

CARACTERIZACIÓN DE TORMENTAS MEDIANTE EMAS Y SU COMPORTAMIENTO EN UN CAUCE DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA, MORELOS

Vladimir Contreras González, José Avidán Bravo Jácome, Marco Antonio Salas Salinas y Mario López Pérez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuahuahac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México.
E-mail: ing_vladimir@hotmail.com, jose_bravo@tlaloc.imta.mx, marco_salas@tlaloc.imta.mx, mario_lopezperez@tlaloc.imta.mx

Introducción

El día 12 de julio del 2017, a las 5:30 am ocurrió un asentamiento en el kilómetro 93+800 de la autopista México - Acapulco, en la localidad de Cuernavaca, Morelos, México.

El asentamiento se generó meses después de la ampliación de la autopista, de 4 a 10 carriles. Previo al día del asentamiento se tuvieron durante siete días lluvias constantes, lo que provocó cierta saturación del suelo, permitiendo mayores escurrimientos.

El lugar del asentamiento corresponde a la salida de la barranca Santo Cristo, cuya cuenca de aportación tiene una área de 1.36 km² y su cruce pasa por debajo de la autopista, a través de una alcantarilla de concreto reforzado, construida hace aproximadamente 50 años, de una sección circular, con un diámetro de 1.52 m, pendiente de 2.16% y una longitud de 63 m.

El presente trabajo se dividió en dos objetivos: el primero muestra la caracterización de las tormentas ocurridas durante los días previos al asentamiento y su correspondiente hidrograma. En el segundo objetivo se realizó la revisión hidráulica del comportamiento de la alcantarilla, en condiciones ideales ante dicho evento y, finalmente, se propuso el dimensionamiento de la estructura para la avenida producida por una lluvia de 100 años de periodo de retorno.

Metodología

En el primer objetivo, la información utilizada corresponde a las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA's) que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene en la zona. En ellas se registró la tormenta ocurrida durante la noche del 11 y la madrugada del 12 de julio de 2017.

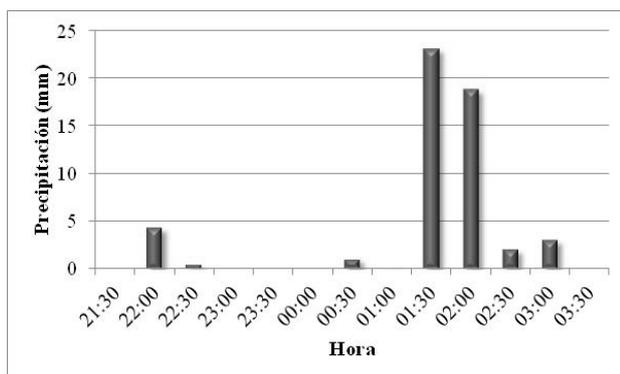


Figura 1.- Precipitación del día del evento, registrada en la estación Tetela del Monte.

Para obtener el hidrograma que pasa a través de la alcantarilla, la lluvia analizada se transformó en caudal, con ayuda de un modelo lluvia-escurrimiento. Las modelaciones hidrológicas se realizaron con el paquete HEC-HMS versión 4.2, en el que se introdujeron los datos de lluvia, tamaño de la cuenca, el número de curva N (CNA, 1987) y tiempo de concentración.

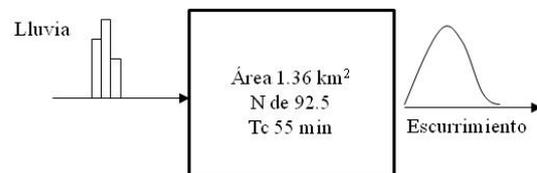


Figura 2.- Modelo lluvia – escurrimiento.

El hidrograma producto de la transformación lluvia-escurrimiento se transitó por la alcantarilla con el paquete HEC-RAS 4.1. Las dimensiones utilizadas fueron las ya comentadas. Además, se utilizó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.018, tiempo de simulación de 5.50 horas y la condición de frontera aguas abajo fue de tirante normal.

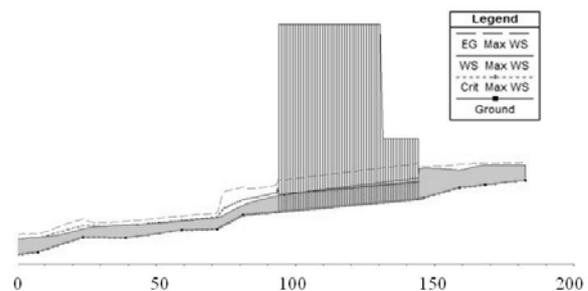


Figura 3.- Comportamiento de la alcantarilla con la lluvia del día del evento, bajo condiciones de funcionamiento ideales.

El segundo objetivo de este estudio fue establecer las dimensiones de la alcantarilla para un adecuado funcionamiento ante la presencia de un evento con probabilidad de excedencia de 100 años.

Se obtuvo el hidrograma de diseño que se presenta en la entrada de la alcantarilla para dicho evento y se propusieron diversos diámetros comerciales, para identificar cuál de ellos genera el mejor funcionamiento de la estructura en cuestión.

Se efectuó un análisis de frecuencias a la serie de lluvias máximas anuales registradas en la zona de la cuenca de aportación, con ayuda de la herramienta Análisis de Frecuencias (IMTA, 2011), la cual cuenta con las funciones de distribución de probabilidad siguientes:

- Normal
- Lognormal 2 y 3 parámetros
- Gamma de 2 y 3 parámetros
- Log Pearson III
- Gumbel
- Doble Gumbel

Además, se aplicó el factor por intervalo fijo de observación (L.Weiss, 1964), el factor de reducción de área (Campos 1998) no se aplicó por ser una cuenca de 1.36 km².

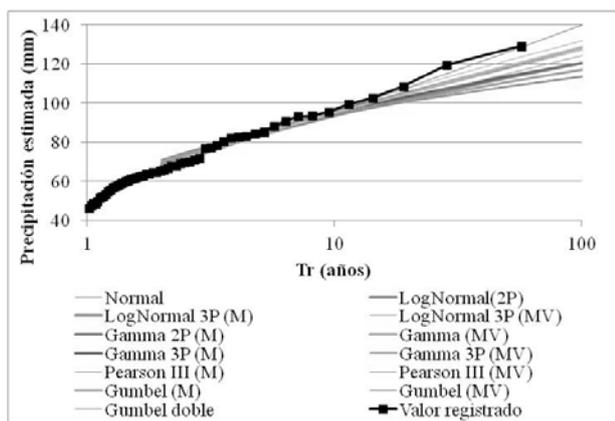


Figura 4.- Análisis de frecuencias.

Se distribuyó la lluvia acumulada en 24 horas para el periodo de retorno de 100 años, utilizando la curva masa adimensional de tormentas; es decir, con la forma característica de las tormentas de la zona.

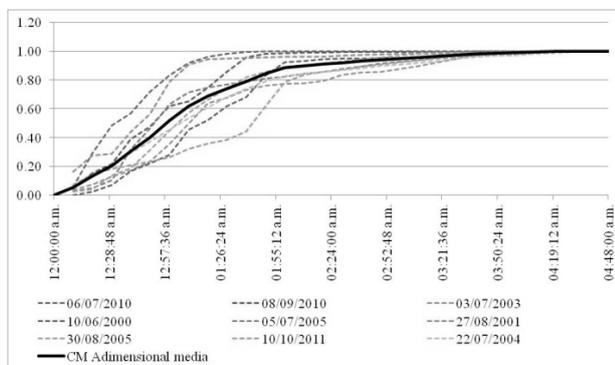


Figura 5.- Curva masa adimensional.

Esta curva nos permite obtener el hietograma adimensional para distribuir las lluvias en 24 horas para los eventos de diseño que se analicen. Estas lluvias se ingresaron al modelo lluvia-escurrimiento (Figura 2), con el cual se obtuvieron los hidrogramas de entrada a la alcantarilla.

Las características de la alcantarilla actual y la condición de frontera fueron las que se utilizaron para el análisis del evento del 11 y 12 de julio, mientras que para encontrar la estructura que presentara el mejor funcionamiento ante la ocurrencia de una avenida con un periodo de retorno de 100 años, se realizó la variación del diámetro.

Resultados

La cuenca tributaria hasta el sitio de estudio tiene un área de 1.36 km², está situada sobre suelos tipo Feozem háplico y litosoles con clase textural media. Su uso de suelo es predominantemente urbano ya que en su parte alta de la cuenca se encuentra el centro histórico de la ciudad de Cuernavaca. Considerando el tipo y uso de suelo, que incluye la corrección por lluvia antecedente, el valor estimado para el número de curva es de 92.5.

La pendiente del cauce principal se determinó con el criterio de Taylor-Schwarz (Aparicio, 1997) y el tiempo de concentración obtenido para la cuenca fue de 55 min.

La lluvia acumulada en 24 horas, generada entre el 11 y 12 de julio, día en que ocurrió el asentamiento, fue de 54.50 mm correspondiente a un periodo de retorno de 1.2 años. El registro de lluvia acumulada, junto con la distribución de tormentas de

la EMA, permitió obtener que la avenida que se presenta en la entrada de la alcantarilla, alcanza un caudal máximo de 9.10 m³/s, hora y media después de iniciadas las lluvias, y termina tres horas y media después de presentarse el caudal máximo.

El caudal que se estimó, provocó una sobre elevación del tirante, aguas arriba de la alcantarilla, de 2.59 m, por lo que la alcantarilla se encontraría presurizada, en una parte de su longitud, durante un lapso de 25 min.

Para el evento con periodo de retorno de 100 años, se obtuvo un caudal máximo de 26.90 m³/s y se encontró que con un diámetro de 3.10 m, el conducto trabaja a un 85% de su capacidad, lo cual hace que esta dimensión sea la propuesta.

Conclusiones

La lluvia acumulada a 24 horas registrada la noche del 11 y madrugada del 12 de julio de 2017 no fue atípica, ya que la lámina acumulada tiene correspondencia con un evento cuyo periodo de retorno es de 1.2 años; sin embargo, el 80% del total de la lluvia (42 mm) se precipitó en una hora, lo que da como resultado una tormenta cuya intensidad es mayor al promedio de las registradas.

De acuerdo con el análisis de tormentas efectuado en este estudio, se puede demostrar que el 90% de la lluvia diaria registrada en la zona se precipita en las primeras 2 horas y la duración total de ellas es de 4 horas.

La alcantarilla existente para el cruce de la autopista México-Acapulco en el km 93+800, no contaba con la capacidad mínima requerida para desalojar cualquier evento cuya recurrencia fuera mayor de 2 años. Toda vez que fue insuficiente para un evento con periodo de retorno de 1.2 años.

La motivación del presente trabajo fue debida al asentamiento ocurrido en dicho sitio. Se probó en condiciones ideales de flujo, es decir; con un conducto libre de obstrucciones. El día del evento la alcantarilla existente trabajó a presión durante un lapso de 25 minutos; sin embargo, por los efectos de sobre elevación observados en el sitio, mucho mayores a lo calculado, se deduce que debió haber ocurrido un taponamiento al interior de la alcantarilla, lo que conllevó a filtraciones y arrastre de finos dentro de la estructura terrestre, provocando la súbita caída del concreto hidráulico.

El dimensionamiento propuesto para el buen funcionamiento de la alcantarilla resultó ser de 3.10 m de diámetro, ideal para conducir un hidrograma con periodo de retorno de 100 años.

Si eventualmente se produjera una avenida con un periodo de retorno de 500 años, la alcantarilla de 3.10 m de diámetro trabajaría al 94 % de su capacidad.

Referencias

- Aparicio F. J. (1997).** Fundamentos de Hidrología de Superficie, Editorial Limusa, México.
- Campos, A. D. F. (1998).** Procesos del ciclo Hidrológico, Universitaria Potosina.
- CONAGUA (1987).** Instructivo de hidrología para determinar la avenida máxima ordinaria, México, D.F.
- IMTA (2011).** Manual de Análisis de Frecuencias en Hidrología. Primera edición. ISBN: 978-607-7563-30-3
- Weiss L. (1964).** Ratio of true to fixed interval maximum rainfall. J. Hydraul. Div., Am. Soc. Civ. Eng., 90, 77-82.