

## VARIACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA EN FUNCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO PARA LA CUENCA DEL RÍO MAYO

Juan Fco. Gómez Martínez, Juan Antonio López Orozco y José Alfredo González Verdugo

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

E-mail: juanfco@tlaloc.imta.mx, juan\_lopez@tlaloc.imta.mx, jagonzal@tlaloc.imta.mx

### Introducción

El diseño hidrológico de las diferentes obras hidráulicas consiste en la determinación de las avenidas de diseño, las cuales, dependiendo de la información disponible, generalmente siguen dos criterios. En el caso de que se cuente con registros de los escurrimientos lo más conveniente es mediante un análisis estadístico-probabilístico mejor conocido como análisis de frecuencias de gastos máximos ya sea univariado o bivariado. Cuando en la cuenca no se dispone de información de escurrimientos, el camino a seguir es mediante la modelación del proceso lluvia-escurrimiento. En el primero de los casos las ávidas obtenidas se refiere a periodos de retorno asignados a gastos, mientras que en el segundo caso las avenidas de diseño obtenidas corresponden a periodos de retorno, pero de precipitación.

En este artículo se realizó una comparación de la magnitud de las avenidas obtenidas con ambos criterios en la cuenca del Río Mayo hasta la Estación hidrométrica (EH) San Bernardo, además, se determinó la variación del número de curva para que las magnitudes de las avenidas sean iguales por ambos criterios.

### Metodología

La cuenca analizada en el presente estudio se ubica al Sur de estado de Sonora, México, específicamente en el municipio de Pilares. A 1.4 kilómetros aguas arriba de la EH se ubica La presa Bicentenario (o Pilares), la cual aún continúa en construcción.

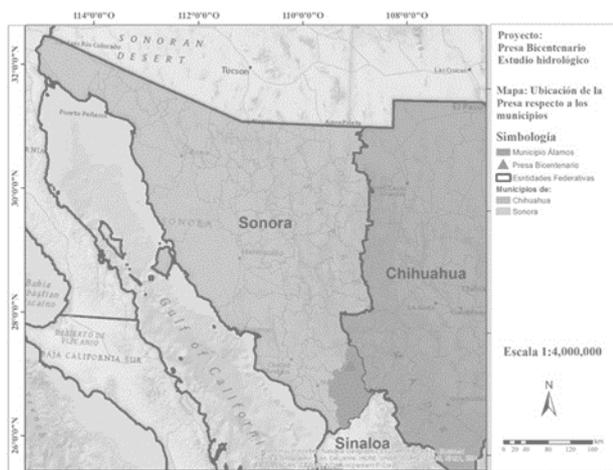


Figura 1. Ubicación de la presa Bicentenario.

Para el criterio 1, el cual se refiere al análisis estadístico y probabilístico de los escurrimientos registrados en la EH San Bernardo primeramente se recopiló la información de los gastos máximos anuales, posteriormente se llevó a cabo un análisis de frecuencias univariado utilizando 9 funciones de distribución de probabilidad (fdp), seleccionando las avenidas obtenidas con la fdp con menor error de ajuste (IMTA, 2011).

En el segundo criterio, el cual consiste en la modelación del proceso lluvia escurrimiento en la cuenca de aportación hasta la

EH. El área de aportación de la cuenca es 7,591.912 km<sup>2</sup>, la cual es muy grande fue necesario dividirla en 21 subcuencas obteniendo para cada una las siguientes características: Área, cauce principal (longitud y pendiente), tiempo de concentración y número de escurrimiento.

El cálculo de la precipitación media en cada subcuenca se realizó a través del método de los polígonos de Thiessen, previamente calculando, mediante un análisis de frecuencias en 11 estaciones climatológicas, la precipitación máxima en 24 horas para los periodos de retorno analizados. La distribución temporal de la precipitación se realizó mediante la obtención de tormentas representativas en 5 Estaciones Meteorológicas Automáticas, las cuales cuentan con registros de precipitación a cada 10 minutos.

La modelación del proceso lluvia-escurrimiento se realizó mediante el software HEC-HMS Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de América. Los métodos hidrológicos utilizados corresponden a cuencas no aforadas y son (Aparicio, 1997): Para el cálculo de la precipitación efectiva (o en exceso) el método de los números de curva o de escurrimiento; para la transformación de la precipitación efectiva en hidrograma se utilizó el hidrograma unitario desarrollado por el SCS; el tránsito de las avenidas por los cauces se realizó con el método de Muskingum.

En la modelación del proceso lluvia-escurrimiento se analizaron dos escenarios:

- Se realizó una calibración, la cual consistió en calcular los valores de los números de curva de tal forma que el gasto máximo calculado para el periodo de retorno de 50 años sea el mismo que el obtenido en el criterio 1. Calculado los números de curva se determinaron los gastos máximos para el resto de los periodos de retorno.
- Se calcularon los números de curva de tal manera que los gastos máximos para los periodos de retorno calculados con el proceso lluvia- escurrimiento sean similares a los obtenidos con el criterio 1.

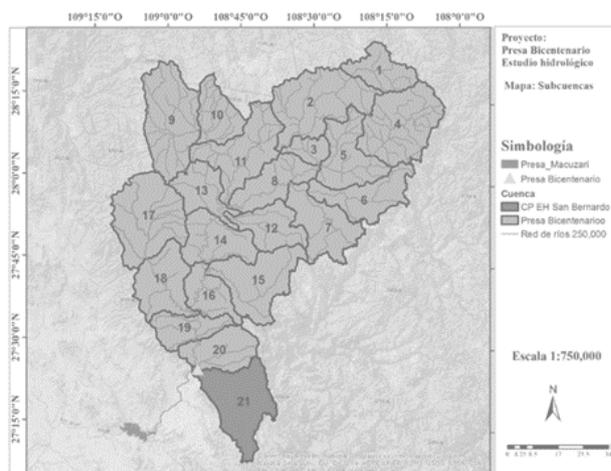


Figura 2.- Cuenca de análisis y subcuencas.

**Resultados**

**Resultados del análisis de gastos máximos anuales registrados en la Estación hidrométrica (criterio 1)**

Al realizar el análisis de frecuencias de gastos máximos de los registros de la EH (criterio 1), se calcularon los gastos máximos anuales para los periodos de retorno de 2 a 10,000 años. La fdp que mejor se ajustó a los registros de los gastos máximos fue la Gumbel Doble, siendo el gasto máximo para el periodo de retorno de 10,000 años de 7,501.536 m<sup>3</sup>/s, en la tabla 1 se presentan los resultados para el resto de los periodos de retorno.

**Resultados de la modelación del proceso lluvia-escorrentamiento (criterio 2)**

Se construyó un modelo lluvia-escorrentamiento en el software HEC-HMS (figura 3) y se calibró la avenida para el periodo de retorno de 50 años, con lo cual se obtuvieron los valores del número de curva necesarios para que el gasto calculado con el modelo lluvia-escorrentamiento sea similar al calculado con el criterio 1 (4,115.005 m<sup>3</sup>/s) los cuales resultaron mayores en un 21.9% que los calculados antes de la calibración.

Con los valores de los números de escorrentamiento (N) obtenidos en la calibración se calcularon los gastos (con el modelo lluvia-escorrentamiento) para el resto de los periodos de retorno, en general los resultados obtenidos arrojan valores mayores a gastos máximos obtenidos mediante el análisis de frecuencias de gastos máximos anuales registrados (criterio 1). En la tabla 1 se presentan los resultados.

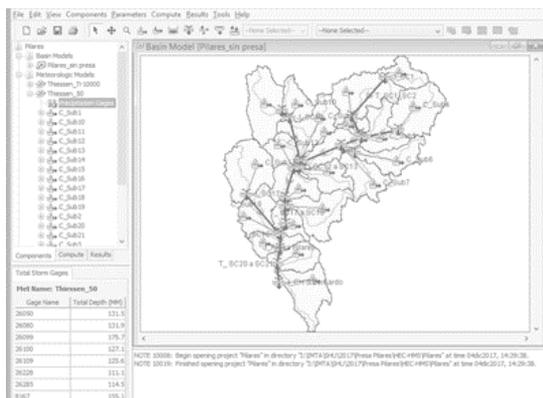


Figura 3.- Modelo lluvia-escorrentamiento en HEC-HMS.

Para el caso de periodo de retorno de 10,000 años, que es para el cual se debe diseñar las obras de excedencias de las presas en México, el gasto calculado con el modelo lluvia-escorrentamiento es mayor en un 26.8% al calculado con el criterio 1 (figura 4).

Para los periodos de retorno de 10 a 200 años los resultados del modelo lluvia escorrentamiento se ajustan relativamente bien a los obtenidos con el análisis de frecuencias de gastos máximos, ya que la diferencia de gastos es menor al 10% (figura 4).

Tabla 1.- Resultados de los gastos (m<sup>3</sup>/s) para ambos criterios.

Periodo de retorno (años)	Criterio 1	Criterio 2
2	905.119	1,440.768
5	1,851.922	2,151.867
10	2,905.085	2,683.022
20	3,474.473	3,289.069
<b>50</b>	<b>4,115.005</b>	<b>4,115.689</b>
100	4,571.747	4,774.142
200	5,018.978	5,449.183
500	5,603.735	6,355.294
1,000	6,043.819	7,080.586

Periodo de retorno (años)	Criterio 1	Criterio 2
2,000	6,483.043	7,802.513
5,000	7,063.170	8,771.983
10,000	7,501.536	9,511.216



Figura 4.- Variación del gasto calculado con el criterio 2 respecto a los obtenidos con el criterio 1.

Se realizó la modelación del proceso lluvia-escorrentamiento para el segundo escenario, el cual consistió en calcular los números de curva para todos los periodos de retorno de tal forma que los gastos obtenidos sean similares a los calculados con el criterio 1. En otras palabras, se realizó una calibración para cada periodo de retorno.

En la figura 5 se presenta el valor del porcentaje que se deben incrementar o disminuir los números de curva respecto a los valores calculados a partir de la cobertura vegetal y tipo de suelo y de los valores de los números de acuerdo con las referencias bibliográficas, los cuales corresponden a valores con contenido medio de humedad en la cuenca.

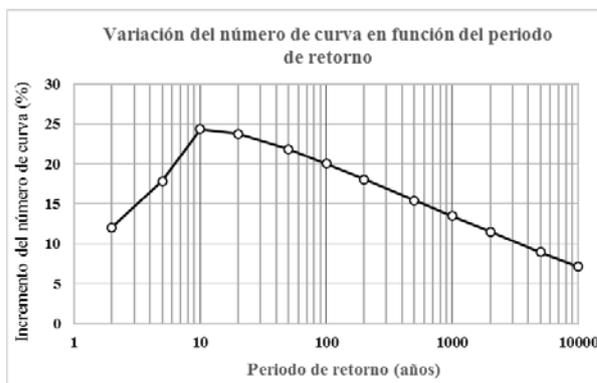


Figura 5.- Porcentaje de incremento de los números de curva respecto a los valores calculados inicialmente.

De figura anterior se concluye que los valores de los números de curva resultantes son mayores a los calculados para condiciones medias de humedad de acuerdo con las referencias bibliográficas. Además, se concluye que para periodos de retorno mayores a 10 años el número de curva va disminuyendo conforme aumenta el periodo de retorno.

**Referencias bibliográficas**

Aparicio, M. F. J. (1997). *Fundamentos de hidrología de superficie*, Editorial Limusa, México. ISBN: 968-18-3014-8

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. IMTA (2011). *Manual de Análisis de Frecuencias en Hidrología*. Primera edición. ISBN: 978-607-7563-30-3