

# HIDROGRAMAS DE DISEÑO OBTENIDO CON ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS Y DE PRECIPITACIONES EN CUENCAS DE MÉXICO

Adam Hernández Hernández, Maritza L. Arganis Juárez, Ramón Domínguez Mora,  
Eliseo Carrizosa Elizondo e Ivonne Pavón Ibarra

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

E-mail: AHernandezHe@iingen.unam.mx, MArganisJ@iingen.unam.mx, RDominguezM@iingen.unam.mx,  
ECarrizosaE@iingen.unam.mx, IPavonI@iingen.unam.mx

## Introducción

El objetivo principal de este estudio es la determinación de los hidrogramas de diseño para los periodos de retorno de 10, 20, 50 y 100 años, calculado con el análisis de gastos mediante el Método del Instituto de Ingeniería comparando este con el obtenido utilizando datos de precipitación y un modelo concentrado lluvia escurrimiento, para cinco cuencas distribuidas en México-

La información de los registros de gastos los proporciona el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales BANDAS de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y los datos de precipitación se obtienen del Servicio Meteorológico Nacional también a cargo de la CONAGUA.

Las estaciones hidrométricas seleccionadas para la realización de este estudio se presentan en la Tabla 1 y en la Figura 1 se muestra su ubicación en la República Mexicana.

Tabla 1.- Hidrométricas seleccionadas

| Clave | Nombre de la estación hidrométrica | Cuenca          | Estado           |
|-------|------------------------------------|-----------------|------------------|
| 11027 | El Saltito                         | Río Mezquital   | Durango          |
| 20016 | Quetzala                           | Río Ometepe     | Guerrero         |
| 24275 | El Moral (Paso de las Mulas)       | Río Bravo       | Coahuila         |
| 26057 | Totolica                           | Lago de Texcoco | Estado de México |
| 28015 | Cuatotolapan                       | Río Papaloapan  | Veracruz         |

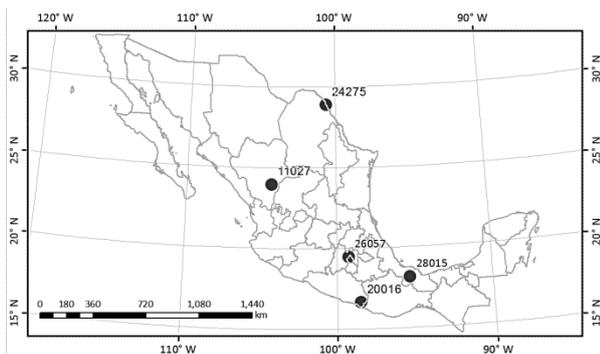


Figura 1.- Ubicación de las Hidrométricas en la República Mexicana.

## Metodología

### Análisis de escurrimientos

El método del Instituto de Ingeniería estima la forma de la avenida de diseño mediante el análisis de los gastos medios diarios en los años de registros de la estación hidrométrica correspondiente; de la cual se calcula el gasto medio máximo anual para cada año de registro, para duraciones de 1 día, 2 días, hasta "n" días y se realiza un análisis de frecuencia para obtener los valores de diseño (Ramírez, 2011).

Con los valores extrapolados a los periodos de retorno deseados, se procede a la construcción del hidrograma, que se determina

en forma regresiva con los gastos diarios a partir del concepto de gasto medio.

Para dar la forma al hidrograma de la avenida se utiliza el método de alternar bloques, el cual consiste en colocar el valor máximo obtenido en el centro del hidrograma e ir alternando los demás valores adelante y atrás del primer valor como se muestra en la siguiente Figura 2.

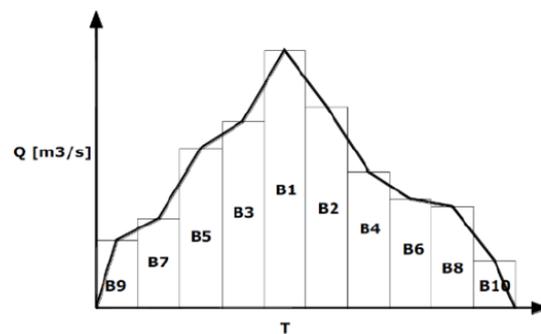


Figura 2.- Método de alternar bloques.

Para darle forma al gasto pico de la avenida de diseño se realizó el análisis estadístico de los gastos máximos instantáneos mediante un análisis de frecuencias. Con los gastos extrapolados a cada periodo de retorno se recalculan las ordenadas del centro del hidrograma, de manera que se conserve el volumen tomando en cuenta el gasto pico de los gastos instantáneos.

### Análisis de precipitaciones

Para el análisis de precipitación se seleccionaron las estaciones climatológicas que se ubican dentro de las cuencas de las estaciones hidrométricas con datos de registro igual o mayor a 20 años.

Se obtuvo una precipitación media para cada cuenca aplicando el método de los polígonos de Thiessen a los registros máximos de cada estación y mediante los factores de conectividad **R** (Baeza, 2007) y relaciones **K** (Domínguez, 2017) obtenemos hietogramas de diseño a cada hora de duración.

Para la obtención de la relación lluvia escurrimiento se utilizó el software libre HEC-HMS; el cual requiere los datos de la cuenca y el hietograma de precipitación, entregando como resultados el hidrograma.

Del hidrograma unitario sintético de forma triangular (HUT) desarrollado por Mokus, podemos calcular el gasto pico mediante la geometría de la misma, como se muestra en la Figura 3; del análisis de varios hidrogramas se propone que el tiempo base se obtiene mediante la siguiente relación con el tiempo pico (Aparicio, 2013):

$$t_b = 2.67 t_p \quad [1]$$

$$q = \frac{0.555 A}{t_b} \quad [2]$$

Donde

- A Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>
- q Gasto unitario, m<sup>3</sup>/s/mm
- t<sub>b</sub> Tiempo base, en horas
- t<sub>p</sub> Tiempo pico, en horas

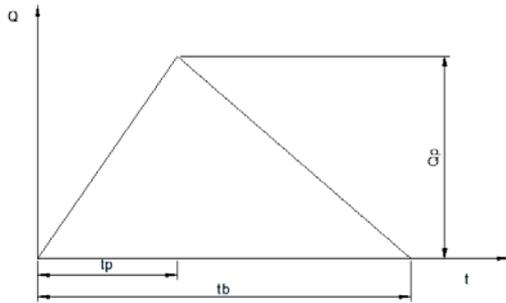


Figura 3.- Hidrograma Unitario de forma triangular.

De los hidrogramas de diseño, se multiplica la precipitación efectiva de cada barra por el hidrograma unitario y se obtiene el hidrograma de diseño correspondiente para cada cuenca.

Finalmente, se comparan los valores de gasto pico de los hidrogramas obtenidos para cada cuenca de estudio.

### Aplicación y resultados

Se presentan los hidrogramas obtenidos con los distintos métodos para la estación Quetzala de la Figura 4 a la Figura 7 para el mismo periodo de retorno de 50 años, en la Tabla 2 se concentran los resultados obtenidos de gasto pico.

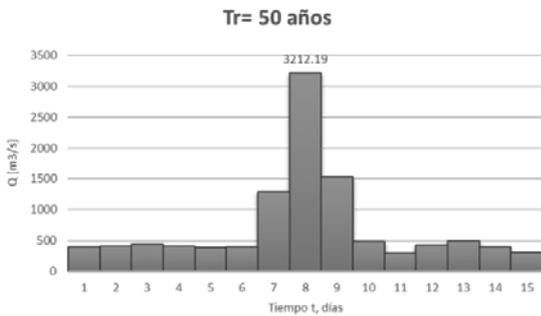


Figura 4.- Hidrograma de diseño Tr 50 años, obtenido de gastos medios diarios, Método del Instituto de Ingeniería UNAM.

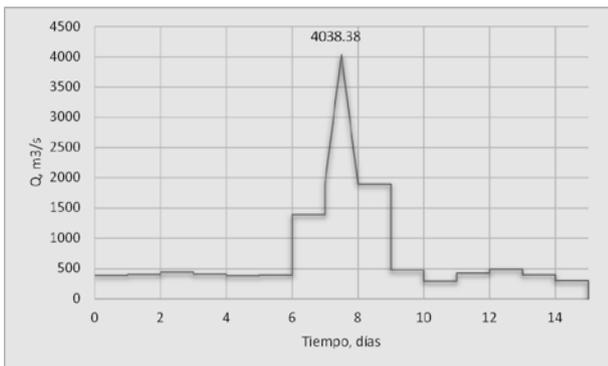


Figura 5.- Hidrograma contemplando gastos instantáneos conservando volumen de escurrimiento, Tr 50 años.

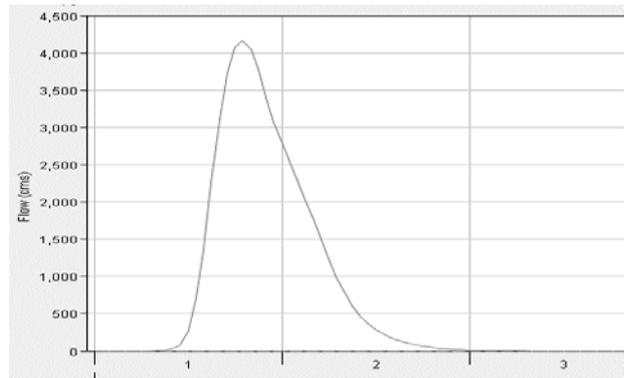


Figura 6.- Hidrograma obtenido de HEC-HMS, Tr 50 años.



Figura 7.- Hidrograma resultante por Hidrograma Unitario Triangular, Tr 50 años.

Tabla 2.- Resumen de gastos picos por los métodos para la estación Quetzala.

| QUETZALA  |  |  |                             |                         |
|-----------|--|--|-----------------------------|-------------------------|
| Tr [años] | Método del Instituto [m <sup>3</sup> /s] | Máximos instantáneos [m <sup>3</sup> /s] | HEC-HMS [m <sup>3</sup> /s] | HUT [m <sup>3</sup> /s] |
| 10        | 1,176.65                                 | 1,945.77                                 | 2,894.70                    | 2,075.19                |
| 20        | 2,538.39                                 | 3,829.37                                 | 3,415.30                    | 2,466.76                |
| 50        | 3,212.19                                 | 4,038.38                                 | 4,157.10                    | 3,050.64                |
| 100       | 3,633.77                                 | 4,162.74                                 | 4,750.60                    | 3,618.66                |

### Conclusiones

De los hidrogramas que resultaron para la estación Quetzala se observa pequeñas variaciones en el gasto pico, esto debido principalmente a las características fisiológicas de la cuenca y a las aproximaciones en la obtención de la lluvia efectiva en la relación lluvia-escurrimiento. El método del Instituto de Ingeniería presenta los valores de gastos medidos en el sitio, por lo que obtenemos valores más reales que podrían presentarse.

### Referencias

Aparicio, M. F. (2013). "Fundamentos de Hidrología de Superficie". México.

Baeza, R. C. (2007). "Estimación regional de Factores de conectividad para el Cálculo de las Relaciones Intensidad - Duración - Frecuencia". México: Tesis de Maestría, UNAM.

Ramírez, L. (2011). "Actualización de las avenidas de diseño de las presas del río Grijalva". Tesis de licenciatura. UNAM.

Domínguez, M. R., Lozoya J., Arganis, J.M.L., Hincapié, L.C. (2016). "Manual de Diseño de Obras Civiles. Capítulo A.1.7 Precipitación." Comisión Federal de Electricidad, Ciudad de México, México. (En revisión final).