

# EXPLOTACION DE EMBALSES EN RELACION CON LA LAMINACION DE CRECIDAS

Ing. C. C. P. S. CASTRO

Prof. Ing. C. C. P. J. TRINCADO

Cuando un querido compañero me pidió unas notas sobre explotación de embalses, en época de aguas altas, opté por limitar el tema únicamente al caso de embalses hidroeléctricos. Lo hice así porque, desde los ya lejanos tiempos en que trabajaba a las órdenes de aquel magnífico ingeniero que fue D. Manuel Lorenzo Pardo, en la Confederación del Ebro, mi experiencia en embalses para regadíos ha sido nula. Y lo he hecho también por mi convencimiento de que no debe explotarse económicamente un embalse con fines primordiales distintos de aquellos para los que ha sido construido. Siempre que pienso en la explotación múltiple de un embalse, me asalta el temor de que ocurra con él lo mismo que le ocurrió al burro del molinero complaciente.

Este molinero, imitando a un colega que utilizaba un burro para el servicio de su molino, se compró él otro. Lo empleaba, al principio, para repartir la harina entre sus clientes, y el burro le servía, además, para no hacer el camino a pie hasta el molino. No pasó mucho tiempo sin que la mujer del molinero le aconsejase utilizar también el burro para transportar las verduras de la huerta. Accedió, el complaciente molinero, al deseo de su mujer, y comenzó a cargar también las verduras, con los sacos de harina, en el burro. Una vieja pariente de los molineros, que les lavaba la ropa y les ayudaba en otros menesteres de la casa, no tardó en pedir, a su vez, al molinero, que llevara en el burro la ropa sucia a lavar a la acequia y que la volviese a lomos del mismo, ya seca y limpia, al molino. Volvió a decir que sí el molinero. Y aún pensó, por su cuenta, que podía quedar algún sitio libre sobre el burro, apretando las cargas, para recoger a sus hijos a la vuelta de la escuela. Los hijos del molinero no disfrutaron mucho tiempo del divertido viaje. Al pobre burro, excesivamente cargado, se le rompió un día el espinazo.

Quedóse el molinero sin burro, pero dedujo que no era un lamentable error suyo haber sobrecargado el borrero, sino que era una equivocación tratar de tener, como el otro molinero, un burro para el servicio del molino, y esta deducción le sirvió de satisfacción y consuelo.

Algo muy parecido al triste final de la historia del molinero, puede ocurrir si a los embalses proyectados y construidos para un servicio hidroeléctrico, se les exige, además de dar la mayor cantidad de energía posible y de la mejor calidad, que se quede medio vacío cuando

van a venir las lluvias, para contener las riadas, que se mantenga en niveles altos durante las épocas de estiaje para facilitar la práctica de los deportes náuticos o, en fin, que se suspenda el desembalse en octubre si no se necesita agua para riegos. **24**

En resumen, que los embalses deben ser construidos y financiados para un fin primordial, estando cualquier otro fin exclusivamente a resultas de las posibilidades de no perjudicar al principal.

En general, es difícil llegar a soluciones que sirvan convenientemente y de un modo económico, para distintos fines que tengan análoga prioridad.

En el estudio de las crecidas del Sena, se llegó a la conclusión de que era más económico y conveniente la construcción de nuevos embalses proyectados para este problema, que el aprovechamiento de los construidos con otros fines (\*).

Limitándonos ya — y es hora — a nuestro tema, en la explotación de un embalse hidroeléctrico, nos sujetaremos, con carácter de exigencia, a:

1.º Que la explotación del embalse no produzca a los usuarios de aguas abajo, ni pobladores de la zona, situaciones perjudiciales y peligrosas, que no hayan sido debidamente valoradas e indemnizadas, y que no hubieran existido si no se hubiera construido el embalse.

2.º Obtener el mayor aprovechamiento hidroeléctrico, teniendo en cuenta tanto la cantidad de energía producida, como su calidad, es decir, la regulación en la propia central. Ya no como exigencia, sino como conveniencia, deberá actuarse para que en todo aquello que no perjudique a la obligación primordial anteriormente consignada, se mejore la situación de los demás usuarios, en cuanto a caudales del río, etc.

El embalse y la presa dispondrá de un acertado sistema de compuertas, preferiblemente con la posibilidad de una sobreelevación del nivel del embalse, para que las compuertas totalmente levantadas no produzcan, con el embalse a su máximo nivel normal, nada más que una determinada riada aguas abajo, y si es posible, con un vertedero de labio fijo a la altura del máximo nivel normal de explotación y el servicio de explotación estará dotado del conjunto de elementos de información que necesita, previsión de caudales, nieve en la cuenca, etc.,

(\*) *La Huille Blanche*, núm. 3, XII 1963.

así como de las posibilidades de comunicaciones a qué más adelante nos referiremos.

Para garantizar que los caudales de aguas abajo no sobrepasen unos valores fijados previamente, con lo cual podremos tratar de aplanar la curva de riadas y garantizar cualquier retraso en maniobra de compuertas, etc., será necesario que, a partir de iniciarse la época de aguas altas, dispongamos en el embalse de un volumen en función de los caudales anunciados, pero sin que este margen exceda o continúe más de lo necesario para evitar que, además de la pérdida de salto, que corresponde a la menor cota del nivel de las aguas, el fin del período de aguas altas nos sorprendiera con el embalse tan bajo que no tuviéramos posibilidad económica de llenarlo sin perjuicio.

Antes de empezar el período de aguas altas, si el embalse está a nivel máximo de explotación, es decir, sin más margen de seguridad que la posible sobreelevación por encima del mismo, a que antes nos hemos referido, convendrá aumentar este margen evacuando un cierto caudal superior al que precisamente lleve en aquel momento el río, pero inferior al de las avenidas normales en aquella época.

Los vertidos han de hacerse con la debida prudencia y con los avisos mediatos o inmediatos a los usuarios de aguas abajo, a los que en otro caso podría sorprender un aumento del caudal del río, antes que la meteorología local lo previera. Estos avisos de carácter general, conviene sean recordados periódicamente, ya que es frecuente que la regulación obtenida con los embalses, sobre todo los hiperanuales creen en los usuarios de aguas abajo, tras unos años secos, un optimismo de que ya no van a producirse riadas y acaben por apoderarse del cauce, incluso en la zona que antes era de avenidas casi anuales.

La forma de actuar de un Despacho de Maniobras que lleve la explotación de un embalse o sistema de embalses hidroeléctricos, podrá ser la que con carácter general indicamos y que es la que seguimos o tratamos de seguir, en Saltos del Sil.

## 1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El problema de la explotación óptima de un sistema de embalses hidroeléctricos, interconectados o no a otro sistema de producción térmica, puede enunciarse así:

Determinar en cada momento la energía que debe producirse y con qué centrales debe producirse para obtener el mejor resultado económico en la explotación del sistema.

Este enunciado tiene igual validez para época de aguas altas que para la época de estiaje, pero la solución del problema es distinta en ambas épocas por la influencia que el riesgo de vertido ejerce en cualquier decisión que se tome en la época de aguas altas, así como por los problemas específicos de la evacuación y laminación de riadas.

Hemos dejado sentado ya que la explotación óptima de un embalse hidroeléctrico, desde el punto de vista de la producción eléctrica, supone el adoptar unas "consignas" que son opuestas en muchos momentos a las que se adoptarían si la explotación del embalse se llevara tomando como único fin deseable el de la laminación de riadas.

Con la "consigna" de laminación de riadas se lesiona fuertemente la producción eléctrica al obtenerse menores cantidades de energía y lo que a veces es más importante con peor distribución a lo largo del año. Este perjuicio en la producción eléctrica aumenta al disminuir la capacidad del embalse en relación con la aportación del río.

Por ello, como decíamos en la introducción, al estudiar la explotación óptima de un embalse debemos fijar previamente el fin primordial para el que ha sido construido.

En este trabajo suponemos como fin primordial la producción hidroeléctrica aun cuando indicaremos las medidas que deben tomarse para la evacuación de crecidas.

El problema de la explotación óptima del sistema de embalses en aguas altas se subdivide en los dos siguientes:

A. Dada en un momento determinado, la reserva total del sistema, distribuirla en la forma más conveniente entre los diferentes embalses.

B. Analizar en un momento determinado, la producción más conveniente, teniendo en cuenta la garantía del servicio y los resultados económicos.

## 2. DISTRIBUCION DE LA RESERVA TOTAL.

La reserva total se distribuye, en este período, procurando mantener igual la probabilidad de vertido en todos ellos.

En un momento determinado  $t$  existe en cada embalse un volumen embalsado  $V$  y un volumen útil todavía sin llenar, o residual  $V_r$ .

El embalse se llenará y, por tanto, comenzará el vertido cuando en un momento  $T$  se verifique:

$$V_r = A_{tT} - E_{tT} \quad (1)$$

siendo:

$V_r$  = diferencia entre la capacidad total del embalse y el volumen almacenado en un momento  $t$ .

$A_{tT}$  = aportación que se espera entre los tiempos  $t$  y  $T$ .

$E_{tT}$  = volumen desaguado entre los tiempos  $t$  y  $T$  para producción de energía o por otras causas.

Para saber la probabilidad de vertido en un embalse se pueden seguir dos métodos: el primero consiste en suponer, en la fórmula (1), que las aportaciones son las probables medias y calcular la fecha probable de vertido; el segundo, consiste en suponer una fecha de llenado, es

decir, fijar  $\bar{T}$  y ver qué probabilidad, de ser superada, tiene la aportación que cumpla la ecuación (1).

En el primer método se procura que el momento probable de vertido sea el mismo en todos los embalses. En el segundo método se procura que las aportaciones necesarias para acabar de llenar los embalses tengan la misma probabilidad.

Con cualquiera de los dos métodos, la verdadera dificultad estriba en fijar los volúmenes  $E$  que se van a desaguar, ya sea para producción eléctrica o por otras causas. Es evidente que de estos volúmenes  $E$  dependen los valores que cumplen la ecuación (1).

Por Saltos del Sil se ha elegido el segundo método, es decir, establecer en cada momento y en función del volumen embalsado la probabilidad de llenado en una fecha determinada. Se toma para  $T$ , el 31 de mayo.

En la figura 1.<sup>a</sup> puede verse, a título de ejemplo, la curva de probabilidad de llenado correspondiente al embalse de Bao. 24

Para determinar las aportaciones probables se han tomado en los periodos:

- mayo
- abril + mayo
- marzo + abril + mayo
- .
- .
- .
- .
- .
- noviembre + diciembre ... + abril + mayo, las aportaciones reales observadas en el mayor número de años

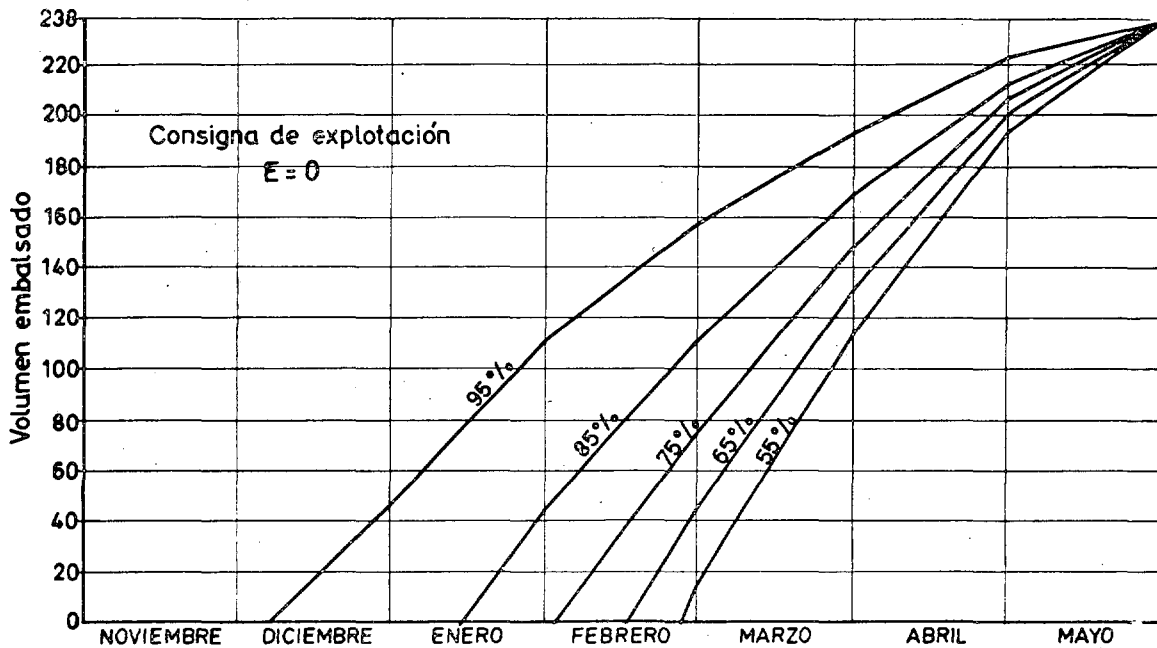


Fig. 1.<sup>a</sup> — Curvas de igual probabilidad de llenado.  
(Curves of equal filling probability).

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Se parte de que a final de mayo el volumen residual  $V_r$  es igual a cero. A partir de este punto, y mes a mes, se van calculando en sentido anticronológico los volúmenes residuales, tomando en la ecuación (1) las aportaciones  $A$  esperadas con distintas probabilidades.

Tendremos así en primero de cada mes una serie de puntos que indican los valores de  $V_r$  que corresponden a distintas probabilidades de  $A$ . Uniendo todos los puntos de igual probabilidad se obtienen unas curvas en cada embalse que son las que sirven de guía para distribuir la reserva total.

posible y el cálculo se ha realizado con ordenadores electrónicos, que nos dan, partiendo de los caudales medios mensuales, las aportaciones ordenadas en los periodos considerados así como un gráfico con la distribución empírica de las frecuencias observadas.

### 3. PRODUCCION MAS CONVENIENTE

En la decisión de la producción más conveniente interviene una serie de factores, tales como la garantía de servicio, variación del salto en función de las reser-

vas, riesgo de vertido, precios a lo largo del año, razones políticas, obligaciones contraídas, etc., que hacen que el problema sea difícil de llevar a una simple fórmula matemática.

Sin embargo, coincidimos con M. Guiguet al afirmar que, "pase lo que pase, es seguro que la industria hidroeléctrica ocupará un puesto tan importante en la producción de energía que todos los estudios que se realicen para aumentar la parte de cálculo y disminuir el empirismo serán útiles".

En este sentido, y como orientación de gran valor para poder tomar decisiones, hemos desarrollado el siguiente procedimiento de cálculo que nos indica la producción más conveniente teniendo en cuenta el riesgo de vertido, la diferencia de precios de la energía en aguas altas y aguas bajas y la influencia de la variación del salto con el volumen de embalse.

### 3.1. Curvas de producción invernal teniendo en cuenta el precio de la energía.

Si suponemos que vale 1 el precio de la energía en el periodo de vaciado, la invernal valdrá  $\alpha < 1$ .

Consideremos el caso de un solo embalse con pérdida de salto despreciable frente al salto total.

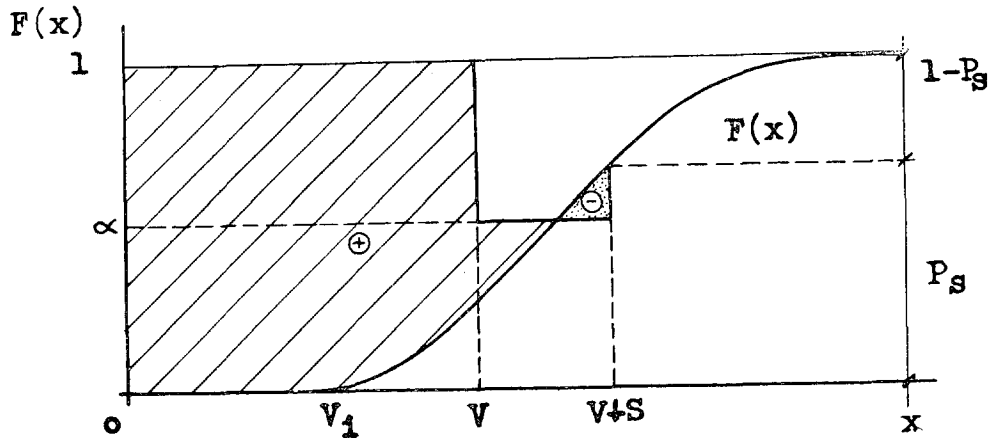


Figura 2.<sup>a</sup>

En un instante determinado conoceremos el volumen embalsado  $V_i$  y la función de distribución de las aportaciones esperadas  $F(x)$ , a partir de los datos observados como antes se ha indicado. Sea  $f(x)$  la función de frecuencia de las aportaciones,  $V$  el volumen del embalse,  $S$  el volumen turbinado en invierno y  $P_s$  la probabilidad de que la aportación no sea superior al volumen  $V+S$ .

$$P_s = \int_0^{V+S} f(x) dx$$

En  $1 - P_s$  de los años se turbinará un volumen:  
 $V+S,$

en verano y  $S$  en invierno, vertiéndose la aportación excedente.

En  $P_s$  de los años no se verterá nada, turbinándose un volumen medio:

$$\frac{1}{P_s} \int_0^{V+S} x f(x) dx = S + \frac{1}{P_s} \int_0^{V+S} x f(x) dx - S = S + \frac{1}{P_s} \int_0^{V+S} (x-S) f(x) dx$$

La ganancia media anual será:

$$G(s) = (1 - P_s)(V + S\alpha) + P_s S\alpha + \int_0^{V+S} (x-S) f(x) dx$$

y efectuando algunas transformaciones:

$$G(s) = V + S\alpha - \int_0^{V+S} F(x) dx$$

que corresponde a la diferencia, en la figura 2.<sup>a</sup>, entre la zona rayada y la zona punteada.

De aquí se deduce inmediatamente, que el suministro óptimo será aquel que anule la parte negativa, es

decir, el correspondiente al punto de intersección de la recta  $y = \alpha$  con la curva de distribución  $y = F(x)$ .

En el caso de que la variación de altura del embalse no sea despreciable frente al salto total, razonamientos análogos al caso anterior nos conducen a los siguientes cálculos:

Sea  $h_i$  el salto actual,  $h_m$  el salto máximo y  $h(x)$  la función que liga los volúmenes embalsados con la altura de salto.

En  $1 - P_s$  se turbinará  $V+S$  y se ganará:

$$(1 - P_s) \int_0^V \frac{h(x)}{h_m} dx + (1 - P_s) S \alpha \frac{h_i}{h_m}$$

(En realidad, la altura actual  $h_i$ , irá creciendo al llenarse el embalse, pero suponemos despreciable su variación de un período a otro.)

En  $P_s$  se turbinará:

$$\frac{1}{P_s} \int_0^{V+S} (x-S) f(x) dx + S;$$

y se ganará:

$$\int_0^{V+S} f(x) \left[ \int_0^{x-S} \frac{h(u)}{h_m} du \right] dx + P_s S \alpha \frac{h_i}{h_m}$$

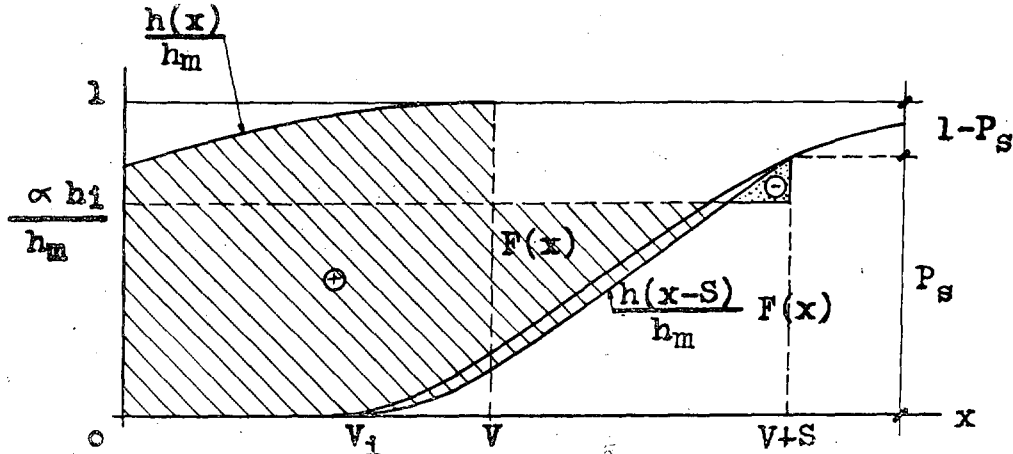


Figura 3.<sup>a</sup>

Ganancia media:

$$\begin{aligned} & (1-P_s) \int_0^V \frac{h(x)}{h_m} dx + \\ & + \int_0^{V+S} f(x) \left[ \int_0^{x-S} \frac{h(u)}{h_m} du \right] dx + S \alpha \frac{h_i}{h_m} = \\ & = \int_0^V \frac{h(x)}{h_m} dx + S \alpha \frac{h_i}{h_m} - \int_0^{V+S} F(x) \frac{h(x-S)}{h_m} dx. \end{aligned}$$

De la figura 3.<sup>a</sup> se deduce, igual que hicimos antes, que el suministro óptimo  $S_0$  es el correspondiente al punto de intersección de la recta  $y = \alpha \frac{h_i}{h_m}$  con la curva de distribución  $y = F(x)$ .

En este caso, el suministro es algo inferior al óptimo real. Este se obtendría resolviendo la ecuación:

$$\alpha \frac{h_i}{h_m} = F(V+S) - \int_0^{V+S} F(x) \frac{h'(x-S)}{h_m} dx;$$

y nosotros hemos despreciado el último sumando.

En la figura 4.<sup>a</sup> se representa el resultado de estos cálculos para distintos valores de  $\alpha$ .

Hemos supuesto, hasta aquí, que podemos decidir la energía total a producir.

Sin embargo, cuando el sistema que se estudia es de gran amplitud, por ejemplo a escala nacional, sólo se presenta el problema de decidir la energía total a producir ante una posible exportación, ya que es, en definitiva, la demanda la que fija esta cantidad global de producción.

En estos casos, lo que hay que decidir es cómo se reparte la producción total necesaria entre producción hidráulica y producción térmica. Dos sistemas parecen los más indicados para orientar la explotación en estas condiciones: la "curva de alerta" y las "curvas de valor" del agua embalsada.

### 3.2. Curva de alerta.

La "curva de alerta" señala las reservas óptimas en cada momento del año. Se obtiene hallando el mínimo de la suma de las esperanzas matemáticas del costo de la energía vertida y del costo del fallo en el suministro eléctrico.

Las reservas óptimas en un instante  $t$  son las que cumplen la condición de que:

$$\frac{P_v}{P_f} = \frac{C_f}{C_v};$$

siendo:

$P_v$  = probabilidad de que se produzca un vertido a partir de un instante  $t$ .

$P_f$  = probabilidad de que se produzca un fallo a partir de un instante  $t$ .

$C_f$  = costo del perjuicio ocasionado por cada kWh. no suministrado.

$C_v$  = costo del kWh. vertido (en general, valor de la térmica marginal de sustitución).

Es conveniente señalar la gran dificultad que encierra la determinación de  $C_f$ , sin que por el momento puedan considerarse satisfactorios los intentos realizados hasta ahora para su fijación. El único procedimiento real sería saber hasta cuándo estarían dispuestos a pagar los usuarios de la energía eléctrica en caso de restricciones.

servas hidroeléctricas mínimas que deben tenerse para que la probabilidad de fallo en el suministro no sobrepase un valor determinado.

Se dibujan considerando, en un instante determinado, las reservas necesarias para atender, sin fallo, la demanda prevista hasta el final del período crítico, com-

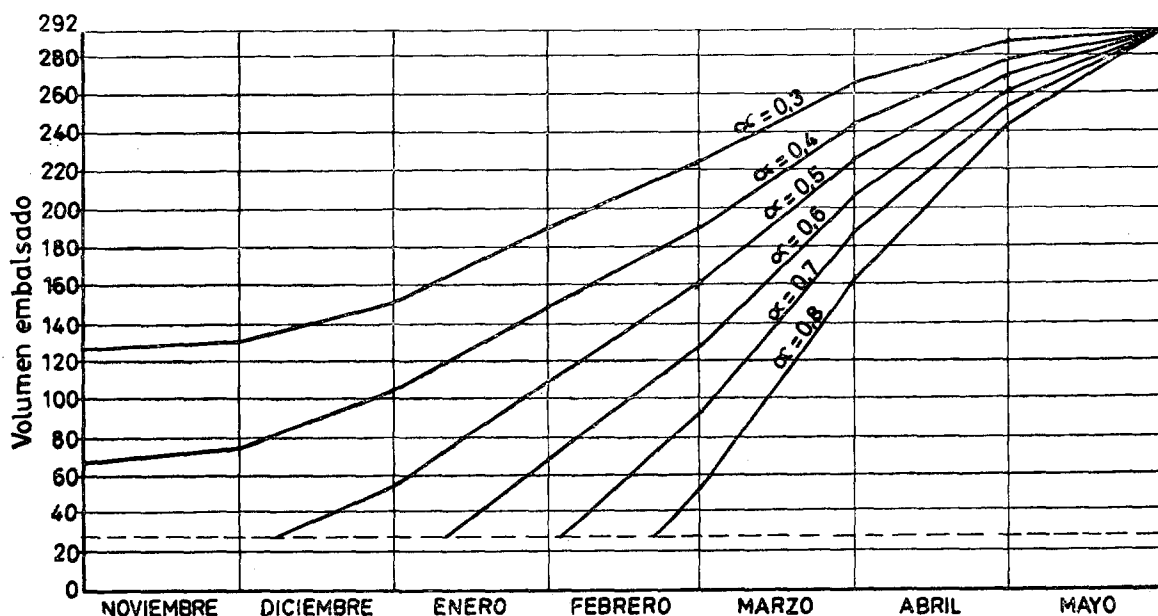


Fig. 4.ª — Curvas de producción invernal en función del precio de la energía.  
(Winter production curves in function of the price of energy).

### 3.3. Curvas de valor de la energía embalsada.

En el sistema de valoración del agua embalsada se determina, por aproximaciones sucesivas y estableciendo un modelo de explotación real durante la serie de años conocidos, el valor en cada momento del agua embalsada según la cota alcanzada. Se obtienen así curvas como la de la figura 5.ª, que indicarían en cada momento la conveniencia de poner en servicio las distintas centrales térmicas de acuerdo con sus costos marginales de producción:

Hasta aquí hemos supuesto que sólo por razones económicas se decide la distribución de la producción total entre producción hidráulica y producción térmica. Existe, sin embargo, un límite en las reservas hidráulicas por debajo del cual, y por razones de seguridad, se pone en funcionamiento a plena carga toda la potencia térmica disponible. Este límite es usado en varios países, entre ellos España, en donde suele recibir el nombre de "curva de garantía".

### 3.4. Curva de garantía.

La curva de garantía define, en cada instante, las re-

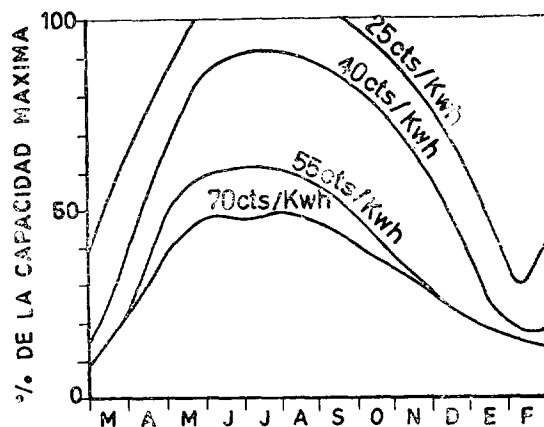


Fig. 5.ª — Curvas de igual valor de la energía almacenada.  
(Curves of equal value of stored energy).

plementando la producción térmica máxima y las aportaciones hidráulicas en el período considerado.

Teniendo las aportaciones hidráulicas esperadas un carácter aleatorio, se denomina "curva de garantía del X"

a la obtenida considerando unas aportaciones que tienen una probabilidad del x por ciento de ser superadas. Hay que observar que es imposible eliminar completamente el peligro de fallo, pudiendo solamente tener una probabilidad baja.

La curva de garantía debe ser cíclica, debiendo estudiarse el período de tiempo necesario para que se

ción de que existe potencia suficiente en la posición más baja prevista de los embalses.

Cuanto mayor es la garantía, mayor es el coste de la energía vertida y menores los perjuicios por fallos. Estudiando la influencia de ambos costes, se puede determinar la garantía óptima (fig. 8.<sup>a</sup>).

Queda con esto indicada la forma de orientar la ex-

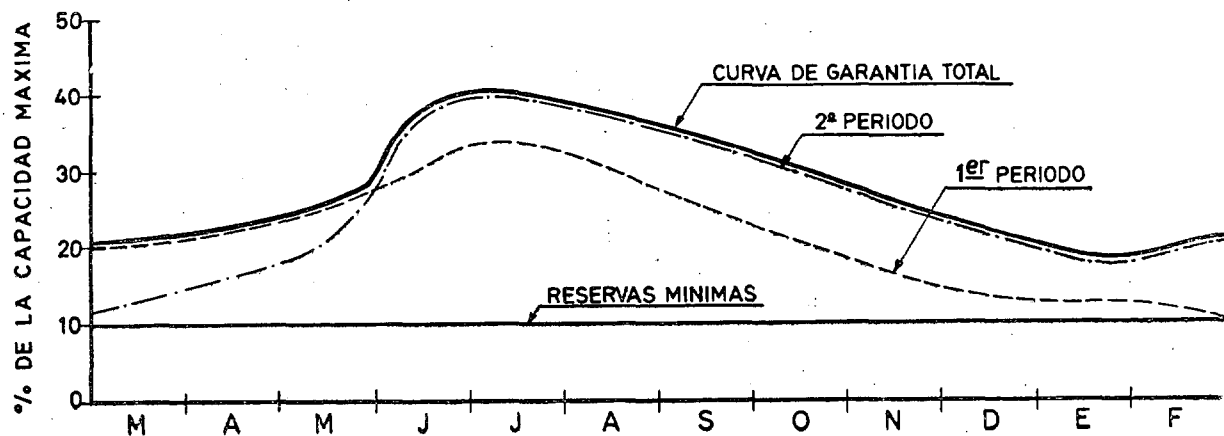


Fig. 6.<sup>a</sup> — Curva de garantía.  
(Guaranty curve).

cumpla este requisito. En la figura 6.<sup>a</sup> vemos la curva de garantía resultante en el caso de ser necesario el estudio de dos años consecutivos:

Variando las probabilidades de ser sobrepasadas de las aportaciones hidráulicas, obtenemos diversas curvas de garantía, tal como se indica en la figura 7.<sup>a</sup>.

Es conveniente exigir una garantía más elevada en el período de desembalse que en el de llenado, y esta curva de garantía debe ser complementada con la comproba-

plotación de los embalses hidroeléctricos, desde el punto de vista de la garantía de servicio y de la obtención de los óptimos resultados económicos. Haremos ahora algunas consideraciones sobre la evacuación de riadas.

#### 4. EVACUACION DE RIADAS

Es importante que, dentro de las limitaciones obliga-

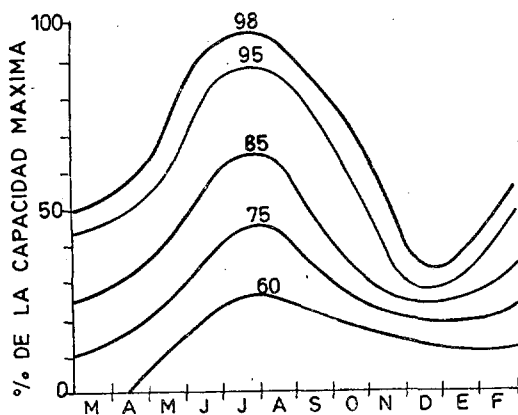


Fig. 7.<sup>a</sup> — Curvas de garantía para distintos valores de la garantía.

(Guaranty curves for various guaranty values).

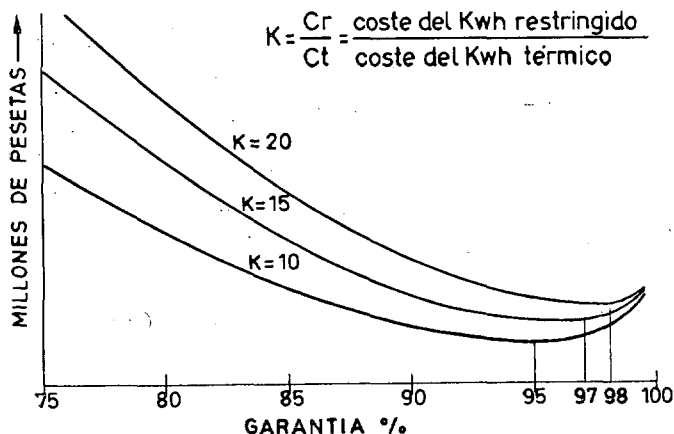


Fig. 8.<sup>a</sup> — Sobrecosto en función de la garantía considerando el riesgo conjunto de vertido y restricciones.

(Overcost in function of guaranty; joint risk of overflow and restrictions being taken into account).

das por haber adoptado la "consigna" de producción eléctrica, se procure evacuar las riadas laminándolas en lo posible para evitar daños, tanto en las propias instalaciones como a los usuarios de aguas abajo.

Es fundamental, para poder realizar una labor acertada en este aspecto, contar con una información adecuada. Esta información versará sobre:

- Previsión de precipitaciones.
- Nieve existente.
- Temperaturas.
- Precipitaciones.
- Caudales aguas arriba.

La previsión de lluvias se realiza en colaboración con las demás empresas eléctricas españolas, a través de UNESA, con predicciones de lluvia para los próximos siete días, basadas en las curvas de Isoin, que son transmitidas por teléfono diariamente desde el repartidor de cargas a los despachos de maniobras locales.

La estimación del volumen de agua que pudiera esperarse de la fusión de la nieve almacenada en la cuenca, tiene, en nuestro caso, mayor interés en cuanto a estimación de posibles avenidas que por su significado energético, ya que a lo largo del período invernal la fusión coincide con los sucesivos temporales atlánticos, durante los cuales se ve favorecida, además de por las lluvias, por la subida de temperatura y fuertes vientos que suelen acompañarlos, lo que hace que tras las últimas lluvias de primavera apenas queden depósitos apreciables de nieve. El cálculo de la nieve se realiza diariamente por el método directo, tomando muestras mediante tubos de aluminio que, introducidos a través de la nieve hasta alcanzar el suelo, permiten determinar el equivalente en agua por simple pesada del tubo.

La temperatura se controla varias veces al día, calculándose su influencia en los fenómenos de fusión de las nieves.

Las precipitaciones recogidas en la cuenca y los caudales existentes aguas arriba, se reciben con continuidad en períodos que oscilan entre un cuarto de hora y una hora. De no existir instalaciones aguas arriba donde puedan facilitar estos datos, consideramos muy interesante el establecimiento de una red de pluviómetros y limnímetros, que transmitan automáticamente por radio los valores observados de lluvias y caudales.

Con esta información, el despacho de maniobras ordena los movimientos de compuertas necesarios para conseguir las siguientes finalidades:

- Teniendo en cuenta los tiempos de traslación de

cuarlas de forma que su punta máxima no coincida en las ondas de crecida desde los diferentes embalses, evan ningún punto. Es interesante en este aspecto la elaboración de modelos matemáticos fluviales.

— Mantener unos resguardos en todas las presas que son función de los caudales existentes o esperados y de las reservas de nieve. Cuando estos resguardos coinciden con el nivel vertido en lámina libre, las compuertas son izadas por completo si los caudales están aumentando y no vuelven a utilizarse como reguladoras del nivel del embalse, hasta que la punta máxima de la avenida ha pasado y los caudales comienzan su descenso.

— No bajar el nivel del embalse a velocidad superior a unos límites establecidos, que son distintos para cada embalse y dependen de la formación geológica de las laderas del embalse y de las obras de fábrica o construcciones existentes en dichas laderas.

— Iniciar los vertidos con caudales pequeños, como medio de aviso a los ribereños situados aguas abajo cuando las compuertas se abren por primera vez, después de haber permanecido cerradas durante algún tiempo.

— Ordenar los movimientos de compuertas teniendo en cuenta los resultados de los ensayos en modelo reducido, o de la práctica, para producir los menores daños posibles en los cuencos amortiguadores o instalaciones de lanzamiento.

Aun cuando todas estas órdenes son transmitidas por teléfono por el despacho de maniobras, en cada embalse, existen órdenes concretas de actuación en caso de perder la comunicación con el despacho.

## 5. MANTENIMIENTO

Aun cuando no es objeto de este artículo, no queremos dejar sin señalar la enorme importancia de elaborar un cuidadoso programa de mantenimiento, tanto de la obra de fábrica como de las instalaciones eléctricas y mecánicas. El cumplimiento de estos programas está confiado a dos servicios independientes: el de conservación y el de mantenimiento.

El servicio de conservación, que es responsable de la atención a las obras de fábrica, recibe y toma datos, los interpreta, en colaboración con el servicio de estudios, si es necesario, y propone los trabajos extraordinarios que estima conveniente.

El servicio de mantenimiento es responsable de la atención a las instalaciones electromecánicas, y propone, asimismo, los trabajos que considera necesarios.