

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO MEDIANTE EL USO DEL MODELO SWMM 5.0

ORÉ HUGO
PEDRIQUE JONATHAN
VENEZIA ANTONINO

RESUMEN

En el diseño de un sistema de drenaje urbano usualmente se emplean metodologías que sólo permiten conocer el comportamiento estático de los elementos hidráulicos que lo componen. Sin embargo el uso de herramientas informáticas permite conocer la respuesta dinámica de todos los elementos que conforman un sistema de drenaje urbano para un evento de lluvia. En el presente trabajo se analiza el modelo SWMM, Versión 5.0 en español, desde el punto de vista de su conceptualización hidrológica e hidráulica, información de entrada requerida y resultados factibles de obtener.

Como ejemplo de aplicación del programa se modelará la Ira etapa de la urbanización La Trigaleña ubicada en la Parroquia José Gregorio Bastidas, Municipio Palavecino, Estado Lara.

Este urbanismo posee un sistema superficial de recolección y evacuación de aguas de lluvia, el cual será evaluado mediante este software a fin de conocer si cumple con los objetivos para el cual fue diseñado. Para efectos del estudio la urbanización se discretizó espacialmente en subcuencas las cuales descargan en las calles y estas a su vez conducen el agua al punto de descarga, obteniéndose niveles de inundación en las calles superiores a los establecidos por la normativa vigente, haciéndose necesario el implementar una red de sumideros que permitan disminuir los niveles de inundación en las calles. Se logra a través del SWMM 5.0 obtener un sistema donde tanto las calles como la red de sumideros dan salida a la escorrentía de las aguas manteniendo niveles de inundación aceptables.

Palabras Claves: Drenaje urbano, SWMM 5.0, La Trigaleña.

Introducción

El aumento de la población, el desarrollo de países, estados y ciudades en los últimos tiempos han traído como consecuencia la búsqueda de soluciones rápidas y eficaces que den solución a la alta demanda de la población, tal es el caso de los servicios públicos los cuales afectan directamente la calidad de vida de las personas, entre los que tienen especial importancia la recolección y disposición de las aguas pluviales, comúnmente conocido como drenaje urbano.

Hoy en día los daños ocasionados por las lluvias son cada vez mayores, debido a que la capacidad de infiltración del suelo ha disminuido y han aumentado en gran magnitud los escurrimientos de agua debido al desarrollo de las ciudades, los cuales han llegado a convertirse en una verdadera calamidad pública, afectando a las personas y sus bienes así como también la propia infraestructura vial.

Las inundaciones urbanas, producto de precipitaciones, constituyen un fenómeno que merece respuestas rápidas y eficientes para la creación de sistemas de drenajes capaces de recolectar, encauzar y disponer adecuadamente los excesos de

las aguas pluviales en las diversas localidades.

Para lograr esto se deben implementar nuevos procesos, herramientas que permitan la evaluación y/o diseño de estos sistemas. El modelo de gestión de aguas pluviales SWMM 5.0 permite la evaluación y diseño de sistemas de drenaje urbano obteniendo el comportamiento de los elementos hidráulicos que conforman el sistema durante un periodo de tiempo variable, de una manera sencilla y en un corto periodo de tiempo.

Como ejemplo aplicación de eligió la urbanización La Trigaleña Ira etapa, urbanismo que se encuentra en construcción y que solo consta para la evacuación de las aguas de lluvia la sección que forma el brocal-cuneta con la calzada, el cual va a un canal adyacente al urbanismo mediante sumideros de ventana dejados en el muro perimetral. Debido a esto se evaluará este urbanismo utilizando este modelo para ver si cumple con los objetivos de un sistema de drenaje urbano y en su defecto proponer una solución a esta problemática mediante el uso del SWMM 5.0. Por esto el propósito de este estudio, es proponer el uso del software SWMM 5.0 para la evaluación y/o diseño de sistemas de drenajes urbanos.

Metodología de Trabajo

Evaluación

La Ira etapa del urbanismo La Trigaleña consta de 96 parcelas de distintas dimensiones las cuales depende de su ubicación dentro del urbanismo, además posee áreas verdes, recreativas y una zona comercial.

Con la información topográfica del área de estudio se procedió a discretizar y editar los elementos que conforman el urbanismo. Se consideraron como cuencas de aporte de escorrentía al sistema tanto las parcelas como la acera, el área comercial y la propia calzada del urbanismo. (Ver figura 1)

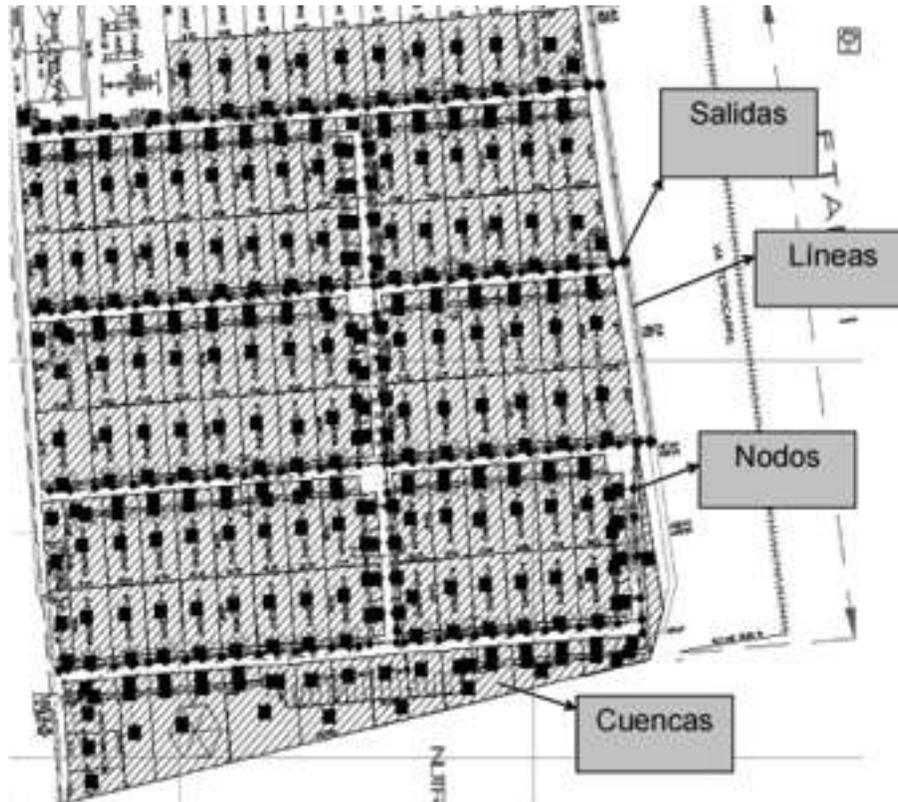


Figura 1. Sistema de cuencas, nodos, líneas y salidas utilizados en el SWMM 5.0 para la evaluación del sistema de evacuación de las aguas de lluvia en la urbanización La Trigaleña Ira Etapa.

De la misma manera se colocaron los nodos los cuales representan el punto de descarga de la escorrentía proveniente de las cuencas así como también la interconexión entre líneas y salidas, las líneas representan el canal conformado entre el brocal cuneta y la calzada por la cual se traslada el agua de un nodo a otro, las salidas representan perdidas de agua en el sistema, en este caso se utilizaron para simular los sumideros de ventanas presentes en los muros perimetrales del urbanismo.

Para evaluar este urbanismo con relación a un evento de precipitación real se obtuvieron los valores de precipitación de la estación más cercana a la zona de estudio la cual corresponde a la estación Barquisimeto-C.B. administrada por el ministerio del ambiente. Con estos valores y para un periodo de retorno de 10 años se obtuvo la lluvia de diseño (Hietograma de diseño) (Ver figura 2), la cual dicho urbanismo debería desalojar cumpliendo los objetivos para los cuales se diseña un sistema de drenaje urbano.

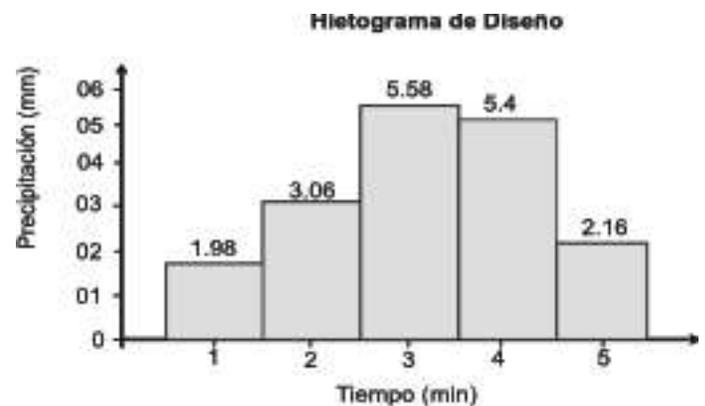


Figura 2. Hietograma de Diseño del urbanismo La Trigaleña Ira Etapa.

El SWMM 5.0 resuelve las ecuaciones completas de Saint Venant (Ecuación de continuidad y cantidad de movimiento) (Ver figura 3), para la obtención de sus resultados, como en este caso se está evaluando el comportamiento del sistema ante un evento de precipitación dinámico se seleccionó el modelo de la onda dinámica debido a que con este modelo de cálculo se obtienen resultados en periodo extendido pudiendo así evaluar el comportamiento de las estructuras hidráulicas del urbanismo.

Ecuación de Continuidad:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Z}{\partial t} = 0$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{Q}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} = AS_0 - D$$

Figura 3. Ecuaciones usadas por el modelo SWMM 5.0 para la obtención de los resultados.

Luego de editar todos los elementos que conforman el sistema, obtener el evento de precipitación y de escoger el método de cálculo hidráulico se pone en marcha la corrida del programa.

En la figura 4 se observan las respuestas de las cuencas al evento de diseño, observando los niveles de agua en los nodos y en las líneas presentado por el modelo.



Figura 4. Respuesta de cuencas, nodos y líneas a evento de diseño al evento de diseño, obtenidos mediante el método de la onda Dinámica por el modelo SWMM 5.0

En la Figura 5 se muestra el nivel de agua alcanzado en la calle 4 de la Ira etapa de este urbanismo, observándose que el canal que forma brocal cuneta con la calzada de la vía se encuentra completamente inundado, poniendo en evidencia que este sistema de drenaje no cumple con los objetivos para los cuales se diseña.

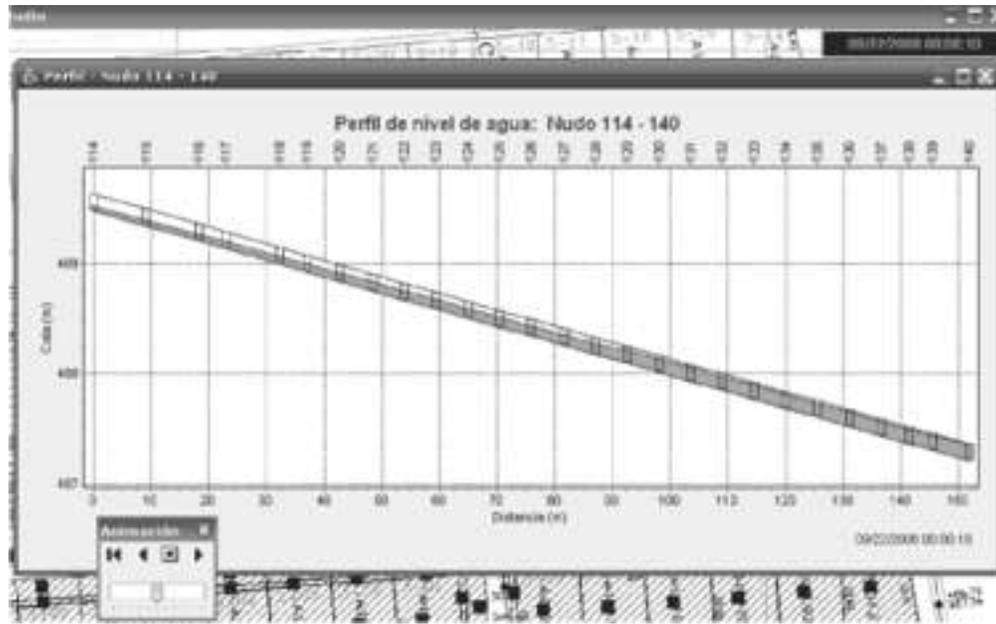


Figura 5. Nivel de inundación de la calle 4 del urbanismo La Trigaleña (Ira Etapa)

Diseño

Debido a esto se propone incorporar al sistema de drenaje de este urbanismo una red de sumideros de ventanas de 3 metros de longitud y de 2.5 cm de depresión, para disminuir el nivel de inundación en las calles de este urbanismo.

La ubicación de los sumideros de ventanas en el urbanismo dependió del nivel de agua alcanzado en el brocal cuneta, es decir, cuando el nivel del agua en el brocal cuneta superaba al nivel establecido por norma se colocó un sumidero de ventana, que para este caso en particular la norma permite 5 cm de nivel de agua en el brocal para 1,5m de inundación en la calzada. Implementando en el urbanismo un total de 28 sumideros.

Para simular los sumideros de ventana en el modelo SWMM 5.0 se utilizaron las salidas como modelo hidráulico, estableciendo el caudal que entra en la ventana mediante una función que relaciona la altura del agua en el brocal con el caudal interceptado en la ventana.

Para simular el sistema de tuberías que transportaran el agua interceptada por las ventanas se incorporaron nuevos nodos al sistema y nuevas líneas las cuales representarían las tuberías que descargan al canal adyacente. (Ver figura 6)



Figura 6. Elementos nuevos agregados al sistema de drenaje (Nodos, Líneas y Salidas) de la Urbanización La Trigaleña Ira Etapa.

En la figura 7 se observa el nivel del agua en la calzada en la calle 4 después de la implementar las ventanas en el urbanismo.

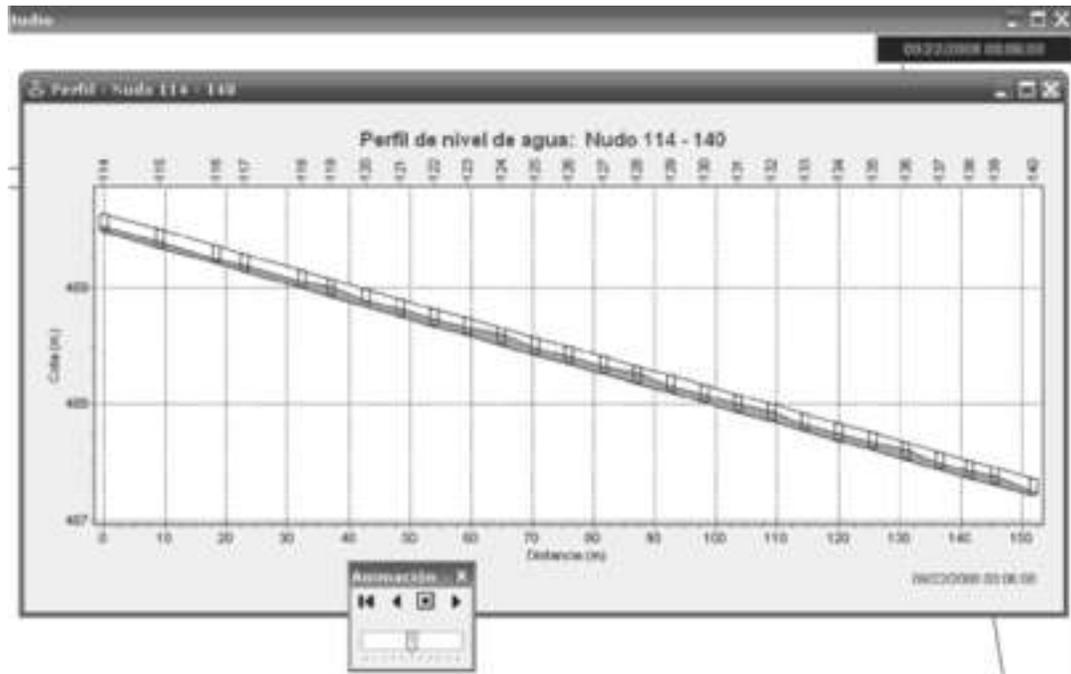


Figura 7. Nivel de agua alcanzada en la calle 4 del Urbanismo La Trigaleña Ira etapa luego de Implementar sumideros de ventana.

Como se puede observar el nivel de agua en la calzada disminuye, obteniéndose valores de inundación aceptables, cumpliendo así los objetivos para los cuales se diseña un sistema de drenaje urbano.

En la figura 8 se puede observar el perfil de la tubería de la calle 4 que trasporta el caudal intersectado por las ventanas en esta calle.

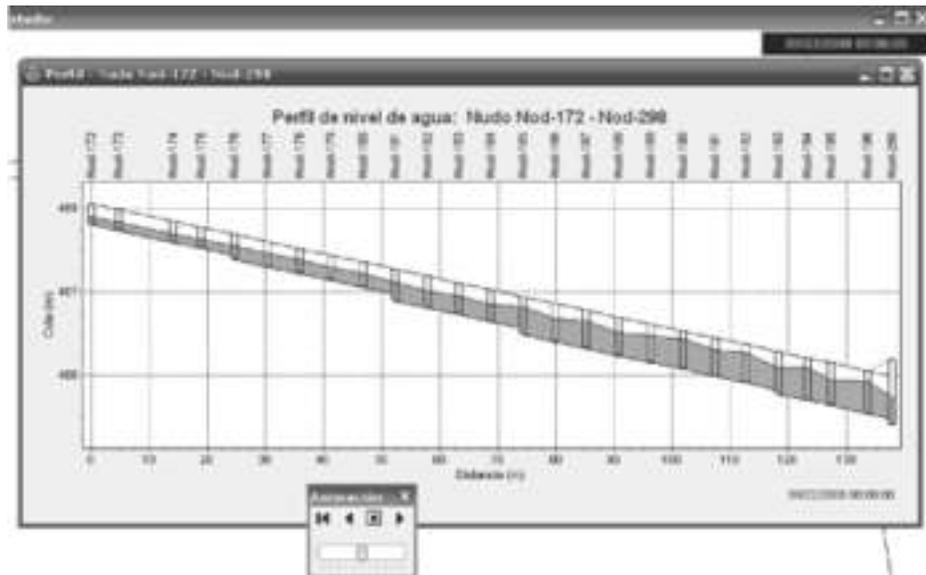


Figura 8. Perfil de la Tubería de la calle 4 del urbanismo La Trigaleña Ira Etapa.

En la figura 9 se observa el perfil de canal de descarga a la cual descarga la Ira etapa de La Trigaleña.

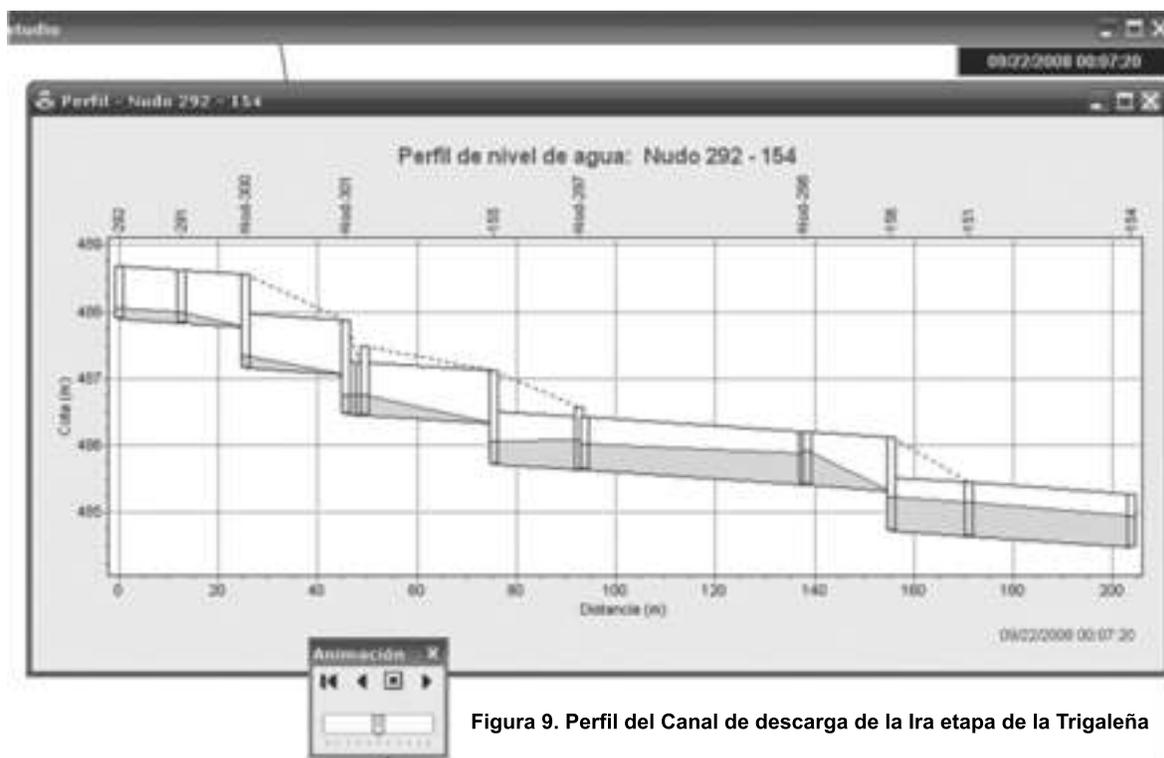


Figura 9. Perfil del Canal de descarga de la Ira etapa de la Trigaleña

CONCLUSIONES

Como se pudo observar el SWMM 5.0 es un software versátil ya que permite la evaluación y/o diseño de sistemas de drenaje urbano de una manera sencilla y rápida. Introducir este software al diseño de drenajes urbanos nos permite conocer el comportamiento de los distintos elementos hidráulico (Tuberías, calles, sumideros, etc.) durante el evento de lluvia, lo cual permite realizar diseños más óptimos y en menor tiempo en comparación al cálculo tradicional.

En cuanto a las ventajas y desventajas del programa tenemos entre sus ventajas que posee una Sencilla Interfaz: El espacio de trabajo del programa es bastante amigable e intuitivo, permitiendo así la fácil adaptación del usuario al programa, permite la Rápida simulación de Distintos Escenarios: Luego de creado el escenario base es realmente sencillo crear otros escenarios a partir de este, añadiendo o removiendo elementos del sistema pudiendo de esta manera perfeccionarlo, también Permite Observar el Comportamiento dinámico de los elementos: Gracias a esto no solo conoceremos los niveles máximos que alcanza el sistema sino la evolución de estos niveles a través del tiempo.

Como única desventaja de este software, por ser un sistema de gran complejidad, podemos señalar la introducción de los datos y el manejo de los mismos, lo cual se puede tornar en una tarea larga y tediosa, pero sectorizando los sistemas de gran extensión se puede trabajar con menos complicaciones.

Realizada la evaluación del sistema de drenaje superficial de la Ira etapa de la urbanización La Trigaleña mediante el uso del SWMM 5.0, se concluye que este sistema permite el desalojo de la escorrentía generada por el evento de lluvia por lo que cumple con el objetivo básico de un sistema de drenaje urbano pero excediendo los límites de ancho de inundación permitidos (1,5m del canal de circulación) los cuales representan 5 cm de altura en el brocal incumpliendo con el objetivo complementario de dicho sistema ya que en algunas calles se alcanzan niveles de hasta más de 10 cm de altura de brocal interfiriendo principalmente con el libre tránsito de las personas y en menor medida el de vehículos.

Para disminuir los efectos ocasionados por el evento de lluvia se introducen al sistema de drenaje de esta urbanización sumideros de ventana los cuales fueron modelados mediante el SWMM 5.0 obteniendo la distribución más óptima de los sumideros y las tuberías que conforman este nuevo sistema, disminuyendo así los niveles de agua en las calles cumpliendo con el objetivo complementario al implementar la propuesta desarrollada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Grupo multidisciplinario de modelación de fluidos.** 2005. Manual de Usuario del modelo de gestión de aguas pluviales SWMM versión 5.0.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.** 1999. N° 5.318
- Chow Ven Te.** 1994. Hidrología aplicada. Editorial McGraw-Hill. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Chow Ven Te.** 1985. Hidráulica de canales abiertos. Editorial Diana. México.
- Franceschi, L.** 1984. Drenaje Vial. Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
- Bolinaga, J.** 1979. Drenaje Urbano. Editorial Venezolana. Caracas.
- MOP.** 1967. Manual de Drenaje.
- Arabia, D., Pulgar, L. y Ulacio, W.** 2006. Propuesta para el diseño de drenaje urbano de la urbanización Rafael Caldera (II etapa) de la ciudad de Barquisimeto-Edo. Lara.