

Comportamiento hidráulico del tramo embovedado del arroyo "El Saucito" en la ciudad de Chihuahua

El acelerado crecimiento urbano de la ciudad de Chihuahua ha cambiado el empleo que se le daba al suelo, el cual era destinado originalmente a uso agrícola y ganadero, modificando su coeficiente de escurrimiento, incrementando su valor. Aunado a lo anterior el deficiente drenaje pluvial ocasiona inundaciones que ponen en riesgo vidas humanas.

El arroyo "El Saucito", con más del 90% de su cuenca urbanizada, se origina en el cerro "La Carnicería" y mantiene un recorrido de oeste a este atravesando las colonias Májala, Churubusco, Fraccionamiento Lourdes, Roma V, Karike, Vallarta, Infonavit Nacional, Lomas Karike, Lagos y Diego Lucero, para finalmente descargar en el arroyo "El Mimbres" y este, a su vez, en el río Sacramento por su margen derecha. En su trayectoria cruza sectores importantes de la ciudad, como el Periférico de la Juventud y las avenidas Juan Escutia, Vallarta, Tecnológico, Zaragoza y de las Industrias, logrando una superficie de 8.1298 km² hasta el punto de descarga.

En aguas arriba de la avenida Juan Escutia no existen conductos adecuados para desalojar los escurrimientos pluviales de esta cuenca, los cuales se acumulan y transitan por las calles y avenidas, causando inundaciones, caos vial y accidentes (Figura 1).



Figura 1. Escurrimiento superficial en la avenida Juan Escutia y calle Manuel González Cossío

La canalización del arroyo "El Saucito" no se encuentra terminada en su totalidad, ya que en algunos tramos el escurrimiento se presenta directamente en las calles. Nuestra zona de estudio se localiza en la intersección de las calles Miguel Barragán y Zaragoza, es ahí donde se presenta el cambio brusco de dirección en un canal rectangular embovedado con un ángulo de prácticamente 90° (Figura 2).



Figura 2. Localización del tramo en estudio

Con el fin de establecer los coeficientes de escurrimiento se analizaron los diferentes usos de suelo que existen en la cuenca del arroyo de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano (PDU) 2040 del Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), localizándose los siguientes (Figura 3): uso habitacional con H35 (26-35 viv/ha), H45 (36-45 viv/ha) y H60 (46-60 viv/ha), lo cual clasifica a la zona como de media a alta densidad habitacional; usos comerciales y de servicios, donde se ubican una serie de corredores urbanos de comercio y servicios asociados con vialidades primarias y algunas secundarias; uso industrial: como la zona fabril generada a lo largo de las vías de ferrocarril en el eje vial de la avenida de las Industrias, Heróico Colegio Militar y Tecnológico, así como el Parque Industrial El Saucito, asentado en la intersección del Periférico de la Juventud y la avenida Juan Escutia; usos públicos y semipúblicos, como el del panteón La Colina ubicado en la avenida 16 de Septiembre en la colonia Tierra y Libertad, el antiguo panteón Nombre de Dios ubicado en avenida Juan Escutia y Tecnológico y otros elementos concentradores de población, como templos religiosos, auditorios y gimnasios.

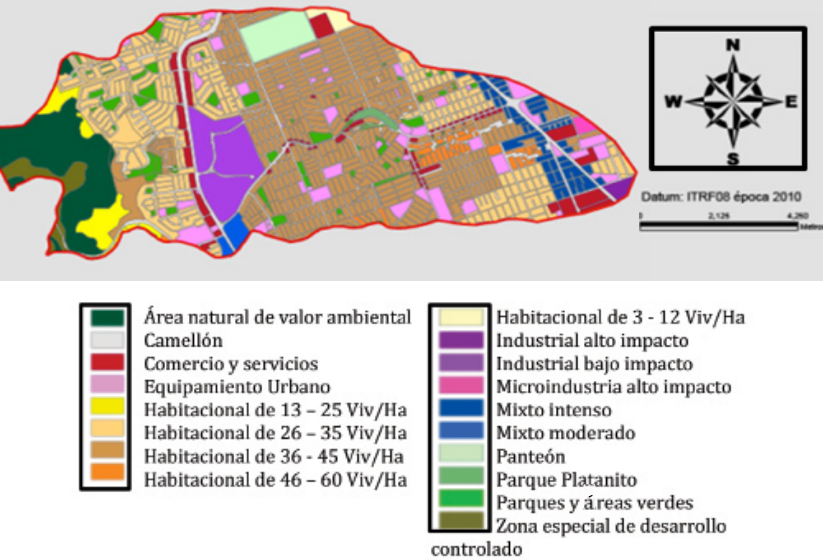


Figura 5. Tramo embovedado antiguo, con azolve

Los coeficiente de escurrimiento estimados de acuerdo a las condiciones usos de suelo fueron: $C = 0.7336$ y $C = 84.6015$.

El caudal que escurre hasta el punto de análisis para el periodo de retorno de 500 años se estimó mediante diferentes modelos, la validación de los gastos obtenidos se realizó por medio del software HEC-HMS 4.0 y la simulación numérica del funcionamiento hidráulico del arroyo en el tramo embovedado analizado se efectuó con los programas de cómputo HEC-RAS 4.1.0 y FLOW-3D.

Resumiendo los valores obtenidos de los diferentes modelos aplicados se obtuvo lo siguiente:

Caudal (m ³ /s)	Tr 500 años
Racional	124.12
Hidrograma Unitario Triangular	114.60
Método de Chow	86.45
HEC-HMS	128.90
Gasto empleado en el análisis hidráulico	108.39 m ³ /s

El canal tiene dos tramos embovedados construidos en épocas distintas (Figura 4), los dos canales inician en la esquina que forma la calle Miguel Barragán con la avenida Zaragoza y terminan 300 m aguas arriba de la confluencia con el arroyo "El Mimbres". El tramo más reciente fue construido por la Dirección de Obras Públicas Municipales en la administración 2004 - 2007, mientras que el antiguo no cuenta con fecha exacta de construcción, además de presentar condiciones críticas de azolve (Figura 5).



Figura 4. Ubicación del tramo antiguo (color rojo) y nuevo (verde) del arroyo El Saucito

Modelación matemática de la curva con Flow-3D

El modelado matemático del arco se realizó mediante el uso del software FLOW-3D, el cual resuelve numéricamente por diferencias finitas las ecuaciones de Navier-Stokes y de continuidad. Para modelar la geometría del canal se optó por una malla ortogonal con celdas cuadradas de 0.35 m, siendo el objetivo de las simulaciones el estudiar el estado permanente del flujo. Como consecuencia, es necesario descartar el tiempo de simulación del fenómeno inestable, que resulta partir de una condición inicial estática, para así poder alcanzar un estado de régimen permanente del escurrimiento. Como criterio para detener la simulación se sigue durante la corrida la evolución de la energía cinética media del flujo hasta que las variaciones a lo largo del tiempo comienzan a disminuir.

Interpretación del resultado de la modelación

La presencia de curvas o codos en el alineamiento es inevitable en el diseño de canales, esto se complica cuando las curvas son cerradas. Con frecuencia, surgen dificultades en el proyecto debido a la complejidad del flujo a lo largo de una trayectoria curva, donde las líneas de corriente no sólo son curvilíneas sino que también se entrecruzan, generando corrientes espirales y ondas cruzadas. Aunado a eso, la fuerza centrífuga que actúa sobre el flujo en el estrado de la curva produce una sobre elevación, mientras que en su parte interna disminuye la profundidad. Del mismo modo, la distribución de velocidades en las secciones del canal en la curva es irregular y los coeficientes (*Coriolis*) y (*Boussinesq*) a menudo son bastante mayores que la unidad.

Conclusión

El problema de inundación en la cuenca del arroyo "El Saucito" es producto de un sistema pluvial insuficiente y una falta de mantenimiento del mismo, debido a que dicha infraestructura fue construida para condiciones de urbanización que han cambiado a través del tiempo. La insuficiencia y el mal diseño del sistema ponen en riesgo la vida y el patrimonio de los habitantes, por lo que se deben buscar soluciones alternas que minimicen los efectos de eventos de precipitaciones extraordinarias.