

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Impacto de las tecnologías de Software para el diseño de
redes pluviales 2021**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Catherine Lourdes Herrera Saavedra

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.iagua.es Fuente de Internet	8%
2	doczz.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	pt.scribd.com Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
8	1library.co Fuente de Internet	1%
9	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	

Índice

Resumen	3
Abstract	5
Introducción.....	6
Referencias	31

Resumen

El siglo de la Tecnología, el nombre se debe a la evolución tecnológica de los ordenadores que han ido permitiendo la creación de softwares gratuitos y potentes ayudando en gran escala al sector de los recursos hídricos [1] y es que, la mayoría de estos son desenvueltos y financiados por prestigiosas instituciones nacionales e internacionales dedicadas a la investigación, las cuales buscan las mejores posibilidades de aprendizaje en la solución de dificultades ambientales, económicas y sociales.

Actualmente, el progreso de las áreas urbanas ha generado provisionar sistemas de drenaje con más eficacia y eficiencia para la evacuación de aguas de lluvia y aguas sanitarias debido al aumento de densificación poblacional. Aunque los alcantarillados tradicionales siguen siendo utilizados para este fin, la situación se ha visto envuelta en buscar otras opciones que podrían ser implementadas, [2] sin embargo, todas las condiciones locales presentan características distintas, tienen problemas diversos relacionados con conexiones de presión cerrada, las disposiciones finales no son las adecuadas, etc., es por esto que se dificulta seleccionar una opción sostenible para cada uno de estos casos; pero gracias al desarrollo de nuevas tecnologías se han creado herramientas para realizar simulaciones, tomando en cuenta diferentes parámetros de lluvia, flujo dentro de los conductos de tuberías y escurrimiento sobre el terreno; dando lugar a una modelación del comportamiento que podrían tener los sistemas de alcantarillado pluvial durante las intensas lluvias ocurridas sobre su área de captación [3].

Por tal motivo, este proyecto de investigación denominado “IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE REDES PLUVIALES 2021”;

propone la iniciativa para establecer proyectos preventivos hidráulicos en las distintas ciudades que son parte de nuestras regiones del país, para proporcionar un proceso de toma de decisiones, teniendo como finalidad dar a conocer e identificar los Software libres que repercuten en la selección de tecnologías para los comportamientos hidráulicos, hidrológicos, hidrogeológicos, redes de saneamiento, recursos hídricos y drenaje pluvial en la adaptación en localidades urbanas para luego relacionarlas de acuerdo a aspectos tecnológicos conceptuales, donde se permita recurrir a alternativas de solución sostenible.

Palabras claves: Aguas pluviales, Área de captación, Áreas urbanas, Densificación poblacional, Drenaje pluvial, Evolución tecnología, Comportamiento hidráulico, Comportamiento hidrogeológico, Comportamiento hidrológico, Infraestructura, Recursos hídricos, Redes de saneamiento, Simulaciones, Software.

Abstract

The Century of Technology, the name is due to the technological evolution of computers that have allowed the creation of free and powerful software helping the water resources sector on a large scale [1] and, most of these are developed and financed by prestigious national and international institutions dedicated to research, which seek the best learning opportunities in solving environmental, economic, and social difficulties.

Currently, the progress of urban areas has generated the provision of drainage systems with more efficiency and efficiency for the evacuation of rainwater and sanitary waters due to the increase in population densification. Although traditional sewers continue to be used for this purpose, the situation has been involved in looking for other options that could be implemented, [2] however, alllocal conditions present different characteristics, they have different problems related to closed pressure connections, the final provisions are not adequate, etc., which is why it is necessary to select a sustainable option for each of these cases; But thanks to the development of new technologies, tools have been created to carry out simulations, taking into account different parameters of rain, flow within the pipe conduits and runoff on the ground; giving rise to a modeling of the behavior that the storm sewer systems could have during the intense rains that occurred over their catchment area [3].

For this reason, this research project called "IMPACT OF SOFTWARE TECHNOLOGIES FOR THE DESIGN OF RAINFALL NETWORKS 2021"; provider of the initiative to establish hydraulic preventive projects in the different cities that are part of our regions of the country, to provide a decision-making process, with the purpose of publicizing and identifying free Software that affects the selection of technologies for the hydraulic, hydrological, hydrogeological behaviors, sanitation networks, water resources and storm drainage in adaptation in urban locations and then relate them according to conceptual technological aspects, where it is possible to resort to sustainable solution alternatives.

Keywords: Rainwater, Catchment area, Urban areas, Population density, Rainwater drainage, Technology evolution, Hydraulic behavior, Hydrogeological behavior, Hydrological behavior, Infrastructure, Water resources, Sanitation networks, Simulations, Software.

Introducción

1. Planteamiento del problema:

1.1 Situación problemática

La naturaleza continuamente nos recuerda que somos frágiles ante diversos eventos climáticos que ocurren en nuestro país y nos estamos refiriendo a los huaycos, lluvias intensas y sequías, siendo todas estas parte de los 38 climas según SENAMHI; todos los años entre los meses de diciembre hasta abril, estos hechos chocan sustancialmente en nuestra región geográfica convirtiéndose inclusive en una amenaza de muerte para los que habitan en ella, sumado esto a la carencia de mitigación de peligros y proyectos de prevención, nos ubica en una posición de puerta de inseguridad. Tal es la magnitud de estos sucesos estacionales, que ocasionan focos de infección por la proliferación de bacterias ante el acumulamiento de aguas de lluvia causando enfermedades y epidemias, muchas veces mortales; pérdidas de sembríos y ganado, daños en la infraestructura actual y generación de molestias entre la circulación vehicular.

Todo este problema generado por las lluvias queda evidenciado en la ciudad de Pomabamba en Ancash, por ejemplo, cuando se desbordó el río Pomabamba; las calles principales estuvieron inundadas y no permitió el libre paso peatonal y vehicular, debido a que el sistema de drenaje urbano pluvial es ineficiente. Y a pesar de que se reconoce el efecto de las precipitaciones pluviales anuales en esa zona, las autoridades no realizan un plan de mitigación para amenorar estos desbordamientos [4]. Otro caso, es en la ciudad de Cajamarca que en los últimos años ha venido expandiéndose urbanísticamente, de manera desordenada lo que ha demostrado el camino de escorrentía superficial descontrolada provocando anegamientos e inundaciones en ciertas áreas; por lo que se ha implementado un plan de evacuación sin estudio previo queriendo transportar el agua de lluvia sin éxito alguno [2].

En la actualidad, se vienen aplicando los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), con la aplicación de novedosas tecnologías de Programa que simulan de forma más realizable un período hidrológico natural antes de la urbanización, estas evalúan las condiciones actuales y futuras en cuanto a la selección de recolección y transporte de aguas de lluvia y aguas residuales, considerando la interacción entre el alcantarillado, la

PTAR y el cuerpo receptor, permitiendo encontrar soluciones sustentables para cada caso en particular. [5]

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la selección de una Tecnología de Software para el diseño de redes pluviales en un contexto de inundaciones en nuestras regiones peruanas?

1.3 Justificación

Justificación económica

Las compañías prestadoras del servicio de alcantarillado y las consultorías encargadas de la ejecución de proyectos relacionados con la idealización, diseño y creación, se combaten todos los días a la evolución de novedosas tecnologías y al método de varios expertos relacionados con el tema de Programa, lo que supone decidir para seleccionar el tipo de tecnología a llevar a cabo. Esto viene junto con los costos de sistemas de recolección y transporte de aguas lluvias en ambientes urbanos y la contrariedad al instante de selección, hacen que poner a marcha una tecnología sustentable sea un enorme reto para las compañías prestadoras y gestiones municipales, quienes tendrán usar inteligentemente sus elementos para que las inversiones generen el encontronazo esperado en las comunidades y el ámbito.

Justificación metodológica

El ingeniero es el exclusivo responsable del diseño, creación y cuidado de los sistemas de alcantarillado pluvial, por lo cual hay que tomar en cuenta, que un individuo profesional debe estar que se encuentra en cada paso del avance de esta clase de emprendimiento, dado que estos trabajos representan un enorme provecho que es la salud de los pobladores.

Justificación social

Un plan de Saneamiento Básico sirve para la identificación y solución de problemas de higiene en las comunidades, mediante un manejo adecuado de aguas pluviales. Por esta razón, el estudio y diseño de un sistema de alcantarillado pluvial esté fundamentado en un profesional comprometido y responsable que pueda ser capaz de llevar este tipo de obras civiles con una buena calidad y seguridad, de tal manera que no se presente deficiencias y donde los pobladores saquen el mayor beneficio, dando soluciones a la contaminación y salubridad, obteniendo como resultado eficiente.

Justificación técnica

El programa libre y de uso gratuito descarta la dependencia, ingresa al mercado sin restricción y da la independencia para que el operador decida cual se ajusta mejor a sus condiciones de trabajo, no posee valor alguno y se puede bajar desde algún sitio y cualquier ocasión [1]. Por medio del programa libre y de uso gratuito, entramos a un manual terminado, a un sustento técnico, a una guía de aplicación, ejemplos y videos que nos asisten a la interacción operador programa ofreciéndonos una impresión de la simplicidad de su uso además de la eficacia en crear resultados de forma gratis.

2. Marco teórico:

2.1 Bases teórico-científicas

2.1.1. Generación de metodología de sistemas de alcantarillado

Para comenzar todo proceso de selección de alguna metodología es necesario realizar una búsqueda de información que permita generar el diseño de sistemas de alcantarillado que van a ser aplicados al tema de estudio. Consecuentemente, a una revisión bibliográfica donde podamos conocer las distintas herramientas empleadas dentro del diseño o bien la revisión del funcionamiento de sistemas de alcantarillado, analizando también las ventajas y desventajas que presentan [3].

La metodología tiene tres componentes principales con puntos específicos a cubrir, la secuencia se muestra en la ilustración 1 y se describe a continuación:

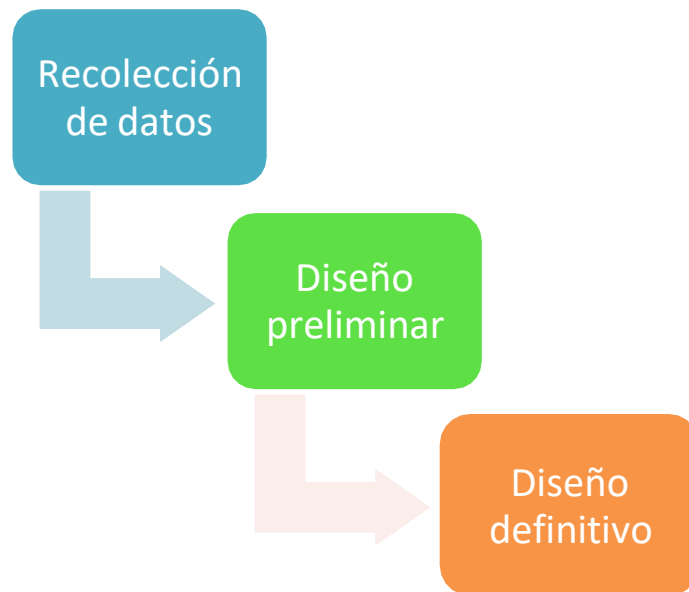


Ilustración 1 Principales etapas de la metodología

- a) Recopilación de datos: Recopilación de información previamente estudiada y disponibilidad del área de estudio; contemplando datos de topografía, geomorfología, precipitación, traza urbana, entre otros.
- b) Diseño preliminar: Elaboración de un predimensionamiento o diseño preliminar, especificando las características físicas siendo estas las longitudes de tubería, pendientes de tubería, materiales de los elementos, etc.
- c) Diseño definitivo o final: Utilizando el modelo del predimensionamiento, se realizan simulaciones del comportamiento, con la finalidad de corroborar que se cumplan con los parámetros establecidos de velocidades, así como para corregir tramos con inundación y tuberías que pudieran llegar a presurizarse dentro del sistema.

2.1.2. Selección de la zona de estudio

La validación de todo caso de estudio se da a partir de algunos criterios específicos:

- Ausencia de alcantarillado pluvial.
- Ausencia de aportación de escurrimiento proveniente de aguas arriba.
- Trazo urbano irregular.

2.1.3. Investigación preliminar de la zona de estudio

Una vez verificado el cumplimiento de los criterios, se busca obtener y recopilar la información acerca de las condiciones topográficas, características hidrológicas, políticas, económicas, registros pluviógrafos, entre otros, de las condiciones actuales y disponibles, con la finalidad de poder contar con la mayor información posible para las posteriores realizaciones de la propuesta del sistema de alcantarillado pluvial mediante métodos clásicos de diseño [3].

- a) Información topográfica: Se encamina a la búsqueda de cartas topográficas con información geodésica reciente y basta para la realización del prediseño.
- b) Información geomorfológica: Esta información puede ser extraída y procesada mediante el software QCIS, para la obtención de:
- Características físicas de la cuenca
 - Cauces principales naturales
 - Determinación de la delimitación de la cuenca o cuencas en el área de estudio.
- c) Microcuencas dentro de la cuenca a estudiar: Este proceso se realiza de manera repetitiva hasta que las áreas de las microcuencas fueran suficientemente representativas de las posibles áreas de aportación por sector dentro de la cuenca, así como la referencia clara de los cauces ramificados dentro de ésta.
- d) Trazo preliminar de la red de alcantarillado pluvial: Se debe consultar la norma vigente O.S.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO, en el cual se estipulan los requerimientos, así como las recomendaciones para este tipo de obras; posteriormente y habiendo obtenido y generado los principales parámetros topográficos y morfológicos de la zona de estudio y áreas aledañas, se procedió a realizar las diversas propuestas de la red de alcantarillado pluvial. Algunas de las principales consideraciones fueron:
- Evitar pendientes negativas en dirección al sitio de vertido.
 - Ramales principales preferentemente colocados en zonas donde el cauce natural escurre (sistema detrítico)
 - Respetar la geometría previa dentro de la colonia en estudio.
- e) Análisis hidrológico del área de estudio: Durante esta etapa del proceso, se elabora el análisis de los registros históricos de lluvia con la finalidad de obtener intensidades de diseño a partir de los datos obtenidos de la estación climatológica con influencia dentro del área de estudio, se realiza un análisis geográfico para conocer si existen diversas estaciones con influencia dentro del área de estudio, una vez concluido esto, se realiza el estudio hidrológico con un ajuste de la serie histórica de excedentes anuales y se estiman las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF, también conocidas como intensidad-duración-periodo de retorno).

2.1.4. Dimensionamiento de los elementos del sistema de alcantarillado pluvial

Habiendo seleccionado una de las propuestas de trazo de la red de alcantarillado pluvial y conocidos los parámetros hidrológicos necesarios, se procede a dimensionar los diferentes elementos involucrados en el sistema (tuberías, sumideros, pozos de visita, entre otros), por otra parte se estima los parámetros físicos con injerencia dentro del proyecto, como lo son: coeficientes ponderados de escurrimiento dentro del área de estudio, coeficientes de rugosidad del material, entre otros, con esto se obtuvo el diseño preliminar, que

posteriormente se ingresa al software de simulación numérica.

2.1.5. Selección de Tecnología para la Recolección y Transporte de Aguas Lluvias y Aguas Residuales en Áreas Urbanas.

- a) **Teoría General de Sistemas:** Es el estudio científico y sistemático de “sistemas” en general, abarcando la naturaleza de los elementos, componentes y las fuerzas que lo componen. Sin embargo, al analizar las unidades elementales por separado no es suficiente para solucionar los problemas en su totalidad, porque existe interacción dinámica y de organización, donde intervienen varias disciplinas [5]. Por lo que es necesario observar el comportamiento cuando se estudian solas o dentro del todo.
- b) **Sostenibilidad:** Mantiene el desempeño de un sistema con el transcurso del tiempo mediante los resultados esperados proyectados durante toda su vida útil, a través del empleo mínimo de recursos, incluso los ambientales [5]. Así, la participación de todos los expertos comprometidos crea y fija un tiempo de sostenibilidad de un emprendimiento de agua y saneamiento en el tiempo.

Frente a este criterio, la sostenibilidad se base por medio de 3 dimensiones que se ubican en un marco político-jurídico e institucional concreto presentadas en la ilustración 2.

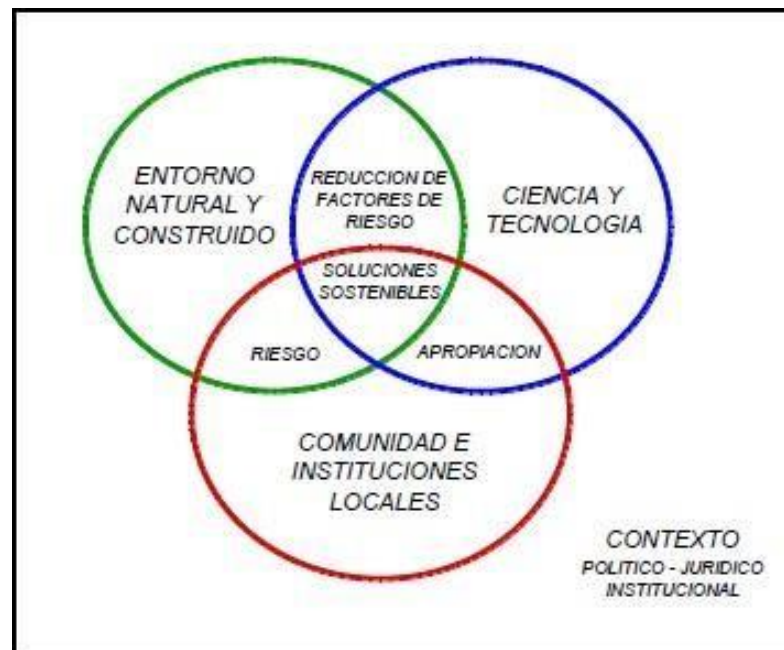


Ilustración 2 Marco conceptual que ilustra la búsqueda de soluciones sostenibles en programas de desarrollo en agua y saneamiento (Galvis et al., 1999).

La Ilustración 2 suscita que, no solo es optar una tecnología por el costo o beneficio sino también por la interacción del entorno, la ciencia y la comunidad, donde esta última hará empleo de un buen proyecto de drenaje pluvial urbano.

- c) **Producción Más Limpia:** Aplicación de tácticas ambientales organizadas que hacen mejor la calidad de ocupaciones de producción protegiendo al medio ambiente y reducen los peligros para los seres vivos. Las tácticas tienen dentro la minimización en la utilización de elementos, ecoeficiencia y la reducción en la fuente [5]. La PML crea un desarrollo continuo donde los elementos fundamentales ajustables son: elegir convenientemente los materiales a usar, hacer mejor la eficacia de los procesos, reusó y reciclaje de materiales, y reducir el encontronazo en el régimen con la rehabilitación de elementos.
- d) **Tecnología:** Conjunto de instrumentos, conocimientos y procedimientos por los cuales el ser humano realiza sus actividades. Para Visscher: “La tecnología es el resultado de la relación entre herramientas y tareas, es un producto que puede ser un elemento tangible o intangible generado porque el equipo humano ha tenido una razón fundamental o una motivación para resolver una tarea o problema, o para alcanzar una meta establecida”. [5]

Todo diseño en tecnología tiene un conjunto preciso de personal para su gestión, operación y cuidado, donde las personas capacitadas definen las necesidades de una comunidad y aseguran una correcta operación y mantenimiento.

- I. *Transferencia de Tecnología:* Proceso de difusión de la tecnología a través de un individuo u organización a otra. Sin embargo, esto no es un solo concepto sino también conocer cómo se adapta y se desarrolla en un contexto específico determinando similitudes, los recursos, la vivencia y las facilidades que ya están en ese nuevo tema solucionando inconvenientes y asegurando el placer de la gente que logren entrar a esta, generando confianza y buenos resultados por el buen servicio que se tiene.
- e) **Gestión Integrada del Recurso Hídrico:** Grupo de comunicación entre profesionales y usuarios, donde se trata temas de planificación de actividades integradas en la cuenca de una zona específica [5]. Fundamentalmente, intercambian información sobre una propuesta de planificación mediante los deseos y necesidades de los pobladores, tomando en cuenta las capacidades y debilidades de un recurso infinito.

Los objetivos de la GIRH son:

- Eficacia en el uso del agua para un mayor beneficio de un gran número de personas.
- Estrategias para el aprovechamiento más sostenible del agua, evitando no contaminar el medio ambiente.
- Equidad de los recursos hídricos y los derivados del agua.

2.1.6. Softwares libres

i. Software libre en modelación hidrológica

A. HEC HMS 4.2:

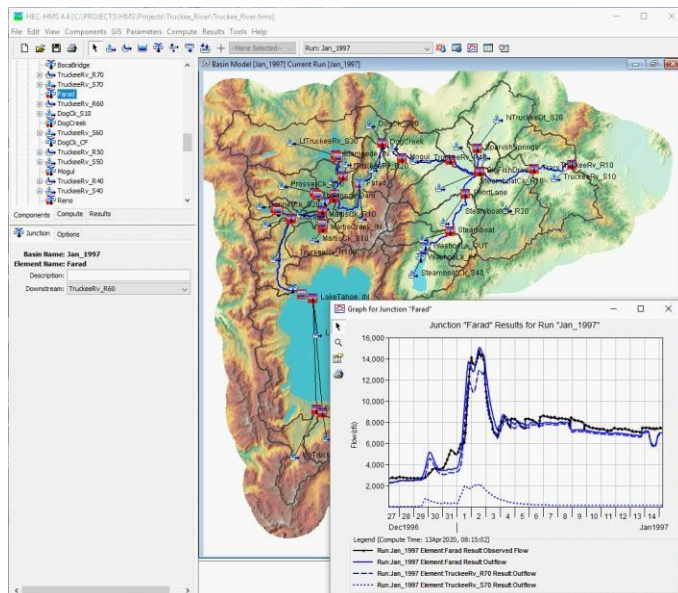


Ilustración 3 Modelamiento hidrológico HEC HMS 4.2.

Es un modelamiento diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de cuencas hidrográficas dendríticas. Este software abarca procesos tradicionales, incluyendo la simulación de la evapotranspiración, la fusión de la nieve, y la contabilidad de la humedad del suelo [1]. También ofrece herramientas suplementarias de análisis para la optimización del modelo, el caudal de predicción, reducción de la profundidad del área y de la evaluación de la incertidumbre del modelo, la evacuación de sedimentos y erosión, y la calidad del agua.

B. TETIS:

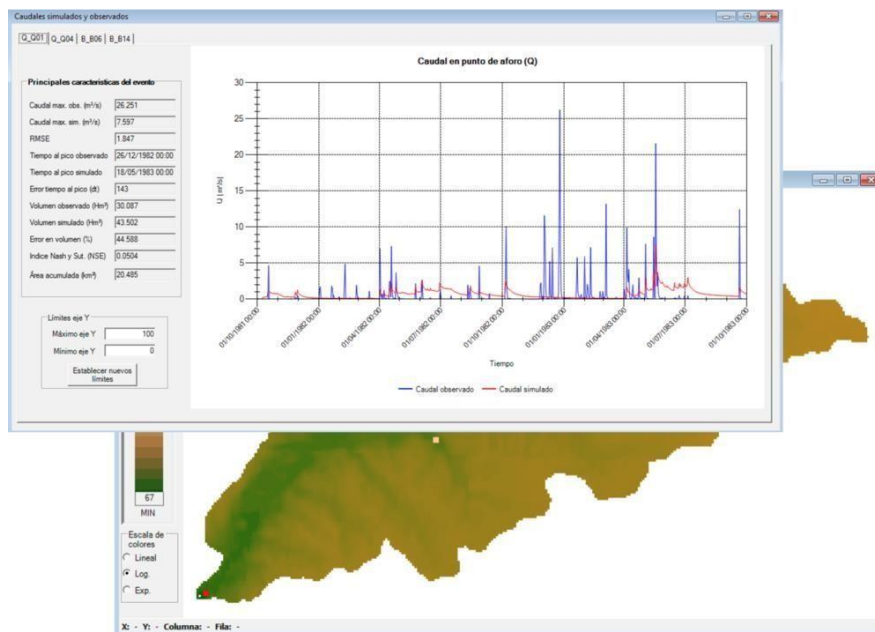


Ilustración 4 Modelamiento hidrológico TETIS.

Este modelamiento ejecuta la simulación hidrológica en cuencas naturales, efecto de embalses y del riego agrícola. Su finalidad es conseguir la preferible respuesta viable para un hecho hidrológico ocasionado por la precipitación de lluvia o de nieve, tomando presente los procesos físicos naturales.

C. PRMS:

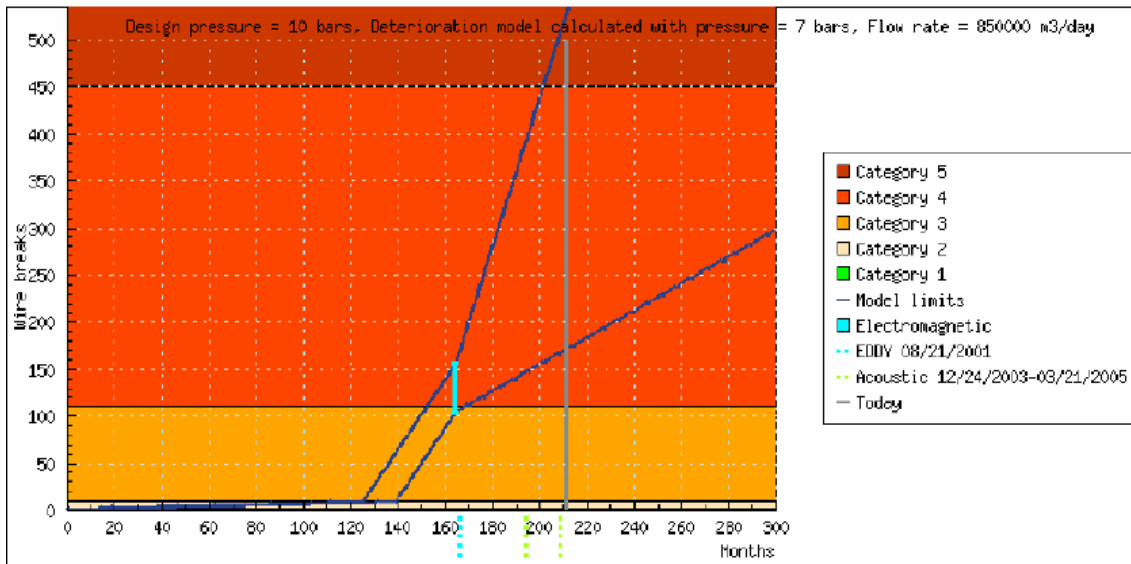


Ilustración 5 Modelamiento hidrológico PRMS.

Creado por el Servicio Geológico estadounidense – USGS, es un modelamiento de parámetros organizados para hacer una simulación de precipitación-escorrentía, evaluando la respuesta de las distintas composiciones de clima y uso del suelo sobre el caudal y la hidrología general de las cuencas hidrográficas.

ii. Software libre en modelación hidráulica

D. HECRAS 5.0:

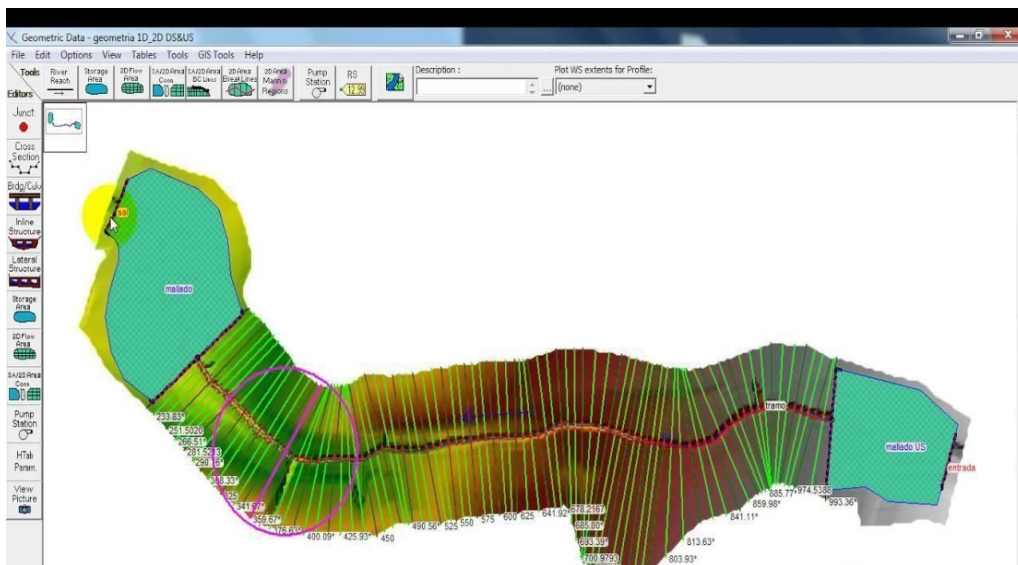


Ilustración 6 Modelamiento hidráulica HECRAS 5.0.

HEC-RAS es un Programa de libre organización, muy publicado y aplicado en el tema de la ingeniería hidráulica. Se utiliza en la modelización hidráulica unidimensional y bidimensional del fluido en lámina libre en cauces naturales y canales artificiales.

Potencialidades:

- Calcula los efectos de embalsamiento de agua.
- Determina las velocidades de corriente a la entrada y salida depuentes y obras de drenaje.
- Investiga la calidad de agua.
- Modela la rotura de presas, balsas y diques.
- Modela los sistemas de cauces fluviales y redes de canales.
- Plantea realizar estaciones de bombeo.
- Simula los efectos provocados por la presencia de estructuras enel cauce sobre la llanura de inundación.
- Transporte de sedimentos.

D. IBER 2.4:



Ilustración 1 Modelamiento hidráulica IBER 2.4.

Iber es un modelamiento matemático bidimensional para la simulación del fluido en lámina libre y procesos de transporte en ríos y estuarios, tiene dentro un módulo hidrodinámico, uno de turbulencia, y uno de transporte de sedimentos por carga de fondo y de suspensión. De igual modo, están los modelos de transporte de mezclas desedimento, los modelos de hábitat fluvial y los modelos de calidad de aguas.

E. iRIC:

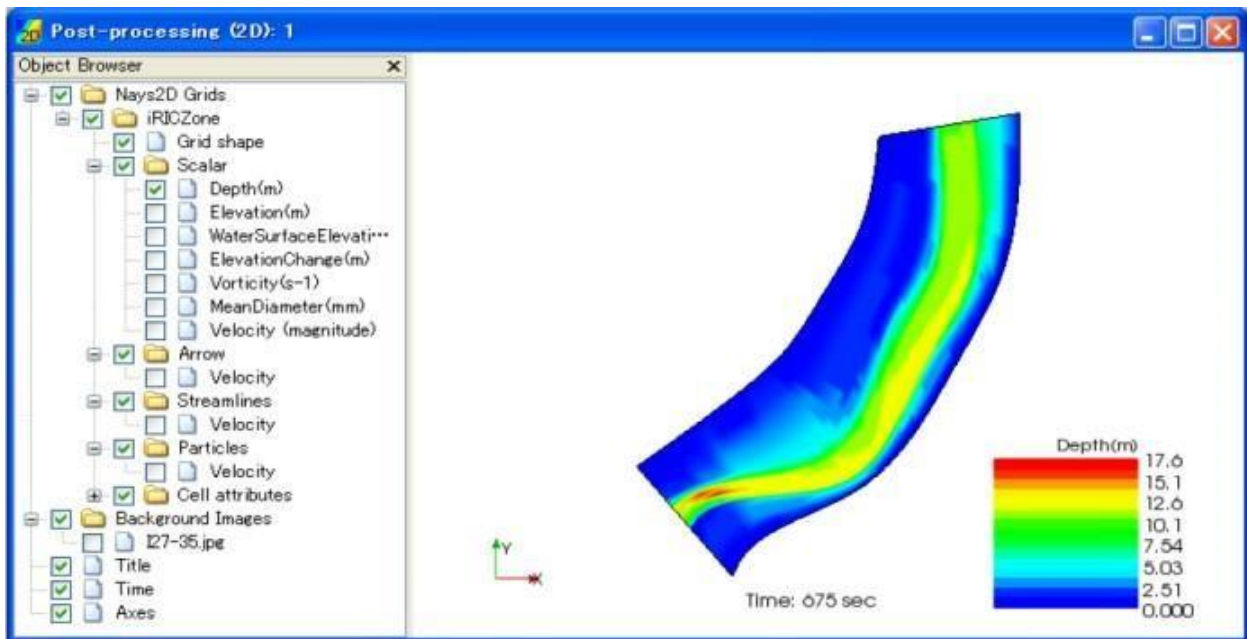


Ilustración 2 Modelamiento hidráulica iRIC.

iRIC (Cooperativa En todo el mundo plataforma de trabajo River) es un modelamiento para emular el fluido de agua en ríos y el examen de la alteración lecho del río, que combina la utilidad de MD_SWMS, creado por el USGS (US Geological Survey) y RIC-Negativos, creado por la Fundación de Hokkaido río Prevención de Catástrofes Centre de Investigación.

i. Software libre en redes de saneamiento

F. EPANET 2,0:

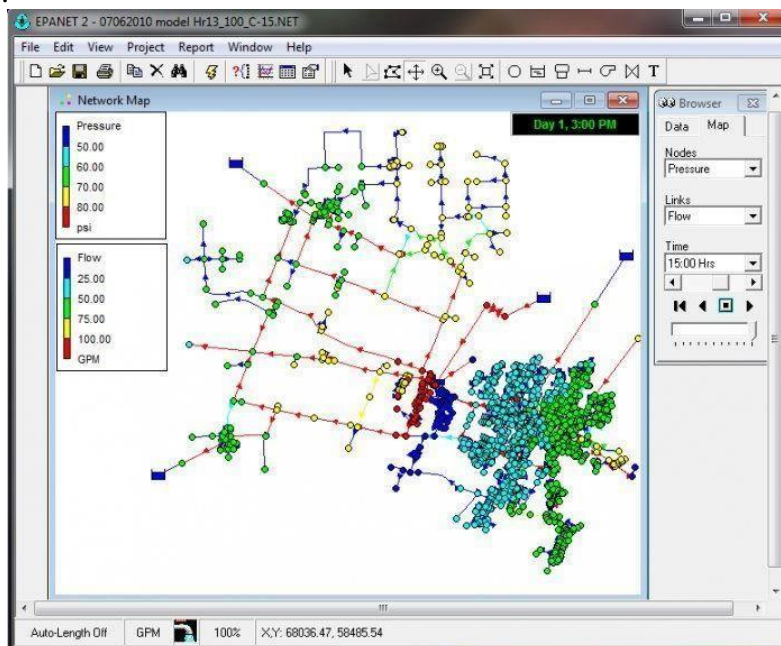


Ilustración 3 Software en redes de saneamiento EPANET 2,0.

EPANET es un programa que facilita calcular complicadas redes de abastecimiento y regadío, desde un criterio hidráulico y de calidad, ofreciendo una ligera aptitud de oposición.

Creado por la USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), organización construida en 1970 en EE.UU. y encargada de velar por los elementos naturales del país.

ii. Software libre en modelación hidrogeológica

G. MODFLOW:

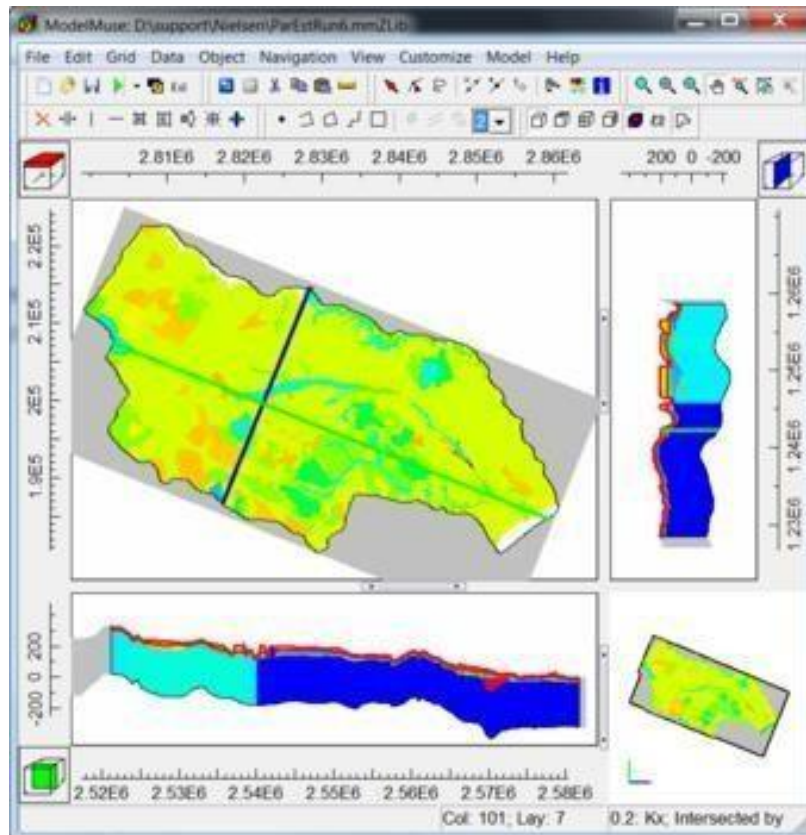


Ilustración 4 Modelamiento hidrogeológica MODFLOW.

Es un modelamiento tridimensional de agua subterránea es con la capacidad de emular el fluido en 2D y 3D y parece los primordiales procesos físicos relacionados con el régimen de agua subterránea como recarga, evapotranspiración, bombeo, drenaje, etc. Además de adivinar las condiciones de las aguas subterráneas y las relaciones de las aguas subterráneas / superficiales de agua.

Desarrollado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

iii. Software libre en Sistemas de Información Geográfica

I. QGIS:

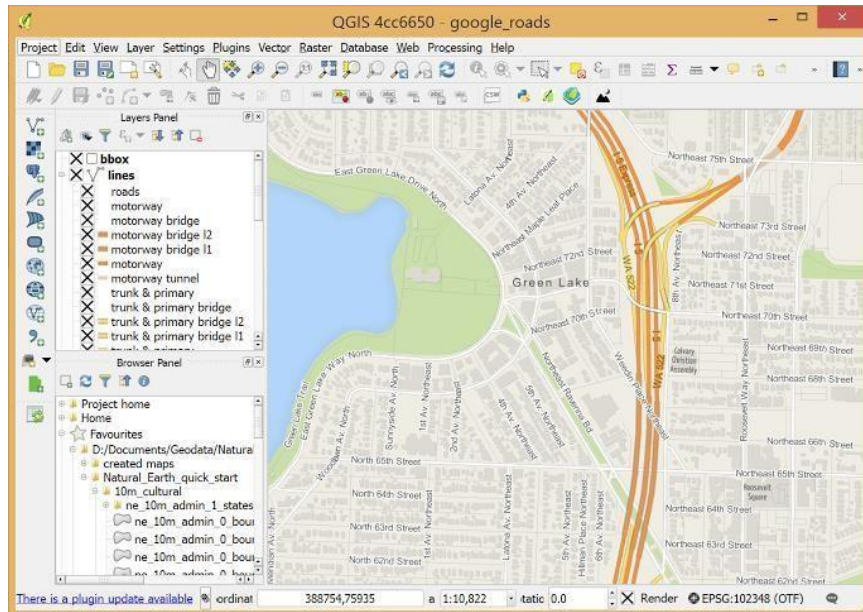


Ilustración 5 Sistemas de información Geográfica QGIS.

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License.

iv. Software libre en Gestión de Recursos Hídricos

J. SWAT:

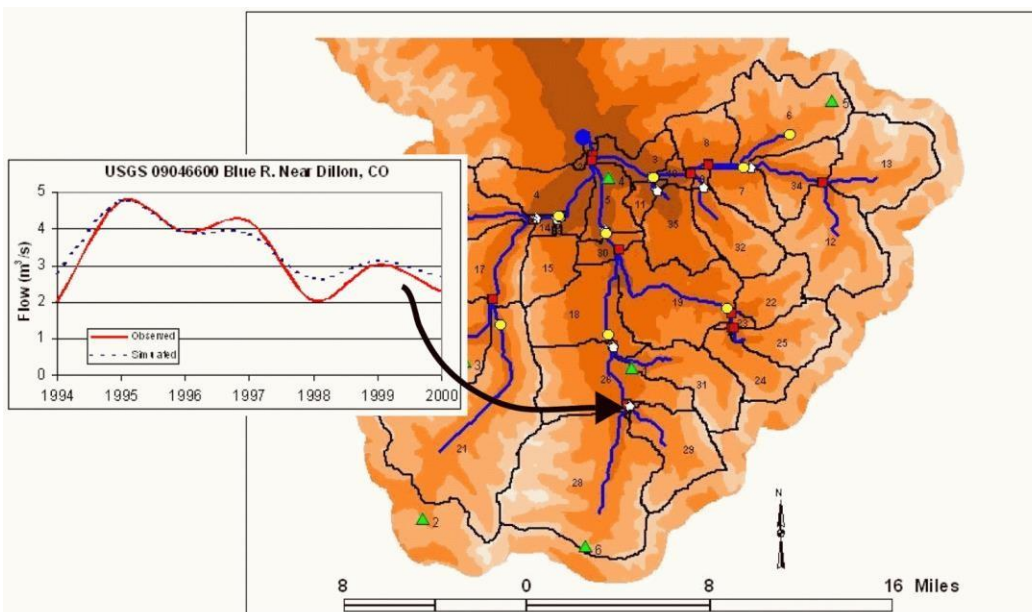


Ilustración 6 Software en Gestión de Recursos Hídricos SWAT.

Con este programa se analiza el suelo y el agua a nivel de cuencas, además tiene énfasis precipitación-escorrentía y en el transporte de agua y solutos por medio del área. Tiene como finalidad, adivinar el encontronazo de las prácticas de manejo de suelo en los elementos hídricos y los sedimentos.

v. Software libre en Drenaje Pluvial

K. SWMM:

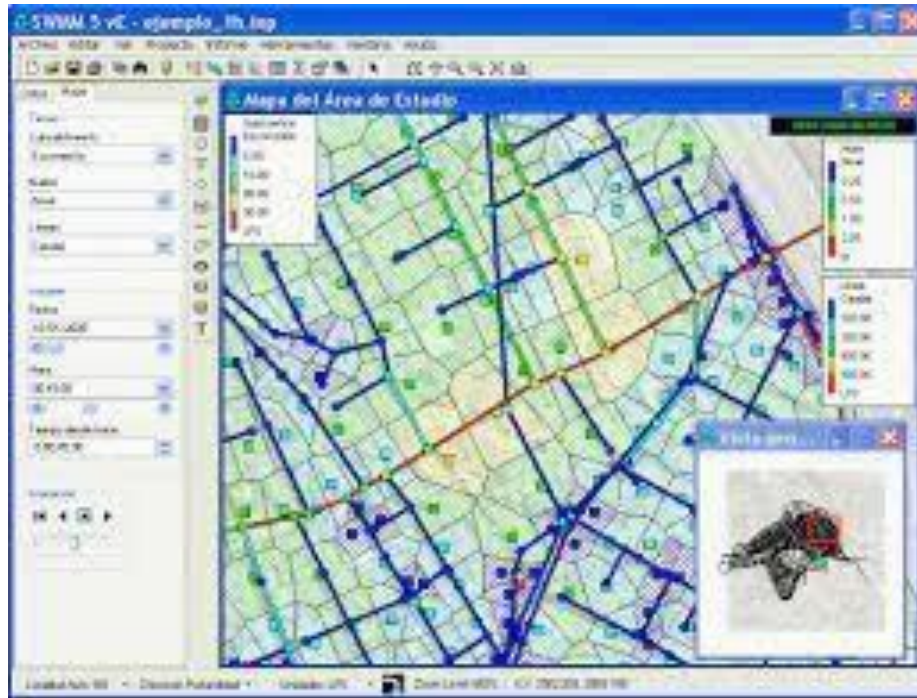


Ilustración 7 Software libre en Drenaje Pluvial SWMM.

Programa de modelación hidráulica que visualiza el comportamiento de cuencas urbanas y redes de alcantarillado durante el período de lluvia, mantiene una imagen real de los eventos a través de los componentes de un drenaje con sus respectivos dispositivos de almacenamiento y tratamiento con la utilización o no de bombas y elementos que regulan el ingreso de caudal

El Software SWMM proporciona introducir datos de los parámetros geomorfológicos de la zona por estudiar, estimando la calidad del agua y ver distintos escenarios de una cuenca mediante los módulos más utilizados que son de Runoff y Extran.

El modelamiento hidráulico en SWMM se lleva a cabo mediante el manejo del tamaño de redes de drenaje ilimitado, variedad de conductos estándar abiertos y cerrados, formar elementos especiales como bombas, vertedores, depósitos de almacenamiento y limpieza.

1.1 Definición de términos básicos

- a) Aguas pluviales [7]: Agua de lluvia, que no son absorbidas por el suelo y hacen un recorrido sobre la superficie terrestre.
- b) Capacidad hidráulica [7]: Característica física de toda estructura hidráulica en función de la altura máxima.
- c) Caudal [8]: Llamada también “gasto”, es una unidad de volumen por tiempo que circula en una sección.
- d) Cuenca [7]: Depresión en la superficie de la tierra, donde las aguas drenan hacia una corriente.
- e) Cuneta [8]: Estructura de sentido longitudinal hidráulica reducida y trapezoidal o triangular que se coloca a los lados de las vías de comunicación vehicular.
- f) Drenaje [8]: Evacuación del exceso de líquidos pluviales.
- g) Drenaje Urbano [7]: Reducen el exceso de agua que tiende a juntarse en el núcleo urbano.
- h) Expansión Urbana [7]: Desarrollo de urbanización, migración de poblaciones de lo rural a la ciudad.
- i) Hidráulica [2]: Ciencia que forma parte de la mecánica, que aprovecha, conduce, contiene y eleva las aguas.
- j) Inundación [8]: Subida de nivel de agua exageradamente, ocupando parte de las zonas urbanas y aledañas.
- k) Modelamiento [8]: Visualización de un sistema por medio de su descomposición, mejorando su conocimiento y comprensión del porqué ocurre un fenómeno.
- l) Pluvial [8]: Agua que cae, agua meteórica.
- m) Red de alcantarillado pluvial [6]: Conjunto de tuberías, sumideros e instalaciones que permiten el desalojo de las aguas pluviales para evitar molestias, daños materiales y humanos debido a la acumulación o escurrimiento superficial.
- n) Software [1]: Programa computarizado que realiza determinadas tareas.

2. Hipótesis y variables:

2.1 Formulación de la hipótesis

La Tecnología de Software que se escogerá mejorará el abastecimiento de los sistemas de alcantarillado pluvial, por medio de la simulación de hábitos hidráulicos e hidrológicos, que influya en el diseño de los proyectos superficiales de captación del drenaje pluvial urbano.

2.2 Variables – Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Software libre	Es el software que respeta la libertad de los usuarios y de la comunidad en general, permitiendo la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software, no tiene precio alguno.	técnica	Eficiencia de adaptación	glb	Encuestas
		económica	Inversión	glb	
		social	Comunicación	glb	
Tecnología	Conjunto de conocimientos y técnicas aplicadas de forma lógica y ordenada, permitiendo al ser humano modificar su entorno material o virtual para satisfacer sus necesidades.	operativa	Rentabilidad	glb	Focus group
		cognitiva	Motivación	glb	
Eficiencia del sistema de drenaje pluvial	Permite la retirada de aguas de lluvia en depresiones topográficas del terreno, generando inconvenientes en áreas urbanizadas.	diseño hidráulico	Área	m ²	Encuestas
			Pendiente	%	
		diseño hidrológico	Área	m ²	
			Pendiente	%	
		operación y mantenimiento	Eficiencia de Operación	%	
			Eficiencia de conducción	ml	
eficiencia	Caudal	Lts/s			
	Velocidad de respuesta	m/s			

3. Objetivos:

3.1 Objetivo general

Conocer el impacto de Tecnologías de Software aplicados al drenaje pluvial, teniendo en cuenta aspectos ambientales, económicos y técnicos.

3.2 Objetivos específicos

- Definir los parámetros geomorfológicos.
- Delimitar la cuenca urbana.
- Evaluar la situación actual del alcantarillado.
- Proponer un plan de mantenimiento periódico con el fin de conservar el sistema de alcantarillado pluvial analizado.

4. Diseño metodológico:

4.1 Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

El tipo de investigación por el que se está guiando este proyecto de investigaciones la descriptiva, porque consiste en describir los distintos tipos de Software libres para la utilización en situaciones de inundación y la magnitud que estas afectan, de manera que se recolecte datos y se identifique la relación que existen entre las variables.

4.2 Población y muestra de estudio

La Población corresponde a Fila Alta, sector en proceso de urbanización de la ciudad de Jaén.

4.3 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se enlistan por orden cronológico los procedimientos necesarios para poder desarrollar la metodología de estudio:

- A) Revisión bibliográfica, con la finalidad de detectar los trabajos de otros autores respecto al tema, las características que estos presentan, así como la selección de los trabajos que sirvan como base para desarrollar la metodología proponer.
- B) Búsqueda y selección de herramientas tecnológicas de Software con las características para desarrollar el proyecto.

- C) Revisión de zonas del sector, que cumplan los rasgos que se están buscando son: topografía irregular, ausencia de alcantarillado pluvial, entre otros; teniendo seleccionado esto se procede a delimitar la cuenca urbana a la que pertenezca para su posterior prediseño.
- D) Como parte de la metodología se elaborará un prediseño o predimensionamiento de las obras de alcantarillado pluvial dentro de la cuenca urbana previamente seleccionada y delimitada, esta se basará en métodos tradicionales de diseño para la parte hidráulica e hidrológica, este método será la base de los datos de entrada al realizar la simulación dentro de un software de modelación especializado.
- E) Asimismo, dentro del ámbito de la metodología de diseño se realizará la modelación del sistema de drenaje en software especializado; proponiendo soluciones en puntos críticos o bien que no cumplan de manera adecuada la función dada en el prediseño, esta acción se realizará las veces que sea necesaria hasta que el modelo arroje resultados satisfactorios y que cumplan con los parámetros permitidos para este tipo de sistemas de alcantarillado pluvial.

4.4 Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis

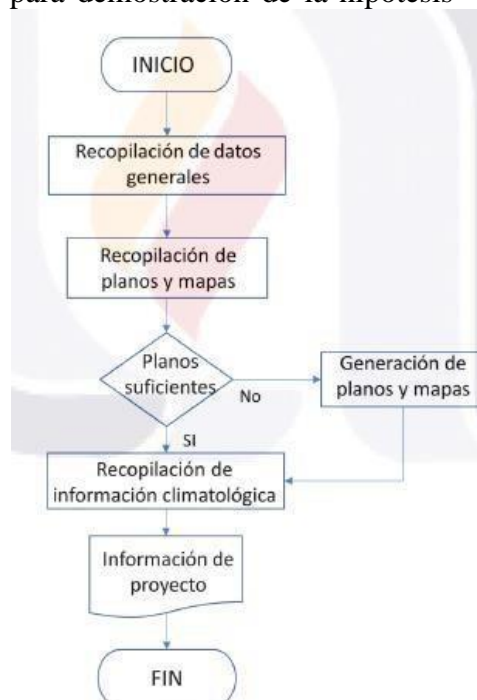


Ilustración 8 Diagrama general de la recopilación de información (fuente propia) [3]

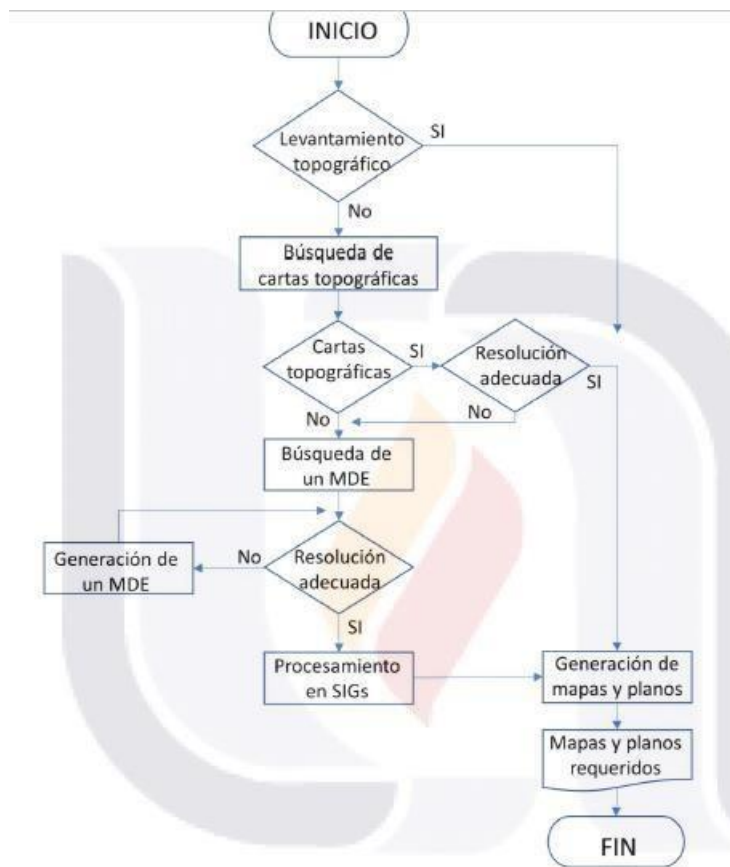


Figura 10. Diagrama general de la generación de mapas (elaboración propia)

Ilustración 9 Diagrama general de la generación de mapas [3]

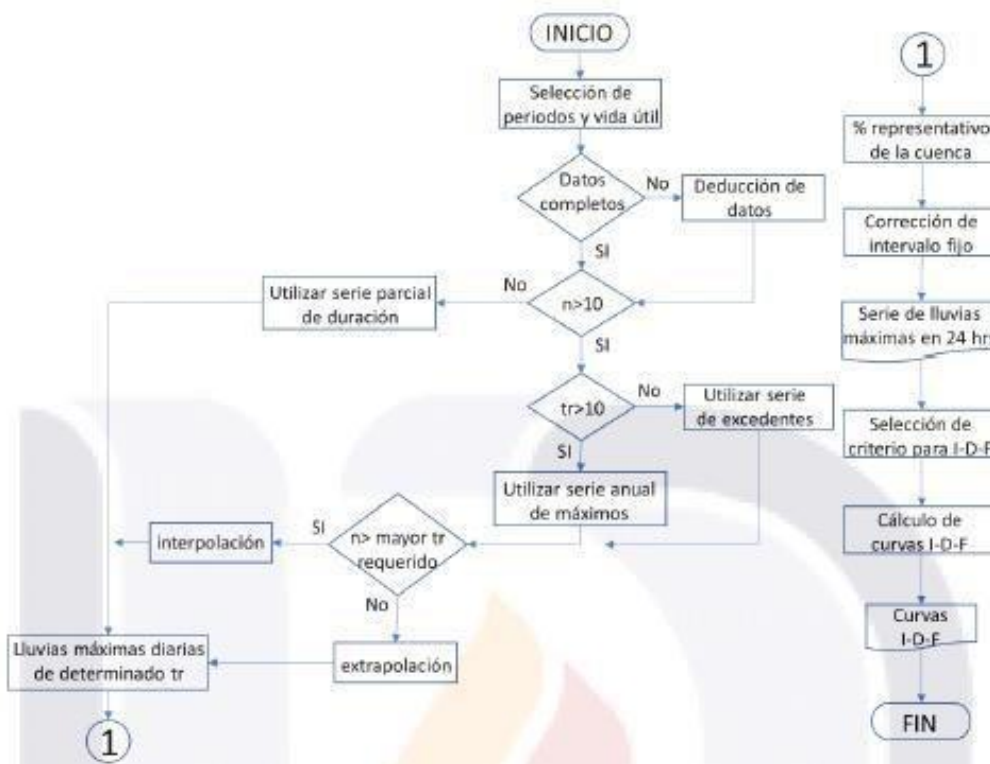


Ilustración 10 Diagrama general para determinar las curvas I-D-F [3].

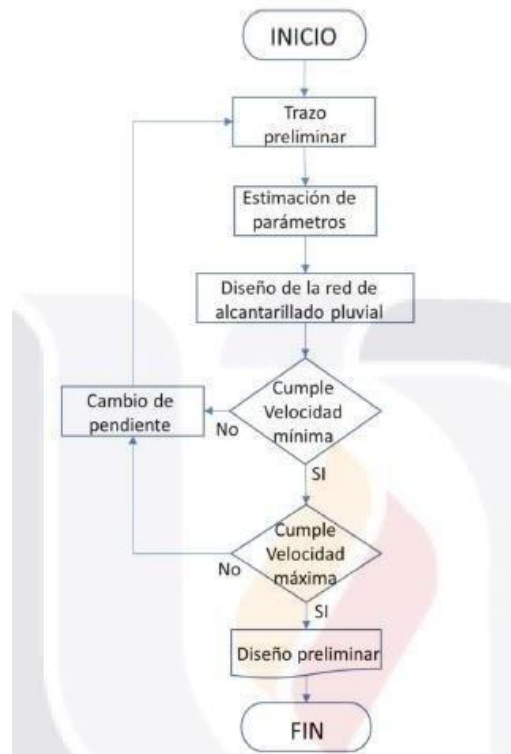


Ilustración 11 Diagrama general diseño preliminar-trazo preliminar [3]

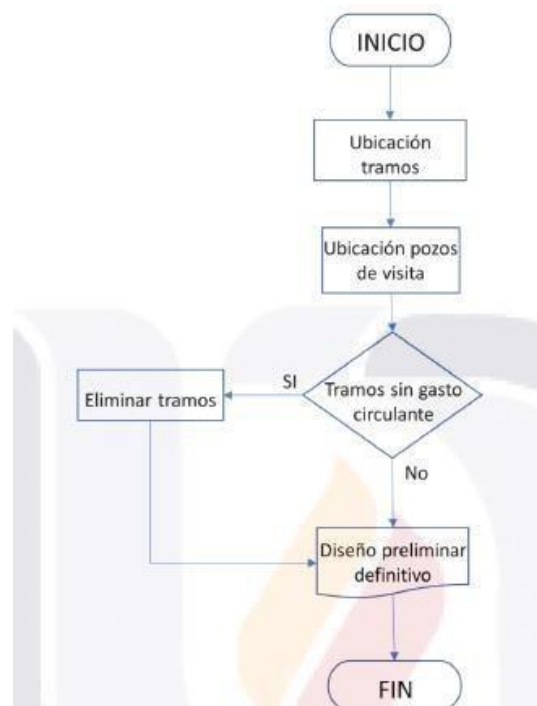


Ilustración 12 Diagrama general de la generación del trazo preliminar [3].

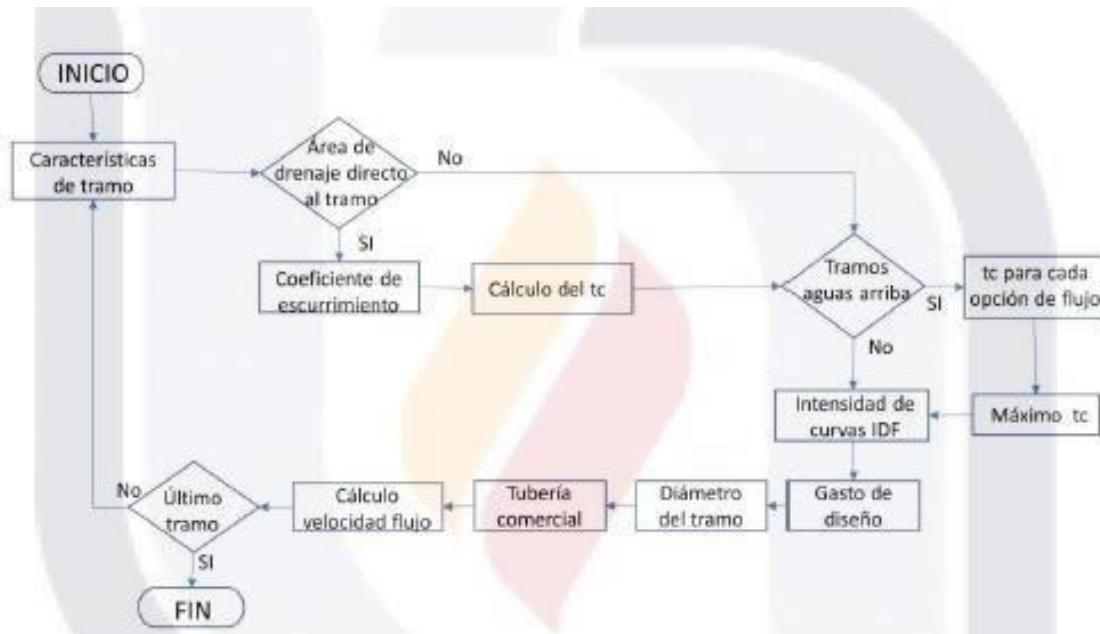


Ilustración 13 Diagrama general para el diseño de la red de alcantarillado pluvial [3].

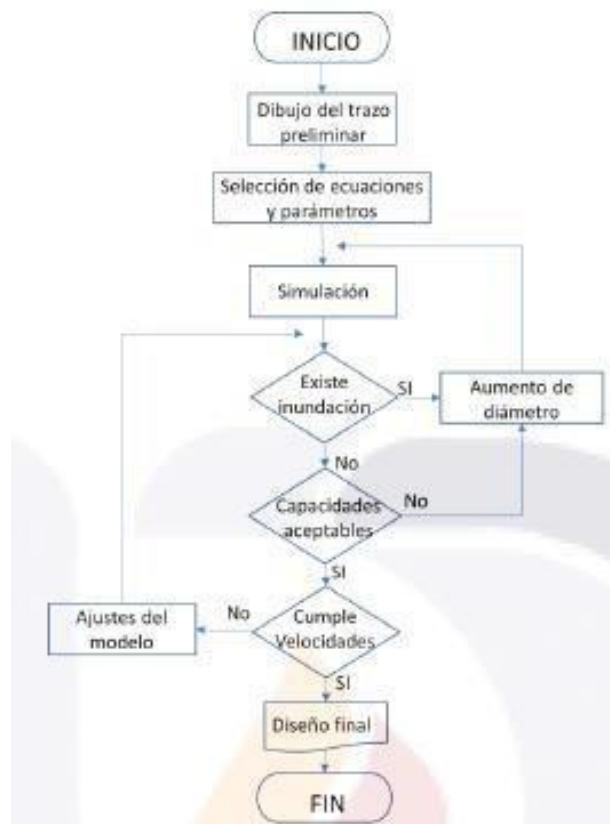


Ilustración 14 Diagrama general del diseño final [3].

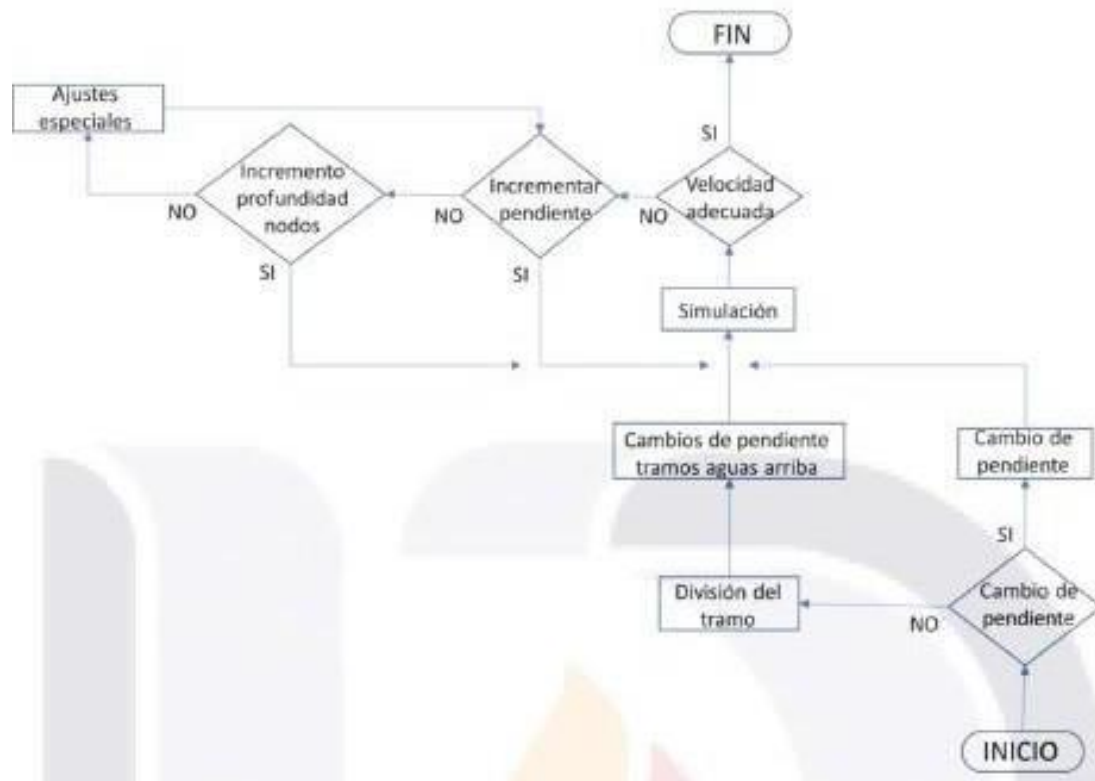


Ilustración 15 Diagrama general de ajustes del modelo [3].

Resultados y discusión

Título de Tesis	Hallazgos
<p>Yañez, «EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA.» Cajamarca, 2014.</p>	<p>Después de hacer el estudio hidrológico y más adelante saber la aptitud hidráulica de las construcciones que ya están (cunetas) en la Av. Angamos C – 9 de 1.35 m³/s y 0.246 m³/s; Av. Angamos C – 8 de 0.231 y Jr. Santa Rosa, se comprobó que estas calles incumplen con la aptitud hidráulica bastante para el caudal de interfaz de 0.289 m³/s para un tiempo de retorno de 2 años y de 0.374 m³/s para un tiempo de retorno 10 años que específica el reglamento nacional de edificaciones, por consiguiente dicen que el agua desbordará sobre la vereda; por lo cual se va a necesitar incrementar la aptitud así sea introduciendo cunetas o un colector suponiendo que las primeras no sean suficientes [9].</p>
<p>P. Rojas, Humpiri y Vladimir, «EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM» Puno, Perú, 2016.</p>	<p>El modelamiento consistió en modelar las secciones de los canales con los datos ya existentes en el expediente técnico y los estudios básicos con los datos elaborados por los estudiantes en ingeniería. Obteniendo un diseño que asegura el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, sin utilización de bombas porque las inundaciones ligeras impactarán mínimamente a su entorno. Por último, la funcionalidad del sistema del drenaje debe ser planteado mediante las condiciones de funcionamiento regido por la Norma GH – 010, Norma OS–060 del RNE y el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Juliaca [7].</p>

<p>C. Escudero y G. Perez, «ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO EN EL SECTOR PARCO CHICO, CIUDAD DE POMABAMBA, ÁNCASH - PERÚ» Áncash, 2019</p>	<p>Desde los resultados que se consiguieron es aceptable la conjetura específica que establece que “El examen hidrológico influye para el diseño del alcantarillado pluvial usando el programa Sewergems. Estos resultados guardan relación con lo sostenido por Rojas & Humpiri (2016), en el cual el examen llevado a cabo comparando los resultados de interfaz del expediente técnico por el procedimiento racional tiene algunas restricciones que el programa cubre para proveer un diseño más real; por consiguiente, el examen del accionar hidráulico para el diseño de alcantarillado pluvial con el programa sewergems nos dio los resultados de interfaz de las alcantarillas con un tiempo de retorno de 10 años y otro diseño con un tiempo de retorno de 25 años [4].</p>
<p>Abanto, «EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA» Cajamarca, 2017.</p>	<p>Los resultados por el Software SWMM han permitido establecer mapas donde uno de estos, el caudal es transportado sólo por las cunetas y el otro conduce el agua por las cunetas juntamente con las calzadas, siendo este último muy desfavorable para el recorrido peatonal, asimismo, se aportó un sistema de colectores para la escorrentía superficial debido a que presentaban una pendiente por encima del 3.5% muy distinto al de las calles transversales que sus declives eran mínimos, creando pequeños anegamientos [2].</p>
<p>A. Prieto, «PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL APLICADO AL CASO DE ESTUDIO EN LA COLONIA CUMBRES III DEL MUNICIPIO DE AGUASCALIENTES, UTILIZANDO EL SOFTWARE DE MODELACIÓN NUMÉRICA STORM WATER MANAGEMENT MODEL» Aguascalientes, 2018.</p>	<p>El desarrollo de este trabajo contempló el funcionamiento hidráulico, debido a la incorporación de valores variables de precipitación y de ejemplos de infiltración. Por lo que recomiendan que debe hacerse un estudio minucioso de los parámetros físicos para lograr una mejor evaluación del recorrido del agua [3].</p>

Conclusiones

- Se concluye que, para la elección de una tecnología de Software es necesario conocer las necesidades de la zona de estudio para utilizar correctamente el tipo de técnica que se requerirá para la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial y/o sanitario, solucionando temas de salubridad, contaminación y flujo peatonal y vehicular elevando la calidad y el nivel de vida de los habitantes.
- Se concluye, de realizar un proyecto de drenaje urbano pluvial, se ha de realizar distintas simulaciones con el software y escoger la que mejor se adecue a nuestro plan de evacuación de aguas pluviales.

Recomendaciones

- Se recomienda que en las zonas no urbanizadas se deben contar con un plan de urbanización completo de tal manera que no se genere construcciones improvisadas, al momento de producirse un evento pluvial.
- Se recomienda diseñar la disposición final de las aguas pluviales de modo que no contamine los ríos, mares, etc.; porque generalmente arrastran sedimentos con contaminantes químicos.
- Se sugiere ejercer un trabajo de operación y cuidado en los conductos primordiales puesto que la escorrentía va acompañada de sedimentos que son depositados en los mismos perjudicando de esta forma primordialmente su aptitud hidráulica; empleando personal del área, creando una fuente de empleo y educando a la vez a la gente, que directa e de forma indirecta son beneficiados
- Se sugiere que por tratarse de la creación de una utilidad metodológica que se haga más fácil la selección de tecnologías para el drenaje urbano, se tienen que hacer más fuerte con indagaciones orientadas esta rama de la ciencia.

Referencias

- [1] Y. Cordova, «iagua,» 12 diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/yoel-esleiter-cordova-elera/software-libre-instrumento-ingenieria-recursos-hidricos>. [Último acceso: 03 julio 2021].
- [2] C. Abanto, «EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA,» Cajamarca, 2017.
- [3] A. Prieto, «PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL APLICADO AL CASO DE ESTUDIO EN LA COLONIA CUMBRES III DEL MUNICIPIO DE AGUASCALIENTES AGUASCALIENTES, UTILIZANDO EL SOFTWARE DE MODELACIÓN NUMÉRICA STORM WATER MANAGEMENT MODEL,» Aguascalientes, 2018.
- [4] C. Escudero y G. Perez, «ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DEDRENAJE PLUVIAL URBANO EN EL SECTOR PARCO CHICO, CIUDAD DE POMABAMBA, ÁNCASH - PERÚ,» Áncash, 2019.
- [5] F. Montaña, «Selección de Tecnología para la Recolección y Transporte de Aguas Lluvias y AguasResiduales en Áreas Urbanas,» Santiago de Cali, Switch, 2011.
- [6] S. Méndez, «Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de laUrbanización San Emilio,» Quito, 2011.
- [7] P. Rojas, Humpiri y Vladimir, «EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMADE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM,» Puno, Perú, 2016.
- [8] J. Vásquez, «EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DELSECTOR FILA ALTA, PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA,» Jaén, Perú, 2019.
- [9] E. Yañez, «“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS YJR. SANTA ROSA,» Cajamarca, 2014.
- [10] N. T. O. 060, *DRENAJE PLUVIAL URBANO*, Perú.
- [11] MTC, *Minsterio de Transportes y Comunicaciones: Manual de carreteras, Diseño geométrico*, Perú, 2914.