil imaginar, por ejemplo, situaciones en que se hayan desarrollado estructuras de datos que omitan datos importantes para determinada aplicación, o en que el centro de datos dedique una parte insuficiente de sus recursos a la comprobación de la calidad de los datos exigida por los usuarios. Cuando ello sea posible, se aconseja almacenar todas las mediciones en el CDMS, aun cuando no se esté haciendo uso de los datos almacenados.

Ante una situación nueva, los gestores de datos deberían tratar de incorporar en su equipo de proyecto al menos a un usuario de datos representativo, o bien entablar una serie de consultas con un grupo de usuarios establecidos. Los proveedores o usuarios de datos de la organización podrían emprender también procesos consultivos con los usuarios finales de los datos (o información) climáticos, y los gestores de datos deberían tratar de estar al corriente de las nuevas necesidades y de los problemas que afecten a las comunidades de usuarios. En resumidas cuentas, la gestión de datos obliga a estar atento a las necesidades de los usuarios finales.

En la actualidad, los sectores de mayor demanda a efectos de gestión de datos son los de predicción del clima, cambio climático, agricultura y otras industrias primarias, salud, gestión de desastres/emergencias, energía, gestión de recursos naturales (incluida el agua),

⁷ El término "código abierto" designa los programas informáticos cuyo código fuente es libremente accesible y modificable por terceros. En otras palabras, se trata de software gratuito (en algunos casos, se cobra el costo de distribución).

sostenibilidad, planificación y diseño urbano, finanzas y seguros. Los gestores de datos no deben olvidar que sus funciones son inseparables de la prestación por el centro de servicios sociales, económicos y medioambientales a las comunidades de usuarios. Por ello, es importante que el gestor de datos aliente y, en la medida de lo posible, colabore en proyectos que evidencien la utilidad de sus recursos de datos. Un estudio que, simplemente, demostrara los beneficios económicos de las predicciones del clima o los beneficios sociales de la utilización de datos climáticos en los sistemas de aviso sanitario ayudaría a los directivos de los SMHN a no olvidar la utilidad de invertir en datos, o a persuadir de ello a los organismos de financiación. La integración de datos y de modelos de aplicaciones (por ejemplo, modelos de simulación de cultivos, modelos económicos) resulta cada vez más útil, por lo que la integración es un aspecto a considerar en el diseño de toda nueva estructura de datos.

La prestación satisfactoria de servicios a los usuarios dependerá de la existencia de estructuras apropiadas a nivel de organización y de las responsabilidades que se asignen. Así, por ejemplo, la organización ha de ser receptiva a las opiniones externas y disponer de unos mecanismos de comunicación eficaces para el intercambio de información a nivel interno.

Los gestores de datos han de tener también presentes los principios de monitoreo del clima a largo plazo expuestos en SMOC (2003), respaldados por la Comisión de Climatología (CCI) y adoptados por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La aptitud para mantener la continuidad, la homogeneidad y, en última instancia, la calidad de los datos climáticos dependerá en gran medida de la mejor o peor gestión de las redes y sistemas de observación. En el marco de los diez principios de monitoreo del clima (consúltese en WMO (2003a) la aplicación de esos principios a las operaciones de un SMHN), es esencial que los gestores de los datos traben una estrecha relación con los gestores de las observaciones y con los usuarios de los datos climáticos. El gestor de datos tendrá que actuar como intermediario *de facto* entre el gestor de observaciones y el usuarios de datos: ante el primero, exponiendo las necesidades, y, ante el segundo, ajustando las necesidades a la viabilidad económica y técnica. Estos principios se analizan más en detalle, en el contexto de las redes y sistemas de observación del clima, en WMO (2003a).

Para responder a las necesidades de los usuarios, hay algunos aspectos clave que hay que tener presentes antes de determinar las observaciones nuevas/adicionales que serán prioritarias:

- Las prioridades sociales, económicas y medioambientales a nivel nacional;
- Las regiones con escasez de datos;
- Los parámetros deficientemente observados;
- Las regiones sensibles al cambio; y
- Las mediciones con resolución temporal inadecuada.

3.2 Sistemas de gestión de datos climáticos: Propiedades aconsejables

3.2.1 Modelos de base de datos

Toda base de datos climáticos tiene que estar basada en algún modelo previo de los datos. Éste es muy importante a efectos de la calidad del sistema resultante y, en particular, de su mantenibilidad (teniendo presente que, *grosso modo*, más del 50% del trabajo requerido por un programa informático se invierte en el mantenimiento del sistema y en su progresiva mejora). Un modelo inapropiado favorecería un sistema más trabajoso de mantener. Por lo general, una base de datos diseñada principalmente para actividades meteorológicas en tiempo casi real será consultada 'sinópticamente', es decir, "obteniendo todos los datos

referidos a determinadas ubicaciones o áreas correspondientes a un período de tiempo definido, relativamente corto". Las aplicaciones climáticas, en cambio, suelen alimentarse de datos referentes a una o varias estaciones, aunque comprendidos en períodos largos. Por consiguiente, una modalidad de almacenamiento de datos climáticos (diarios) consistiría en agrupar los datos en función de una estación y un día dados. Para los datos horarios y mensuales podría adoptarse un método semejante. Otra modalidad consistiría en almacenar cada tipo de datos por separado, de tal modo que una tabla (en un contexto relacional) contuviera, por ejemplo, todas las temperaturas del aire correspondientes a todas las estaciones y fechas, y así sucesivamente. Este tema se examina más en detalle en la sección 5.2. Además de las características intrínsecas del diseño, otro factor a considerar es el volumen de documentación del modelo de datos, y las posibilidades de que los programadores lo amplíen. Un elemento esencial de un modelo de datos es la posibilidad de representar éstos en todos los formatos de mensaje utilizados por la OMM: TEMP, PILOT, METAR/SPECI, CLIMAT, CLIMAT TEMP, y SYNOP.

Algo semejante puede decirse del "modelo de metadatos". En cierto sentido, se trata de un área más compleja, ya que las estructuras de metadatos pueden llegar a ser más complejas que las de datos. En su momento, será necesario definir un modelo de metadatos estándar⁸ para los datos climáticos (ampliando los resultados conseguidos con la norma de metadatos básicos de la OMM), momento en el cual la compatibilidad con el modelo estándar vendrá a ser una característica deseable de los sistemas climáticos.

3.2.2 Capacidades de introducción de datos mediante teclado

Es esencial que el sistema de introducción de datos evite ineficacias en el proceso de recogida de datos. El personal que asume esta función suele tener una gran experiencia en esa tarea, por lo que conviene asegurarse de que podrá mantener su productividad en todas las situaciones. En otras palabras, el sistema de introducción de datos debería estar desprovisto de defectos que entorpezcan el trabajo del operador. Idealmente, los formularios visualizados en la pantalla deberían ser adaptables, a fin de optimizar la eficiencia del proceso. En la medida de lo posible, el sistema debería también validar los datos a medida que éstos son introducidos, detectando los errores y proponiendo, en lo posible, valores alternativos. Pueden ofrecerse también valores por defecto para determinados campos, ahorrando así pulsaciones de teclado innecesarias. Sería también útil introducir los datos por duplicado para reducir la incidencia de errores (ya que los datos introducidos por el segundo operador serían automáticamente comparados con los introducidos por el primero).

3.2.3 Opciones para la introducción electrónica de datos

Como ya se ha indicado, sería aconsejable que los CDMS pudieran representar el contenido completo de los formatos de mensaje utilizados por la OMM (SYNOP, CLIMAT, etc.). Sería también útil la posibilidad de traducir directamente estos formatos en la base de datos climáticos. En algunos casos (sobre todo, en los mensajes CLIMAT y CLIMAT TEMP mensuales), sería también aconsejable disponer de sistemas que generen estos mensajes a partir de la información contenida en la base de datos. Igualmente útil sería la posibilidad de introducir datos de EMA y de asimilar datos exportados del sistema CLICOM. Por lo general, esta última opción se utilizaría únicamente durante el proceso de transición a otro sistema (véase la sección 5.4).

⁸ En este contexto, el término "metadatos" denota elementos de información sobre los datos climáticos (es decir, calidad de los datos, método de obtención, etc.), y no información histórica acerca de una estación.

3.2.4 Consideraciones sobre la calidad, y metadatos al respecto

Un dato meteorológico debería ir acompañado de informaciones diversas sobre la calidad. Por ejemplo, la calidad atribuida a cada dato ("aparentemente correcto", "sospechoso", "incompatible con otros datos", etc.), la naturaleza de la prueba o pruebas realizadas para generar el banderín de calidad, etc. Hay, además, un número mayor todavía de metadatos al respecto. Por ejemplo, sobre el instrumento utilizado para realizar la observación, sobre el "historial de auditoría" de la observación, que indicaría todos los cambios introducidos en ésta desde su obtención inicial, sobre el lugar de la observación, sobre el programa de observaciones vigente en ese momento, etc. En períodos largos, un sistema ideal sería capaz de representar la cronología completa de la estación.

3.2.5 Alcance de las comprobaciones de la calidad de los valores de observación

Las comprobaciones efectuadas para determinar la calidad de una observación pueden revestir diversos grados de complejidad. Por orden de complejidad creciente, pueden consistir en:

- Comprobaciones sintácticas (por ejemplo, la temperatura del aire debe ser una cifra de no más de un decimal);
- Intervalos de valores (por ejemplo, las temperaturas estarán comprendidas entre -90 y +70);
- Comprobaciones de la franja de valores climáticos (por ejemplo, ¿es coherente el dato con la climatología?)
- Coherencia interna de cada ficha (por ejemplo, la temperatura del aire no deberá ser inferior al punto de rocío);
- Coherencia de las series cronológicas (por ejemplo, la diferencia entre dos temperaturas sucesivas en un mismo sitio deberá ser "plausible"); y
- Coherencia espacial (por ejemplo, no deberán excederse las diferencias plausibles entre los valores de temperatura de una estación y los de estaciones vecinas).

3.2.6 Extracción de datos

Un aspecto importante de los CDMS es la riqueza expresiva de los medios ofrecidos para la recuperación y el análisis de los datos. Idealmente, los datos se obtendrían media mediante una interfaz GUI y mediante líneas de comando, según las circunstancias. Lo mejor sería proporcionar a la gran mayoría de los usuarios interfaces GUI para la recuperación, y dejar los lenguajes de interrogación para un pequeño número de usuarios expertos que necesiten hacer recuperaciones inhabituales. Siempre que sea posible, el usuario debería ser capaz de especificar sus propios criterios de recuperación (en general, mediante la interfaz GUI), y la documentación del sistema debería proporcionar toda la información necesaria para ello.

Con respecto a la entrega de los datos, el sistema debería ofrecer también una serie de opciones que permitan hacerse una idea de la estructura general de la consulta y de la presentación formal de los datos, de manera que en la consulta se puedan especificar detalles particulares sobre las estaciones, las horas y el tipo de presentación de los resultados. Estas opciones deberían estar disponibles para el acceso a listas de datos, resúmenes tabulares, análisis estadísticos (simples y complejos), y presentaciones gráficas.

3.3 Consideraciones sobre seguridad

Los fines principales de una política de seguridad y de las actividades que ésta abarca consisten en evitar la pérdida o el deterioro del CDMS y en mantener las instalaciones de gestión de datos en las mejores condiciones posibles. Para ello, es necesario que:

- El CDMS esté alojado en un edificio protegido y resguardado;
- Todo el personal deberá ser consciente de sus responsabilidades profesionales y de las precauciones necesarias;
- Los archivos y el entorno de la base de datos deben ser seguros y estar protegidos de incendios, humedades, etc.;
- Sólo las aplicaciones protegidas, autorizadas para un número reducido de personas, tienen permitida la manipulación de datos (inserción, actualización, borrado). Quienes tengan acceso de escritura en la base de datos deberán avenirse a no realizar ninguna transacción diferente de las operaciones y prácticas aprobadas por el gestor de los datos. Todo cambio en las tablas de datos debería ir acompañado de un historial de auditoría, y el acceso a ese historial debería estar controlado;
- Debería imponerse la norma de no compartir contraseñas y de no anotarlas por escrito en ningún lugar. Todas las contraseñas deberían cambiarse periódicamente, desde la del administrador de la base de datos hasta la del usuario que maneja aplicaciones de manipulación de datos. La contraseña puede ser una concatenación incongruente de letras o números, aunque también puede construirse con las primeras letras de las palabras de una frase. Por ejemplo: mi puesto de trabajo esta en la 9ª planta -> mpdteel9p;
- Los datos de archivos del sistema deberán estar protegidos por un cortafuegos con el máximo nivel de seguridad posible;
- Todos los servicios innecesarios, como el correo electrónico instalado en la computadora que alberga la base de datos, deberían estar desactivados. El sistema informático de la computadora que aloja la base de datos debería permitir únicamente el funcionamiento del sistema operativo y del sistema de gestión de la base de datos;
- Las computadoras que acceden a la base de datos deberán estar también protegidas frente a virus y ataques de intrusos;
- Deberán hacerse copias de seguridad a intervalos lo suficientemente frecuentes para que, en caso de fallo, las pérdidas de trabajo realizado no sean inaceptables. Lo normal sería una copia de seguridad acumulativa diaria y una copia completa semanal;
- Los archivos menos frecuentes (por lo general, mensuales) del contenido de las tablas de datos deberían estar en formato ASCII y alojarse en un lugar seguro, protegido frente a incendios, y distante de la ubicación física de la base de datos climáticos.
- Debería establecerse un plan de recuperación que indique los procedimientos a seguir con las copias de seguridad y los archivos en situaciones de emergencia, con el fin de recuperar la base de datos. El plan debería contemplar todos los escenarios de desastre posibles.
- El plan de recuperación debería ser reexaminado y sometido a pruebas a intervalos regulares.
- Deberán hacerse copias de seguridad del CDMS antes de introducir cualquier cambio en el software del sistema, en el diseño del CDMS o en las aplicaciones que éste contenga; y
- A intervalos apropiados, debería hacerse una auditoría de los archivos en papel de los documentos originales y de los archivos en formato ASCII.

3.4 Gestión y monitoreo de la base de datos

La gestión de la base de datos tiene por objeto preservar la integridad de ésta en todo momento y cerciorarse de que contiene todos los datos y metadatos necesarios para cumplir los objetivos presentes y futuros de la organización. Para el monitoreo se utilizarán como referencia indicadores de desempeño que denoten el comportamiento de la base de datos y de los procesos que la utilizarán, tomando como referencia esos objetivos.

Los datos serán accesibles a cierto número de procesos (véase la sección 3.5) como, por ejemplo, el mantenimiento de metadatos, el suministro de metadatos a la base de datos, las operaciones de control de calidad que modifiquen la base de datos, o las operaciones de extracción con destino a los usuarios finales y clientes. Cada uno de estos procesos debería tener asignado un propietario de proceso, que será responsable de éste y, en particular, de su monitoreo, evaluación y mejora. Como puede suponerse, en un SMHN pequeño todas estas tareas podrían integrar un único proceso, y en un SMHN muy pequeño la mayoría de esas funciones podrían estar encomendadas a una sola persona. Con todo, es útil conocer estas distintas funciones y responsabilidades, y separar las operaciones. En previsión de riesgos, todo usuario que realice una operación con la base de datos debería, en la medida de lo posible, tener los privilegios exigibles para efectuar esa operación, y ningún otro más.

Un informe de monitoreo normal señalaría el número y tipo de estaciones que figuran en la base de datos, y el volumen de datos contenido en la base de datos, agrupado por estaciones y por tipos de valores observados. Sería útil comparar éstos con las horas de observación previstas, a fin de descubrir si falta algún dato para, a continuación, averiguar las causas de ello y sus soluciones. Otros tipos de informe podrían centrarse en las operaciones de control de calidad, verificando la operatividad de éste respecto de los nuevos datos, e identificando los grupos de datos que ese control haya modificado excesivamente; también en este caso deberá procederse a subsanar los problemas.

Es también muy útil conocer permanentemente la cantidad y el tipo de datos extraídos por los usuarios finales, ya que ayuda a identificar los conjuntos de datos más importantes, permite fundamentar las inversiones en datos climáticos, y sugiere las áreas que convendría desarrollar en el futuro. Si se aplican medidas de recuperación de costos, es esencial conocer los ingresos obtenidos de los servicios que utilizan los datos climáticos.

El monitoreo se basará en la determinación de unos indicadores objetivamente verificables (IOV) apropiados, para cada uno de los cuales se establecerá un medio de verificación (MDV). El MDV determina un valor deseado, y el IOV describe cuantitativamente la distancia con respecto a ese objetivo. Un MDV consistiría, por ejemplo, en que el día 15 del mes siguiente la base de datos contuviera un 90% de los informes mensuales esperados de estaciones únicamente pluviométricas en formato papel. Obsérvese que ese valor constituiría un objetivo EMCRLT, es decir, específico, medible, conseguible, realista y limitado en el tiempo. El IOV correspondiente compararía el número de esos informes presente en la base de datos con el valor esperado el día 15 del mes, en términos porcentuales.

La frecuencia y duración de los informes de monitoreo dependerán de las necesidades operacionales de la organización. Los referentes a la ingesta de datos podrían realizarse automáticamente todos los días, ya que un informe sobre el éxito o no de esas operaciones es esencial para poder subsanar los fallos antes de comenzar el ciclo siguiente. Gran número de datos climáticos responden a un ciclo mensual, por lo que sería apropiado informar de la cantidad y calidad de los datos asimilados todos los meses. Para la recuperación de costos y el análisis de costo/beneficio, será necesario disponer de informes como mínimo una vez cada ejercicio financiero, a fin de conocer el número de productos destinados al usuario final, los ingresos que aquéllos generan, y la cantidad y tipo de datos que los integrarán. La obtención de esa información no es necesariamente una función de un CDMS, aunque éste podría incorporar estadísticas de uso.

Los informes de monitoreo deberán utilizarse para gestionar activamente el flujo de información, de metadatos y de datos dentro del sistema de datos climáticos de la organización.

Para planificar la gestión hay que tener presente también que los datos climáticos deben ser perdurables y de utilidad para los usuarios futuros. Para ello, habría que planificar los relevos y la formación del personal, el ciclo de sustitución del equipo informático, y, con respecto a los programas comerciales, los costos de mantenimiento y actualización, y las prioridades de apoyo y de formación.

3.5 Gestión de la documentación

La documentación de los procesos que intervienen en la gestión y utilización de la base de datos es un elemento esencial, no sólo como referencia de su diseño, sino también de las instrucciones y directrices de funcionamiento concernientes a los gestores, usuarios y desarrolladores de la base de datos y de las aplicaciones que ésta conlleva. Para las organizaciones que han establecido un sistema de gestión de la calidad ISO 9000, esta documentación es obligatoria. Para las demás organizaciones, sería muy recomendable que su documentación se atuviera a los principios de esta norma.

Los principios de ISO 9000 pueden resumirse como sigue:

- Decir lo que se hace;
- Hacer lo que se dice;
- Comprobar en todo momento que se hace lo que se dice; y
- Evaluar y mejorar.

La documentación debería estar redactada con ánimo positivo, para fomentar las prácticas más idóneas en el transcurso de las operaciones.

La gestión y la documentación deberían estar basadas en un concepto de proceso en virtud del cual el proceso recibe material, éste es sometido a una serie de operaciones, y de éstas se obtienen resultados destinados a un "cliente". El cliente puede ser interno o externo a la organización. Así, por ejemplo, el proceso de introducción de datos mediante teclado abarcaría la cumplimentación de formularios en papel, la entrega de éstos a los teclistas, el mecanografiado de los datos en el formulario de la base de datos, el transvase del formulario cumplimentado a la base de datos y la eliminación de posibles errores, y la incorporación de los formularios en papel en los archivos. El material entrante son los formularios en papel, el personal y los recursos informáticos. Los resultados serían los datos incorporados en la base de datos y los formularios en papel incorporados al archivo. Los clientes serían los usuarios de la base de datos, que podrían ser a su vez procesos, como el de control de la calidad.

Cada proceso debería tener un propietario que se responsabilice de la documentación y de la gestión y monitoreo general del proceso. Toda modificación del proceso o de la documentación debe contar con el consentimiento y la autorización del propietario del proceso. Una documentación no actualizada o incorrecta podría redundar en la destrucción de la base de datos. Análogamente, cualquier incumplimiento de las actuaciones documentadas podría acarrear el mismo resultado.

El propietario de un proceso debería también orientar y alentar la evaluación y mejora de ese proceso, a fin de que responda a sus fines propios y cumpla los objetivos de la organización.

4 Elementos esenciales de la gestión del flujo de datos climáticos

4.1 Documentación y gestión de metadatos

Para que los datos meteorológicos sean de utilidad a los futuros usuarios es esencial disponer de un conjunto de metadatos adecuado. Un registro de metadatos óptimo indica con exactitud dónde se realizaron las observaciones, quién las realizó y mediante qué instrumentos, qué nivel de calidad se atribuye a los datos, etc. En el informe "Guidelines on Climate Metadata and Homogenization" (WMO 2003b) de la serie de publicaciones del Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima se examinan detalladamente los metadatos referentes a una estación. En él, el lector encontrará una descripción general de esa materia; en el presente documento se examina sucintamente el tema desde el punto de vista de los sistemas.

Una consideración importante, a este respecto, es que en un sistema ideal la estructura intrínseca de los metadatos será bastante más compleja que la estructura intrínseca de los propios datos climáticos. Consideremos una observación pluviométrica. Normalmente, la información esencial contenida en los datos será simplemente algo así como "en la estación x, durante un período de tiempo e hasta el instante t, la precipitación fue de p mm." Los metadatos necesarios para interpretar detalladamente estos datos podrían consistir en:

- Fecha de referencia utilizada por la base de datos (GMT, huso horario, otros);
- Calidad atribuida a la observación;
- Historia de los valores atribuidos al parámetro meteorológico, y banderines asociados;
- Instrumento utilizado para registrar la observación, con una indicación más detallada de su propio programa de mantenimiento, sus valores de tolerancia, sus parámetros internos, etc;
- Nombre del observador;
- Pormenores de la estación e historia de ésta;
- Programa de observaciones vigente, e historia de éste;
- Inventario de los elementos almacenados en la base de datos, junto con sus unidades y valores límite; y
- Datos sobre la topografía y el terreno del emplazamiento, información sobre árboles circundantes, edificios, etc, y evolución de éstos a lo largo del tiempo.

Para almacenar todos estos datos en un sistema informático se necesitará una estructura de datos compleja y un programa igualmente complejo. Deberá ser también posible almacenar gráficos (planos del emplazamiento, fotos y, posiblemente, imágenes de documentos antiguos, etc). Esta información no es en sí misma compleja, pero condiciona, en particular, el tipo de equipo que se utilizará para captar y reproducir una serie de imágenes, así como el programa informático que se utilizará para la gestión de la base de datos.

Será también necesario también incluir metadatos sobre los propios datos, pero este tema excede del alcance de las presentes directrices.

Los datos pueden someterse también a un proceso de homogeneización, a fin de eliminar toda influencia que no provenga del clima existente. Los datos así depurados habrán de ir acompañados de metadatos añadidos, a fin de representar con exactitud las características del proceso de homogeneización. Los conjuntos de datos homogeneizados deberían ser un producto del CDMS, y nunca un sustituto.

Es cada vez mayor el número de herramientas sofisticadas destinadas a la gestión y el acceso a los metadatos (Figura 1).

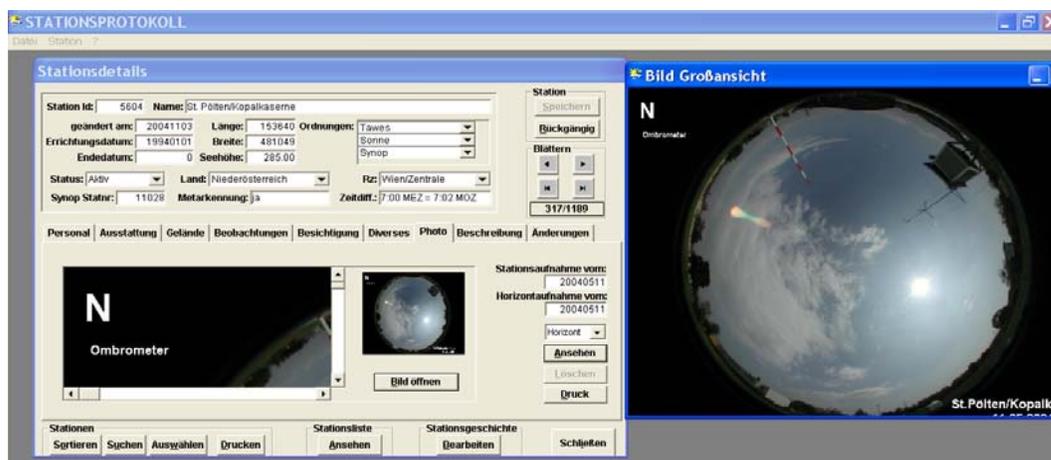


Figura 1. El programa informático STATPROT para la gestión de metadatos, del ZAMG (Instituto Central de Meteorología y Geodinámica, Austria).

4.2 Adquisición, introducción, almacenamiento y archivado de los datos

4.2.1 Adquisición

Una de las principales tareas de un SMHN es operar una red de observaciones climáticas como la descrita en WMO (2003a). Aunque estas redes constituyen el "fluido vital" de un SMHN, su funcionamiento entraña un costo para la organización, y generalmente reportan escasos beneficios comerciales inmediatos. Los costos indirectos asociados al funcionamiento de una red podrían reducirse si los SMHN utilizaran las redes de estaciones de instituciones similares, como universidades, servicios públicos o empresas privadas. En tales casos sería necesario reunir todos los datos climáticos pertinentes, y sería muy recomendable que el SMHN tuviera pleno acceso a todos los datos climáticos sin restricciones, como si fueran suyos. Podría ser necesario redactar y suscribir a nivel directivo los correspondientes memorandums de entendimiento o contratos entre el SMHN y otras organizaciones.

Es posible también gestionar datos e información no convencionales. Así, por ejemplo, existe un gran número de cámaras web estatales y privadas cuya información, en caso necesario, se podría captar y gestionar a efectos comerciales. Puede acudirse también a otras fuentes de información útiles, como los periódicos en papel, la radio o la televisión. Si los recursos lo permiten, podrían recopilarse todos los informes existentes sobre desastres relacionados con el tiempo y otras noticias interesantes al respecto, e instalarlos en un sistema de gestión de documentos que podría integrarían de una más amplia base de datos sobre el clima.

4.2.2 Introducción de datos

La recopilación de datos debería hacerse lo más cerca posible de la fuente. Las EMA (incluidas las estaciones que efectúan algunas observaciones manuales) y, en parte, las estaciones meteorológicas automáticas deberían recopilar *in situ* los datos climáticos y los mensajes de error y transferirlos después electrónicamente al CDMS, posiblemente mediante otro sistema de base de datos. Los datos observados manualmente deberían ser

recopilados y captados *in situ*, y sería altamente aconsejable transferirlos digitalmente al CDMS cada 24 horas. Aunque no siempre será posible almacenar toda la información en la base de datos en un solo día (como ocurre, por ejemplo, con las entregas mensuales de registros en papel), la recopilación diaria presenta las ventajas siguientes:

- La calidad de los datos probablemente mejorará. Por ejemplo, para un operador de control de la calidad será más fácil recordar el tiempo que hizo ayer que el de hace treinta días;
- Aunque el costo de la transmisión de los datos aumentará, el trabajo invertido en el control de calidad disminuirá probablemente, y será más fácil acceder a un mayor número de datos; y
- Los errores técnicos se detectarán mucho más pronto.

Naturalmente, muchas estaciones sólo registran sus datos en papel, en cuyo caso será necesario remitirlos por correo mensualmente, o por períodos más cortos. Debería llevarse un registro de los informes de datos entrantes, en papel o en una hoja de cálculo; lo ideal sería generarlos automáticamente y compararlos con los datos esperados. Este último método permite detectar fácilmente los informes faltantes, y realizar un seguimiento junto con el observador. Antes de introducir los datos de los informes autográficos, será necesario evaluar aquéllos.

Para la captación de datos se recomienda un sistema que verifique las limitaciones y los tipos de datos de cada parámetro antes de asimilar los valores en la base de datos.

La introducción de los datos y el control de calidad de éstos están directamente relacionados, ya que es frecuente realizar un control de calidad durante el proceso. Por lo general, sin embargo, los datos climáticos digitales deberían someterse todavía a un nuevo proceso de control de la calidad antes de clasificarlos como satisfactoriamente controlados. Los usuarios finales deberían conocer en todo momento el control de calidad aplicado a los datos que reciben.

Es importante conservar los valores de los datos originalmente recibidos (tanto para la evaluación de los procesos de control de la calidad como para eventuales pesquisas jurídicas o similares; véase la sección 4.3), así como el valor más recientemente sometido al control de la calidad. Del valor originalmente recibido se habrá verificado únicamente, durante el proceso de asimilación en la base de datos, el tipo de dato y el intervalo de valores y, aunque no sea aceptado por este proceso, será necesario conservarlo. El valor más reciente que haya satisfecho el control de la calidad variará a medida que se avance en las etapas de este proceso.

Debería contemplarse la utilización de fuentes y tipos de datos no tradicionales, con arreglo a las prácticas aplicadas por la organización (por ejemplo, la utilización de webcams para la observación a distancia).

El CDMS puede contener, además de los datos y metadatos tradicionales, información sobre noticias o imágenes periodísticas, etc. Para captar ese tipo de información podría recurrirse a:

- Obtener una imagen del informe impreso mediante una cámara digital o un escáner;
- Definir la fecha, la región y el tipo de fenómeno (crecida, sequía, precipitación intensa) y el nombre del medio de comunicación;
- Aportar comentarios acerca del fenómeno; y
- Almacenar la información en un sistema de archivo.

Los datos sobre fenómenos meteorológicos extremos u otros fenómenos de interés aparecidos en radio o televisión pueden captarse por métodos similares.

4.2.3 Almacenamiento y archivado de registros en papel

Todos los registros en papel deberían almacenarse en un ambiente controlado, a fin de evitar su deterioro y su posible destrucción por efecto de temperaturas o humedad extremas, insectos, plagas, incendios, crecidas, accidentes o vandalismo. Antes de archivarlos, sin embargo, convendría microfilmarnos o, preferiblemente, obtener de ellos una imagen electrónica mediante una cámara digital o un escáner, como se indica en WMO (2004). Se recomienda registrar los metadatos en el microfilm y/o archivo de imágenes, de modo que puedan ser incorporados a una base general de datos climáticos.

La obtención de imágenes electrónicas de los registros ofrece las ventajas siguientes:

- Se dispone de una copia "digital" adicional, por razones de seguridad;
- Las copias digitales pueden, a su vez, copiarse fácilmente y almacenarse con fines de seguridad en diferentes lugares;
- Si se necesita acceder a los datos originales, puede utilizarse la copia electrónica, evitando con ello deteriorar el papel original; y
- Los registros serán accesibles mediante Internet o correo electrónico y, por lo tanto, a un mayor número de usuarios.

Los informes autógrafos evaluados deberían recibir el mismo tratamiento que los informes en papel.

El archivo en papel debería administrarse de tal manera que:

- Los datos antiguos (por ejemplo, los que tengan más de un año) se almacenen por orden cronológico; y
- Los demás datos se ordenen en función de sus elementos de datos sinópticos.

4.2.4 Almacenamiento y archivado de la información digital

El almacenamiento de los datos puede constituir una fase transitoria hasta que éstos son estructurados para incorporarlos al archivo, en cuyo momento adquieren un valor añadido (por ejemplo, el control de la calidad, o la conversión a unidades de medición diferentes).

En ocasiones puede ser difícil seleccionar los datos que se desea almacenar y archivar. Las EMA generarán frecuentemente datos de interés desde el punto de vista de la calidad de la observación, pero que no son en sí mismos datos climáticos (por ejemplo, la información sobre la tensión de la batería de una EMA). Por regla general, esta información debería utilizarse (por ejemplo, en el proceso de control de la calidad) antes de archivar los datos, y la información no se incorporará al CDMS. (Aunque sí, en cambio, todos los metadatos importantes; véanse las Secciones 3.2.4 y 4.1, y WMO (2003b)). También en este caso, el mensaje original debería quedar almacenado permanentemente y ser accesible a los gestores de datos.

Una tarea importante del gestor de datos consiste en estimar las necesidades de almacenamiento de datos, y en particular su crecimiento futuro. Habrá que tener en cuenta la información adicional que se incluirá en los registros de datos (por ejemplo, banderines de control de la calidad, mensajes originales, fecha/hora de actualización del registro), las necesidades de metadatos, y las redundancias necesarias para poder restablecer las bases de datos. Aunque será difícil estimar las tendencias de crecimiento, conviene tener presente que muchos SMHN están actualmente archivando datos de EMA en períodos de 1 y/o 10 minutos, y que los datos climáticos no tradicionales (humedad del suelo, índices de vegetación, etc.) son muy importantes para los climatólogos. Por lo general, las necesidades de almacenamiento serán considerables cuando los datos sean oceanográficos o se obtengan mediante teledetección.

Si no se dispusiera de almacenamiento suficiente para conservar todos los datos originales en bruto, podrían transferirse los datos más antiguos a un sistema de archivado que funcione más lentamente. Éste suele ser un sistema robot de almacenamiento en cinta magnética, aunque actualmente existen algunos sistemas robot en DVD u otros medios similares. En caso necesario, se utilizará un procedimiento de reincorporación que recargue pequeñas partes de los datos en bruto.

Si, transcurrido cierto tiempo y aplicados los controles de calidad, no fuera necesario mantener un archivo de los datos digitales originales en el CDMS, podrán borrarse aquéllos siempre y cuando la organización conserve copia de los originales.

4.3 Gestión de registros originales y rescate de datos

El rescate de datos es un tema que ha sido examinado detalladamente en otros documentos del PMDVC (por ejemplo, WMO 2002, 2004), por lo que se abordará sólo sucintamente.

La gestión de los registros originales, relacionada con el rescate de datos, plantea problemas específicos. Existen varias razones para archivar permanentemente el valor original de una observación, es decir, el valor de un parámetro climático que no ha experimentado alteraciones, adiciones o eliminaciones mediante procesos manuales o automáticos. En primer lugar, si los usuarios basan sus decisiones en datos obtenidos en tiempo casi real, la organización podría tener razones jurídicas para conservar el valor original. En segundo lugar, el monitoreo del desempeño de las redes y sistemas de observación no será objetivo si se descarta la evidencia de que determinada estación opera deficientemente (por ejemplo, si se elimina un valor de datos erróneo).

Idealmente, debería conservarse en el CDMS el valor original de los datos, que debería ser tan accesible al personal interno como los valores sometidos al control de la calidad. La gestión de estos valores originales obligará a una utilización cuidadosa de los banderines de control de calidad (véase la sección 4.4), y el gestor de la base de datos posiblemente tendría que evitar el acceso externo directo a esos datos o, como mínimo, adoptar medidas que informen sin ambages a los usuarios de la calidad de los datos a los que han accedido. Si no fuera posible almacenar una copia electrónica de los datos originales, habría que encontrar la forma de conservar los originales en papel, en conformidad con las recomendaciones de la OMM sobre rescate de datos.

- En WMO (2002) se define el rescate de datos como "un proceso continuo de conservación de todos los datos que podrían perderse debido al deterioro de su soporte físico, y de digitalización de los datos presentes y pasados en un formato compatible con computadora que permita un fácil acceso". Esta definición implica que:
- Los datos deben almacenarse como archivos de imagen en un soporte físico que pueda ser renovado periódicamente para evitar su deterioro (cartuchos, CD, DVD, etc.);
- Los datos ya presentes en soportes compatibles con computadora deben ser constantemente trasladados a instalaciones de almacenamiento acordes con la evolución de las tecnologías; y
- Los datos deben introducirse mediante teclado en un formato que se preste al análisis de aquéllos.

La labor de rescate de datos es esencial si se desea dar acceso inmediato al gran público a un recurso nacional valioso. Desde otro punto de vista, puede considerarse que el rescate de datos preserva el patrimonio de un país, y esta consideración, al igual que muchos otros beneficios reportados por los datos climáticos, ha de ser comunicada a los altos directivos de los SMHN y a otras autoridades gubernamentales a fin de conseguir financiación para las

actividades de rescate de datos. En WMO (2002) se describen algunos logros concretos, como el programa financiado por Bélgica, que ayudó a más de 40 países africanos a conservar en microfichas millones de registros.

En WMO (2004) se describen los elementos esenciales del rescate de datos, estructurados en las etapas siguientes:

- Búsqueda y localización;
- Creación de inventarios;
- Conservación y almacenamiento;
- Validación de archivos en imagen;
- Introducción mediante teclado y control de la calidad; y
- Publicación de los datos.

Estos procesos se ilustran en la Figura 2.



[Escaneo Indexación

RESCATE DE REGISTROS DE DATOS

Ordenación

Datos
Imágenes

Papel Introducción de datos Almacenamiento de datos Usuario]

Figura 2. Procesos que forman parte del rescate de datos.

En WMO (2004) se describen también tecnologías de computación apropiadas, soportes alternativos, y estrategias para el transvase de los datos. Por lo que se refiere a la captación de imágenes electrónicas, es preferible utilizar cámaras digitales en lugar de escáneres, aunque estos últimos serán preferibles en determinadas circunstancias (por ejemplo, los escáneres multipágina pueden captar eficazmente imágenes en distintos tipos de papel). Los proyectos de rescate de datos deberían incorporar siempre un componente de formación que proporcione al personal de los SMHN un conocimiento práctico de las

actividades de rescate de datos en todos sus aspectos y que ayude a formar al personal en relación con el rescate de datos. La salud y seguridad laboral son particularmente importantes a ese respecto. Por ejemplo, cuando el personal ha de trabajar con registros de papel voluminosos y polvorientos, en instalaciones de almacenamiento posiblemente ocupadas por roedores u otros animales.

4.4 Aseguramiento de la calidad y control de la calidad

El proceso de control de la calidad es una parte esencial de la totalidad del proceso de flujo de datos. Su función es asegurar la verificación de los datos y, en la medida de lo posible, que éstos estén exentos de errores. Todos los errores y deslices que tengan su origen en la estación, en instrumentos o sensores o en las fases de transmisión o introducción de datos deberán ser detectados y eliminados y, cuando sea posible, sustituidos por los valores correctos (aunque conservando los valores originales). Un elemento indispensable en la gestión de la calidad de un SMHN es el proceso de control de la calidad de los datos.

El primer paso consiste en construir un modelo lógico de control de la calidad que describa las diferencias entre las comprobaciones, las pruebas y la marcación con banderines. El alcance de las comprobaciones de calidad aparece descrito en la sección 3.2.5.

El modelo de marcado mediante banderines debe indicar si un valor:

- Ha sido o no comprobado;
- Es o no original;
- Es o no sospechoso;
- Es o no erróneo;
- Es o no correcto;
- Ha sido o no calculado (directa o indirectamente).

El modelo de marcado mediante banderines puede indicar también cuándo un valor ha sido o no:

- Comprobado automáticamente, o por un operador;
- Calculado utilizando valores no sospechosos; y
- Calculado utilizando valores no faltantes.

Los datos deben recorrer de extremo a extremo el sistema de control de la calidad, sin que se permita la posibilidad de sortear ese proceso. El proceso de datos debería describirse en su totalidad mediante uno o más flujogramas que abarquen desde la red de estaciones hasta el nivel de las aplicaciones, y en los que se explicita el proceso de control de la calidad. La organización debe contar con manuales y breviaros, además de instrucciones sobre la conducción de todos los procesos de datos (y particularmente del proceso de calidad de los datos), y su contenido deberá ser cumplido. Sería muy recomendable describir los cambios que se introduzcan en el sistema de control de la calidad de los datos, a fin de introducir mejoras futuras y también como información para los usuarios interesados.

Además del proceso ordinario de control de la calidad de los datos, debería evaluarse de vez en cuando el conjunto cronológico de los datos sometidos a control de la calidad. Esta evaluación podría efectuarse para cada parámetro y sensor de las distintas estaciones, o para todos los parámetros de una estación. Se puede realizar, por ejemplo, cuando un cliente desea contratar la aplicación de un control de la calidad adicional antes de recibir sus datos.

Si, una vez sometido al proceso de control de la calidad, determinado parámetro de una estación arroja gran número de valores sospechosos, ello podría denotar un fallo del instrumento/sensor y/o del proceso de captación de datos. Si en una estación se obtuvieran más valores sospechosos que en otras, el problema podría estar relacionado con el funcionamiento general de esa estación. Cuando el control de la calidad sea manual, habrá

que cerciorarse de que los procedimientos son coherentes y válidos. Así, por ejemplo, un operador que sustituya todos los valores sospechosos por estimaciones (o que los elimine completamente) puede ser tan perjudicial para una base de datos como otro que marque todos los valores sospechosos como correctos.

Cuando se sospeche que un instrumento/sensor y/o funcionamiento deficientes de la estación están causando problemas, el operador de control de la calidad deberá actuar y, en caso necesario, notificar a los responsables del instrumento, por ejemplo a fin de que:

- Se introduzca una modificación o ajuste en un instrumento/sensor;
- Se realice una inspección de la estación;
- Se recomiende un cambio de estación; o
- Se acuda al observador para que confirme el o los valores extremos sospechosos.

Para asegurar la integridad del proceso de control de la calidad, deberá designarse a un propietario de proceso que se responsabilice del funcionamiento del proceso descrito. Toda aberración o variación deberá ser detectada y revisada. Deberían realizarse ocasionalmente auditorías internas y externas para garantizar la integridad del proceso de control de la calidad. La formación cíclica de todos los operadores de control de la calidad es un elemento esencial.

En los SMHN existen ya en funcionamiento algunas herramientas útiles para el control de la calidad (Figura 3).

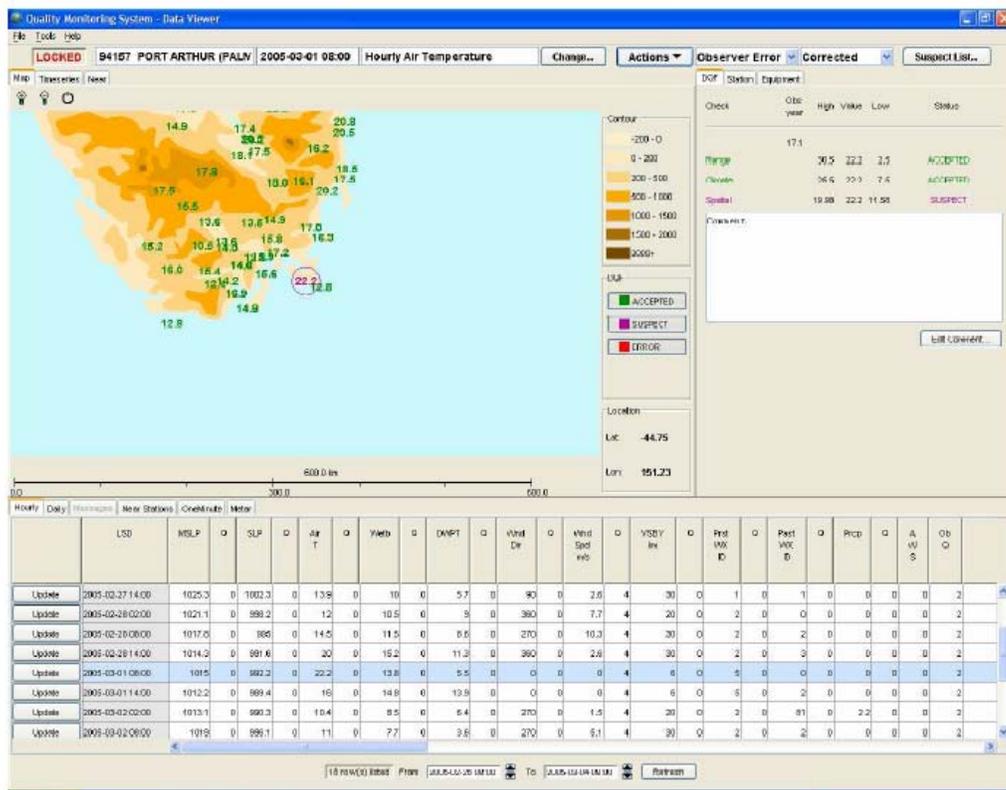


Figura 3. Instantánea de una muestra obtenida mediante una moderna herramienta de control/monitoreo de la calidad de los datos: el sistema de monitoreo de la calidad del Organismo Meteorológico de Australia.

4.5 Intercambio de datos

El intercambio de datos entre los SMHN es esencial para la climatología. Este concepto abarca tanto el almacenamiento y utilización de los datos (y metadatos) de otros países en la base de datos de un SMHN como la transmisión de datos a los centros mundiales y regionales.

Para los Estados que son Miembros de la OMM, la obligación de compartir datos y metadatos con otros Miembros de la OMM, así como las condiciones que regulan ese traspaso a terceros, están contempladas en las Resoluciones 40 (Cg-XIII) y 25 (Cg-XIV) de la OMM. En éstas se recogen los conceptos de datos "esenciales" y "adicionales", y se especifica un conjunto de datos mínimo que convendría hacer público con carácter "gratuito y sin restricciones". Pudiera ser aconsejable que los Miembros decidieran declarar "esencial" un conjunto de datos aún mayor.

Diversos Miembros de la OMM ofrecen por iniciativa propia cierto número de sus estaciones para formar parte de redes tales como la Red de observación en altitud del SMOC (GUAN), la Red de estaciones de observación en superficie del SMOC (ROSS), la Red sinóptica básica regional (RSBR) o la Red Climatológica Básica Regional (RCBR). La designación de una estación como parte integrante de esas redes conlleva la obligación de compartir los datos a nivel internacional. En el caso de la GUAN, este intercambio se efectúa mediante mensajes CLIMAT TEMP, y en el caso de la ROSS, mediante mensajes CLIMAT. La transmisión de estos mensajes es un proceso monitorizado, y los resultados son puestos a disposición del público.

Se alienta a los usuarios a estudiar detenidamente estas Resoluciones a la hora de aplicar políticas de datos que determinen aspectos del CDMS.

Hay posiblemente cuatro categorías de datos climáticos que conviene examinar desde el punto de vista del intercambio de datos:

- Datos en tiempo real o casi real intercambiados por el SMT, y cuya puntualidad de entrega es esencial;
- Conjuntos de datos en modo diferido en tiempo real y casi real, aunque limitados en lo que se refiere al control de la calidad;
- Conjuntos de datos en modo diferido sometidos a un riguroso control de la calidad y, posiblemente a un análisis de homogeneidad; y
- Otros productos (por ejemplo, imágenes satelitales, metadatos, productos de monitoreo y predicción del clima, índices climáticos, análisis nacionales/regionales/mundiales y climatologías nacionales/regionales/mundiales, resultados de modelos del clima mundial).

Para el primero de esos grupos se han definido formatos OMM normalizados. De éstos, CLIMAT y CLIMAT TEMP son específicamente climáticos, en tanto que otros (particularmente SYNOP, PILOT, TEMP y los formatos marinos) son de interés para los estudios sobre el clima. Se encontrará información al respecto en WMO (1995). En los demás casos, se han definido formatos para el intercambio de datos (por ejemplo, HDF o NetCDF), pero éstos son mucho más generales y tampoco son intrínsecamente autodescriptivos.

En el momento actual, una iniciativa clave de la OMM es el proyecto SIO (Sistema de Información de la OMM). Se trata de un proyecto complejo y de gran envergadura que, en pocas palabras, tiene por objeto crear "una infraestructura mundial única y coordinada para recopilar e intercambiar información destinada a todos los programas de la OMM y programas internacionales similares". Para facilitar esta tarea se están desarrollando protocolos normalizados de intercambio de datos y, más importante todavía, metadatos. Para los desarrolladores y usuarios de CDMS, este trabajo es doblemente importante. En primer lugar, porque gracias a él los usuarios de CDMS adecuadamente equipados podrán

obtener fácilmente datos utilizando métodos normalizados de otras organizaciones que operan como Centros Mundiales del Sistema de Información (CMSI) o Centros de Recopilación de Datos y Productos (CRDP) en el marco del SIO. En segundo lugar, los desarrolladores de CDMS incorporarán, cuando proceda, medios que permitan al sistema operar como proveedor de datos climáticos mediante los protocolos del SIO. Se ha empezado a trabajar ya en esa dirección.

4.6 Acceso a los datos y desarrollo de productos

Cada SMHN debe tener una política de acceso a los datos que describa, en particular, los datos libremente disponibles para los usuarios. La libertad de acceso a los datos desde una red de estaciones de ámbito nacional varía según el país. Los metadatos básicos de la red que contengan información sobre ubicación, coordenadas geográficas, altitud, equipo de sensores, disponibilidad de datos, etc., serán entregados preferiblemente en forma tabular o cartográfica, y a título gratuito, por los SMHN. Incluso en Europa, donde la política de los SMHN restringe notablemente el acceso a los datos y a la información de las estaciones, empieza a aumentar el volumen de información proporcionado sin restricciones. Tal es el caso, por ejemplo, del proyecto UNIDART (interfaz uniforme de petición de datos), dirigido por el SMHN alemán (Deutscher Wetterdienst).

Para acceder a una base de datos los usuarios tienen diversas posibilidades, como SQL (lenguaje de interrogación estructurado) si se trata de sistemas de gestión de bases de datos relacionales (SGBDR), u otras herramientas que les faciliten la comunicación con la base de datos (hojas de cálculo, shareware o aplicaciones comerciales). Lo más habitual son las aplicaciones capaces de utilizar un navegador de Internet. De ese modo, pueden utilizarse las mismas aplicaciones para Intranet y para Internet, siempre que se cuente con los derechos de acceso apropiados.

El personal encargado de suministrar los datos debe conocer el tratamiento a que éstos han sido sometidos, desde su origen hasta su archivado. Inicialmente, el personal de gestión de datos se encargaba del desarrollo de los productos, en muchos casos sin conocer las necesidades de los clientes externos. En tiempos más recientes, los suministradores de datos son ya más receptivos a las demandas de los usuarios finales y a los movimientos del mercado, y los servicios de suministro de datos se han desarrollado siguiendo dos grandes líneas.

En primer lugar, hay productos de valor agregado que producen "soluciones a la medida del cliente". Con estos productos, los SMHN obtienen ingresos y los clientes reciben información específicamente adaptada a sus necesidades. Por lo general, este tipo de clientes no desean ninguna otra información, que para ellos carece de interés.

En segundo lugar, hay productos generados en gran escala, más fáciles de producir, cuyo alcance es menos selectivo. Suelen estar financiados públicamente, y para su difusión se utilizan medios menos costosos. Los SMHN pueden publicarlos, por ejemplo, en su sitio web. En todos los casos, los productos deben presentarse en formato profesional, ya que los SMHN serán juzgados a tenor de la calidad de sus productos.

4.7 Administración y monitoreo de los datos

Como ya se ha indicado en la sección 3.1, los gestores de datos deben cerciorarse de que sus sistemas y datos son gestionados de modo que satisfagan las necesidades de los usuarios (o empresas). Por consiguiente, es necesario establecer sistemas y procesos que comprueben que la gestión de los datos se realiza con arreglo a las expectativas de los usuarios. A tal fin, es útil establecer y monitorizar un conjunto escogido de indicadores de

desempeño que reflejen las pautas de funcionamiento esperadas por los gestores de datos.

Los gestores de datos deben presuponer que en ocasiones los datos no pasarán directamente del instrumento a la base de datos, por lo que han de administrar los procesos de flujo de datos y monitorizar detenidamente los datos acumulados en la base de datos. Los problemas relativos al flujo de datos deben ser identificados y subsanados antes de que acarreen consecuencias para los usuarios de datos climáticos. De ellos son responsables, principalmente, los gestores de datos, aunque sería posible encomendar a terceros las medidas correctoras (por ejemplo, las observaciones faltantes pueden deberse a problemas vinculados a las tecnologías de comunicación, por lo que sería la sección de TI la que tendría que subsanar el problema).

En la sección 3.4 se describen varias características importantes de las mediciones de desempeño en el contexto de la gestión general de las bases de datos. La filosofía general es la misma cuando se trata de datos climáticos; es decir, los indicadores de monitoreo que se desarrollen deben estar vinculados a valores objetivo que permitan medir el desempeño en términos de las necesidades de los usuarios. También en este caso, los indicadores seleccionados deberán ser específicos, medibles, conseguibles, realistas y limitados en el tiempo (es decir, EMCRLT).

Así pues, ¿qué es lo que hay que monitorizar? Adoptando la perspectiva del usuario, los gestores de datos podrían desarrollar procesos e índices de seguimiento para asegurarse de que los datos contenidos en la base de datos:

- Son apropiados en cuanto a los tipos de parámetros climáticos;
- Cumplen las directrices nacionales e internacionales pertinentes con respecto a la densidad espacial, la frecuencia y el tamaño de los registros;
- Están sometidos a un control de la calidad apropiado;
- Son de calidad aceptable;
- Son fácilmente accesibles en forma digital; y
- Su almacenamiento es óptimo tanto en términos de seguridad como de accesibilidad.

Algunas de estas características (por ejemplo, unos parámetros climáticos apropiados) pueden averiguarse mediante encuestas, o recabando con frecuencia comentarios de los usuarios. La efectividad de los procedimientos de control de la calidad puede cuantificarse, por ejemplo, midiendo la frecuencia de falsas alarmas, mientras que el éxito en la consecución de los niveles de calidad puede cifrarse en el porcentaje de valores de datos faltantes y erróneos. La eficiencia de los sistemas de procesamiento de datos puede cuantificarse también utilizando indicadores que revelen la proporción de datos publicados en formato digital y en papel. En la sección 3.4 se ofrece un ejemplo más específico a este respecto. El monitoreo de las tasas de digitalización ayuda también a los gestores de datos a identificar problemas de eficiencia y a planificar el volumen de trabajo.

Aunque hay que procurar que estas actividades de monitoreo no agudicen el trabajo de los gestores de datos, aquéllas desempeñan un importante papel, ya que alertan de las desviaciones respecto del comportamiento aceptable. Pueden constituir también un medio de utilidad para motivar al personal.

Lo que es quizá más importante: los sistemas y procesos instalados deben generar alertas en tiempo real para las actividades externas cruciales. En particular, alertando de los datos faltantes cuando se estén elaborando productos climáticos de alto nivel (destinados, por ejemplo, al titular de un ministerio), o cuando se suministren datos a un cliente que haya pagado por un servicio urgente.

Por último, es importante disponer de unos sistemas de comunicación efectivos y eficientes, a fin de tener informados a quienes pueden adoptar las medidas correctoras necesarias.

4.8 Consideraciones sobre la gestión de los cambios

Los datos climáticos están sujetos a numerosas influencias, diversas y ajenas al clima, por lo que los gestores de datos deben adoptar unas prácticas adecuadas para la gestión de los cambios. En los dos últimos decenios, la creciente preocupación por el cambio climático ha puesto de relieve la importancia de esta función.

Un prerequisite útil para una adecuada gestión de cambios consistiría en disponer de un acervo de conocimientos, metadatos y otros documentos sobre las prácticas de gestión de datos vigentes (véanse las secciones 3.5 y 4.1).

Los cambios que hay que gestionar consisten en:

- Cambios en las redes y sistemas de observación;
- Cambios en las prácticas de observación;
- Introducción de nuevos tipos de datos; y
- Cambios en los algoritmos que permiten calcular datos.

La transición entre sistemas de gestión de bases de datos se examina en la sección 5.

Idealmente, los cambios en las redes y sistemas de observación (por ejemplo, los cambios de emplazamiento, o la sustitución de un tipo de sensor) deben quedar reflejados en los registros de metadatos de las estaciones afectadas y, si los cambios afectan a toda la estación, en otros documentos ampliamente distribuidos y fácilmente accesibles para las generaciones futuras. Cuando exista un programa de observación paralelo, por ejemplo en razón de un cambio de emplazamiento, será necesario gestionar los flujos de datos correspondientes (por ejemplo, introduciendo un nuevo emplazamiento, o manteniendo los datos antiguos en una tabla aparte). La sección dedicada a las observaciones de los SMHN debe conservar la información sobre los cambios introducidos en las prácticas de observación y, al igual que en los casos anteriores, la documentación debe ser ampliamente distribuida y fácilmente accesible para las generaciones futuras. Lo mismo cabe decir de los cambios en la manera de calcular datos; aunque la sección de observaciones será la encargada de documentar los cambios introducidos en los algoritmos de observación, los gestores de datos serán responsables de registrar los cambios experimentados por la base de datos a partir de esa etapa del proceso. Con todo, los gestores de datos procurarán presentar a los usuarios una lista totalizada de los cambios introducidos.

La introducción de nuevos tipos de datos implicará, por lo general, la integración de los procesos y sistemas necesarios para las funciones de almacenamiento, control de calidad, notificación, etc. Cuando el volumen de estos cambios sea considerable, podría ser necesario ampliar la plantilla de personal, o introducir equipos o aplicaciones informáticas nuevos, lo cual requiere una planificación considerable.

En consonancia con los principios de gestión de la calidad, los SMHN deberían contemplar la implantación de procesos formales que ayuden a gestionar adecuadamente los cambios. En WMO (2003a) se describe la labor realizada a tal efecto en los Servicios Meteorológicos de Canadá (SMC). Aunque las estructuras formales adoptadas por los SMC estarán fuera del alcance de muchos SMHN, vale la pena retener los principios generales y, en particular:

- Que se establezca en la organización un grupo para supervisar los cambios introducidos en los sistemas, instrumentos, algoritmos, procesos, procedimientos y documentos conexos que intervienen en la adquisición, procesamiento, notificación y archivado de observaciones procedentes de las redes de observación;
- Que el grupo incorpore decisores relacionados con esas disciplinas, así como funciones de asistencia científica/técnica cuando sea necesario;
- Que, en la medida de lo posible, las decisiones estén basadas en el consenso;
- Que exista un proceso de solicitud de cambios claro y transparente;
- Que las solicitudes de cambio se examinen y tramiten en tiempo oportuno;

- Que el comité tenga autoridad para establecer grupos especiales que evalúen las solicitudes y formulen recomendaciones; y
- Que todas las peticiones, decisiones y documentos de apoyo sean fácilmente accesibles.

5 Transición a un sistema de gestión de bases de datos

Cuando las herramientas actualmente utilizadas para la gestión de datos climáticos y para el procesamiento de datos no satisfagan plenamente las necesidades de un SMHN, se plantea la posibilidad de adquirir un nuevo sistema de gestión de bases de datos (SGBD). Las razones para ello pueden ser varias: necesidad de manejar mayores volúmenes de datos, respuesta a la demanda de los nuevos usuarios (por ejemplo, entrega de datos por Internet), o imposibilidad de ampliar las herramientas actuales o de adaptarlas a las tecnologías más recientes.

La elección de un sistema y la transición a un nuevo SGBD son esenciales, ya que condicionarán al SMHN durante un largo período, durante el cual aquél utilizará el sistema escogido. En esta sección se propone una "metodología de proyecto", y se describen las principales etapas (análisis de la situación actual, diseño de soluciones funcionales, y diseño de soluciones técnicas) para seleccionar un sistema apropiado. Se ofrecen también algunas consideraciones sobre la arquitectura de las bases de datos (diseño de la base de datos, modelos de datos) a fin de comprender mejor este concepto y de adoptar decisiones. Por último, se describen las etapas para la transición del CDMS CLICOM a un nuevo CDMS.

Hay que señalar desde un principio que la transición entre sistemas de gestión de bases de datos está basada en la fórmula "cómprolo si puede; constrúyalo sólo si no tiene alternativa". En apoyo de este principio, el PMDVC ha promovido el desarrollo de CDMS candidatos para someterlos a la consideración de los países (véase el Apéndice 1, y el estudio de un caso específico expuesto en el Apéndice 2). Esta cuestión se analiza más en detalle a continuación.

5.1 Selección de un sistema de gestión de bases de datos climáticos: factores que habrá que tener en cuenta

En la presente sección se utilizará la terminología de las empresas comerciales. Muchos SMHN reciben su financiación íntegramente de los gobiernos, por lo que no cobran directamente por sus servicios; aún así, deben demostrar el aprovechamiento adecuado de esos fondos y la eficacia de los servicios prestados a los usuarios. Por ello, el departamento que aporta los fondos es un cliente indirecto de los servicios prestados a los usuarios.

5.1.1 Considerar las necesidades organizativas

Para escoger un CDMS, el primer paso consiste en evaluar las necesidades de la organización y del entorno en el que operará el sistema. Esas necesidades pueden ser de orden interno o externo. Las externas serán las necesidades de los clientes y usuarios actuales, y las expectativas de necesidades futuras. Será necesario analizar tanto los productos actuales como los productos que se desea proporcionar. Así, por ejemplo, si uno de los productos principales está relacionado con el rendimiento de un cultivo agrícola determinado, el CDMS tendría probablemente que almacenar datos sobre la fecha de comienzo de ese cultivo, por lo que será necesario poder especificar ese tipo de datos.

¿Qué tipo de cambios en las necesidades organizativas pueden acaecer durante el ciclo de vida del sistema? Por poner un ejemplo, un SMHN puede necesitar aumentar sus ingresos comerciales, con lo que se verá impulsado a desarrollar nuevos servicios a medida; por ello, la facilidad para desarrollar nuevos productos será una consideración importante.

Hay que considerar también del alcance o los límites de la organización. El alcance de la organización puede estar limitado por su marco estatutario. Pero dependerá también de otras organizaciones cooperantes o competidoras.

Así, si la organización es un SMHN responsable de hidrología, sismología y medio ambiente marino, serán necesarios muchos más tipos de datos que en un SMHN que se ocupe únicamente de meteorología tradicional. Cuando haya organizaciones que se dediquen por separado a la meteorología y a la hidrología, será necesario acordar entre ambas cuál será responsable de los datos de lluvia, y cuál de los procesos que intervienen en la recopilación, control de la calidad e intercambio de datos.

En el caso de un SMHN, puede ser necesario almacenar datos procedentes de allende las fronteras. Para controlar esta situación se necesitarán unos mecanismos apropiados en el marco de la Resolución 40 de la OMM (véase la sección 4.5), y otros acuerdos apropiados.

5.1.2 Diseño del sistema deseado

Para preparar el diseño del sistema deseado, será útil confeccionar una lista de problemas o necesidades, en la que se anotarán los comentarios sobre el particular junto con sus prioridades respectivas. Para ello, lo más útil sería un proceso de colaboración en el que participen las partes interesadas en el sistema. Naturalmente, no será posible subsanar todos los problemas y necesidades.

Las limitaciones serán casi siempre financieras, aunque la disponibilidad de personal y los conocimientos prácticos serán también importantes. Por ello, habrá que planificar también las necesidades de formación del personal. Será muy importante disponer de medios de formación y apoyo para los equipos y programas informáticos en el entorno local. Cuando no haya posibilidades de apoyo local, la utilización de estos equipos y aplicaciones se contemplará únicamente cuando sea posible adaptar mecanismos alternativos que subsistan durante el ciclo de vida del sistema, y se necesitará asimismo un mayor nivel de redundancia.

El flujo de datos en el seno de la organización debe someterse a evaluación, y será necesario planificar cambios. Las cuatro cuestiones más importantes para un CDMS son el control de los metadatos, los procesos de introducción de datos, los procesos de control de la calidad, y la tramitación de las preguntas. La introducción de los datos puede efectuarse por distintos medios, y en particular por asimilación directa desde sistemas automatizados, o mediante teclado a partir de formularios en papel (véase la sección 4.2.2). Habrá que examinar en detalle la manera de realizar esta función, y la manera de mejorarla en el nuevo sistema. El volumen de datos es importante, tanto en términos de los datos habitualmente asimilados como del tamaño total de la base de datos. Los datos climatológicos se conservan por lo general indefinidamente, por lo que habrá que contemplar una estrategia de copiado de seguridad y de archivado cuando las bases de datos vayan a seguir aumentando a lo largo de su ciclo de vida.

Una consideración particular cuando se diseña un CDMS estriba en determinar si el sistema funcionará también como parte integrante de los sistemas operacionales sinópticos.

5.1.3 Ampliabilidad

En el marco del proceso de planificación, hay que considerar también la capacidad de ampliación. Si cambia la organización, ¿podrá cambiar en consonancia la base de datos? Un cambio típico consistiría en la incorporación de nuevos tipos de datos, o en la necesidad de manejar grandes volúmenes de datos adicionales; por ejemplo, cuando sea necesario guardar diez minutos de datos procedentes de una EMA. Por lo general, el costo del almacenamiento en disco duro disminuye más aprisa que la necesidad de aumentar el volumen de datos observacionales.

¿Existe la posibilidad de 'trocear' la base de datos para construir versiones reducidas destinadas a una oficina de distrito que aloje un conjunto menor de datos relativos sólo a ese distrito? Por lo general, la introducción de datos mediante teclado lo más cerca posible del punto en que éstos se obtuvieron presenta importantes ventajas desde el punto de vista de la calidad de los datos. La descentralización de la base de datos (o del acceso a ella) entre centros de consulta local puede ser beneficiosa para los clientes y usuarios de esos centros, gracias a un contacto más directo y a un conocimiento más a fondo de las necesidades del cliente, pero también a un mejor aprovechamiento del personal de los centros. Se perderá, en cambio, cierto grado de control y de visibilidad, y aumentarán los costos de apoyo. En ciertos casos, una arquitectura y un CDMS común pueden beneficiar a otras organizaciones, como las autoridades fluviales.

Los obstáculos y costos que pudieran derivarse de esas nuevas necesidades deben ser aspectos a considerar durante la planificación a largo plazo del CDMS.

5.1.4 Arquitectura y tecnología

Una vez determinados todos los problemas y necesidades, puede procederse a establecer el sistema deseado de manera que resuelva el mayor número posible de ellos.

Con respecto al equipo informático, la fiabilidad y el mantenimiento son consideraciones esenciales. La tecnología de las computadoras personales está ya firmemente asentada, en todos los países, por lo que el mantenimiento del equipo informático es viable, al menos para los usos tecnológicos habituales. La tolerancia a los fallos es muy importante, por lo que el suministro eléctrico deberá estar dotado de un estabilizador de corriente. En el servidor que alberga la base de datos, los discos duros deberán configurarse en estructura RAID (configuración redundante de discos poco costosos), preferiblemente con un mínimo de tres unidades físicas, de tal modo que el fallo de una de ellas no afecte a los datos. Si se necesita disponer de un sistema permanentemente, o con unos períodos de detención mínimos, puede añadirse un servidor redundante. Éste servirá para mantener la continuidad si fallara el servidor principal.

La utilización de arquitecturas distintas de las de las computadoras personales se contemplará únicamente cuando se disponga de un apoyo eficaz que permita restaurar el sistema con posterioridad a un fallo en un plazo de tiempo proporcionado a las necesidades empresariales (para una computadora personal, este plazo abarcará normalmente hasta el día laborable siguiente).

Todo CDMS debe estar protegido mediante un sistema de copias de seguridad. Lo ideal sería utilizar un soporte físico legible por otros sistemas de la organización, normalmente CD o DVD grabables, y posiblemente también cinta magnética. La legibilidad de las copias de seguridad en otra máquina debe comprobarse a intervalos frecuentes, y se establecerá un ciclo de copias de seguridad que utilicen también un almacenamiento externo.

Con respecto al sistema operativo, las consideraciones son análogas en lo que se refiere al

costo, a la formación y al apoyo. Microsoft Windows es un programa muy conocido, comercializado en casi todos los países, pero que está expuesto a virus y programas maliciosos similares, y que se presta a usos no autorizados. Por ello, es necesario también invertir en programas antivirus, e instalar un cortafuegos para las conexiones externas. La utilización de Linux u otros sistemas requerirá, por lo general, un mayor grado de conocimiento por parte del personal; pero si la organización dispusiera ya de esos conocimientos (gracias a la utilización de otros sistemas), podrían obtenerse importantes ahorros.

El SGBDR puede ser un producto comercial o un producto de código abierto. Véase en la sección 5.3.3.4 un análisis detallado de varios productos. La disponibilidad y el costo de la formación y del apoyo serán factores decisivos. Será necesario estimar el costo del SGBDR a lo largo de todo su ciclo de vida, tarea que puede ser compleja. En particular, habrá que examinar si se necesitará comprar licencias adicionales cuando se cambie el equipo por otro mejor, o si se instala un sistema descentralizado (véase la sección 5.1.3) en los centros regionales.

Las soluciones cliente-servidor pueden reportar importantes ventajas. Ciertas interfaces, como JDBC (conectividad de bases de datos en Java) u ODBC (conectividad de bases de datos abierta), están diseñadas para comunicar bases de datos entre sí, y a usuarios con bases de datos. Ello significa que será posible escoger la plataforma principal del servidor de la base de datos y el SGBDR más eficientes y seguros, y que se podrá abastecer a múltiples clientes con las prestaciones específicas de la organización. Para la asimilación de datos y el control de la calidad pueden utilizarse diseños de cliente diferentes de los utilizados para las interrogaciones de los usuarios finales. En particular, los sistemas cliente utilizados para este fin deberán ser lo suficientemente flexibles para diseñar y confeccionar rápidamente nuevos informes. Los clientes con estructura de hoja de cálculo serán útiles para entregar a los usuarios finales los datos extraídos en forma de archivo informático. Existen numerosas herramientas (por ejemplo, Microsoft Access, en funciones de cliente) que permiten formatear los informes adecuadamente con relativa rapidez y facilidad.

La calidad de la presentación de los informes a los usuarios finales y la facilidad para el desarrollo de nuevos productos son muy importantes para un SMHN. Una buena presentación indica al cliente o al usuario que el SMHN es una organización científica seria, eficaz y eficiente, y ayuda, por consiguiente, a difundir la visión de los SMHN.

5.1.5 Selección del CDMS

La mayoría de los CDMS disponibles, así como los SGBDR que los albergan, pueden ampliar su escala partiendo de una computadora personal como plataforma. Como ya se ha indicado, puede considerarse que un CDMS es una combinación de un modelo de datos y de un cierto número de herramientas para realizar las funciones externas necesarias. Lo ideal sería probar varios CDMS para, a continuación, seleccionar el más apropiado. Alternativamente, puede desarrollarse un CDMS específico. En la práctica, la inversión en tiempo y el esfuerzo es enorme.

En la mayoría de los casos será útil escoger uno de los CDMS existentes atendiendo a su mayor o menor idoneidad para las necesidades de la organización. Sería útil conocer la experiencia de organizaciones similares, aunque este criterio no es siempre el más útil. En la decisión habrá que tener en cuenta el costo a lo largo del ciclo de vida, las funciones de apoyo, la formación, y las posibles novedades futuras. Seguidamente, habrá que adaptar el CDMS a las necesidades locales. Normalmente, incorporando nuevos formularios para la introducción de datos mediante teclado a nivel local, introduciendo la asimilación automática de los datos desde otros sistemas, o incorporando informes de los usuarios finales. Estas funciones adicionales pueden ser útiles a otros usuarios de ese mismo CDMS, y es posible que otros grupos hayan tenido ideas que uno podría adoptar.

5.2 Consideraciones sobre la arquitectura de la base de datos

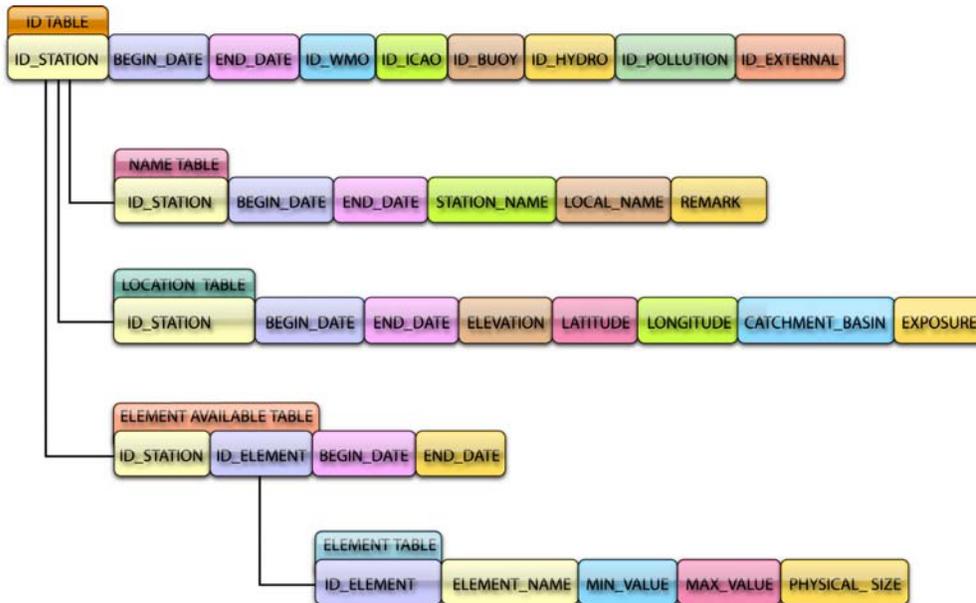
Esta sección está especialmente dedicada al modelo de datos relacionales, y en ella no se abordan ciertas nuevas tecnologías (por ejemplo, el "modelo por objetos" o el "modelo por contexto") que, por el momento, no utilizan habitualmente los SMHN.

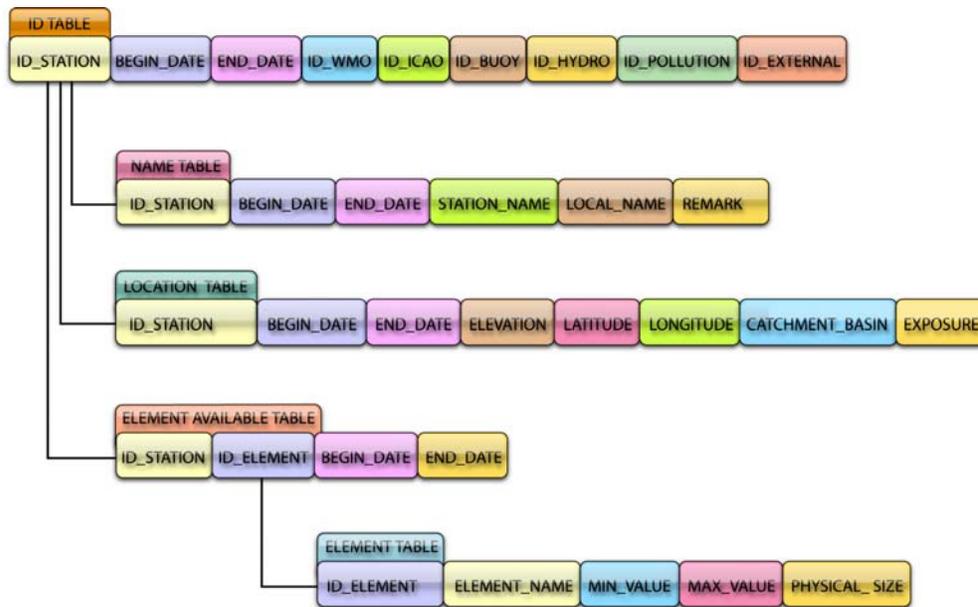
Un sistema de gestión de base de datos relacionales (SGBDR) es un conjunto de datos representados en forma de tablas y estructurados en filas y columnas, en el que todas las relaciones entre los datos están representadas mediante valores comunes en tablas anejas. Así, cuando se almacena información sobre el identificador de la estación puede definirse un identificador de tabla (Id), y una solución consistiría en descomponer la información del identificador en varios elementos; por ejemplo, los identificadores WMO, HYDRO o LOCAL, como puede verse en la Figura:



```
[ID_TABLE = ID_TABLA  
ID_STATION = ID_ESTACIÓN  
BEGIN_DATE = FECHA_INIC.  
END_DATE = FECHA_FIN  
ID_WMO = ID_OMM  
ID_ICAO = ID_OACI  
ID_BUOY = ID_BOYA  
ID_HYDRO = ID_HIDRO  
ID_POLLUTION = ID_CONTAM.  
ID_EXTERNAL = ID_EXTERNO]
```

La tabla de identificadores puede entonces vincularse a otras tablas de la base de datos, como puede verse a continuación





```

[ID_TABLA
ID_ESTACIÓN FECHA_INIC. FECHA_FIN ID_OMM ID_OACI ID_BOYA ID_HIDRO ID_CONTAM. ID_EXTERNO

NOMBRE DE TABLA
ID_ESTACIÓN FECHA_INIC. FECHA_FIN NOMBRE DE ESTACIÓN NOMBRE LOCAL NOTAS

FECHA DE UBICACIÓN
ID_ESTACIÓN FECHA_INIC. FECHA_FIN ELEVACIÓN LATITUD LONGITUD CUENCA_RECEPT
EXPOSICIÓN

TABLA ELEMENTOS DISPONIBLES
ID_ESTACIÓN ID_ELEMENTO FECHA_INIC. FECHA_FIN

TABLA ELEMENTOS
ID_ELEMENTO NOMBRE_ELEMENTO VALOR_MÍN VALOR_MÁX TAMAÑO_FÍSICO]

```

La definición del modelo de datos es el punto de partida de los diseñadores de bases de datos, y consiste en optimizar las estructuras tabulares: es decir, en averiguar cuál es la mejor estructura para cada tabla y la manera de interrelacionarse de las tablas, a fin de sentar las bases de un sistema eficaz.

5.2.1 Consideraciones sobre el diseño de bases de datos: normalización

Para averiguar cuáles son las mejores estructuras tabulares, el diseñador de la base de datos debe atenerse a ciertas reglas, conocidas en su conjunto como 'normalización'.

La normalización de una base de datos consiste en una serie de etapas, de tal modo que el diseño de la base de datos permita almacenar éstos de manera coherente y acceder eficazmente a ellos. La normalización es útil para:

- Limitar la redundancia de datos:
- Limitar la pérdida de datos; y
- Limitar las incoherencias entre datos.

El diseño final responderá a una transacción entre eficacia y flexibilidad. Por lo general no existe una solución óptima única. Por ello, los diferentes CDMS existentes han ideado soluciones distintas.

5.2.2 Modelos de datos utilizados por los CDMS

La mayoría de los CDMS ofrecen un modelo de metadatos para almacenar este tipo de información, y un modelo de datos para almacenar valores de los elementos climatológicos. Un modelo de metadatos puede diseñarse en base a un pequeño número de tablas interrelacionadas respecto de ciertos CDMS (por ejemplo, los CLICOM) o a un complejo conjunto de tablas interrelacionadas, en otros casos. Todo dependerá del grado de detalle deseado.

Sin embargo, con respecto al modelo de datos pueden apreciarse ciertas similitudes. Para representar valores de elementos climatológicos los CDMS utilizan, por lo general, tres modelos de datos distintos, cada uno de los cuales presenta sus ventajas y desventajas.

5.2.2.1 El modelo por elementos

Un modelo por elementos representa los datos en tablas que recogen, en cada fila, diferentes valores de determinado elemento observado en una estación en instantes diferentes.

Así, por ejemplo, los datos diarios pueden almacenarse en una tabla de valores diarios. Cada fila correspondería a determinada estación, en determinado mes y para determinado elemento. Los atributos -es decir, cada celda de una fila determinada- almacenan los distintos valores de ese elemento y de esa estación para un mes dado (por ejemplo, 31 valores para enero).

Tabla 5.1. Tabla de datos con valores diarios en el modelo por elementos

Identificador de la estación	Mes/año	Elemento	Valor del día 1	Valor del día 2	Valor del día 3	Valor del día 4	Valor del día 5	...	...	Valor del día 31
95123	01/2002	Tmin	23.4	25.2	28.3	26.5	27.8	...	...	24.9
66202	01/2003	Tmax						...	...
								

Ventajas: Es fácil añadir nuevos elementos; el modelo de datos no varía aunque se añada un nuevo elemento.

Desventajas: para aplicaciones en tiempo real, el rendimiento puede ser bajo; muchas operaciones con la base de datos pueden resultar más complejas que en otras circunstancias.

El modelo por elementos es utilizado, por ejemplo, por CLICOM.

5.2.2.2 El modelo por observaciones

Un modelo por observaciones representa los datos en tablas que recogen, en cada fila, los valores de diferentes elementos observados en una estación en un instante dado.

Por ejemplo, los datos diarios pueden almacenarse en una tabla de valores diarios. Cada fila correspondería a una estación determinada y a una hora determinada. En cada columna de una fila dada se almacenarían los valores de los diferentes elementos observados.

Tabla 5.2. Tabla de datos diarios en el modelo por observaciones

Identificador de la estación	Día/mes/año	Tmin	Tmax	Lluvia	Humedad mínima	Presión NMM mínima	Velocidad máxima del viento	...	...	Dirección máxima del viento
33220	01/01/2002	24.5	33.4	0	72	1015.6	2.2	...	...	160
42500	01/01/2003	15.2	22.3	10.2	80	1013.4	3.3	...	...	210

Ventajas: Elevado rendimiento con las aplicaciones en tiempo real; optimización del almacenamiento de datos.

Desventajas: Es necesario actualizar la estructura de la tabla para incorporar un nuevo elemento no incluido durante el diseño de la base de datos.

El modelo por observaciones es el utilizado habitualmente por los SMHN: véase el informe Benichou and Lee (1996) de la OMM.

5.2.2.3 El modelo por valores

Un modelo por valores representará los valores de datos en tablas que presenten, en cada fila, sólo un valor de un elemento observado en una estación en un instante determinado.

Así, por ejemplo, los datos diarios pueden almacenarse en una tabla de valores diarios. Cada fila correspondería a una estación determinada para un elemento determinado y a una hora determinada.

Tabla 5.3. Tabla de datos diarios para el modelo por valores

Identificador de la estación	Hora	Elementos	Valor
33220	01/01/2002	Tmin	23.4
42500	01/01/2003	Tmax	16.3
22222	01/01/2003		

Ventajas: Resulta fácil agregar nuevos elementos; el modelo se adapta a muy diversos tipos de datos.

Desventajas: No será fácil optimizar el almacenamiento de los datos, por lo que este método no es apropiado para tablas con grandes cantidades de ellos; adolece también de las desventajas del modelo por elementos.

En conclusión, cada modelo de datos presenta sus virtudes y sus defectos, y cada uno de esos atributos puede ser útil para determinado tipo de aplicación climática. Además, debería ser posible incluir, en una misma base de datos, tablas que respondan a diferentes modelos de datos, a fin de dar respuesta a necesidades y limitaciones específicas. Así, un CDMS podría contener un modelo por observaciones para los datos horarios y diarios, y un modelo por valores para los datos de contaminación diarios.

5.3 Consideraciones sobre el equipo y los programas informáticos

Antes de definir en detalle los componentes de un nuevo sistema, se recomienda analizar la situación actual considerando los conocimientos prácticos del personal y el equipo y programas informáticos disponibles, y estudiar las necesidades deseadas.

5.3.1 Análisis de la situación actual

A fin de decidir el equipo o los programas informáticos adecuados para un SMHN, es necesario conocer/comprender en detalle la situación actual de la gestión de los datos en un SMHN. La información técnica y los conocimientos prácticos en gestión de datos son esenciales a tal fin, y ayudarán a diseñar una solución funcional. Las principales etapas son:

Un inventario y descripción completos de los componentes de equipo y de software actualmente disponibles: computadoras, red, sistemas operativos, SGBD, aplicaciones en uso, etc.

Posibilidades de telecomunicación existentes en el país y/o en la región: líneas de telecomunicación internacionales y nacionales disponibles: Internet, SMT, teléfono, radio, etc.

Nivel de conocimientos prácticos de cada agente de un SMHN sobre equipos/programas informáticos: utilización del equipo, mantenimiento, reparaciones, sistemas operativos, SGBD, lenguajes de programación, etc.

Conocimientos prácticos actuales a nivel local, o al nivel más cercano posible: sobre proveedores u otras organizaciones similares, y sobre sus competencias y capacidad de intervención (por ejemplo, mantenimiento, reparación, piezas de recambio).

5.3.2 Diseño de soluciones funcionales: determinación de los elementos requeridos

Una vez descritas las capacidades técnicas y los conocimientos prácticos actualmente disponibles, la segunda etapa consiste en describir con precisión los elementos requeridos en los SMHN. Normalmente, el sistema escogido debería cubrir como mínimo las funcionalidades efectivas ofrecidas por el sistema "antiguo" existente, y operar con arreglo a las prácticas climatológicas del SMHN. Constituye además una buena oportunidad para, durante el proceso de adquisición de un nuevo CDMS, tomarse tiempo para contemplar una posible redefinición de los elementos requeridos. Así, por ejemplo, podrían introducirse mejoras en: el flujo de datos desde la estación hasta la base de datos y seguidamente hasta los usuarios del SMHN, el retardo en la adquisición de los datos y en la entrega de los productos, la seguridad de los datos, el acceso a los datos, o la producción de datos. Estas necesidades influirán de manera directa en las características técnicas escogidas (por ejemplo, red, equipo/programas informáticos, CDMS) para el nuevo sistema.

Para ayudar a la persona que se encargará de describir las necesidades del SMHN se sugieren a continuación una serie de preguntas.

5.3.2.1 ¿A qué usos se destinará y mediante qué funciones?

¿Debe almacenar el sistema una única base de datos climáticos? ¿O debe almacenar otras bases de datos (por ejemplo, registros sísmicos, o administrativos de la organización)?

¿Son necesarias líneas de telecomunicación específicas? Por ejemplo, SMT, Internet, teléfono, AMSS, etc.

¿Qué funciones utilizará el sistema, particularmente en los aspectos siguientes: adquisición de datos, acceso a los datos, gestión y procesamiento de datos, producción de datos, y seguridad de los datos?

Se encontrará una lista completa de criterios en <http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/cdmsfuture/html/evaluation.html>

5.3.2.2 ¿Qué restricciones existen?

El nuevo sistema se materializará en un entorno específico, es decir, en el contexto de la estructura organizativa del SMHN y sujeto a sus limitaciones, y, por consiguiente, deberán tenerse en cuenta los aspectos siguientes.

¿Qué usuarios?

¿Cuántos usuarios necesitarán acceder al CDMS? ¿Dónde se encuentran? ¿Necesitan acceder en tiempo real a los datos, o les basta con un acceso diferido? ¿Desempeñan los usuarios algún papel específico? La respuesta a esta última pregunta podría ayudar a determinar si resulta preferible una base de datos distribuida (por ejemplo, como las bases de datos nacionales y regionales) o centralizada (base de datos única).

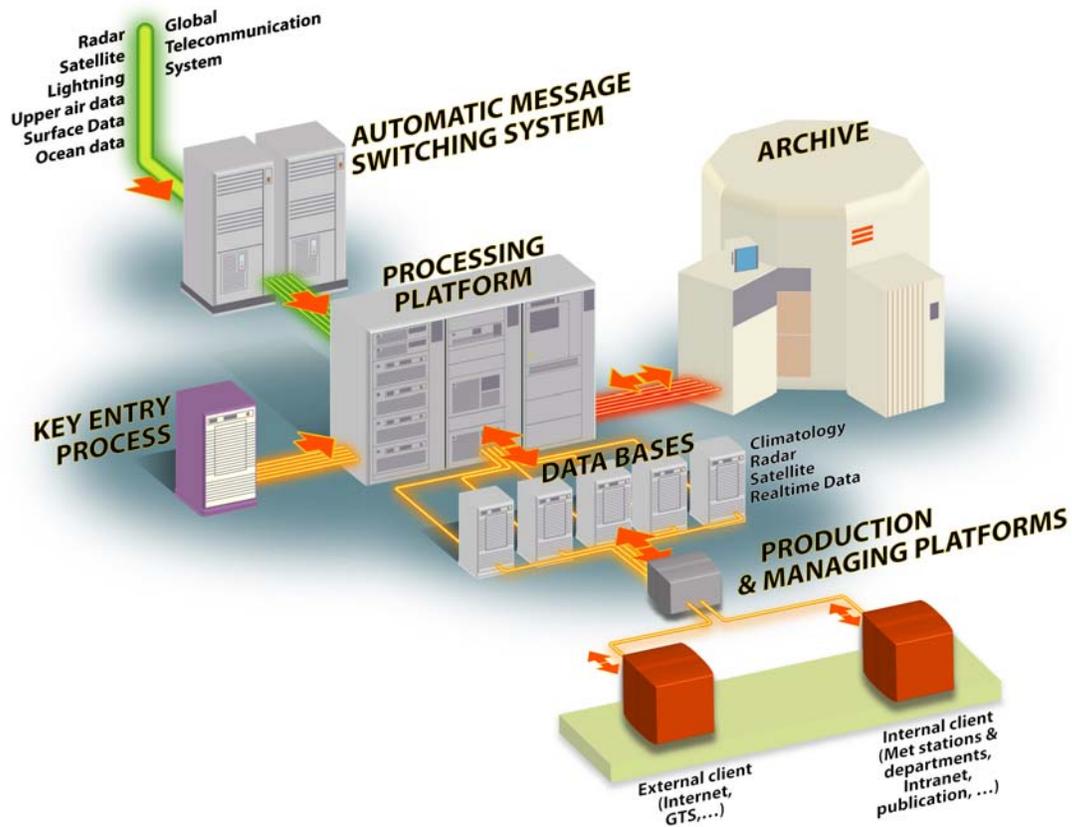
¿Cuál será el volumen de información?

¿Cuál es el volumen de datos actualmente requeridos? ¿Cuál es el volumen estimado que se necesitará en los próximos cinco años? La respuesta a esta pregunta estaría vinculada a los planes del SMHN de cara al futuro: número de estaciones, elementos que se almacenarán, período, periodicidad de adquisición (por ejemplo, cada minuto, cada hora, etc.), introducción mediante teclado y política de adquisición de datos, y ampliación de la red.

Interacciones funcionales: ¿internas, nacionales, internacionales?

Resulta especialmente útil confeccionar esquemas de las funciones recíprocas entre las partes interesadas en los SMHN que, en el contexto de una operación de gestión de datos, abarquen los niveles interno, nacional e internacional. Se ayuda así a tener una representación clara de todas las interacciones, que ayudará a planificar adecuadamente la red. El flujo de datos entre el lugar de observación y los productos destinados a los usuarios se presta particularmente a este tipo de esquema. Este tipo de diseño podría ampliarse a otros aspectos, por ejemplo mediante esquemas funcionales de las operaciones de datos deseadas, o sobre el acceso que se desea a los datos.

FUNCTIONAL SCHEMA



[ESQUEMA FUNCIONAL

Radar
Satélite
Rayos
Datos de altitud
Datos de superficie
Datos oceánicos

Sistema Mundial de Telecomunicación

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONMUTACIÓN DE MENSAJES

ARCHIVO

PLATAFORMA DE PROCESAMIENTO

PROCESO DE INTRODUCCIÓN MEDIANTE TECLADO

BASES DE DATOS

Climatología
Radar
Satélite
Datos en tiempo real

PLATAFORMAS DE
PRODUCCIÓN Y GESTIÓN

Cliente externo
(Internet, SMT, ...]

Cliente interno
(estaciones y
departamentos
meteorológicos, intranet,
publicación, ...

Figura 4. Ejemplo de esquema funcional en el que se representan los flujos de datos y las distintas interacciones que tienen lugar durante una operación de gestión de datos.

¿Disponibilidad?

¿Son permisibles las detenciones del sistema? ¿Requiere el sistema un período de tiempo mínimo para cerrarse adecuadamente sin perder o deteriorar datos?

¿Compatibilidad?

¿Hasta qué punto será compatible el nuevo sistema con el equipo y programas informáticos existentes? Por ejemplo, ¿existen actualmente programas que deban seguir funcionando con el nuevo sistema, o existen elementos de equipo que deban seguir comunicándose con el nuevo sistema?

5.3.3 Diseño de soluciones técnicas

Con la información precedente y los conocimientos informáticos adecuados, un SMHN debería estar en condiciones de diseñar una solución técnica. Se describen a continuación algunos factores importantes a tener en cuenta.

5.3.3.1 Determinación del presupuesto

El presupuesto total de un sistema no es meramente la suma del costo de sus componentes. Habrá que incluir además otros servicios, como:

- Garantía;
- Costo de formación (por ejemplo, utilización, mantenimiento, reparaciones);
- Costo de explotación (por ejemplo, consumibles, líneas de comunicación);
- Un contrato de mantenimiento; y
- Un presupuesto para el mantenimiento y desarrollo del sistema: mejoras cuantitativas o cualitativas del equipo y de los programas informáticos, mantenimiento correctivo y adaptativo, asistencia puntual, eventualidades específicas.

5.3.3.2 Tipos de computadoras

Tiempo atrás, las computadoras se clasificaban en función de su tamaño, desde las más modestas hasta las de mayor rendimiento: microcomputadoras (o computadoras personales, PC), minicomputadoras, y computadoras centrales (mainframes). Pueden clasificarse

también en función de sus dominios de aplicación: terminal simple, estación de trabajo, o servidor. En la actualidad, la minicomputadora, al igual que el terminal simple, es difícil de encontrar en los mercados tradicionales. Han sido progresivamente sustituidas por la microcomputadora (Figura 5), cuya velocidad, memoria y capacidad han aumentado notablemente. Por ello, es preferible centrarse en la descripción de una microcomputadora, y suponer que los mainframes no son ya apropiados, debido a su gran tamaño y a su excesivo costo, para la mayoría de las necesidades de los SMHN.



Figura 5. En muchos SMHN, la microcomputadora (o computadora personal, PC) es actualmente la herramienta principal para las operaciones de gestión de datos.

Las microcomputadoras pueden ser de diferentes tipos:

- De sobremesa: pensada para trabajos de oficina;
- Estación de trabajo: más potente que las de sobremesa, y diseñada para aplicaciones específicas;
- Servidor: diseñada para aplicaciones de importancia funcional crítica, y capaces de proporcionar información a una serie de clientes; y
- Agregación: consistente en cierto número de servidores interconectados.

Véase en el glosario una definición más precisa de estos términos.

Así pues, ¿qué tipo de microcomputadora habrá que seleccionar?

Una base de datos es un banco de información de importancia crítica, ya que es parte integrante del patrimonio climático de un país, por lo que es esencial dar prioridad a los sistemas robustos y seguros.

Un servidor es más robusto y más ampliable en escala que una computadora de sobremesa, pero no es muy difícil convertir ciertas computadoras de sobremesa en servidores CDMS cuando los costos del equipo son prohibitivos para un SMHN.

En el Apéndice 3 se ofrecen tres soluciones, cada una de las cuales se refiere a un tipo diferente de microcomputadora. Se describen en él sus ventajas y desventajas comparativas.

5.3.3.3 Sistema operativo: ¿cuál escoger?

Teniendo en cuenta el mercado actual, si se escoge una microcomputadora para un CDMS los sistemas operativos mayoritarios serán Windows y Linux.

El entorno Microsoft Windows es casi un monopolio mundial en computadoras de

sobremesa. Este sistema operativo es un paquete comercial que ofrece un entorno de servidor para las bases de datos y aplicaciones. Para informarse sobre las distintas versiones de Windows, puede consultarse la dirección: [http://www.microsoft.com/windows/..](http://www.microsoft.com/windows/)

El entorno Linux, muy similar al sistema operativo Unix, se distribuye habitualmente como software de código abierto. Linux se utiliza corrientemente para servicios web y para servidores web y de bases de datos. Las más recientes versiones distribuidas (véase en <http://distrowatch.com/> una lista de las principales) han progresado en los últimos años, y actualmente ofrecen interfaces manejables para los usuarios de computadoras de sobremesa.

La alternativa escogida dependerá de cada SMHN, y conllevará responder a las preguntas siguientes:

- ¿Cuáles son las competencias del personal del SMHN?
- ¿Son el CDMS o el entorno técnico del SMHN compatibles con Windows y/o con Linux?
- ¿Cuál será el costo real?

Una tercera solución, adoptada por muchos SMHN, consiste en utilizar en un mismo entorno computadoras con componentes Windows y componentes Linux, en función de la aplicación. Esta solución, sin embargo, implicará para el SMHN conocimientos sobre muy diversas especialidades.

Por último, en los SMHN que utilizan actualmente otros sistemas operativos, como Unix, OS/400 o MacOS, u otros dedicados específicamente a ciertos mainframes o minicomputadoras, la decisión de seguir utilizándolos o de trasladarse a Windows/Linux debe ser analizada cuidadosamente.

5.3.3.4 ¿Qué SGBD escoger?

La mayoría de los sistemas de gestión de bases de datos (SGBD) actualmente utilizados por los SMHN para gestionar datos climatológicos son de tipo relacional y se denominan SGBDR. Entre tanto, a medida que evoluciona la tecnología, van apareciendo nuevos tipos de SGBD, como los SGBD orientados a objetos, los SGBD en XML, o los SGBD multidimensionales.

El presente documento abordará únicamente los SGBDR; en la Tabla 5.4 se ofrece un resumen de los más conocidos.

Tabla 5.4. Información sobre los SGBDR existentes.

SGBDR	Empresa	Sistema operativo	Código abierto	Comentario
Access	Microsoft	Windows	No	Fácil de utilizar y ampliamente utilizado por el público en general. Limitado en términos de volumen. No es realmente un SGBD cliente/servidor, sino más bien un servidor de archivos.
DB2	IBM	Linux, Unix, Windows, OS400	No	Compatibilidad con OS400, que es un estándar de numerosas grandes empresas.
FileMaker	FileMaker	Windows, MacOS	No	Fácil de utilizar, pero limitado en términos de ampliabilidad.
Firebird	Firebird	Linux, Unix, Windows	Sí	Basado en Interbase
Ingres	Computer	Linux, Unix,	Sí	SGBDR muy popular, publicado el

	Associates International	Windows y OpenVMS		régimen de código abierto.
Interbase	Borland	Linux, Unix, Windows	No	Buena elección para gestionar bases de datos pequeñas y medianas.
MaxDB (SAP)	MySQL	Linux, Unix, Windows^	Sí/No	Código abierto con licencia dual y licencia comercial. Puede gestionar cantidades ingentes de datos.
MySQL	MySQL	Linux, Mac OS X, Unix, Windows	Sí	Muy popular en Internet. Su funcionalidad no llega todavía a la de otros SGBD.
Oracle	Oracle	Linux, Mac OS X, Unix, Windows	No	Al igual que DB2, es un estándar en empresas sujetas a numerosas limitaciones que procesan enormes volúmenes de datos.
PostgreSQL	PostgreSQL	Linux, Mac OS X, Unix, Windows	Sí	SGBD robusto, uno de los principales estándares de código abierto.
SQL Anywhere Studio, Adaptive Server IQ	Sybase	Windows, Novell NetWare	No	Se distribuye una versión gratuita para Linux: Adaptive Server Enterprise Express.
Servidor SQLskt	Microsoft	Windows	No	Una buena elección para una organización de tamaño mediano.

Al decidirse por un SGBDR hay que tener en cuenta los aspectos siguientes: funciones del SGBDR, adaptabilidad al contexto del SMHN, costo, compatibilidad (equipo y programas informáticos), y conocimientos prácticos disponibles en el SMHN.

5.3.4 Cuestiones sobre la transición a nuevos sistemas y servicios

Durante la transición a una nueva base de datos climáticos pueden descubrirse nuevas herramientas y nuevas tareas que podrían influir en el trabajo cotidiano del personal. La transición a un nuevo sistema ofrece una buena oportunidad para reexaminar la política de seguridad y las tareas compartidas en el seno de la organización.

5.3.4.1 Seguridad a nivel de sistemas y de programas informáticos

La seguridad es una de las cuestiones más importantes a las que ha de enfrentarse el administrador de una base de datos. En el peor de los casos, un SMHN podría perder íntegramente su base de datos si las medidas de seguridad existentes fueran insuficientes.

Algunas recomendaciones básicas:

Evitar la pérdida de datos utilizando copias de seguridad, mediante tecnología de almacenamiento asociado a la red (NAS) o tecnologías de cinta magnética (DAT, DLT, LTO), CD-ROM o DVD.

Evitar la pérdida de datos climáticos en el archivado: pueden utilizarse las mismas tecnologías empleadas para el copiado de seguridad. Guardar tres copias de un mismo archivo en diferentes lugares seguros y, a ser posible, en diferentes ciudades. Almacenar los datos climáticos en un formato fácilmente legible (por ejemplo, ASCII).

Proteger el recinto del servidor: implantar seguridad de acceso, seguridad contra incendios y seguridad contra la caída de rayos. Respetar las notas de seguridad del manual de utilización de todos los dispositivos físicos (humedad, temperatura, polvo, etc.)

Evitar fallos de los discos: mediante clonación de discos u otra tecnología apropiada (RAID). Alimentación de corriente: instalar un estabilizador de corriente (UPS) que proporcione un margen de tiempo suficiente para cerrar el sistema adecuadamente. Investigar la posibilidad

de utilizar energía solar si los fallos del suministro eléctrico son frecuentes. Asegurarse de que el electrodo de toma de tierra del edificio y las líneas eléctricas utilizan un fusible adecuado.

Impartir formación al personal en materia de seguridad: y asegurarse de que se tiene a mano la documentación adecuada.

Computadoras: incorporar fuentes de suministro eléctrico redundantes y dispositivos de enfriamiento redundantes en las computadoras de importancia crítica. Contémplese también la posibilidad de instalar un sistema de computadora redundante.

Seguridad a nivel de software y de red: instalar programas cortafuegos, antivirus y antiespías, y asegurarse de que se actualizan con regularidad. Asignar a cada usuario un perfil con derechos específicos.

Material: aprovisionarse de consumibles por un tiempo suficiente, y cerciorarse de que se dispone de piezas de recambio.

5.3.4.2 Operaciones cotidianas

Proceso y responsabilidad: todos los procesos deben estar descritos, y sujetos a la supervisión de una persona identificada. En caso necesario, podrá dividirse determinado proceso en subprocesos, identificando a su vez los agentes responsables. En las divisiones de TI es bastante frecuente encontrarse con un administrador de sistemas encargado del funcionamiento y mantenimiento de los sistemas operativos y del equipo, y de un administrador de bases de datos que desempeña las funciones de diseño, implementación y gestión de las operaciones de bases de datos. El administrador de la red se asegurará de que la LAN del SMHN está óptimamente configurada en términos de funcionamiento y de seguridad, y de que interactúa adecuadamente con Internet.

Documentación: deben documentarse todos los procesos y, en su caso, cada uno de los elementos de equipo o programas informáticos instalados, junto con sus modificaciones cronológicas (véase la sección 3.5). Especialmente, cuando se realizan copias de seguridad o se archivan datos, o bien cuando se introducen en el sistema operativo del servidor modificaciones de importancia crítica para la permanencia del sistema.

5.4 Para efectuar la transición a partir de CLICOM

Esta sección es especialmente pertinente para los SMHN que utilizan un sistema CLICOM y han decidido transvasar sus datos a un nuevo CDMS. Sin embargo, será también de interés para los SMHN que posean un conjunto de datos climáticos en algún otro formato (por ejemplo, en hojas de cálculo) y deseen transvasarlos. Se supondrá que los SMHN han analizado su entorno actual (véase la sección 5.3.1), han decidido un diseño (véase la sección 5.3.2) y han planificado ya el equipo y programas informáticos deseados, incluidos el SGBD y el CDMS (véanse las secciones 5.1, 5.2 y 5.3).

¿Qué procedimientos son necesarios para efectuar la transición?

5.4.1 Nivel de conocimientos especializados necesarios

Para efectuar el proceso de transición a partir de un sistema CLICOM a un CDMS, se necesitan conocimientos prácticos tanto sobre CLICOM como sobre el CDMS escogido. En primer lugar, es importante conocer al detalle las reglas climatológicas establecidas en ambos sistemas para asegurar la coherencia de la transición. Éste es particularmente el caso con las definiciones de banderín de calidad y con los métodos utilizados (control de datos, generación de datos), que, al término del proceso, deberán reflejar las prácticas vigentes en el SMHN. En segundo lugar, se necesitan también conocimientos

especializados sobre los SGBD. En particular, hay que tener un dominio de los modelos de datos y de sus características (integridad referencial, clave primaria, limitaciones, etc.) a fin de poder importar apropiadamente todos los datos CLICOM en el CDMS seleccionado. Es posible que algunos CDMS dispongan ya de una función de importación desde CLICOM, lo cual facilitará la tarea.

Técnicamente, los métodos de transición son diversos y pueden hacer uso de diferentes herramientas, como las funciones de exportación de CLICOM, el lenguaje de interrogación DataEase, denominado también DQL (que es el SGBD de CLICOM), y ciertas funciones de importación del SGBD (como el cargador SQL), o interfaces estándar entre bases de datos.

5.4.2 Seguridad del sistema CLICOM existente

Es importante mantener el sistema CLICOM de origen (equipo, programas informáticos, datos y metadatos climáticos) en un lugar seguro y en disposición de funcionar hasta que quede establecido que el nuevo sistema exhibe el funcionamiento deseado. Durante el período de transición, podría ser necesario que ambos sistemas -CLICOM y el nuevo sistema- funcionara paralelamente.

5.4.3 Preparación de los metadatos para su importación

Los metadatos son esenciales para describir completamente los datos climáticos, y deben estar bien gestionados. En términos generales, los metadatos deben estar presentes en el CDMS antes de introducir los valores climatológicos. Esta información se almacena en dos lugares en CLICOM: en la cronología de la estación y en el diccionario de datos.

Una solución podría consistir en exportar los metadatos CLICOM en formato ASCII para, seguidamente, importarlos al nuevo CDMS. El procedimiento de importación dependerá del CDMS escogido y del modelo de metadatos que éste utilice. En esta etapa serán probablemente necesarias determinadas operaciones de procesamiento de datos, en función del grado de compatibilidad de las estructuras de datos CLICOM con las del nuevo CDMS.

5.4.3.1 El trasvase de la información cronológica de la estación

Esta parte contiene información actual e histórica sobre el emplazamiento de la estación, las prácticas de observación y los instrumentos. Se almacena en tres formularios DataEase diferentes: STN GEOGRAPHY, STN OBSERVATION y STN ELEMENT. Partes de la información contenida en esos formularios pueden exportarse a archivos ASCII mediante informes DQL simples.

Las convenciones sobre la denominación de elementos o de códigos (por ejemplo, en CLICOM una estación activa tiene como fecha final "9999-12-31") deberán ser sustituidas por las convenciones aplicadas en el nuevo CDMS.

5.4.3.2 Traspase de la información del diccionario de datos

En particular, esta segunda transición recae sobre:

- Las definiciones de elemento del formulario ELEMENT DEFINITION de DataEase, que definen cada uno de los elementos climatológicos gestionados por CLICOM;
- La descripción de archivo CLICOM, en el formulario DATASET INFORMATION de DataEase; y

- Las definiciones de banderín de calidad utilizadas por CLICOM en el formulario MISC CODE DEFINITION de DataEase.

Habrá que dedicar especial atención a las posibles diferencias entre los banderines de calidad CLICOM y los del nuevo CDMS. Algunos de los aspectos principales de la transición consisten en determinar:

- Si los resultados de todos los controles de calidad efectuados con CLICOM, es decir, los valores de los datos más la información de sus banderines de calidad, han sido conservados; y
- Si es inevitable cierta pérdida de información, en cuyo caso los SMHN deberán prepararse para hacer frente a este riesgo.

5.4.4 Preparación de los datos climáticos que se importarán

5.4.4.1 Conservación de la información de los banderines de calidad

La información meteorológica asociada a cada uno de los valores de la base de datos CLICOM, es decir, el banderín de calidad, desde conservase siempre que sea posible. Tal es particularmente el caso de los valores dudosos (banderín de calidad D), los valores estimados (banderín de calidad E), los valores generados (banderín de calidad G), los resultados basados en un período incompleto (banderín de calidad I), los valores faltantes (banderín de calidad M), y las cantidades vestigiales de precipitación (banderín de calidad T). Si perdiera esta información, el SMHN tendría que:

- Repetir el control de la calidad de todos los valores del nuevo CDMS, lo cual implicaría probablemente un volumen de trabajo considerable; y
- Consultar los datos originales, que podrían encontrarse en un archivo de papel, a fin de recuperar ciertos datos, como las cantidades vestigiales de precipitación.

5.4.4.2 Importación de los datos CLICOM

Los datos CLICOM se almacenan en los formularios DataEase siguientes:

- Formulario de datos mensuales (MONTHLY DATA) para los valores de elementos mensuales;
- Formulario de datos en períodos de diez días (TEN DAY DATA) para los valores de elementos que abarquen diez días;
- Formulario de datos diarios (DAILY DATA) para los valores de elementos diarios;
- Formulario de datos sinópticos (SYNOPTIC DATA) para los valores de elementos que abarquen tres horas;
- Formulario de datos horarios (HOURLY DATA) para los valores de elementos que abarquen una hora;
- Formulario de datos por períodos de 15 minutos (FIFTEEN MINUTE DATA) para los valores de elementos que abarquen 15 minutos; y
- Formulario de datos en altitud (UPPER-AIR DATA) para los valores de elementos de altitud.

Durante la importación de los datos al nuevo CDMS, deberá ponerse especial cuidado en los valores faltantes con un banderín de calidad "M" y un valor de "-99999", ya que este tipo de valores en CLICOM tiene dos significados. A saber:

- Valor inexistente, ya que a esa hora no se efectuó ninguna observación (por ejemplo, por un fallo del instrumento); y
- Valor inexistente, ya que el día en cuestión no existe (por ejemplo, en CLICOM los valores correspondientes al 31 de febrero se marcan como faltantes).

En función del modelo de datos del nuevo CDMS, un SMHN podría exportar sus datos climatológicos CLICOM a dos formatos ASCII diferentes, a saber:

- Exportación tradicional de CLICOM (mediante el menú 2.2.3 de CLICOM), que producirá un archivo ASCII con una estructura de elementos; y
- Exportación de observaciones de CLICOM (con el menú 2.2.4 de CLICOM), que producirá un archivo ASCII con una estructura de observación.

5.4.5 Recopilación de información sobre los métodos de control de calidad de CLICOM

Los métodos de control de la calidad, aplicados a la base de datos CLICOM deben quedar registrados como metadatos del nuevo CDMS. Permiten conocer la cronología del control de la calidad del SMHN y podrían ser útiles para mejorar los algoritmos correspondientes o, simplemente, para renovar esas mismas técnicas en el nuevo CDMS.

Los métodos de control de la calidad de CLICOM se almacenan en archivos 'ELEMCHKS.*' (ELEMCHKS.DLY para los datos diarios, ELEMCHKS.HLY para los datos horarios, etc.), en el directorio CLICOM/DATA.

5.4.6 Ensayo intensivo del nuevo sistema

Por último, hay que realizar pruebas exhaustivas del nuevo sistema comparándolo con el sistema antiguo. Las verificaciones permitirán cerciorarse de que las eventuales pérdidas de información serían aceptables para la organización y de que el nuevo sistema respeta las prácticas oficiales del SMHN y responde a las expectativas del cliente.

6 Mantenimiento de las operaciones de gestión de datos

6.1 Recursos requeridos, y en particular los de personal

Como se ha señalado en la sección 5 *supra*, una de las primeras cuestiones que debe abordar un SMHN a la hora de crear un CDMS es si "comprar, o construir". En cualquiera de los dos casos se necesitarán unos recursos sustanciales, y particularmente si se opta por "construir". Si se decide "comprar", será el programa informático escogido el que determine, o al menos influencie, el equipo seleccionado. Esa limitación determinará el equipo que se escoja, teniendo presentes también aspectos tales como el volumen de los datos que se gestionarán, el presupuesto disponible, o el grado de robustez necesario.

Un aspecto importante a estudiar es el de la gestión de versiones. Sea cual sea el sistema escogido, será importante gestionar las versiones de todos los componentes del software. Lamentablemente, pueden plantearse numerosos problemas de incompatibilidad cuando se utilizan conjuntamente versiones de software inapropiadas. Por esa razón, si se escoge un programa de código abierto podría ser conveniente suscribirse a los servicios de un proveedor de código abierto, como Red Hat™ o uno de sus competidores, a fin de reducir el riesgo de dificultades en este sentido.

La implantación de un sistema de gestión de datos climáticos tiene importantes implicaciones en lo que se refiere al personal. El personal requerido puede ser de distintos tipos. En primer lugar, siguiendo el orden del flujograma de datos (y suponiendo que existen ya observadores), tenemos:

- Operadores de preparación de datos, encargados de introducir éstos mediante teclado a partir de papel;
- Personal especializado en meteorología capaz de desempeñar tareas de control de la calidad y de interpretar las necesidades meteorológicas del centro de datos (por ejemplo, con experiencia en la observación, o capaces de ayudar a identificar las necesidades y el diseño de las características de un nuevo sistema de control de la calidad); y
- (probablemente) personal con buenos conocimientos sobre la base de datos, que se responsabilice de las tareas más complejas de recuperación de datos;

Se necesitará también personal para trabajar "entre bastidores" (es decir, que no necesite obligatoriamente conocimientos extensos de meteorología):

- Personal de administración de la base de datos;
- Personal de administración del sistema; y
- Si el SMHN desea ampliar el sistema para adecuarlo a las características de su país, se necesitará personal de TI para el mantenimiento y engrosamiento del programa de aplicación. Naturalmente, si el SMHN decide desarrollar su propio sistema, habrá que prever una mayor inversión en actividades de TI.

6.2 Formación

Las necesidades de formación derivadas de la gestión de datos climáticos se corresponden con los distintos grados de responsabilidad del personal correspondiente. Todos los usuarios de un sistema necesitan instruirse en los aspectos del sistema que les conciernan. Por ejemplo:

- El personal encargado de la introducción de datos y del control de la calidad deberá conocer las respuestas del sistema a la introducción de datos aparentemente sospechosos o erróneos, y las medidas de recuperación que deberán adoptarse;
- Aunque es posible que un sistema se presente al usuario como una "caja negra" desde el punto de vista de la recuperación de datos, es decir, presentando los datos únicamente en un pequeño número de formatos predefinidos y con opciones de selección predefinidas, lo más probable es que se necesite personal capaz de desarrollar sus propios procesos de recuperación personalizados. Suponiendo que el CDMS esté basado en un SGBDR (como es el caso de los seis sistemas PMDVC actualmente definidos), será posible recuperar datos mediante el lenguaje SQL, por lo que el personal deberá tener algún conocimiento de sus capacidades y limitaciones;
- Se necesitarán también expertos para los aspectos de "infraestructura" de la administración del sistema operativo y de la base de datos. En un establecimiento pequeño, esos conocimientos especializados podrían coincidir en un único individuo (adecuadamente formado). Sin embargo, estas áreas de conocimiento son por sí solas considerables, por lo que en una organización de mayor tamaño cabría contemplar uno o más especialistas para las distintas áreas; y
- El personal de TI deberá estar aceptablemente familiarizado con las disciplinas meteorológicas, por lo que será el SMHN el que proveerá ese contingente de personal.

6.3 Cuestiones sobre salud y seguridad laboral

No hay muchos aspectos de la salud y seguridad laborales que sean específicos de los sistemas de gestión de datos climáticos (con la excepción, posiblemente, del polvo acumulado en los archivos antiguos durante de las actividades de rescate de datos, o del

peligro que podría entrañar el acarrear voluminosos fajos de papel). Sin embargo, hay algunos aspectos que son válidos para la mayoría de los sistemas informáticos y que convendrá tener presentes. En particular:

- Aspectos de ergonomía en relación con las estaciones de trabajo (posición para utilizar el teclado, mobiliario, etc.), ya que un mobiliario o unas prácticas de trabajo inadecuados pueden ocasionar gran número de problemas físicos;
- Riesgo de irradiación en la parte posterior de los monitores;
- Los peligros físicos habituales cuando se trabaja con numerosos cables en las proximidades, como suele ser el caso en las instalaciones de computadora; y
- El estrés, que es un problema habitual en muchas instalaciones informáticas.

En muchos países, las prácticas de salud y seguridad laboral de las organizaciones se regirán por la legislación nacional; para ampliar esta información, convendría consultar las prácticas vigentes y a los funcionarios responsables correspondientes.

7 Conclusiones

Estas directrices tienen por objeto proporcionar a los SMHN información sobre las mejores prácticas de gestión de datos climáticos, insistiendo en particular en la ampliación de los conocimientos y capacidades con respecto a:

- Las fases y etapas de la gestión de datos informatizados;
- Las tecnologías de bases de datos disponibles y la selección de una base de datos apropiada;
- La transición a un moderno sistema de bases de datos climáticos; y
- El mantenimiento de las operaciones de gestión de datos.

Deliberadamente, se han subrayado en estas directrices los aspectos de la gestión de datos climáticos de interés para todos aquellos SMHN que se disponen a efectuar la transición a un sistema moderno de gestión de bases de datos sobre el clima y, lo que es igualmente importante, los conocimientos prácticos, sistemas y procesos necesarios para el mantenimiento de las operaciones. Este documento tiene por objeto ayudar a los SMHN a evaluar la dirección estratégica a adoptar en el futuro desde el punto de vista de sus necesidades de gestión de datos climáticos.

Desde el primer momento, es esencial que tanto en el desarrollo de bases de datos climáticos como en la aplicación de prácticas de gestión de datos se tengan en cuenta las necesidades de los usuarios de datos actuales y, en la medida en que puedan predecirse, futuros. Los gestores de datos deben tener también presentes los principios del monitoreo del clima por largos periodos. La posibilidad de mantener la continuidad, la homogeneidad y, en último extremo, la calidad de los datos climáticos dependerá en gran medida de la buena o mala gestión de las redes y sistemas de observación.

Es también esencial la capacidad para almacenar datos climáticos sometidos a control de la calidad en un formato fácilmente accesible, antes de poder responder a las necesidades de los programas climáticos de los SMHN, y como elemento básico para diversos programas de la OMM. Los registros climáticos son un recurso del presente y del futuro, y es importante salvaguardar esa información para las generaciones venideras.

Desde el punto de vista tecnológico, una de las decisiones más importantes será la de optar entre adoptar un diseño de CDMS ya existente, junto con sus programas informáticos, o desarrollar un CDMS "a medida" a partir de uno de los SGBDR disponibles actualmente en el mundo. Con toda probabilidad, esta decisión estará basada en criterios financieros, ya que para desarrollar un CDMS con sus propios programas informáticos puede ser necesaria una gran inversión inicial de entrada. Sin embargo, en el proceso de decisión habrá que tener en cuenta también aspectos tales como el flujo de datos y el control de la calidad, así

como diversos factores tecnológicos. Se recomienda decididamente que los SMHN estudien detenidamente la opción "comprar", ya que la opción "construir" requiere unos recursos mucho más cuantiosos y será, por lo general, mucho más costosa.

8 Nota de agradecimiento

Los autores desean dar las gracias a Amir Delju (WMO) y a Suresh Boodhoo (Presidente de la CCI) por su apoyo al presente trabajo. Expresamos también nuestra gratitud a Rod Hutchinson y Mike Macaskill (ambos del Organismo Meteorológico de Australia), que revisaron este documento.

9 Referencias

Benichou, F. and Lee, D.M. 1996. Use of Relational Management Systems in Climatology in WMO National Meteorological Services, Informe de la OMM. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.

Date, C.J. 1999. An Introduction to Database Systems (7th Ed). Addison-Wesley, 938pp.

GCOS. 2003. Second Report on the Adequacy of the Global Observing System for Climate. GCOS Informe Nº 82 WMO-TD 1143. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
<http://www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html>

OMM. 1995. Manual de Claves: Claves internacionales, Volumen I.1 (Parte A). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
<http://www.wmo.ch/web/www/DPS/NewCodesTables/WMO306vol-I-1PartA.pdf>

OMM. 2002. Informe sobre el cursillo CLICOM-DARE; Informe de la reunión internacional sobre rescate de datos, WCDMP-No.49/WMO-TD No.1128. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/reports/WCDMP-49/WDMP49_menu.html

OMM. 2003a. Guidelines on Climate Observation Networks and Systems, WCDMP-No.52, WMO-TD No.1185. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
<http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/reports/WCDMP-52.pdf>

OMM. 2003b. Guidelines on Climate Metadata and Homogenization, WCDMP-No.53/WMO-TD No.1186. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
<http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/reports/WCDMP-53.pdf>

OMM. 2004. Guidelines on Climate Data Rescue, WCDMP-No.55/WMO-TD No.1210. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
<http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/reports/WCDMP-55.pdf>

OMM. 2005. Guía de prácticas climatológicas (tercera edición). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra. (En preparación).
<http://www.wmo.ch/web/wcp/ccl/guide/guide.3e.shtml>

OMM. 2006. Sistema de información de la OMM.
<http://www.wmo.ch/web/www/WISweb/home.html>

10 Glosario y definiciones

ACCESS	Programa de bases de datos relacionales, de Microsoft. Suele utilizarse en una estación de trabajo local, aunque puede instalarse también en un servidor y operar en régimen compartido.
Agregación	Véase "Servidores". Una agregación está integrada por múltiples servidores interconectados, uno de los cuales suele ocuparse de las interacciones con los usuarios. Las agregaciones son ampliables en escala, por lo que resulta relativamente fácil aumentar su capacidad.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange. Norma utilizada de facto para los códigos utilizados para representar números, letras, signos de puntuación y otros símbolos en una computadora.
Base de datos	Conjunto de información organizada de tal manera que un programa informático puede seleccionar rápidamente los elementos de datos deseados. La información contenida en una base de datos suele estar interrelacionada.
Base de datos cliente/servidor	Estas bases de datos se almacenan en un solo servidor, pero las aplicaciones que usan sus datos se ejecutan en múltiples computadoras cliente.
Base de datos distribuida	Base de datos en la que el sistema de gestión está distribuido entre distintos nodos o procesadores, aunque es gestionada como una entidad única.
Base de datos relacional	Base de datos cuya información está almacenada en tablas interrelacionadas. La recuperación o manipulación de datos de tablas diferentes es posible en función de una relación entre las tablas previamente definida.
Byte	La unidad direccionable más pequeña en un sistema informático. En una computadora 8 bits puede tener 28 o 256 valores.
CDMS	Sistema de gestión de bases de datos sobre el clima. Base de datos diseñada para la gestión de datos climáticos.
CLICOM	Proyecto 'Aplicación de la informática a la climatología' - Base de datos climáticos desarrollada bajo los auspicios de la OMM, diseñada para operar en un sistema operativo DOS o Microsoft Windows.
CLIMAT	Formato internacional de intercambio de información climática entre computadoras procedentes de lugares de observación en superficie previamente definidos. Los Miembros de la OMM general e intercambian mensualmente mensajes en este formato.
CLIMAT TEMP	Similar a los mensajes CLIMAT, aunque incorpora además observaciones de la atmósfera en altitud.
Código abierto	Término que designa los programas informáticos cuyo código fuente puede obtenerse gratuitamente para utilizarlo o modificarlo. El término implica que el acceso a esos programas es gratuito (o implica solamente el pago de los costos de distribución).
Computadora central (Mainframe)	Suele designar una computadora de alto rendimiento capaz de abastecer a múltiples usuarios (a menudo, centenares de ellos) y de operar múltiples programas simultáneamente. Suelen estar instalados en un entorno seguro y controlado. La diferencia entre una computadora central de bajo nivel y una minicomputadora o servidor de alto nivel se está haciendo cada vez más difusa.
Computadora de sobremesa	Computadora independiente de funcionalidad general que puede utilizarse autónomamente. Como su propio nombre indica, descansa sobre una mesa, por contraposición a las computadoras portátiles. Las computadoras de sobremesa suele ser modulares y no tienen una configuración única.
Computadora personal o PC	Computadora independiente de funcionalidad general que puede utilizarse autónomamente. En ocasiones, este término designa únicamente a las computadoras IBM o clónicas que utilizan sistemas operativos de IBM, pero puede utilizarse también para designar cualquier tipo de computadora autónoma de funcionalidad general.
Cortafuegos	Programa informático que tiene por objeto impedir el acceso no autorizado a o desde una red privada (que podría consistir en una única computadora

	personal). En las redes, se instala en un servidor de cabecera que protege la red frente a usuarios de otras redes.
CPU	Véase 'Unidad central de proceso'.
Datos climáticos	Datos utilizados para describir o analizar el sistema climático, que pueden describir propiedades físicas, químicas o biológicas representativas de procesos atmosféricos, oceánicos, hidrológicos, criosféricos y terrenos. La continuidad y la homogeneidad son atributos que suelen recibir alta prioridad.
Doble introducción mediante teclado	Método de introducción de datos que tiene por objeto reducir al mínimo los errores de utilización del teclado. Consiste en la introducción repetida de unos mismos datos por dos operadores diferentes. Está basado en que la baja probabilidad de que ambas personas cometan los mismos errores.
EMCPF	Específico, medible, conseguible, realista y limitado en el tiempo: propiedades convenientes para cuantificar el comportamiento de una base de datos.
Escritorio	Término general que designa la pantalla de fondo de un sistema operativo, en la que cada icono representa un archivo informático o un programa, en la que están representados también los discos de la computadora, y desde la cual se pueden poner en marcha aplicaciones.
Estación de trabajo	Computadora de funcionalidad general de alto nivel, por lo general más potente y robusta que una computadora de sobremesa. Suele utilizarse para aplicaciones de ingeniería o de tratamiento gráfico que necesitan de grandes cantidades de memoria y de un procesador rápido. Puede incorporar más de un procesador y más de un disco duro.
Excel	Programa de hoja de cálculo desarrollado y comercializado por Microsoft.
GB	Véase Gigabyte
Gestión de datos climáticos	Gestión de datos relativos al clima con el propósito de proporcionar a los usuarios datos de calidad fiable. Éstos suelen almacenarse en una base de datos informatizada. Puede designar también las herramientas utilizadas para proporcionar productos climáticos al cliente.
Gigabyte (GB)	Designa la capacidad de almacenamiento de los dispositivos informáticos. Un gigabyte es igual a 1024 (210) Megabytes.
GUAN	Red de observación en altitud del SMOC - Red SMOC de referencia para datos de la atmósfera en altitud.
GUI	Interfaz gráfica de usuario para pantallas de computadora. Consiste en la visualización de distintas ventanas, desde las que se pueden utilizar controles (botones, recuadros para marcar, barras de menú o recuadros de listas) para activar funciones.
IOV	Indicadores objetivamente verificables
MacOS	Sistema operativo utilizado por Apple en sus computadoras Macintosh.
MB	Véase Megabyte
MDV	Medios de verificación
Megabyte (MB)	Unidad que mide la capacidad de almacenamiento de un dispositivo informático. Suelen representar 1.048.576 bytes (1024 ² o 2 ²⁰). En ocasiones, podrá representar 1.000.000 bytes o 1.024.000 bytes, en función del uso a que se destine.
Metadatos	Datos que contienen información sobre otros datos. Utilizan éstos como referencia. En el caso de los datos meteorológicos, los metadatos contienen información sobre el tipo de instrumento de medición, la ubicación del instrumento, etc., así como sobre el contenido y el formato de los conjuntos de datos.
Microcomputadora	Véase "Computadora de sobremesa" y "Computadora personal". Sinónimo de computadora personal o de sobremesa.
Minicomputadoras	Tipo de computadora intermedio entre los mainframes y las microcomputadoras. Este término se acuñó cuando las diferencias entre los mainframes, las minicomputadoras y las microcomputadoras eran inequívocas. Con el paso del tiempo, esta clasificación se está desdibujando. En ocasiones, designa un servidor o una estación de trabajo de alto nivel.
Modelo de base de datos	Refleja el diseño específico de la base de datos. Existen distintos modelos aplicables, el más común de los cuales es el modelo relacional. Además de éste, existen también el modelo relacional por objetos, el modelo orientado a objetos, el modelo semiestructurado, el modelo asociativo, el modelo de

	datos entidad-atributo-valor, y el modelo por contexto.
Normalización	Proceso utilizado para el diseño de tablas en una base de datos relacional, con objeto de desarrollar una estructura apropiada que reduzca al mínimo la redundancia innecesaria. Se han identificado cinco formatos normales.
ODBC	conectividad de basas de datos abierta - Estándar de código abierto para acceder a diferentes sistemas de bases de datos. Por ejemplo, para acceder a Oracle desde Microsoft Excel o Access.
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OS/400	OS/400 es el sistema operativo utilizado por IBM en su serie de computadoras AS/400.
Parámetro meteorológico	Sinónimo de datos meteorológicos o de elementos meteorológicos de interés (por ejemplo, temperatura).
Plataforma	En terminología informática, designa la combinación de equipo físico, programas informáticos y sistemas operativos utilizados. A veces designa únicamente el sistema operativo.
Procesador	Suele designar la unidad central de proceso de una computadora. Véase 'QA'.
Programa antiespías	Programa informático para detectar programas indeseados (denominados también spyware) y para proteger frente a ellos.
Programas espía	Término general que designa los programas indeseados que suelen instalarse mediante Internet sin conocimiento del usuario. Estos programas monitorizan las operaciones de la computadora y recogen datos acerca de su utilización. En algunos casos, se trata de programas de control remoto, y su presencia se manifiesta en anuncios de tipo pop up, funcionamiento lento de la computadora, o barras de herramientas inesperadas en los navegadores web. Véase también Adware.
QA	Aseguramiento de la calidad.
QC	Control de la calidad.
RAID	Agregación redundante de discos independientes. Agregación de discos de almacenamiento de datos en una única unidad provista de elementos redundantes para los fallos de disco y que reduce, por consiguiente, el riesgo de perder datos en ese soporte. Normalmente, los datos de cada disco están reproducidos en uno o más discos imagen.
RAM	Memoria de acceso aleatorio. Sistema de almacenamiento informático que permite un acceso más rápido a los datos almacenados. Es accesible para lectura y escritura, pero no conserva los datos cuando se apaga la computadora. Por norma general, cuanto más RAM tenga una computadora, más rápido será su funcionamiento.
RCBR	Red Climatológica Básica Regional
Rescate de datos	Proceso continuado de conservación de todos los datos que podrían perderse si se deteriora el soporte físico, y de digitalización de datos actuales y pasados en forma compatible con computadora para acceder fácilmente a ellos.
ROSS	Red de estaciones de observación en superficie del SMOC - Red SMOC de referencia para datos climáticos de superficie.
RSBR	Red sinóptica básica regional
Servidor	Computadora a la que puede acceder y de la que puede hacer uso más de un usuario de una red. Los servidores son normalmente ampliables y, por consiguiente, pueden configurarse para responder a las necesidades de una organización en proceso de crecimiento. Un servidor puede incorporar múltiples procesadores y periféricos (por ejemplo, discos duros).
SGBDR	Sistema de gestión de bases de datos relacionales. Suele utilizarse como sinónimo de base de datos relacional, aunque se refiere estrictamente al sistema utilizado para gestionar la base de datos.
Sistema de gestión de bases de datos (SGBD)	Conjunto de programas informáticos utilizados para desarrollar, incorporar, gestionar y mantener datos en una base de datos.
Sistema operativo	Sistema de software de una computadora que controla y gestiona los dispositivos físicos y las operaciones y procesos del sistema. El sistema operativo controla el funcionamiento de los programas de aplicación (por ejemplo, los procesadores de texto). Los sistemas operativos para computadora personal más conocidos son Microsoft Windows, Mac OS

	(computadoras Apple) y Linux.
SMHN	Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional
SMOC	Sistema Mundial de Observación del Clima. El SMOC es un sistema operacional de largo alcance, supeditado al usuario, capaz de proporcionar las observaciones detalladas necesarias para monitorizar el sistema climático, para detectar y atribuir el cambio climático, para evaluar los efectos de la variabilidad del clima y, en particular, del cambio climático, y como ayuda para las investigaciones con objeto de mejorar el conocimiento, la modelización y la predicción del sistema climático.
SMT	Sistema Mundial de Telecomunicación. Red de telecomunicaciones mundial administrada por Miembros de la OMM para intercambiar datos y productos meteorológicos y similares.
SQL	Lenguaje de interrogación estructurado - Lenguaje de computadora para interrogar una base de datos y recuperar datos de ella.
Tipo de computadora	Clasificación general de las computadoras basada en el tamaño y en el rendimiento. Van desde las computadoras más potentes, destinadas a múltiples usuarios y de gran tamaño, hasta la computadora personal para un solo usuario (o de sobremesa), pasando por las minicomputadoras de nivel intermedio.
Unidad central de proceso	Principal procesador de control de una computadora. Suele describirse en términos del número de ciclos de procesamiento por segundo y de la anchura de banda de su bus. Para una configuración dada, cuanto más rápida sea la CPU, más rápidas serán las operaciones y la respuesta de la computadora.
Unidad de disco duro	Véase "Disco duro".
UPS	Estabilizador de corriente - Dispositivo de reserva que proporciona corriente eléctrica constante cuando se interrumpe la alimentación de la red. Permite prolongar el funcionamiento de la computadora a fin de cerrar ordenadamente todos sus programas si la interrupción fuera duradera.

Apéndice 1: Descripciones del CDMS

En lo esencial, este texto está tomado de <http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/cdmsfuture/html/evaluation.html>. Se incluyen también párrafos breves o enlaces web que remiten a otros sistemas conocidos.

Numerosas reuniones de expertos, además de las respuestas a un cuestionario enviado a todos los Miembros de la OMM; seis SMHN propusieron un CDMS como posible sucesor de CLICOM. La República Checa con el sistema CLIDATA, Francia con CliSys, Jordania con JCDMS, Federación de Rusia con CLIWARE, Túnez con SDCLIM, y Zimbabwe con ClimSoft (Tabla A1.1).

Atendiendo a las recomendaciones de la 53 reunión del Consejo Ejecutivo de la OMM y de la 13ª reunión de la Comisión de Climatología (noviembre de 2001), se celebró en la Secretaría de la OMM, del 27 de mayo al 1 de junio de 2002, un cursillo para someter estos seis CDMS a la evaluación de un equipo de expertos externo. Se redactó un informe para cada uno de los sistemas, además de una tabla de criterios comparativos, que pueden consultarse en: <http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/cdmsfuture/html/evaluation.html>.



Figura A1.1. Equipo evaluador del proyecto de sistema de gestión de bases de datos sobre el clima (CDMS) de la OMM.

Tabla A1.1. Sistemas de gestión de bases de datos sobre el clima de la OMM (CDMS)

CDMS	SMHN	Enlace	Sistema de gestión de bases de datos
CLIDATA	República Checa	http://www.clidata.cz/	Oracle
CLIMSOFT	Zimbabwe	http://www.met-elearning.org/moodle/course/category.php?id=4	Access, SQL/servidor
CLISYS	Francia	http://www.mfi.fr/productsandsolutions.htm	Oracle, PostgreSQL
CLIWARE	Federación de Rusia	http://cliware.meteo.ru/meteo/index_en.html	Oracle, MaxDB, etc.
JCDMS	Jordania	http://www.jmd.gov.jo/	Oracle
SDCLIM	Túnez	http://www.meteo.tn	Oracle

Con independencia del proceso de evaluación de la OMM, diversos SMHN o empresas privadas han desarrollado otros CDMS (Tabla A1.2).

Tabla A1.2. Sistemas de gestión de bases de datos sobre el clima desarrollados al margen del proyecto CDMS de la OMM

CDMS	SMHN o empresa privada	Enlace
AMS	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	http://www.foodsecinfoaction.org/News/tools_cw_02.htm
CLDB	Microstep-MIS	http://www.microstep-mis.com/products/meteorology/cldb/english.php
QUALIMET	Ernst Basler + Partner GmbH	http://www.ebp-de.de/en/geschaeftsbereiche/information/projekte/165/

Apéndice 2: Estudio de un caso concreto de implantación de un CDMS

En 1988, la minicomputadora utilizada en Madagascar para gestionar los datos climatológicos se averió, y nunca fue sustituida. A partir de ese momento, la gestión y procesamiento centralizados de los datos climatológicos quedaron interrumpidos. Por fortuna, se emprendió un proyecto de ámbito nacional para recopilar los datos del sistema de minicomputadora que habían sido almacenados inicialmente en cinta magnética, y para copiarlos a CD-ROM.

En los años noventa, con el advenimiento de las microcomputadoras, el departamento de tecnología de la información y bases de datos reanudó la introducción de datos climatológicos. Utilizó para ello un programa básico de hoja de cálculo. Esta situación era insuficiente para recopilar y compartir datos adecuadamente en y entre los SMHN, y para conservar aquéllos en condiciones de seguridad. Por consiguiente, el SMN de Madagascar elaboró un proyecto en el marco del Programa de Cooperación Voluntaria (PCV) de la OMM con el objetivo de poner en pie una base de datos climatológicos nacional y de poner en marcha un sistema normalizado de recopilación, almacenamiento, procesamiento y difusión de datos climáticos para utilizarlo en un sistema de gestión de recursos.

Los beneficios esperados fueron:

- Permitir una participación más eficaz a nivel mundial en la aplicación de las actividades del Programa Mundial sobre el Clima, especialmente con respecto a los estudios del cambio climático regional bajo la influencia de los factores naturales y humanos; y
- Mejorar el suministro en tiempo real de información climática a diversos sectores de la economía, para ayudar a proteger y desarrollar los recursos naturales, humanos y financieros.

Francia decidió financiar este proyecto, y Météo-France se ocupó de su gestión, ofreciendo la asistencia de sus agentes. El proyecto se ha desarrollado en dos etapas.

La primera etapa, en la que se realizó un estudio del entorno actual, concluyó con la definición del sistema. Éste consistía en un servidor de tipo microcomputadora (que cumplía estrictas normas de seguridad), además de dos estaciones cliente, una impresora, un escáner, dispositivos de archivado y de copiado de seguridad, los correspondientes consumibles y los manuales de formación. El sistema está asociado al SGBD Oracle, y opera con un sistema operativo básico Linux.

La integración del sistema, su configuración específica y las pruebas operacionales dieron comienzo en septiembre de 2003, y duraron tres meses. Se realizaron en los locales de Météo-France, en Toulouse, bajo la supervisión de administradores de sistemas, un administrador de Oracle y un climatólogo. El sistema fue aceptado por la Dirección de Meteorología e Hidrología, Madagascar (DGM) en marzo de 2004, tras de lo cual pudieron dar comienzo la instalación y la misión de formación. Estas actividades tuvieron lugar en abril de 2004, durante 15 días, con participación de especialistas de Météo-France. En ese periodo se instaló y se puso en marcha el sistema en el SMHN, se integraron los datos históricos de superficie de Madagascar, y se constituyeron los equipos de administradores de sistemas, administradores CDMS y operadores de introducción de datos, a los que se impartió formación.

La etapa 2 del proyecto está orientada a consolidar la experiencia adquirida, a proseguir la formación y a desarrollar nuevos procedimientos.



Figura A2.1. Demostración del sistema a los SMHN de Madagascar

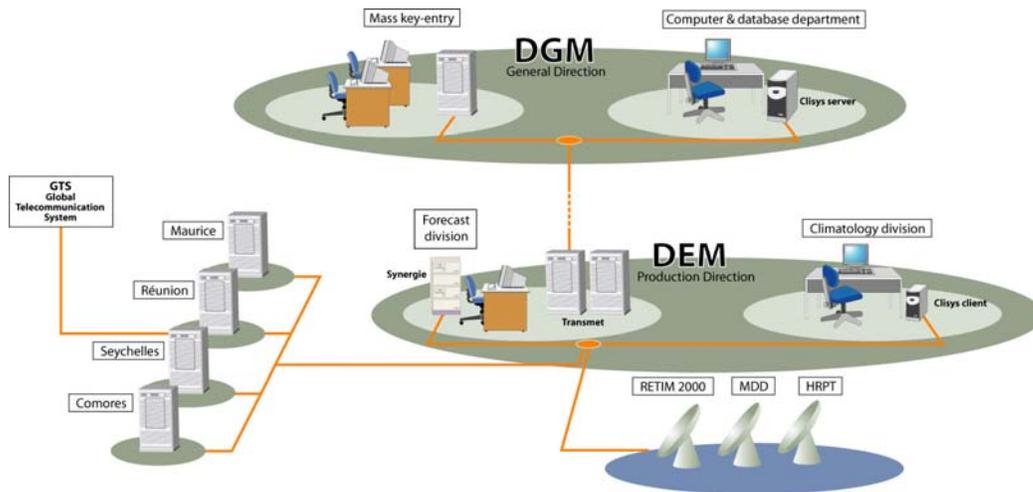


Figura A2.2. Arquitectura del sistema de Madagascar. El sistema CDMS (CliSys) está conectado a todos los servicios del SMHN. Los datos procedentes del SMT se recogen mediante un AMSS (Transmet) que suministra datos a la herramienta de predicción de la estación de trabajo (Synergie).

[Introducción masiva de datos

DGM
Dirección General

Departamento de informática y bases de datos

Servidor Clysis

SMT

Sistema Mundial de Telecomunicación
Mauricio
Reunión
Seychelles
Comoras

División de Predicción
Synergie Transmet

DEM
Dirección de Producción

División de Climatología

Cliente Clysis]

Apéndice 3: Ejemplos de equipo informático

Soluciones de tipo microcomputadora para gestionar una base de datos

Se ofrecen a continuación tres soluciones de equipo informático para la gestión de una base de datos climáticos, que abarcan desde una simple computadora de sobremesa hasta un servidor de características robustas. El costo del sistema, así como la seguridad y el rendimiento de éste, aumentan progresivamente de la solución 1 a la 3: computadora de sobremesa, estación de trabajo y servidor. Entre tanto, en cada caso se ha dedicado especial atención al aspecto de seguridad combinando las diferentes configuraciones de seguridad del equipo y agregando, en cada caso, funciones de copiado de seguridad y de archivado.

Seguridad del equipo informático

Se ofrecen tres métodos para mantener el equipo informático en condiciones de seguridad.

El método de clonación consiste en reproducir una imagen exacta de un disco duro, en un momento dado, en otro disco duro, denominado 'clon'. Cuando el administrador estima que el sistema está funcionando adecuadamente, se genera un clon del sistema del disco duro. Así, si posteriormente aparecen errores en el sistema (por ejemplo, fallo del disco duro, pérdida de archivos, o configuración incorrecta), el administrador puede retornar a la situación anterior gracias al clon. Este tipo de seguridad es muy valiosa para los datos que no cambian excesivamente, como el sistema operativo o las aplicaciones informáticas. Sin embargo, no es suficiente para una base de datos que acumula información nueva todos los días. En tales casos, hay que aplicar también una estrategia de archivado y copiado de seguridad (solución 1).

La duplicación (mirroring) de disco es un método de almacenamiento en que los datos de un disco son duplicados **sincrónicamente** en otro disco, de tal modo que ambos dispositivos contienen la misma información. Esta técnica, conocida también como RAID de nivel 1, proporciona redundancia en caso de fallo del disco, y puede ir acompañada de clonación como método suplementario (solución 2).

El método de reproducción (stripping) permite proteger los datos contra el deterioro mediante el procedimiento de copiarlos en una serie de discos. Si un disco falla, todos los datos son automáticamente reconstruidos en los restantes discos de la serie. Este método se denomina también técnica RAID de nivel 5 (solución 3).

Seguridad de los archivos

El archivado puede definirse como un método para el almacenamiento de datos durante el mayor tiempo posible y en las condiciones más seguras posibles. Es especialmente apropiado para los datos climatológicos que, una vez sometidos al control de la calidad, apenas experimentan modificaciones. El soporte físico debería ser resistente al paso del tiempo, condición que se cumple en el caso de las tecnologías CD, DVD y NAS. Para los datos climáticos, se recomienda que el formato de los archivos sea legible por la mayoría de los programas informáticos (es apropiado, por ejemplo, el formato ASCII). La esperanza de vida de los CD o de los DVD no es ilimitada. Al finalizar cada sesión, es recomendable copiar la información de un soporte a otro.

Seguridad de las copias de seguridad

El copiado de seguridad puede definirse como un método de almacenamiento de información en un momento dado con objeto de recuperar, en caso de pérdida, la totalidad de la información del sistema o ciertas partes de ella en ese instante en particular. Es útil, por ejemplo, cuando se utiliza un sistema que realiza copias diariamente y agrupa éstas por

períodos de una semana. En tales condiciones, es posible recuperar al término de una semana un archivo que ha desaparecido o que se ha deteriorado en un día cualquiera de esa semana.

Por último, si un servidor no fuera suficiente para manejar la base de datos climatológicos de un SMHN, habrá que contemplar la posibilidad de una agregación. Es decir, utilizar múltiples servidores y dispositivos de almacenamiento interconectados que constituyan un único sistema fácilmente accesible para los usuarios.

Tabla A3.2. Tres soluciones de equipo informático para la gestión de bases de datos climáticos

Función	Solución 1: computadora de sobremesa	Solución 2: estación de trabajo	Solución 3: servidor	Observaciones
Sistema operativo	Linux, Windows	Linux, Windows	Linux, Windows	Comprobar la compatibilidad del sistema operativo con todos los dispositivos y programas en uso.
Procesador	1 Procesador	1 a 2 procesadores	1 a 128 procesadores	Consúltense los requisitos de los distintos programas en uso, el número de clientes y las limitaciones de los SMN.
Memoria	De 250 Mb a 4 Gb	De 512 Mb a 8 Gb	De 512 Mb a 1000 Gb	Consúltense los requisitos de los distintos programas en uso, el número de clientes y las limitaciones del SMN.
Disco duro	Número limitado de discos duros. Ejemplo: 2 discos duros - Disco 1: disco para todo el sistema; disco 2: clon del disco 1.	De 1 a 4 discos duros. Ejemplo: 3 discos duros - Disco 1: disco para todo el sistema; disco 2: clon del disco 1; disco 3: duplicado del disco 1 (Raid 1).	De 1 a 192 discos duros. Ejemplo: 6 discos duros - Disco 1: sistema operativo; disco 2: clon del disco 1; discos 3, 4 y 5: base de datos en RAID 5; disco 6: disco de reserva.	Analizar el volumen requerido. Escoger el tipo de disco duro apropiado: IDE, SATA, SCSI, así como la arquitectura apropiada: clonación, duplicación, reproducción. Prever un disco de reserva.
Archivo	CD - escritura	DVD - escritura	NAS	Analizar la tecnología más apropiada.
Copia de seguridad	CD - escritura	Tecnología de cinta magnética, NAS	Tecnología de cinta magnética, NAS	Analizar la tecnología más apropiada
Seguridad de la toma de corriente	UPS	UPS	UPS	Analizar la tecnología más apropiada, con arreglo a las limitaciones.
Seguridad de los programas informáticos				Cortafuegos, antivirus, antiespías, todos ellos actualizados. Copias de seguridad y archivado de los programas.
Garantía				Solicitar una garantía por un período de tiempo razonable.