

APROXIMACIÓN DEL TIEMPO BASE DE AVENIDAS MÁXIMAS ANUALES DE HIDROMÉTRICAS DE UNA REGIÓN HIDROLÓGICA A PARTIR DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y DEL ÁREA DE LA CUENCA

Brenda Rodríguez Hidalgo^{1, 2}, Maritza Liliana Arganis Juárez^{1, 2}, Ramón Domínguez Mora¹,
Eliseo Carrizosa Elizondo¹ y Gabriela Esquivel Garduño¹

¹Instituto de Ingeniería, ²Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, México, Edificio 17 cub. 317 tel 56 23 36 00
E-mail: brodriguez@iingen.unam.mx, marganisj@iingen.unam.mx, rdominguezm@iingen.unam.mx, ecae@iingen.unam.mx, gesquivel@iingen.unam.mx

Introducción

Conocer el tiempo base de una avenida de diseño es importante porque este parámetro permite conocer el inicio y término del escurrimiento directo provocado por una tormenta y, ayuda a la separación del gasto base; con este resultado se pueden obtener las pérdidas, las cuales resultan de utilidad para estimar el volumen de escurrimiento directo ante un evento de precipitación. Además el conocimiento del tiempo base también es auxiliar en métodos para construir o darle forma al hidrograma de diseño de una obra hidráulica. Sin embargo, es difícil determinar el tiempo base porque se consideran situaciones subjetivas al momento de definir la curva de recesión del escurrimiento directo.

Este trabajo tiene como principal objetivo obtener ecuaciones para el cálculo del tiempo base a partir de variables de sencilla medición de distintas estaciones hidrométricas de la Región Hidrológica número 10 de México, obteniendo la correlación entre el tiempo base y otras características fisiográficas de las cuencas aforadas por dichas estaciones.

Metodología

Se recopilaron los datos de gastos medios diarios máximos anuales (DD) de 18 estaciones hidrométricas de la Región Hidrológica N° 10 de México (Figura 1) de la base de datos del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para analizar cada estación y separar el gasto base.

Considerando que en el estudio de regionalización de Domínguez et al., 2017 la estación 10100 Urique II (con coeficiente de variación CV más bajo de 0.4748), que tiene un comportamiento muy uniforme (posible regulación), se optó por eliminarla del análisis, además de la estación 10120 Guasave Puente Carretera, que no pasó la prueba de homogeneidad, se trabajó con un total de 16 estaciones hidrométricas.

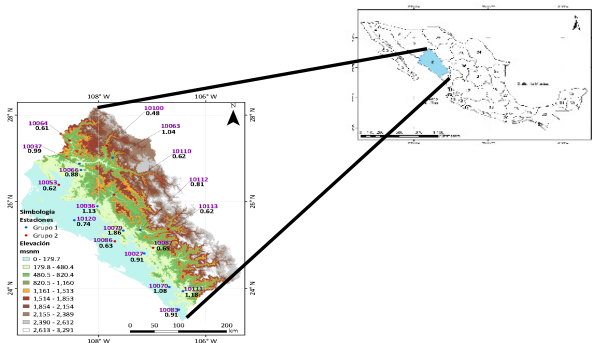


Figura 1.- Ubicación de las estaciones hidrométricas en la Región Hidrológica 10.

Se obtuvo el hidrograma para cada gasto máximo anual reportado en la base de datos del BANDAS, teniendo la forma del hidrograma se realizó la separación de gastos utilizando dos

métodos, el método de la línea recta horizontal y el método de la constante. Con la separación de gastos se obtuvo el tiempo base para cada año de la estación hidrométrica utilizando el método de la constante, ya que este método proporciona mejores resultados, y posteriormente, con todos los datos de tiempo base anuales se obtuvo un promedio para cada estación hidrométrica.

Tabla 1.- Tiempo base promedio de las estaciones hidrométricas.

Estación	Tb [d]	Tc [h]
BADIRAGUATO	8.2439	13.0887
PIAXTLA	8.7308	26.0511
JAINA	12.5469	59.2536
ACATITAN	10.3400	21.3032
BATOPILAS	11.0345	14.8594
HUITES	13.2549	60.8492
EL BLEDAL	9.8814	12.5135
EL QUELITE	7.6216	18.4606
CHOIX	11.2653	15.4607
GUATENIPA II	9.2381	29.9314
TAMAZULA	8.9231	14.0565
PERICOS	7.1875	8.9108
LA HUERTA	8.3667	17.4178
TOAHAYANA	8.0323	34.0739
ALAMOS	12.8095	36.6288
CHINIPAS	12.0000	27.9486

Método Solver

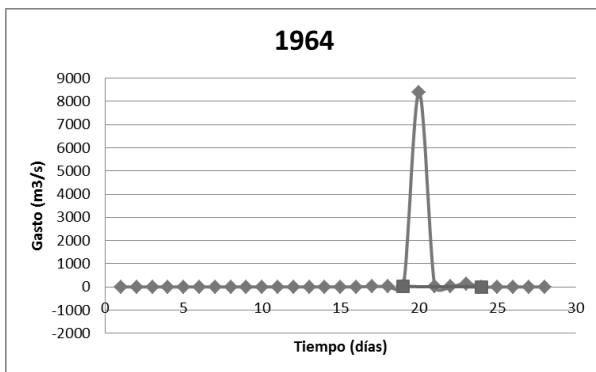
La función solver que se encuentra dentro de las funciones de Excel®, se utiliza para resolver problemas de optimización lineales o no lineales con ayuda de una función objetivo y la identificación de las restricciones del problema. Con esta herramienta se realizaron modelos del tiempo base en función del tiempo de concentración, del área y de la pendiente media del cauce con ecuaciones potenciales, lineales y de segundo grado, utilizando las 16 estaciones y separando las estaciones de acuerdo a su coeficiente de variación.

Aplicación y resultados

La separación de gastos se realizó de la misma forma para las 16 estaciones eliminando años con datos dudosos, a continuación se presenta la separación del escurrimiento directo y del escurrimiento base para la estación Chinipas con clave 10064 (Figuras 2 y 3).

Tabla 2.- Estación hidrométrica Chinipas con el método de la constante.

Día	Qt	Qt+1	Qt+1/Qt
20	8398	6.85	0.0008157
21	6.85	5.32	0.7766423
22	5.32	141	26.503759
23	141	3.66	0.0259574
24	3.66	3.52	0.9617486
25	3.52	3.24	0.9204545
26	3.24	2.97	0.9166667
27	2.97	2.83	0.952862
28	2.83	2.7	0.9540636

**Figura 3.-** Estación hidrométrica Chinipas con el método de la constante.

Debido a que el objetivo del estudio fue establecer la correlación entre el tiempo base y algunas características fisiográficas, se midió la calidad de los modelos mediante el coeficiente de determinación (R^2), para determinar cuál modelo es mejor, es aquel que tiene el coeficiente de determinación mayor. Se propuso dividir las estaciones en dos grupos dependiendo del coeficiente de variación para trabajar los grupos de forma independiente, en la tabla 4 se muestra las estaciones divididas en grupos de acuerdo con su coeficiente de variación (Domínguez et al., 2017).

Tabla 3.- Estaciones divididas en grupos por coeficiente de variación.

	CV	Clave	Estación
Grupo 1	1.582	10079	BADIRAGUATO
	1.184	10111	PIAXTLA
	1.133	10036	JAINA
	1.081	10070	ACATITAN
	1.04	10063	BATOPILAS
	0.994	10037	HUITES
	0.907	10027	EL BLEDAL
	0.906	10083	EL QUELITE
	0.882	10066	CHOIX
	0.811	10112	GUATENIPA II
Grupo 2	0.648	10087	TAMAZULA
	0.626	10086	PERICOS
	0.623	10113	LA HUERTA

0.622	10110	TOAHAYANA
0.618	10053	ALAMOS
0.613	10064	CHINIPAS

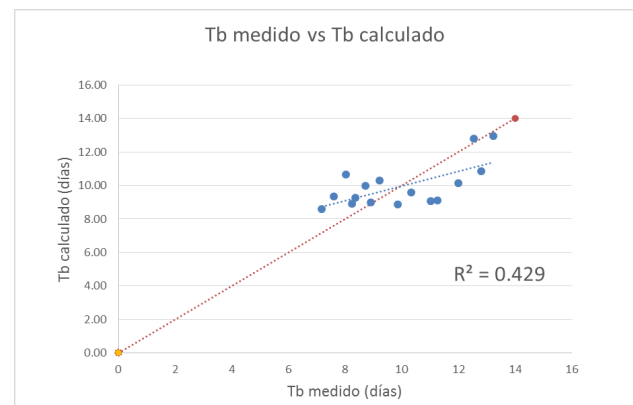
El modelo que dio mejores resultados es el modelo 1 donde el tiempo base se encuentra en función del tiempo de concentración y el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.429.

$$t_b = 6.554E^{-05}t_c^2 + 0.0792857t_c + 7.8568417 \quad [1]$$

donde:

t_b = tiempo base (días)

t_c = tiempo de concentración (horas)

**Figura 3.-** Modelo 1 tiempo de concentración.

Conclusiones

La estimación del tiempo base a partir del tiempo de concentración y de algunas características fisiográficas de la región hidrológica 10 de México resultó en modelos polinomiales o potenciales sencillos aunque con correlaciones no tan altas como se esperaba. Se sugiere probar con otras características fisiográficas que tengan incidencia en el escurrimiento directo y extender el análisis en otras regiones.

Referencias

Domínguez M. R., Arganis J.M.L., Carrizosa E. E., et al. (2017). "Estudio para regionalizar los gastos generados por avenidas máximas, como base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales en todas las cuencas de la república mexicana. Regionalización de gastos". *Informe Técnico*. CENAPRED, México.