

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ACUERDO No. 512 2 de diciembre de 2010

Por el cual se ratifica la aprobación de los protocolos de pruebas o procedimientos para la estimación de las siguientes variables asociadas a Centrales Hidráulicas: Capacidad Efectiva Neta, Volumen Mínimo Técnico, Volumen Máximo Técnico, Volumen de Espera, Curva Guía Mínima, Curva Guía Máxima, Arcos de Generación, Arcos de Descarga, Arcos de Bombeo, Demanda de Acueducto y Riego, Factor de Retorno de Acueducto y Riego, Factores de Serie Menor, Volumen Útil y Volumen Muerto y se actualizan las definiciones de los mismos

El Consejo Nacional de Operación en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas en el Artículo 36 de la Ley 143 de 1994, el Anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995, el Reglamento Interno y según lo aprobado en la Reunión No. 336 del 2 de diciembre de 2010 y,

CONSIDERANDO:

1. Que según el Artículo 3º de la Resolución CREG 006 de 2001, antes del 31 de julio de 2001 el Consejo Nacional de Operación acordó los protocolos y recomendó los procedimientos adecuados para definir los valores de las siguiente variables asociadas a Centrales Hidráulicas: Capacidad Efectiva Neta, Volumen Mínimo Técnico, Volumen Máximo Técnico, Volumen de Espera, Curva Guía Mínima, Curva Guía Máxima, Arcos de Generación, Arcos de Descarga, Arcos de Bombeo, Demanda de Acueducto y Riego, Factor de Retorno de Acueducto y Riego y Factores de Serie Menor.

2. Que teniendo en cuenta el concepto S-2010-002909 del 2 de agosto de 2010 de la CREG, el Consejo Nacional de Operación acogió la recomendación del Comité Legal de la reunión 64 del 24 de agosto de 2010 de (...) *"revisar las definiciones de los parámetros técnicos que como el Nivel Máximo Físico se encontraban previstas en el Código de Operación y fueron derogadas tácitamente por las Resoluciones asociadas al Cargo por Capacidad y que debido a que no se encuentran vigentes deben ser llevadas a nivel de Acuerdos del CNO, así como aquellas definiciones de parámetros que se originaron en las Resoluciones asociadas al Cargo por Capacidad pero que no se encuentran vigentes en los Acuerdos del CNO y por lo tanto deben ser revisadas y llevadas a nivel de Acuerdo."*

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

3. Que el Subcomité Hidrológico y de Plantas Hidráulicas en su reunión 209 del 12 de noviembre de 2010 revisó la actualización de las definiciones previstas en los protocolos y recomendó su aprobación.

4. Que el Comité de Operación en su reunión 206 del 25 de noviembre de 2010 dio concepto favorable para la expedición del presente Acuerdo.

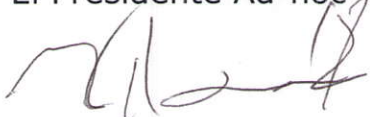
ACUERDA:

PRIMERO : Ratificar la aprobación de los protocolos de pruebas o procedimientos para la estimación de los valores de las siguiente variables asociadas a Centrales Hidráulicas: Capacidad Efectiva Neta, Volumen Mínimo Técnico, Volumen Máximo Técnico, Volumen de Espera, Curva Guía Mínima, Curva Guía Máxima, Arcos de Generación, Arcos de Descarga, Arcos de Bombeo, Demanda de Acueducto y Riego, Factor de Retorno de Acueducto y Riego y Factores de Serie Menor, los cuales se incorporan al presente Acuerdo para que hagan parte integral del mismo como Anexo N° 1, Capacidad Efectiva Neta; Anexo N° 2, Volumen Mínimo Técnico; Anexo N° 3, Volumen Máximo Técnico; Anexo N° 4, Volumen de Espera; Anexo N° 5, Curva Guía Mínima; Anexo N° 6, Curva Guía Máxima; Anexo N° 7, Arcos de Generación; Anexo N° 8, Arcos de Descarga; Anexo N° 9, Arcos de Bombeo; Anexo N° 10, Demanda de Acueducto y Riego; Anexo N° 11 Factor de Retorno de Acueducto y Riego, Anexo N° 12, Factores de Serie Menor, Anexo N° 13 Volumen útil y Anexo N° 14 Volumen Muerto

SEGUNDO: Actualizar las definiciones de los parámetros técnicos que se encuentran previstas en los protocolos y procedimientos de que trata el Artículo anterior.

TERCERO: El presente Acuerdo rige a partir de la fecha de su expedición y sustituye el Acuerdo 153 de 2001, el 294 de 2004 y el 460 de 2009.

El Presidente Ad-hoc



WILMAN GARZON RAMIREZ

El Secretario Técnico,



ALBERTO OLARTE AGUIRRE

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

CONSEJO NACIONAL DE OPERACION

PROCEDIMIENTOS APROBADOS

PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR

Capacidad Efectiva Neta de Plantas Hidráulicas

Volumen Mínimo Técnico

Volumen Máximo Técnico

Volumen de Espera

Curva Guía Mínima

Curva Guía Máxima

Arcos de Generación

Arcos de Descarga

Arcos de Bombeo

Demanda de Acueducto y Riego

Factor de retorno de Acueducto y Riego

Factores de Serie Menor

Volumen Útil

Volumen Muerto

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 1

CAPACIDAD EFECTIVA NETA

1. Definición

Capacidad Efectiva Neta.

Es la máxima cantidad de potencia expresada en valores enteros, que puede suministrar una unidad de generación o planta en condiciones normales de operación al SIN en el punto de conexión o frontera comercial.

2. Metodología – Procedimiento de cálculo

La Capacidad Efectiva Neta de las plantas hidráulicas será como máximo la capacidad declarada en el contrato de conexión, siempre y cuando este valor haya sido igualado o superado en los registros de la frontera comercial, al menos una vez, de acuerdo con los valores que reposan en el Sistema de Intercambios Comerciales (SIC).

Para este efecto se tomarán los valores registrados en el ASIC durante los últimos cinco años. Esta evaluación se hará tomando como fecha final del periodo el 30 de noviembre del año en curso.

Para el caso de las cadenas hidráulicas que posean un solo contador de energía, la capacidad efectiva neta de la cadena será la suma de las capacidades efectivas netas de las centrales de la cadena. Este valor será como máximo la capacidad declarada en el contrato de conexión, siempre y cuando este valor haya sido igualado o superado en los registros de la frontera comercial, al menos una vez, de acuerdo con los valores que reposan en el SIC.

Cuando dentro del período de verificación de la capacidad efectiva neta de una planta o cadena hidráulica una o varias unidades de ella no están disponibles, la capacidad efectiva neta se evaluará con base en los valores registrados en el SIC, para las unidades remanentes, durante el período correspondiente.

En el caso de centrales que no hayan entrado en operación comercial, para definir el valor a declarar, podrá optarse por cualquiera de las siguientes opciones:

- a. Tomar el valor de diseño (potencia en bornes de generadores) afectado por la eficiencia del transformador y los consumos de auxiliares, si es del caso.
- b. Tomar el valor obtenido en las pruebas de recepción (si en dichas pruebas se menciona que el valor de la potencia es la obtenida en bornes de generadores, se afectará por la eficiencia del transformador y los consumos de auxiliares).

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

3. Frecuencia de actualización

Cada agente podrá actualizar el valor de capacidad efectiva neta de la central, planta o cadena hidráulica cuando considere que nuevas condiciones físicas o técnicas así lo ameriten, para lo cual deberá seguir el procedimiento que apruebe el CNO.

10

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 2

VOLUMEN MÍNIMO TÉCNICO

1. Definiciones

Volumen Mínimo Técnico. Es el Volumen de agua comprendido entre el Nivel Mínimo Técnico y el Nivel Mínimo Físico.

Nivel Mínimo Técnico. Es la elevación de la superficie del agua en el embalse hasta la cual puede utilizarse su agua cumpliendo con condiciones de seguridad en las estructuras hidráulicas y en las instalaciones de generación para plena carga de todas las unidades.

Nivel Mínimo Físico. Es la elevación de la superficie del agua que corresponde a la cota inferior de la estructura de captación o bocatoma.

2. Metodología – Procedimiento de cálculo

Este procedimiento aplica para embalses asociados a plantas hidráulicas con regulación mayor a un día de conformidad con lo definido en el acuerdo 22 del CNO del 27 de mayo de 1999 sobre plantas filo de agua.

El criterio para el cálculo del volumen mínimo técnico, se basa en obtener un nivel mínimo en el embalse que permita la operación de las estructuras hidráulicas y de las instalaciones de generación bajo condiciones de seguridad. Esto se logra manteniendo una altura mínima sobre el nivel superior de la bocatoma que se conoce como altura de sumergencia, mediante la cual se evita la formación de vórtices con el consiguiente atrapamiento de aire. (ver figuras 1 y 2)

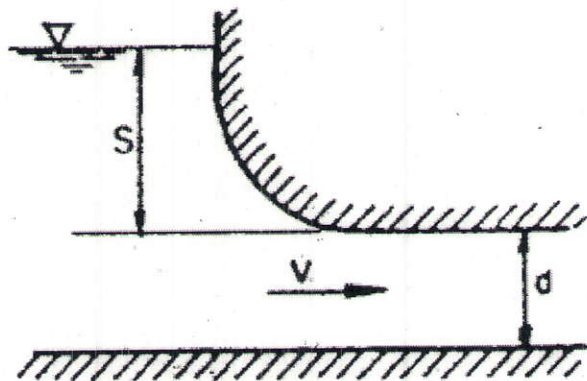


Figura 1. Esquema de captación horizontal.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

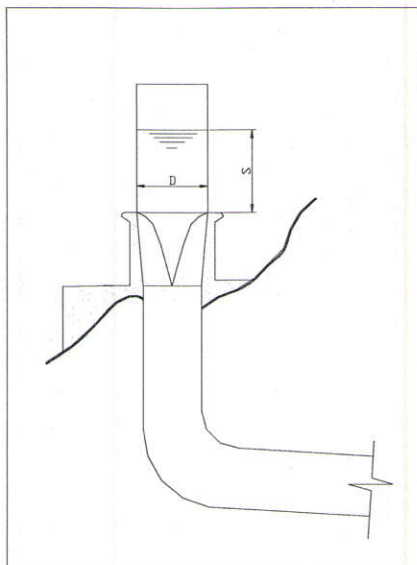


Figura 2. Esquema de captación vertical.

Las Figuras 1 y 2 describen los términos que deben analizarse para definir el Nivel Mínimo Técnico, tanto para una bocatoma vertical como para una horizontal. Las variables se definen como:

S: Sumergencia mínima o crítica.

d: Diámetro del pozo de captación (tomas verticales) o altura de la bocatoma medido en el sitio de la compuerta o rejas coladeras (tomas horizontales).

V: Velocidad de flujo en la entrada al conducto, calculada en el sitio de la compuerta para tomas horizontales o en la entrada del pozo de captación para las tomas verticales.

Para el cálculo de la sumergencia crítica que define el nivel mínimo en el embalse, se aplica un criterio hidráulico basado en las ecuaciones matemáticas que representan el fenómeno físico de la descarga de caudales desde el embalse hasta la central de generación.

Criterio hidráulico: Cada agente deberá definir y sustentar ante el CNO el parámetro de la sumergencia crítica (S) que mejor se adapte a la configuración de la bocatoma mediante la aplicación de formulas hidráulicas apropiadas para cada caso particular.

El caudal para el calculo de la sumergencia se tomará de acuerdo con cualquiera de las siguientes opciones:

- Caudal de diseño de la estructura de captación.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

- Caudal correspondiente al caudal nominal leído en la placa de la turbina. Para el caso de plantas con varias unidades, la suma de los caudales nominales de las diferentes unidades.

Obtenida la sumergencia mínima, se procede a calcular el nivel mínimo técnico, sumándole este valor al nivel superior de la bocatoma, tal como se puede ver en las Figuras 1 y 2. El agente podrá considerar un valor mayor para la sumergencia por consideraciones particulares de funcionamiento de la central.

Con base en este nivel se calcula el volumen mínimo técnico de acuerdo con la definición dada en este procedimiento y éste será el valor mínimo a declarar.

Para el caso de plantas nuevas, los valores iniciales serán los obtenidos de las memorias de diseño y serán informados cuando se declaren los parámetros.

3. Frecuencia de actualización

Cada vez que se efectúe una nueva batimetría y se reporte una nueva curva de volumen en función de la cota para el embalse, se debe calcular este parámetro. Sin embargo, el agente podrá actualizar el valor del volumen mínimo técnico del embalse cuando considere que nuevas condiciones así lo ameriten, para lo cual deberá seguir el procedimiento que defina el CNO.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 3

VOLUMEN MÁXIMO TÉCNICO

1. *Definiciones*

Nivel Máximo Físico. Elevación máxima de la superficie del agua del embalse sin que ocurra vertimiento. Está definida por la cota de la cresta del vertedero, o la cota superior de compuertas, o debajo de dichas cotas si existe alguna restricción en la estructura hidráulica.

En el caso de vertederos con compuertas sumergidas, en los cuales el nivel del embalse puede subir por encima de la cota superior de compuertas sin que ocurra vertimiento, el nivel máximo físico será definido por la cota de la estructura donde empieza el vertimiento ó debajo de ésta si existe alguna restricción.

En cualquier caso, el agente deberá tener en cuenta las condiciones de seguridad de las estructuras hidráulicas.

Nivel Mínimo Físico. Es la elevación de la superficie del agua que corresponde a la cota inferior de la estructura de captación o bocatoma.

Volumen Máximo Técnico. Para todos los efectos de modelación, se define como el volumen almacenado en el embalse por encima del Nivel Mínimo Físico y equivale a la suma del Volumen Mínimo Técnico y el Volumen Útil del embalse.

2. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

Los niveles máximo físico y mínimo físico son valores que se determinan directamente en los planos disponibles de la captación y de las estructuras de vertimiento de los embalses. Para el caso del nivel máximo físico también puede ser definido por restricciones operativas de las estructuras de vertimiento. Con base en estos niveles se calculan los volúmenes asociados a ellos y se determina el volumen máximo técnico de acuerdo con la definición.

Para el caso de plantas nuevas, los valores iniciales serán los obtenidos de las memorias de diseño y serán informados cuando se declaren los parámetros.

3. *Frecuencia de actualización*

Cada vez que se efectúe una nueva batimetría y se reporte una nueva curva de volumen en función de la cota para el embalse, se debe calcular este parámetro.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 4

VOLUMEN DE ESPERA

1. *Objetivo*

Determinar el procedimiento para obtener los volúmenes mensuales de espera en aquellos embalses que tengan como restricción el control de crecientes.

2. *Definiciones*

Nivel de Espera. Es la elevación de la superficie del agua en el embalse definida para la regulación de creciente.

Nivel Máximo Físico. Elevación máxima de la superficie del agua del embalse sin que ocurra vertimiento. Está definida por la cota de la cresta del vertedero, o la cota superior de compuertas, o debajo de dichas cotas si existe alguna restricción en la estructura hidráulica.

En el caso de vertederos con compuertas sumergidas, en los cuales el nivel del embalse puede subir por encima de la cota superior de compuertas sin que ocurra vertimiento, el nivel máximo físico será definido por la cota de la estructura donde empieza el vertimiento ó debajo de ésta si existe alguna restricción.

En cualquier caso, el agente deberá tener en cuenta las condiciones de seguridad de las estructuras hidráulicas.

Volumen de Espera. Es el volumen definido entre el Nivel Máximo Físico y el Nivel de Espera.

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El agente está en la obligación de declarar valores mensuales de volumen de espera cuando el embalse haya sido concebido para objetivo multipropósito con capacidad de regulación de crecientes o si la autoridad ambiental lo contempló dentro de la licencia ambiental o por medio de una resolución motivada.

Para definir los valores a declarar, el agente se basará en los resultados de los estudios efectuados en la etapa de diseño o construcción o en su defecto en los resultados de los estudios aprobados por la autoridad ambiental.

4. *Frecuencia de actualización*

Cada vez que se disponga de un nuevo estudio aprobado por la autoridad ambiental.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 5

CURVA GUÍA MÍNIMA

1. *Objetivo*

Determinar el procedimiento para obtener los volúmenes mensuales que determinan la curva guía mínima de un embalse cuyo objeto es mantener una reserva de agua para propósitos diferentes a los de generación de energía eléctrica.

2. *Definición*

Curva Guía Mínima. Es la curva que define los niveles que sirven para calcular los volúmenes mínimos mensuales que se deben mantener en el embalse teniendo en cuenta las restricciones originadas en el uso del agua para propósitos diferentes al de generación de energía eléctrica.

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El agente está en la obligación de declarar valores para curva guía mínima cuando el embalse haya sido concebido para objetivo multipropósito, como almacenamiento de agua para otros usos o si la autoridad ambiental lo contempló dentro de la licencia ambiental o por medio de una resolución motivada. Cada agente deberá informar al CNO si su embalse fue concebido con este propósito. Adicionalmente, en caso de que posea más de un embalse, deberá informar esta circunstancia respecto de aquel o aquellos embalses que estén comprendidos bajo este supuesto.

Para definir los valores a declarar, el agente se basará en los resultados de los estudios efectuados en la etapa de diseño o construcción o en su defecto en los resultados de los estudios aprobados por la autoridad competente.

En caso de no existir estudios o soportes aprobados por la autoridad competente, el agente podrá apoyarse en el comportamiento histórico de los niveles del embalse cuando las decisiones de la operación sean compartidas con la autoridad competente.

4. *Frecuencia de actualización*

Cada vez que se disponga de un nuevo estudio aprobado por la autoridad competente.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 6

CURVA GUÍA MÁXIMA

1. *Objetivo*

Determinar el procedimiento para obtener los volúmenes máximos mensuales que determinan la curva guía máxima de aquellos embalses que tengan restricciones originadas en el uso del embalse para propósitos diferentes al de Generación de Energía Eléctrica.

2. *Definición*

Curva Guía Máxima. Curva que define los niveles máximos mensuales que hay que mantener en el embalse teniendo en cuenta las restricciones originadas en el uso del embalse para propósitos diferentes al de generación de energía eléctrica.

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El agente está en la obligación de declarar valores para curva guía máxima cuando el embalse haya sido concebido para objetivo multipropósito, con capacidad de regulación de crecientes o si la autoridad ambiental lo contempló dentro de la licencia ambiental o por medio de una resolución motivada. Cada agente deberá informar al CNO si su embalse fue concebido con este propósito. Adicionalmente, en caso de que posea más de un embalse, deberá informar esta circunstancia respecto de aquel o aquellos embalses que estén comprendidos bajo este supuesto.

Para definir los valores a declarar, el agente se basará en los resultados de los estudios efectuados en la etapa de diseño o construcción o en su defecto en los resultados de los estudios aprobados por la autoridad competente.

En caso de no existir estudios o soportes aprobados por la autoridad competente, el agente podrá apoyarse en el comportamiento histórico de los niveles del embalse cuando las decisiones de la operación sean compartidas con la autoridad competente.

4. *Frecuencia de actualización*

Cada vez que se disponga de un nuevo estudio aprobado por la autoridad competente.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 7

ARCOS DE GENERACIÓN

1. *Definición*

Arco de Generación. Es la suma de las capacidades máximas de flujo de todos los conductos de carga de los grupos de turbinas.

2. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El arco de generación a declarar será el valor de flujo máximo permisible de la conducción dado por el diseñador o calculado con base en un estudio hidráulico. En su defecto como arco de generación se asumirá el caudal correspondiente a la capacidad de generación máxima de la planta. Dicho caudal se obtiene como el cociente entre la capacidad efectiva neta de la planta y el factor de conversión medio correspondiente al percentil 50% y de conformidad con los Acuerdos del Consejo Nacional de Operación).

3. *Frecuencia de actualización*

Este valor solo se actualizará en caso de que se modifiquen algunas de las características físicas de la estructura de carga.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 8

ARCOS DE DESCARGA

1. *Objetivo*

Definir el procedimiento para determinar el valor a declarar de la capacidad máxima en m^3/s de cualquier conducto utilizado para trasladar agua, asociado a una central hidroeléctrica.

2. *Definición*

Arco de descarga. Es la capacidad hidráulica máxima permisible en m^3/s de una conducción utilizada para trasladar agua, asociado a una central hidroeléctrica.

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El arco de descarga a declarar será el valor de flujo máximo permisible de la conducción dado por el diseñador o calculado con base en un estudio hidráulico.

4. *Frecuencia de actualización*

Este valor solo se actualizará en caso de que se modifique la estructura o las condiciones de flujo del conducto.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 9

ARCOS DE BOMBEO

1. *Objetivo*

Definir el procedimiento para determinar el valor a declarar de la capacidad máxima m^3/s de un sistema de bombeo asociado a una central hidroeléctrica.

2. *Definición*

Arco de Bombeo. Es el flujo máximo en m^3/s que se puede aportar a un embalse o planta mediante bombeo desde otra fuente.

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El arco de bombeo tendrá un valor igual o inferior a la capacidad nominal de la estación de bombeo, obtenida de los informes de diseño o de la información contenida en las placas de las bombas.

4. *Frecuencia de actualización*

Este valor solo se actualizará en caso de que se cambie o modifique la estación de bombeo.

40

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 10

DEMANDA DE ACUEDUCTO Y RIEGO

1. *Objetivo*

Determinar los caudales extraídos bien sea de las fuentes afluentes a los embalses o directamente de los embalses que alimentan centrales hidroeléctricas.

2. *Definición*

Demanda de Acueducto y Riego. Son los caudales necesarios expresados en m^3/s , para atender los usos de acueducto y riego, que son extraídos bien sea de las fuentes afluentes a los embalses o directamente de éstos

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

La demanda de acueducto y riego que se utiliza en los modelos de simulación del sector eléctrico colombiano, se obtiene a partir de la información suministrada por las personas, naturales o jurídicas que administran la extracción desde las fuentes, tales como, sin limitarse a las empresas de Acueducto y las corporaciones regionales, las cuales son las responsables de la calidad de esta información.

Las empresas generadoras propietarias de las centrales hidroeléctricas que utilizan los ríos asociados a dichas demandas, sólo harán la gestión para obtener la información requerida por los modelos.

4. *Frecuencia de actualización*

La actualización de estos valores depende de las proyecciones de demanda vigentes entregadas por las empresas que administran este servicio.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 11

FACTOR DE RETORNO DE ACUEDUCTO Y RIEGO

1. *Objetivo*

Determinar el porcentaje de caudal que retorna a los afluentes o a los embalses directamente, luego que los sectores residenciales y agropecuarios hacen uso de los caudales extraídos para la atención de la demanda de acueducto y riego.

2. *Definición*

Factor de Retorno de Acueducto y Riego. Es el porcentaje de caudal que retorna a los afluentes o a los embalses directamente, luego que los sectores involucrados hacen uso de los caudales extraídos para la atención de la demanda de acueducto y riego.

3. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El factor de retorno de acueducto y riego que se utiliza en los modelos de simulación del sector eléctrico colombiano, se obtiene a partir de la información suministrada por las personas, naturales o jurídicas que administren los sistemas de aguas residuales de la zona donde son descargadas las aguas servidas del sistema de acueducto y riego. Estas personas son las responsables de la calidad de esta información.

Las empresas generadoras propietarias de las centrales hidroeléctricas que utilizan los ríos asociados a dichas demandas, sólo harán la gestión para obtener la información requerida por los modelos.

4. *Frecuencia de actualización*

La actualización de estos valores depende de la periodicidad en la entrega de las proyecciones por parte de las personas naturales o jurídicas que administran este servicio.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 12

FACTORES DE SERIE MENOR

1. *Objetivo*

Desarrollar y establecer un procedimiento para la estimación de los factores lineales utilizados para obtener los caudales medios mensuales de una serie menor o secundaria, a partir de una serie hidrológica principal.

2. *Definiciones*

Para una mejor ilustración del método a utilizar, considérese la figura 1.

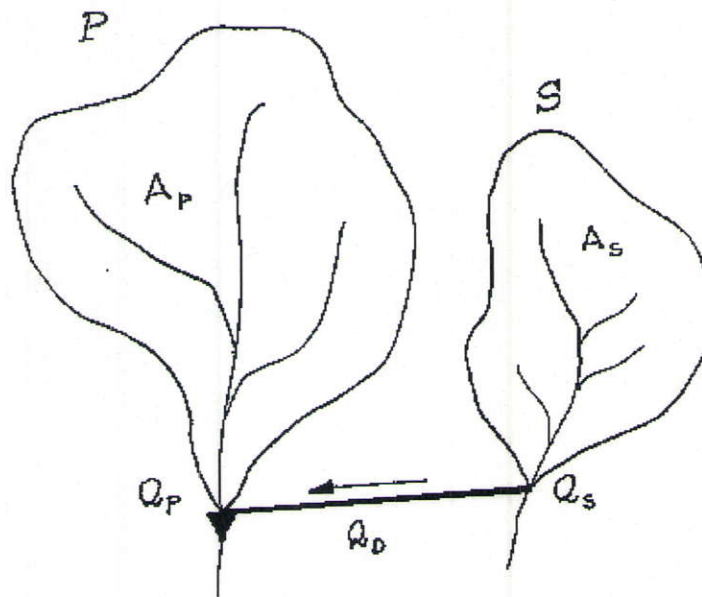


Figura 1. Esquema General de las Cuencas Principal y Secundaria.

El esquema presentado en la figura anterior muestra dos cuencas hidrográficas cuyo caudal es utilizado para la generación de energía eléctrica. P representa la cuenca principal, a la salida de la cual se encuentra un embalse de regulación, y S la cuenca secundaria (o menor); A es el área de drenaje, Q el caudal y los subíndices " p " y " s " indican el tipo de cuenca a la cual se refieren. En esta misma figura se denota por Q_D la desviación o importación parcial o total del caudal de la cuenca secundaria hacia la cuenca principal.

Serie Hidrológica Principal (Q_p): Es la secuencia temporal de valores medios mensuales correspondientes al escurrimiento superficial de una cuenca hidrográfica cuya sección de cierre o salida es un embalse de almacenamiento o una bocatoma. La

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

información correspondiente a estas series es recolectada por un agente y reportada diariamente al Centro nacional de Despacho (CND) dando cumplimiento a lo establecido en el Código de Redes. Esta serie se encuentra naturalizada, es decir se le han retirado las posibles influencias antrópicas.

Serie Hidrológica Menor o Secundaria (Q_s): Es la información hidrológica asociada con una cuenca hidrográfica, la cual no es medida directamente, (sino inferida a partir de la Serie Hidrológica Principal), o que no es reportada diariamente al CND.

Factor de Serie Menor (fsm_i): Es un valor numérico mensual ($i = 1, 2, \dots, 12$), por el cual hay que multiplicar el caudal medio de dicho mes de una serie principal para obtener el caudal medio para el mismo mes en la serie secundaria. Es decir,

$$Q_{s_i} = fsm_i * Q_{p_i} \quad (1)$$

Precisión: El factor de serie menor no tendrá más de dos (2) cifras decimales. En el caso de tener más de dos cifras decimales, habrá redondeo a las cifras decimales requeridas.

3. Descripción General de la Metodología

Cada agente que necesite estimar el factor de serie menor para una serie hidrológica, escogerá libremente de acuerdo con sus características particulares uno de los siguientes métodos. Dicha escogencia deberá ser informada al CNO.

3.1 Método de Analogía Hidrológica

Este método se basa en la analogía o similitud hidrológica que se puede establecer entre cuencas que comparten las mismas características fisiográficas, de cobertura y uso de suelos y de elementos formadores del clima.

Se asume como pilar fundamental de este método, que dos cuencas similares desde el punto de vista hidrológico, sometidas a la misma interacción de los procesos desencadenantes de la escorrentía, tiene el mismo coeficiente de escorrentía o rendimiento hídrico (y), expresado en $lts/(seg*km^2)$, el cual se define como:

$$y = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Para cada una de las cuencas se tiene:

$$y_p = \frac{Q_p}{A_p} \quad y_s = \frac{Q_s}{A_s} \quad (3)$$

Dado que el rendimiento es el mismo para ambas cuencas:

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

$$y_p = y_s \Rightarrow \frac{Q_p}{A_p} = \frac{Q_s}{A_s} \quad (4)$$

por lo que,

$$Q_s = \frac{Q_p * A_s}{A_p} \quad (5)$$

No es difícil ver la similitud entre (5) y (1), ya que la relación de áreas de drenaje de las dos cuencas es el mismo factor de serie menor, es decir si

$$fsm = \frac{A_s}{A_p} \quad (6)$$

entonces se tiene finalmente para cada mes, que

$$Q_{s_i} = fsm_i * Q_{p_i} \quad (7)$$

De las fórmulas (6) y (7) se puede concluir que para obtener el valor del caudal mensual de una serie secundaria, se necesita tan sólo multiplicar el valor del caudal para la serie principal, por la relación entre el área de drenaje de la cuenca secundaria y el área de drenaje de la cuenca principal, es decir, por un valor que es constante.

3.2 Método de Relación de Promedios

Este método es en cierta forma similar al expuesto en 3.1. Se diferencia del anterior en que se asume que la relación entre el caudal mensual y su respectiva media mensual es igual para ambas cuencas simultáneamente. Es decir,

$$\frac{Q_{s_i}}{\overline{Q}_{s_i}} = \frac{Q_{p_i}}{\overline{Q}_{p_i}} \quad (8)$$

Donde:

Q_{s_i} : Caudal para el mes i en la cuenca secundaria.

$\overline{Q}_{s_i}$: Caudal medio del mes i en la cuenca secundaria.

Q_{p_i} : Caudal para el mes i en la cuenca principal.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

$\overline{Q}_{p_i}$: Caudal medio del mes i en la cuenca principal.

Despejando (8) se obtiene:

$$Q_{s_i} = \frac{Q_{p_i} * \overline{Q}_{s_i}}{\overline{Q}_{p_i}} \quad (9)$$

Como puede verse, el factor de serie menor para este procedimiento equivale a la relación entre caudales medios mensuales de la cuenca principal y la secundaria.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 13

VOLUMEN ÚTIL

1. *Definición*

Volumen Útil: Corresponde a la diferencia entre el volumen máximo técnico y el volumen mínimo técnico. Es el volumen de agua almacenada en cada embalse que efectivamente puede ser utilizada.

2. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

Con base en el volumen máximo técnico y el volumen mínimo técnico se determina el volumen útil de acuerdo con la definición.

3. *Frecuencia de actualización*

Cada vez que se efectúe una nueva batimetría y se reporte una nueva curva de volumen en función de la cota para el embalse, se debe calcular este parámetro.

VOLUMEN ÚTIL DIARIO

El volumen útil diario definido como el volumen almacenado por encima del Nivel Mínimo Técnico será el valor que reportará diariamente los agentes propietarios de embalses o usuarios de embalses empleados en el planeamiento del sector eléctrico colombiano.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Anexo 14

VOLUMEN MUERTO

1. *Definiciones*

Volumen Muerto del embalse. Volumen de agua almacenado por debajo del nivel mínimo físico.

Nivel Mínimo Físico. Es la elevación de la superficie del agua que corresponde a la cota inferior de la estructura de captación o bocatoma.

2. *Metodología – Procedimiento de cálculo*

El nivel mínimo físico se determina directamente en los planos disponibles de la captación de los embalses. Con base en este nivel se calcula el volumen asociado y se determina el volumen muerto de acuerdo con la definición.

Para el caso de plantas nuevas, los valores iniciales serán los obtenidos de las memorias de diseño y serán informados cuando se declaren los parámetros.

3. *Frecuencia de actualización*

Cada vez que se efectúe una nueva batimetría y se reporte una nueva curva de volumen en función de la cota para el embalse, se debe calcular este parámetro.