

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**MODELADO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL  
DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE EL SOFTWARE SWMM  
PARA LA URBANIZACIÓN MONTERRICO DE LA  
CIUDAD JAÉN - CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor: Bach. Osmer Joel Zárate Rojas**

**Asesor: Ing. Juan Alberto Olano Guzmán**

**JAÉN – PERÚ, MARZO, 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**MODELADO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL  
DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE EL SOFTWARE SWMM  
PARA LA URBANIZACIÓN MONTEERRICO DE LA  
CIUDAD JAÉN - CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor: Bach. Osmer Joel Zárate Rojas**

**Asesor: Ing. Juan Alberto Olano Guzmán**

**JAÉN – PERÚ, MARZO, 2020**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo

N° 002-2018-SUNEDU/CD



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 09 de noviembre del año 2020, siendo las 18:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Edinson Viamney Llamgo Goicochea

Secretario: Dr. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

Vocal: Dr. Abelardo Hurtado Villanueva, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación
- ( **X** ) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

**“MODELADO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE EL SOFTWARE SWMM PARA LA URBANIZACIÓN MONTEERRICO DE LA CIUDAD DE JAÉN-CAJAMARCA”**, presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller: **Osmer Joel Zárate Rojas**, de

la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( **X** ) Aprobar      ( ) Desaprobar      ( **X** ) Unanimidad      ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( <b>17</b> ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )           |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 o menos | ( )           |

Siendo las 20:15 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

**COPYRIGHT©2020 by**  
**OSMER JOEL ZÁRATE ROJAS**  
**Todos los derechos reservados**

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>14</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
<b>3.1. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
<b>3.2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1. ASPECTOS GENERALES</b>	<b>18</b>
3.2.1.1. Cartografía	18
3.2.1.2. Topografía	18
3.2.1.3. Hidrología Urbana	18
3.2.1.4. Análisis Hidrológico	18
3.2.1.5. Ciclo Hidrológico	19
3.2.1.6. Cuenca Hidrológica	22
3.2.1.7. Características de la cuenca	22
3.2.1.8. Periodo de retorno	22
3.2.1.9. Tiempo de concentración	23
3.2.1.10. Intensidad, duración, frecuencia de precipitación (IDF)	24
3.2.1.11. Hidrograma	26
3.2.1.12. Hietograma de diseño	27
<b>3.2.2. SISTEMA DE DRENAJE URBANO</b>	<b>28</b>
3.2.2.1. Drenaje Urbano	28
3.2.2.2. Sistema de Drenaje Pluvial	28
3.2.2.3. Componentes de Drenaje Pluvial Urbano	29
3.2.2.4. Características del Drenaje pluvial Urbano	35
3.2.2.5. Fenómenos en los sistemas de drenaje urbano	36
3.2.2.6. Urbanización y drenaje.	36
<b>3.2.3. STROM WATER MANAGAMENT MODEL (SWMM)</b>	<b>39</b>
3.2.3.1. Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM)	39
3.2.3.2. Características del modelo hidrológico	40
3.2.3.3. Aplicaciones típicas de SWMM	41
3.2.3.4. Modelo conceptual utilizado por SWMM	42
3.2.3.5. Métodos de análisis del programa SWMM	44
3.2.3.6. Elementos de programa SWMM	46
3.2.3.7. Limitaciones del programa SWMM.	49
3.2.3.8. Pasos a seguir en la modelación.	50
<b>3.2.4. COMPARACIÓN DE LA SIMULACIÓN CON SWMM Y DEL CÁLCULO POR EL MÉTODO RACIONAL</b>	<b>52</b>
<b>3.3. ESTUDIO DEL CASO:</b>	<b>55</b>
3.3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	55
3.3.2. CLIMA DE LA ZONA.	55
3.3.3. TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA.	55
3.3.4. POBLACIÓN.	57
3.3.5. MUESTRA.	57
3.3.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
3.3.6.1. Según su afinidad	57
3.3.6.2. Según su alcance	57

3.3.6.3.	<i>Según su diseño.</i>	57
3.3.6.4.	<i>Según su enfoque.</i>	57
3.3.7.	<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	58
3.3.8.	<b>METODOLOGÍA</b>	58
3.3.8.1.	<i>Técnica e instrumento de recolección de datos.</i>	58
3.3.8.2.	<i>Trabajo de campo.</i>	58
3.3.8.3.	<i>Trabajo de gabinete.</i>	58
3.3.9.	<b>DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	59
3.3.9.1.	<i>Reconocimiento de campo.</i>	59
3.3.9.2.	<i>Delimitación y descripción de área de estudio</i>	59
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>60</b>
4.1.	<b>DATOS Y PARÁMETROS DE LA CUENCA</b>	<b>60</b>
4.2.	<b>DISEÑO Y MODELAMIENTO.</b>	<b>61</b>
4.2.1.	<i>Cálculo de la red de alcantarillado pluvial por el método racional</i>	61
4.2.2.	<i>Simulación de la red de alcantarillado pluvial mediante el software SWMM</i>	68
4.2.3.	<i>Cálculo del sistema de drenaje menor (cunetas)</i>	75
4.2.4.	<i>Diseño de rejillas y sumideros.</i>	82
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>83</b>
5.1.	<b>SELECCIÓN CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA Y ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE</b>	<b>83</b>
5.2.	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>87</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>95</b>
6.1.	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>95</b>
6.2.	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>98</b>
	<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>100</b>
	<b>DEDICATORIA</b>	<b>101</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### ITEM

	<i>Página</i>
<i>Tabla 1: Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF para un riesgo del 30% y Test de hipótesis de R para la Estación Jaén .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2: Tipos de buzones .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 3: Mínimos de Tuberías en Colectores de agua de lluvia.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4: Selección del Tipo de Tubería .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5: Coeficientes de rugosidad para cada tipo de material.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6: Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7: Características del suelo .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 8: Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 9: Calculo de la tormenta de diseño .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 10: Características de cuenca urbana de drenaje .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 11: Cotas de los buzones de inspección.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12: Coeficiente de escorrentía promedio por áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 13: Tubo PVC – U para alcantarillado y desagüe con empalme unión flexible (UF), especificaciones técnicas NTP-ISO4436 .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 14: Diseño de la red de alcantarillado pluvial utilizando el M. Racional vertiente n° 01 .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 15: Diseño de la red de alcantarillado pluvial utilizando el M. Racional vertiente n° 02 .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 16: Errores de Continuidad .....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 17: Cálculo Hidráulico .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 18: Resumen de Escorrentía en Subcuencas .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 19: Resumen de Nivel en Nudos.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 20: Resumen de Aportes en Nudos.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 21: Resumen de vertidos .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 22: Resumen de Caudal en Líneas .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 23: Resumen de Tipo de Flujo.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 16: Coeficiente de escorrentía .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 25: Diseño de cunetas sobre pavimento de concreto .....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 26: Diseño de canaletas sobre pavimento de concreto .....</i>	<i>81</i>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

### ITEM

	<i>Página</i>
<i>Imagen 1: Esquema del Ciclo Hidrológico.....</i>	<i>19</i>
<i>Imagen 2: Estimación periodo de retorno .....</i>	<i>23</i>
<i>Imagen 3: Componentes de un hidrograma de caudal durante un tormenta.....</i>	<i>25</i>
<i>Imagen 4: Componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta.....</i>	<i>26</i>
<i>Imagen 5: Hietograma de diseño para 2 horas, utilizando el método del bloque alterno.....</i>	<i>27</i>
<i>Imagen 6: Tipo de sumidero o Coladera Pluvial.....</i>	<i>29</i>
<i>Imagen 7: Diseño de buzón especial (final del tramo de alcantarilla.).....</i>	<i>31</i>
<i>Imagen 8: Hidrograma de urbanización .....</i>	<i>37</i>
<i>Imagen 9: Características del balance hídrico en una cuenca urbana.....</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 10: Diagrama de flujo del proceso en SWMM.....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 11: Ingreso de datos Pluviométricos al programa SWMM .....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 12: ingreso de datos característicos de las cuencas .....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 13: ingreso de datos en los conductos. ....</i>	<i>85</i>
<i>Imagen 14: ingreso de datos en los nodos o buzones.....</i>	<i>86</i>
<i>Imagen 15: Ingreso datos en los vertidos .....</i>	<i>86</i>
<i>Imagen 16: La red pluvial colapsado en SWMM.....</i>	<i>87</i>
<i>Imagen 17: Donde se colapsan los buzones en la vertiente n°01 y vertiente n°02:.....</i>	<i>88</i>
<i>Imagen 18: La red pluvial corregida en SWMM .....</i>	<i>89</i>
<i>Imagen 19: Perfil de lámina de agua en la vertiente N° 01.....</i>	<i>89</i>
<i>Imagen 20: Imagen: Perfil de lámina de agua en la vertiente N° 02.....</i>	<i>91</i>
<i>Imagen 21: Foto panorámica del sector Monterrico .....</i>	<i>103</i>
<i>Imagen 22: Levantamiento topográfico (Estación total y jalones).....</i>	<i>103</i>
<i>Imagen 23: Ubicación estratégica de los BMs, en las calles el sector Monterrico.....</i>	<i>103</i>



## RESUMEN

La investigación tiene como objetivo Modelar mediante el software SWMM el drenaje pluvial de la urbanización Monterrico de la ciudad de Jaén - Cajamarca. Estudio aplicado, descriptivo, no experimental con enfoque cuantitativo y cualitativo. Ante las intensas lluvias generadas por el Fenómeno del Niño, surge la necesidad de contar un sistema de drenaje pluvial optimizado considerando parámetros hidrológicos, topográficos y geológicos que intervienen dicho fenómeno , cumpliendo normas y reglamentaciones; para que puedan ser utilizados en el diseño hidráulico y modelado hidrológico – hidráulico de la red de drenaje pluvial, la cual nos permite tener una mejor percepción de los escurrimientos, mapas de inundación y garantizando el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en ambientes urbanos. Se emplea software profesional SWMM 5.0 para el cálculo y diseño óptimo de redes hidráulicas urbanas, este programa computacional posibilita obtener resultados, conclusiones y recomendaciones importantes que nos permiten ser calibrados y corroborados de manera racional para verificar la veracidad de los resultados y puedan ser utilizados posteriormente en proyectos e investigaciones que se desarrollarán en esta importante ciudad.

**Palabras clave:** Drenaje pluvial, Precipitación, modelado hidrológico e hidráulico, cálculo hidráulico, software SWMM.

## **ABSTRACT**

The objective of the research is to model the storm drainage of the Monterrico urbanization of the city of Jaén - Cajamarca using SWMM software. Applied, descriptive, non-experimental study with a quantitative approach. Given the heavy rains generated in the Monterrico - Jaén Urbanization, there is a need to have an optimized storm drainage system considering hydrological, topographic and geological parameters that intervene in said phenomenon, complying with norms and regulations; so that they can be used in the hydraulic design and hydrological-hydraulic modeling of the storm drain network, which allows us to have a better perception of runoff, flood maps and guaranteeing the operation of the storm drain system in urban environments. SWMM 5.0 professional software is used for the calculation and optimal design of urban hydraulic networks, this computer program makes it possible to obtain results, conclusions and important recommendations that allow us to be calibrated and corroborated in a rational way to verify the veracity of the results and can be used later in projects and research that will be developed in this important city.

**Key words:** Storm drainage, Precipitation, hydrological and hydraulic modeling, hydraulic calculation, SWMM software.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La tendencia de la población al desplazamiento desde zonas rurales hacia zonas urbanas. En la actualidad casi el 50 % de la población mundial vive en zonas urbanas, habiéndose incrementado más del 80 % en los últimos 20 años. El crecimiento de las ciudades exige notables inversiones en infraestructuras, siendo la mayoría de ellas utilizadas diariamente por el ciudadano. Este es el caso de las vías de comunicación, zonas verdes, centros hospitalarios, redes para el suministro de fluidos, etc. No obstante, el uso de estas infraestructuras y el normal desarrollo de la actividad ciudadana están, en ciertos momentos, condicionados por el incorrecto funcionamiento o mal diseño de otra infraestructura: la red de drenaje de aguas pluviales (Dolz & Gómez, 1994)

En el Perú, actualmente el 74.3% de la población es urbana y para el 2025 llegaremos al 81.48% (Según el INEI). Como se sabe, dicho flujo se inició poco antes de mediados del siglo XX, prosiguió fuertemente en las décadas del 50 y 60 y se intensificó en los años 70 y 80, llegando a tener una tasa de crecimiento anual de hasta un 5.1%. Esto tanto por efecto de la grave crisis económica de la época (agravada en el campo por una reforma agraria pésimamente concebida), como del fenómeno terrorista, que provocó el éxodo del capital económico y humano de la región. Lamentablemente, en nuestro país el inexorable fenómeno migratorio tuvo un resultado indeseable, pues se tradujo en el hipercentralismo de Lima, en desmedro de otras ciudades, que no tuvieron el poder de atracción que sí tuvo la capital. Ahora se busca revertir ese proceso a través de una descentralización que promueva nuevos polos de desarrollo económico (Granda Acha, 2013, pág. 19).

El desarrollo urbano ha ido alterando sustancialmente la hidrología de las cuencas donde se produce. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia-escorrentía. Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe y

por tanto se propicia la existencia de inundaciones. La transformación lluvia escorrentía es alterada como consecuencia del tradicional criterio presente en muchos procesos de urbanización: las aguas pluviales deben ser eliminadas lo más eficaz y rápido posible. Ello conlleva evitar la temporal retención superficial y la infiltración, así como incrementar la velocidad de circulación del agua hacia las partes más bajas de la cuenca. Esta dinámica da como resultado final el que las redes de drenaje de dichas partes bajas se vean sometidas a hidrogramas con mayor volumen (mayor coeficiente de escorrentía), mayor caudal punta y mayor brusquedad (menos tiempo entre el inicio de la lluvia y la presentación del caudal máximo, disminución del tiempo de concentración.) (Dolz & Gómez, 1994)

Se estima que en distintas partes del mundo los drenajes urbanos deficientes desde siempre han causado y siguen causando inundaciones generando pérdidas billonarias y daños a muchas instalaciones y viviendas en los últimos años, planteando cuestiones de seguridad y salud para los residentes; incluso estas inundaciones podrían servir como cultivo para los mosquitos, facilitando así la propagación de la malaria.

La evidencia, señala que, en Perú, que tal es la magnitud de estos eventos de las lluvias estacionales que solo hasta el 21 de febrero del año 2019 fueron declarados en estado de emergencia por peligro inminente ante el periodo de lluvias, 6 Departamentos, 37 Provincial y 130 Distritos del Perú (Decreto Supremo N°035-2019-PCM, 2019). Debido a falta de drenajes pluviales eficientes para evacuar grandes cantidades de agua de lluvias (Escudero Cueva & Perez Taype, 2019)

Del mismo modo, en el departamento de Cajamarca, también fueron afectadas por este último Niño Costero el Distrito de Choros (Provincia de Cutervo), Distrito de San Pablo (Provincia de San Pablo), Distrito de Chilete (Provincia de Contumazá), Distrito de San Felipe (Provincia de Jaén), Distrito de Llama (Provincia de Chota), Distrito de Namballe (Provincia de San Ignacio) y Distrito de Celendín (Provincia de Celendín.) Como se citó en (Rabanal Silva, 2018, pág. 1) . Esto debido a la precariedad de los sistemas de drenaje pluvial, falta de protección de las defensas ribereñas y eventuales fenómenos de la naturaleza.

Frente a esta problemática, una alternativa de solución es realizar drenajes pluviales mediante sistemas de alcantarillado, tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia. Está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles, avenidas, veredas, jardines. De este modo se mitiga y se evacua en sitios donde no provoquen daños o perjuicios a los habitantes de la ciudad.

Dado que la urbanización Monterrico, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento Cajamarca, no es ajena a los problemas descritos anteriormente, es que en ese sentido se propone dar un enfoque de forma cualitativa y cuantitativa para evaluar los riesgos de inundaciones urbanas basado en un modelo SWMM, un método de búsqueda de proyección, un el método ordinario de kriging , los datos de lluvia y la escorrentía observada para poder estimar el riesgo de inundación de los sistemas actuales de drenaje urbano (Zhu, Zhihe, Chen, & Peiying, 2015)

Es importante porque con la información recopilada y los resultados obtenidos; las instituciones encargadas de futuros proyectos en la zona, tendrán un mayor conocimiento y control de las zonas más inundables y el diseño de la infraestructura hidráulica del sistema de drenaje pluvial de la urbanización Monterrico, mejorando la calidad de vida de los habitantes.

Los resultados obtenidos de esta investigación beneficiarán a la Municipalidad Provincial de Jaén y a la población en general especialmente de la urbanización Monterrico, ya que de ellos dependen la ejecución de obras de drenaje pluvial, también podrán tener un mayor control de las zonas inundables de urbanización Monterrico, disminuir las pérdidas económicas y evitar la propagación de enfermedades debido a la presencia de aguas estancadas contaminadas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Modelar mediante el software SWMM el drenaje pluvial de la urbanización Monterrico de la ciudad de Jaén - Cajamarca.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Delimitar la cuenca urbana y sus parámetros geomorfológicos.
- Determinar caudales máximos y puntos críticos de inundación de la Urbanización Monterrico - Jaén
- Determinar los parámetros hidrológicos e hidráulicos para el sistema de drenaje pluvial de la urbanización Monterrico de la ciudad de Jaén - Cajamarca.
- Determinar las dimensiones de las estructuras del sistema drenaje pluvial de la urbanización Monterrico de la ciudad de Jaén - Cajamarca mediante el software SWMM.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ANTECEDENTES

Según (Escudero Cueva & Perez Taype, 2019) En su estudio cuyo objetivo fue analizar la hidrología para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, en el sector Parco Chico en la ciudad de Pomabamba, distrito y provincia de Pomabamba, en el departamento de Ancash., mencionando que no son necesarias las cunetas para ambos diseños debido a la viabilidad de la calzada, la variación que existe entre ellas son las medidas de los sumideros, teniendo que en el diseño de Tr 25 años la dimensión máxima es de 0.90x1.10x1.35 m la cual capta 43.22 l/s con una velocidad de 1.99 m/s, y en el Tr 10 años con un máximo de 0.85x1.10x1.35 m captando 34.00 l/s con una velocidad de 1.87 m/s; por ende se concluye; que a mayor caudal de escorrentía captado, las dimensiones de los sumideros deberán ser mayores, siendo que el análisis hidrológico influye en el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano.

Según (Colmenares & Salvador, 2019) Evalúa el “Diseño de la red de drenaje pluvial en los PP.JJ. Nuevo San Lorenzo y Santa Ana del Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque.”, concluyendo que la evacuación de las aguas pluviales será mediante el sistema de gravedad, para la cual se planteó el diseño de evacuación con cunetas debajo de las veredas, y las 7 calles colectoras una evacuación mediante tuberías; al final de cada tramo se planteó pozos colectores (Progreso, 22 de Febrero, Jorge Chávez, Las Mercedes, Santa Catalina, San Martín y Av. Cornejo); las calles mencionadas evacuarán finalmente las aguas pluviales hacia una cámara de bombeo de aguas residuales del pueblo joven Santa Ana.

Según (Jiménez Hernández, 2018, pág. 113) en su estudio “Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura”, donde entre sus conclusiones tiene que el diseño empleado permitirá que el agua de lluvia que ingrese a la Urb. El Chilcal, zona más baja de la cuenca del mismo nombre, no produzca inundación, esto se ha comprobado al realizarse el análisis de escorrentía interna después de su captación por medio de rejillas, presentando el sector más crítico

una altura del flujo de agua que transita por las calles de 20 cm, elevación que permitirá conservar las condiciones adecuadas de tránsito vehicular y peatonal.

Según (Rodríguez Anzola & Rodríguez DuarteE, 2014) en su tesis “Modelación y evaluación hidráulica del alcantarillado del municipio de Chocontá - Cundinamarca, mediante el uso del software EPA SWMM”, en el cual Se observó que la mayoría de tramos del alcantarillado cuentan con diseños que están obsoletos y cuyas dimensiones NO tienen la capacidad necesaria para suplir las necesidades del municipio. Además de esto se encontraron 21 tramos cuyos diámetros son inferiores al criterio técnico establecido para el diseño de alcantarillados pluviales y cuya recomendación es utilizar secciones mayores o iguales a 10 pulgadas de diámetro.

Según (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 200) realizó un estudio acerca “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM”, concluyendo que los estudios básicos de ingeniería en el expediente técnico han sido desarrollados con un sustento técnico deficiente. De acuerdo a los Estudios Básicos de Ingeniería realizados se ha dividido el proyecto en cuatro cuencas para el modelamiento hidrológico–hidráulico en el software SWMM para optimizar los parámetros hidráulicos que determina el diseño de las redes de drenaje. Sin embargo, para que el sistema de drenaje planteado sea funcional es primordial establecer condiciones de funcionamiento acorde a la Norma GH – 010, Norma OS–060 del RNE y el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Juliaca.

Según (Laguna Zárate, 2016, pág. C.1) en su estudio “Modelación hidrológica e hidráulica del agua pluvial en una zona urbana de la ciudad de San Luis Potosí”, concluye que un gran impacto es la disminución del tiempo de concentración en las cuencas, por lo que el tiempo de concentración disminuye a poco más de la mitad, provocando así que el agua de lluvia que fluye sobre cada subcuenca llegue al punto de interés en menos tiempo al que originalmente tardaba en llegar y, consecuentemente, se genera un aumento de gasto.

Así mismo (Lino Calle, 2011, pág. 24) realiza un diseño hidráulico de la red de alcantarillado pluvial, para la ciudadela San Lucas del Cantón Paján, donde concluye



que “las tuberías y cimentación, deben diseñarse de forma que no resulten dañadas por las cargas externas; debiendo tomar en cuenta el ancho y la profundidad de la zanja para el cálculo de dichas cargas”

También (Chávez Aguilar, 2006, pág. 95) realiza una simulación y optimización de un sistema de alcantarillado urbano para la ciudad de Tumbes, donde entre sus conclusiones es que para el tramo de red 238-320 las profundidades de instalación varían entre los 2 m y 7 m con diámetros generalmente menores a 1.20m, lo que hace viable la construcción de dicha red al tenerse caudales del orden de los 5 m<sup>3</sup>/s para el nivel de intensidad considerado.

Del mismo modo (Oré, Pedrique, & Venezia, s.f) en su investigación sobre “Evaluación y diseño de sistemas de drenaje urbano mediante el uso del modelo SWMM 5.0”, determinó que, para disminuir los efectos ocasionados por el evento de lluvia, se introducen al sistema de drenaje, sumideros de ventana, obteniendo la distribución más óptima de los sumideros y tuberías que conforman este nuevo sistema.

## **3.2. MARCO TEÓRICO**

### **3.2.1. ASPECTOS GENERALES**

#### **3.2.1.1. Cartografía**

La cartografía es una ciencia muy antigua cuyo fin es ofrecer una representación gráfica fiable del territorio; mostrar de forma reducida, sintética y esquemática una realidad compleja e incluso a veces difícilmente abarcable, y a través de ello obtener una mejor comprensión de los fenómenos de la Tierra, su localización, tamaño y distribución. A través de la consulta de un mapa, de un solo golpe de vista, podemos comprender mejores realidades que antes resultaban confusas e inconexas. Se trata por tanto de una poderosa herramienta de comunicación. (Rabanal Silva, 2018, pág. 5)

#### **3.2.1.2. Topografía**

La topografía es una ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana (geométricamente), mientras que para la geodesia no lo es. (Rabanal Silva, 2018)

#### **3.2.1.3. Hidrología Urbana**

La hidrología es la ciencia que se encarga de estudiar al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, cumple función esencial en el medio ambiente ya que sirve para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos y el diseño de obras infraestructura hidráulica.

La hidrología urbana estudia la gestión de aguas de la superficie analizando el efecto de una continua perturbación debido al impacto sobre el medio ambiente natural provocado por los procesos dinámicos de urbanización predominando las superficies casi impermeables y el relieve artificial de terreno.

#### **3.2.1.4. Análisis Hidrológico**

Este análisis es esencial para poder determinar los caudales máximos para ciertos periodos de retorno, la información pluviométrica es fundamental para

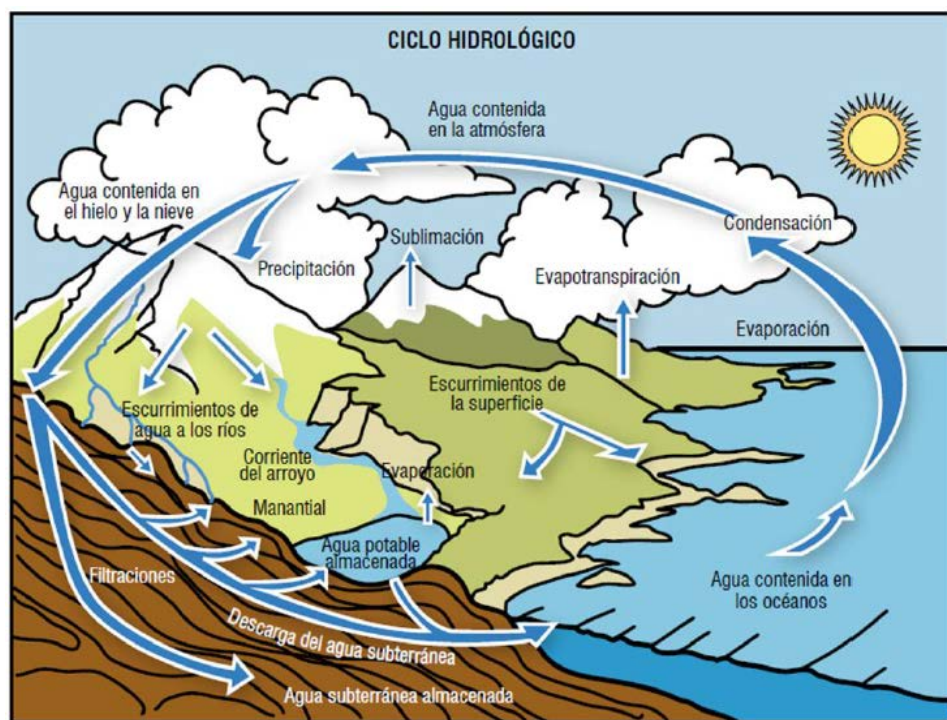
el análisis, se debe conocer las características de la superficie, la longitud y pendiente, en este procedimiento se determina su coeficiente de escurrentía y también el tiempo de concentración. (Escudero Cueva & Perez Taype, 2019, pág. 9)

### 3.2.1.5. Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es el proceso de circulación del agua que consta de varias fases: evaporación, condensación, precipitación e infiltración y escurrimiento. La secuencia de estos fenómenos es importantes debido que mantienen los niveles de vida estable y un ecosistema sano.

El agua de las lluvias es aprovechada por los seres vivos; otra discurrirá por el terreno hasta llegar a un río, un lago o el océano. A este fenómeno se le conoce como escurrentía. Otro porcentaje del agua se filtrará a través del suelo formando acuíferos o capas de agua subterránea, conocidas como capas freáticas. Este proceso es la infiltración. De la capa freática, a veces, el agua brota en la superficie en forma de fuente, formando arroyos o ríos. Tarde o temprano, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación.

**Imagen 1: Esquema del Ciclo Hidrológico**



**Fuente:** (Laguna Zárate, 2016)

Entre los principales componentes del ciclo hidrológico tenemos a continuación:

**a. Precipitación**

Como se citó en (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016) piensa y redacta lo siguiente:

Se llama precipitación a aquellos procesos mediante los cuales el agua cae de la atmósfera a la superficie de la tierra, en forma de lluvia (precipitación pluvial), nieve o granizo. La magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de drenaje parten del estudio de la precipitación para estimar los gastos de diseño que permiten dimensionar las obras de drenaje.

La medición de la precipitación se ha llevado a cabo, principalmente, con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos. Ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm), la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre los dispositivos de medición consiste que el primero mide la precipitación acumulada entre un cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente de 24 horas), y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de lluvia acumulada de acuerdo al tiempo, este último resulta más útil para el ingeniero encargado de diseñar las obras de drenaje. La ventaja de usar los registros de los pluviógrafos con respecto a los de los pluviómetros radica en que se pueden calcular intensidades máximas de lluvia para duraciones predeterminadas, que posteriormente pueden ser transformadas a gastos de diseño para estructuras de drenaje. (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 27)

**b. Escurrimiento**

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre, una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada- sigue diversos caminos

hasta llegar a la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo. (Aparicio Mijares, 1987, pág. 27)

(Villón Bejar, 2002, pág. 136) hace mención a las tres clases de escurrimiento:

**Escurrecimiento superficial:** Es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento total es inmediato, y existirá durante la tormenta inmediatamente después de que esta termine.

**Escurrecimiento subsuperficial:** Es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el escurrimiento total, puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que al escurrimiento superficial, en caso contrario, como escurrimiento subterráneo.

**Escurrecimiento subterráneo:** Es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado.

### c. Evaporación

(Ordoñez Gálvez, 2011) Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. La evaporación puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible. También se requiere que la humedad de la atmósfera ser menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación más).

El proceso de evaporación requiere grandes cantidades de energía. Por ejemplo, la evaporación de un gramo de agua a una temperatura de 100 ° Celsius requiere 540 calorías de energía de calor (600 calorías a 0 °C).

### d. Transpiración

“Es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas, naturalmente, del suelo.” (Aparicio Mijares, 1987, pág. 47)

### e. Infiltración

“La infiltración es el fenómeno por el cual el agua de lluvia penetra la superficie del terreno de los suelos no saturados de las áreas permeables de la cuenca” (López Jiménez, 2016, pág. 47)

#### 3.2.1.6. Cuenca Hidrológica

(Aparicio Mijares, 1987) define a la cuenca de la siguiente manera:

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. (p.19)

#### 3.2.1.7. Características de la cuenca

**Topográficas:** tamaño, forma, pendiente, elevación, red de drenaje, ubicación general, uso y cubiertas de la tierra, lagos y otros cuerpos de agua, drenaje artificial, orientación, canales (tamaño, sección transversal, pendiente, rugosidad, longitud).

**Geológicas:** tipo de suelo, permeabilidad, formación de aguas freáticas, estratificación.

#### 3.2.1.8. Periodo de retorno

El gasto de proyecto es el evento máximo de escurrimiento contra cuyos efectos deben evitarse los daños e inconvenientes a que se refieren los objetivos. Por motivo de facilidad, se expresa el evento máximo señalado por su período de retorno, es decir, el número promedio de años que transcurren entre la ocurrencia de dos eventos iguales. Por ejemplo, si se acepta a título ilustrativo como evento máximo el correspondiente a un período de retorno de 25 años y que, en consecuencia, cualquier otro evento con una frecuencia menor o sea un período mayor de retorno, sí podrá causar daños e inconvenientes.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

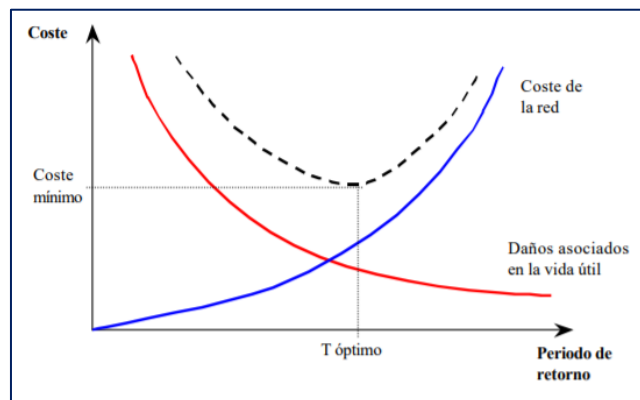
Donde:

R: riesgo de falla admisible

T: periodo de retorno

n: número de años de vida útil

**Imagen 2: Estimación periodo de retorno**



**Fuente:** (Gómez, 2007, pág. 20)

### 3.2.1.9. Tiempo de concentración

Se deduce como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca aporten agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida o punto de cierre. En otras palabras, es el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida.

Así tenemos la fórmula de KIRPICH, para medir el tiempo de concentración. Según (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2012, pág. 52):

$$T_c = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Dónde:

$T_c$  = tiempo de concentración (min)

L = longitud máxima a la salida (m)

S = pendiente media del lecho (m/m)

Así tenemos la fórmula de DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (DGC), para medir el tiempo de concentración:

$$T_c = 0.3 * \left( \frac{L}{J^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

$T_c$  = tiempo de concentración (horas)

J = pendiente media del cauce principal (H/L)

H = diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m)

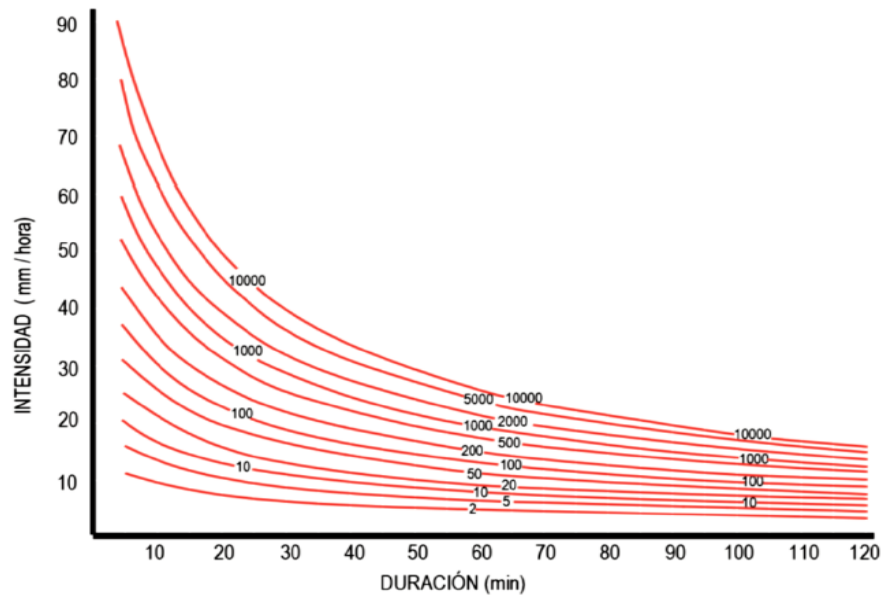
L = longitud del cauce principal (km)

### **3.2.1.10. Intensidad, duración, frecuencia de precipitación (IDF)**

Una manera de resumir y caracterizar el comportamiento de las precipitaciones es mediante las relaciones entre sus propiedades, en particular entre Duración, Intensidad y Frecuencia. Estas relaciones además son muy útiles para ser usadas en el diseño hidráulico de las obras de drenaje urbano. Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia y son útiles para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente de cuencas pequeñas esencialmente impermeables, en función de la lluvia caída. Estas curvas tienen usualmente una forma de tipo exponencial, donde la intensidad, para una misma frecuencia, disminuye a medida que aumenta la duración de la precipitación. Es corriente incorporar en el mismo gráfico las curvas asociadas a diferentes frecuencias, en forma paramétrica, para obtener la familia de curvas de un lugar en un mismo gráfico. (Yañez Portal, 2014, pág. 36)



**Imagen 3: Componentes de un hidrograma de caudal durante un tormenta**



**Fuente:** (Yañez Portal, 2014, pág. 36)

Los sistemas de drenaje mayor y menor instalados en centros urbanos deberán tener la capacidad suficiente para prevenir inundaciones por lluvias de poca frecuencia. En las consideraciones básicas de diseño, los caudales para sistema mayor deberán ser calculados por los métodos del Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación y el Método Racional sólo deberá aplicarse para cuencas menores de 13 Km<sup>2</sup>.

El período de retorno no debe ser menor de 25 años. Y el caudal que o pueda ser absorbido por el sistema menor, deberá fluir por calles y superficie del terreno.

**Tabla 1: Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF para un riesgo del 30% y Test de hipótesis de R para la Estación Jaén**

TABLA N°38: Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF para un riesgo del 30% y Test de de R para la Estación Jaén.

J %	N	ECUACIÓN	R <sup>2</sup>	t <sub>c</sub>	t <sub>t</sub>
30	5	y = 164.42 * x <sup>-0.591</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9403	0.082	1.706
	10	y = 203.87 * x <sup>-0.595</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9403	0.082	1.706
	15	y = 226.96 * x <sup>-0.597</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9402	0.082	1.706
	20	y = 243.36 * x <sup>-0.599</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9402	0.082	1.706
	30	y = 266.47 * x <sup>-0.600</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9402	0.082	1.706
	40	y = 282.87 * x <sup>-0.601</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9402	0.082	1.706
	50	y = 295.60 * x <sup>-0.601</sup>	R <sup>2</sup> = 0.9402	0.082	1.706

60	$y = 305.99 * x^{-0.602}$	$R^2 = 0.9402$	0.082	1.706
70	$y = 314.79 * x^{-0.602}$	$R^2 = 0.9402$	0.082	1.706
75	$y = 318.72 * x^{-0.602}$	$R^2 = 0.9402$	0.082	1.706
80	$y = 322.40 * x^{-0.603}$	$R^2 = 0.9402$	0.082	1.706
90	$y = 329.12 * x^{-0.603}$	$R^2 = 0.9402$	0.082	1.706
100	$y = 335.13 * x^{-0.603}$	$R^2 = 0.9402$	0.082	1.706

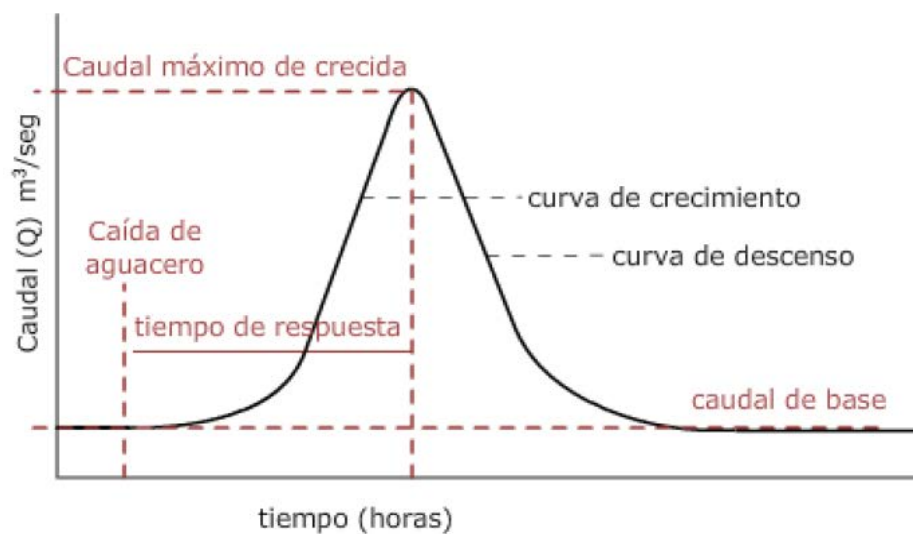
**Fuente:** (Avila Vásquez, 2017, pág. 134)

Donde y, será la intensidad a determinar en función de x (duración en minutos).  
Se verifico  $t_c < t_t$  , indicando variables bien correlacionadas, aceptando  
HA:  $R \neq 0$ .

### 3.2.1.11. Hidrograma

Un hidrograma de escorrentía o caudal es una representación gráfica o tabular, que muestra los cambios de flujo en función del tiempo en un lugar dado de una comente o cauce. En consecuencia, el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca en particular. Como se citó en (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 30)

**Imagen 4: Componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta**

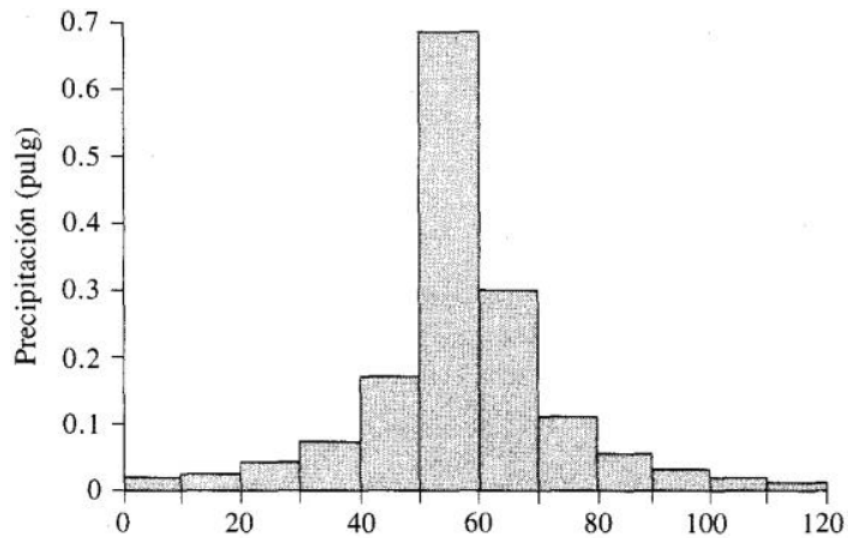


**Fuente:** (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 30)

### 3.2.1.12. Hietograma de diseño

Es la distribución en el tiempo de lluvia total caída durante un intervalo es un factor primordial en la determinación del escurrimiento de respuesta de la cuenca, debe ser considerado al caracterizar una tormenta. Es un gráfico o una tabla de datos sistematizados, que muestra la precipitación o la intensidad de la lluvia en cada intervalo en función del tiempo.

**Imagen 5: Hietograma de diseño para 2 horas, utilizando el método del bloque alterno**



**Fuente:** (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 31)

En los métodos de diseño en hidrología desarrollados hace muchos años, tal como el método racional, sólo se utilizaba el caudal pico. No existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución del caudal (el hidrograma de caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (el hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables del hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño. Como se citó en (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 31)

### **3.2.2. SISTEMA DE DRENAJE URBANO**

#### **3.2.2.1. Drenaje Urbano**

Como se citó en (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016) que menciona lo siguiente:

Se entiende por sistema de drenaje urbano un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana; es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos. (p.32)

Las ciudades son las obras del hombre que modifican las cuencas naturales generando cambios en el uso del suelo afectando principalmente el proceso del ciclo hidrológico, el balance hídrico en general, y la calidad de las aguas y la impermeabilización de los suelos propia del desarrollo urbano originando mayor de escorrentía directa superficial.

El estudio y diseño de drenaje urbano requiere de un análisis detallado de tres fenómenos de carácter hidrológico - hidráulico: Caracterizar la precipitación para el proyecto, transformación de precipitación en escorrentía superficial a fin de obtener los hidrogramas de entrada en la red de drenaje (colectores) y la propagación de estos hidrogramas por la red.

#### **3.2.2.2. Sistema de Drenaje Pluvial**


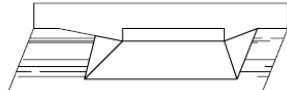
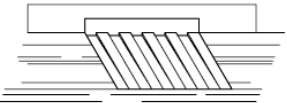

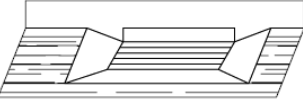
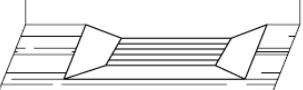
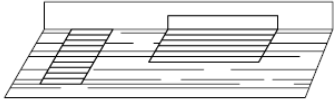
Se entiende por Sistema de drenaje de una urbanización, aquel conjunto de obras (sumideros, colectores, canales, etc.), cuya función es interceptar y conducir hacia un sitio de disposición previamente seleccionado las aguas de origen pluvial, de modo que ellas no causen u originen problemas de inundación en la urbanización. El drenaje dentro del proyecto integral de una urbanización, ocupa un lugar de primordial importancia en razón de su alto costo y de que es un factor condicionante de primer orden para los proyectos de vialidad y de la topografía modificada; de allí la importancia que tiene el que el ingeniero hidráulico realice un buen proyecto y disponga de toda la información básica necesaria. Como se citó en (Yañez Portal, 2014, pág. 18)

### 3.2.2.3. Componentes de Drenaje Pluvial Urbano

Según (Lino Calle, 2011) los componentes principales de un sistema de drenaje pluvial son los siguientes:

- A. **Estructuras de captación:** Recolectan las aguas a transportar; en los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En los sumideros (ubicados convenientemente en sitios bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales. (pág.20)

**Imagen 6: Tipo de sumidero o Coladera Pluvial**

	De banqueta
	De banqueta deprimida
	De banqueta con canalizaciones
	De piso y banqueta
	De piso y baqueta deprimida
	De piso deprimida
	Transversal combinada con una de piso y Banqueta

**Fuente:** (Elaboración propia)

Los buzones son aquellas cámaras que se ubican en el trazo de los ramales colectores, destinada a la inspección y mantenimiento del mismo. Puede formar parte de la conexión domiciliar de alcantarillado, se construirán en los siguientes casos: Al inicio de los tramos de arranque del ramal colector de aguas residuales, en el cambio de dirección del ramal colector de aguas residuales. en un cambio de pendiente de los ramales colectores, en lugares donde se requieran por razones de inspección y limpieza. (Lino Calle, 2011)

Los buzones de inspección se usarán cuando la profundidad sea mayor de 1.0 m sobre la clave de la tubería. El diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1.50 m para las tuberías de hasta 1200 mm. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro.

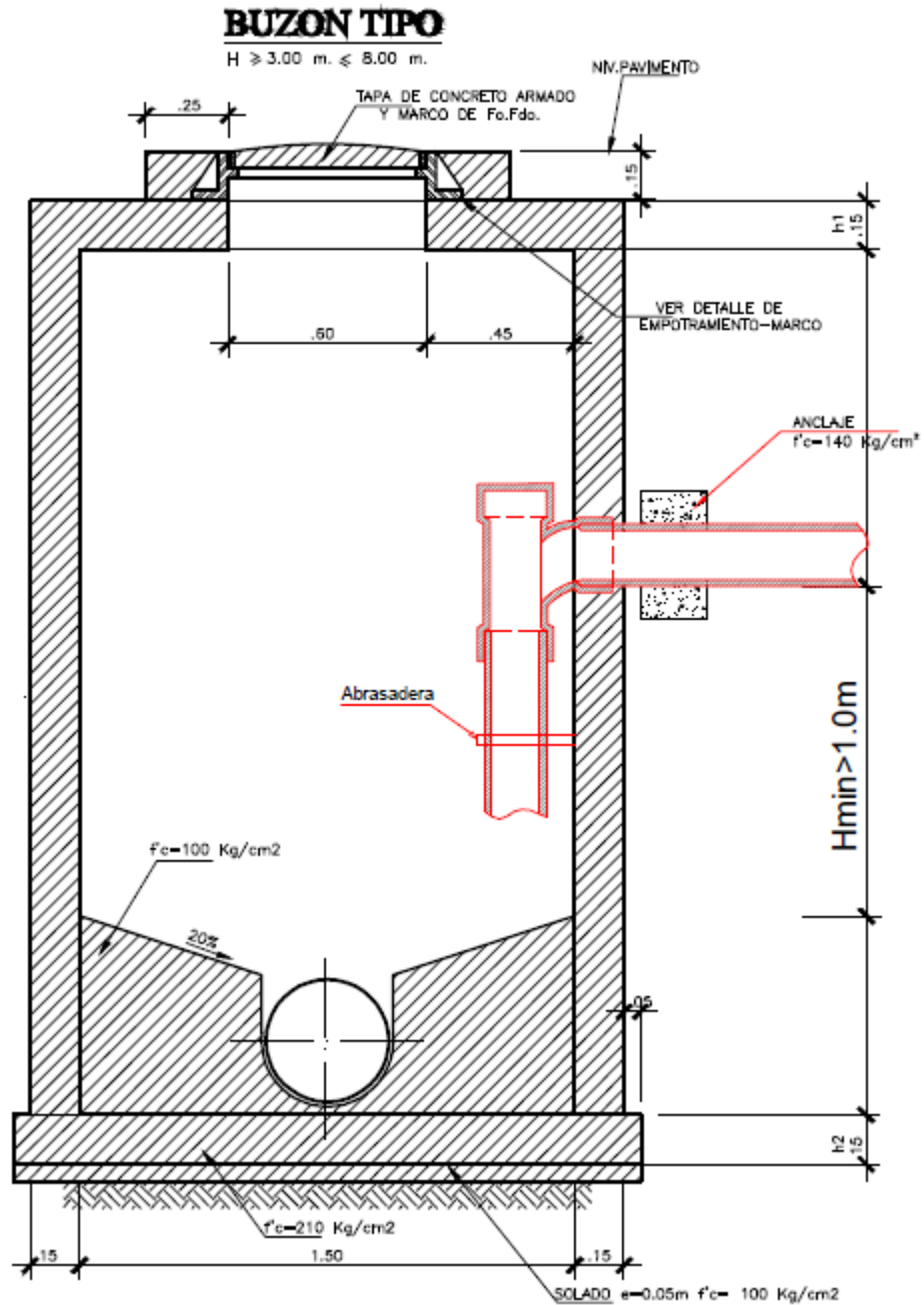
En las cámaras de inspección y buzones en que las tuberías no lleguen al mismo nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la altura de descarga o caída con respecto al fondo de la cámara sea mayor de 1 m.

**Tabla 2: Tipos de buzones**

<b>Tipo (mts)</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Diámetro interior del buzón (mts)</b>	<b>Diámetro de la tubería (mts)</b>
<b>I</b>	Hasta 3.00 m	1.20	Hasta 600 (24")
	De 3.01 a más	1.50	Hasta 600 (24")
<b>II</b>	Hasta 3.00 m	1.20	De 650 a 1200 (26" a 48")
	De 3.01 a más	1.50	De 650 a 1200 (26" a 48")
<b>III</b>	Todos	1.50	De 1300 a mayor (52")

**Fuente:** como se citó en (Chura Andía, 2015, pág. 43)

Imagen 7: Diseño de buzón especial (final del tramo de alcantarilla.)



Fuente: (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 75)

**B. Estructuras de conducción:** Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia lugares de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente. (Lino Calle, 2011, pág. 20)

La cuneta es una estructura hidráulica con características de concreto, descubierta, estrecha y de sentido longitudinal para el transporte de aguas pluviales, situada en la parte extrema de la calzada. Al acopiar el agua se destina hacia un lugar donde no genere inconvenientes, estos canales evitan que se inunde la vía de circulación. Otro tipo de cuneta es la cuneta medianera conocida también como mediana hundida, está ubicada en la parte central de una carretera de dos vías (ida y vuelta) y cuyo nivel está por debajo del nivel de la superficie de rodadura de la carretera.

Según Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano del (RNE, 2006) el diseño de las tuberías a ser utilizadas en los colectores pluviales se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones.

### **B.1 Ubicación y Alineamiento**

Para el drenaje de la plataforma se deberá evitar la instalación de colectores bajo las calzadas y bermas. Sin embargo, cuando la ubicación bajo la calzada es inevitable, deberá considerarse la instalación de registros provistos de accesos ubicados fuera de los límites determinados por las bermas.

### **B.2 Diámetro de los Tubos**

**Tabla 3: Mínimos de Tuberías en Colectores de agua de lluvia**

<b>Tipo de Colector</b>	<b>Diámetro Mínimo (m)</b>
Colector Troncal	0.50
Lateral Troncal	0.40*
Conductor Lateral	0.40**

**Fuente:** (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 54)

\*En instalaciones ubicadas parcial o totalmente bajo la calzada se aumentarán en diámetros a 0,50 m por lo menos.

\*\*Los diámetros máximos de las tuberías están limitadas según el material con el que son fabricados.

### **B.3 Resistencia**

Las tuberías utilizadas en colectores de aguas pluviales deberán cumplir con las especificaciones a las Normas Técnicas Peruanas NTP vigentes



o a las normas ASTM, AWWA o DIN, según el país de procedencia de las tuberías empleadas.

#### **B.4 Selección del Tipo de Tubería**

Se tendrán en cuenta las consideraciones especificadas en las Normas Técnicas Peruanas vigentes.

**Tabla 4: Selección del Tipo de Tubería**

<b>Asbesto Cemento.</b>	Concreto Armado Centrifugado
<b>Hierro Fundido Dúctil.</b>	Concreto Pretensado Centrifugado
<b>Poli (cloruro de vinilo) (PVC).</b>	Concreto Armado vibrado con recubrimiento interior de polietileno PVC.
<b>Poliéster reforzado con fibra de vidrio GRP</b>	Arcilla Vitrificada

**Fuente:** (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 56)

#### **B.5 Altura de relleno**

La profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1.00 m. Serán aplicables las recomendaciones establecidas en la Normas Técnicas Peruanas NTP o las establecidas en las normas ASTM o DIN.

#### **B.6 Diseño hidráulico**

En el diseño hidráulico de los colectores de agua de lluvia, se podrán utilizar los criterios de diseño de conductos cerrados.

**Tabla 5: Coeficientes de rugosidad para cada tipo de material**

<b>Tubería</b>	<b>Coefficiente de Rugosidad "n" de Manning</b>
Asbesto Cemento	0.010
Hierro Fundido Dúctil	0.010
Cloruro de Polivinilo	0.010
Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla Vitrificada	0.010

**Fuente:** (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 57)

### B.7 Velocidad mínima

La velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo las aguas a tubo lleno es requerida para evitar la sedimentación de las partículas que como las arenas y gravas acarrea el agua de lluvia.

### B.8 Velocidad máxima

La velocidad máxima en los colectores con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión es función del material del que están hechas las tuberías y no deberá exceder los valores indicados a fin de evitar la erosión de las paredes.

**Tabla 6: Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)**

Material de la Tubería	Agua con fragmentos de Arena y Grava	
Asbesto Cemento	3.0	
Hierro Fundido Dúctil	3.0	
Cloruro de Polivinilo	6.0	
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.0	
Arcilla Vitrificada	3.5	
	140 Kg/cm <sup>2</sup>	2.0
	210 Kg/cm <sup>2</sup>	3.3
Concreto Armado de:	250 Kg/cm <sup>2</sup>	4.0
	280 Kg/cm <sup>2</sup>	4.3
	315 Kg/cm <sup>2</sup>	5.0
Concreto Armado de curado al vapor	> 280 Kg/cm <sup>2</sup>	6.6

**Fuente:** (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006, pág. 59)

### B.9 Pendiente mínima

Las pendientes mínimas de diseño de acuerdo a los diámetros, serán aquellas que satisfagan la velocidad mínima de 0,90 m/s fluyendo a tubo lleno. Por este propósito, la pendiente de la tubería algunas veces incrementa en exceso la pendiente de la superficie del terreno.

**C. Estructuras de conexión y mantenimiento:** describe (Lino Calle, 2011) que, facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio

suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos. Tales estructuras son conocidas como pozos de visita.

- D. Estructuras de descarga:** Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.
- E. Disposición final:** La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido.

#### **3.2.2.4. Características del Drenaje pluvial Urbano**

El diseño de la red implica en forma general, la determinación de la geometría de la red, incluyendo el perfil y trazo en planta, los cálculos para el diámetro y las pendientes de cada tramo y la magnitud de las caídas necesarias en los pozos. La definición de la geometría de la red se inicia con la ubicación de los posibles sitios de descarga, el trazo de colectores y atarjeas. Para ello, se siguen normas de carácter práctico, basándose en la topografía de la zona y el trazo urbano de la localidad, se aplican las reglas siguientes:

Los colectores de mayor diámetro se ubican en las calles más bajas para facilitar el drenaje de las zonas altas con atarjeas o colectores de menor diámetro.

El trazo de los colectores y las atarjeas se ubica sobre el eje central de las calles, evitando su cruce con edificaciones. Su trazo debe ser lo más recto posible procurando que no existan curvas. Cuando la calle sea amplia, se pueden disponer dos atarjeas, una a cada lado de la calle.

- ✓ La red de alcantarillado debe trazarse buscando el camino más corto al sitio de vertido.

- ✓ Las conducciones serán por gravedad. Se tratará de evitar las conducciones con bombeo.

### **3.2.2.5. Fenómenos en los sistemas de drenaje urbano**

#### **A. Crecidas**

Las crecidas son eventos hidrológicos que se producen con el paso de un determinado tiempo. (Granda Acha, 2013) lo define como “la elevación temporal del nivel del agua en zonas adyacentes al cauce y depende de las características climatológicas y físicas de la cuenca hidrográfica”.

El tiempo máximo posible de la crecida, a partir de la ocurrencia de la precipitación, depende de factores hidrológicos que dependen de las características de la cuenca, historia y su riesgo mientras que los factores hidráulicos se encuentran la relación al tipo de flujo y el cauce. Este tipo de evento es bastante perjudicial debido que la ubicación territorial ha sido de manera desordenada sin seguir un plan de desarrollo urbano territorial.

#### **B. Inundaciones**

Es la ocupación de agua en zonas que se encuentran habitualmente secas generadas debido a precipitaciones intensas y la falta de capacidad infiltración de los suelos, el incremento de volúmenes de agua en el sistema de drenaje lo hace colapsar. Este volumen que no puede ser drenado genera la inundación. Estos fenómenos ocurren de manera aleatoria en función a los cambios climáticos de cada zona.

Los principales problemas de inundación en las calles se producen debido a un sistema de drenaje superficial insuficiente, la obstrucción de las obras de captación, los caudales procedentes de ríos que se desbordan y el agua sobresale de las bocas de visita (bocas de inspección) por flujo a presión.

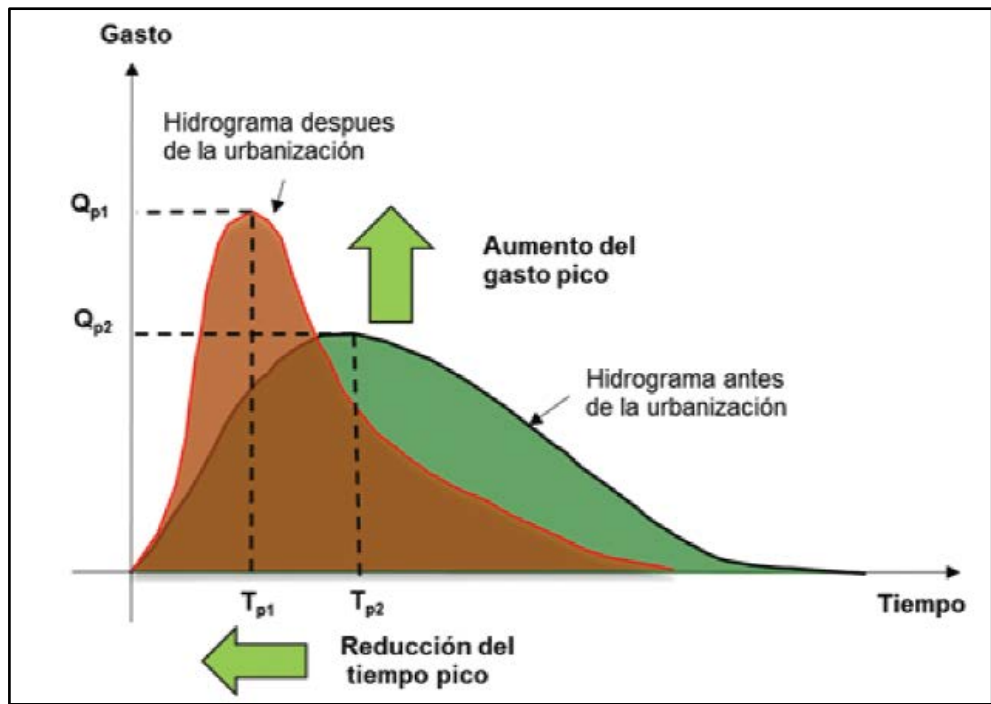
### **3.2.2.6. Urbanización y drenaje.**

#### **A. Proceso de urbanización**

La urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia. Esta dinámica afecta a la hidrología de la cuenca y muy especialmente a las zonas situadas aguas abajo. La urbanización aguas arriba

modifica el hidrograma que reciben esas zonas, de forma que se incrementa el volumen de escorrentía y el caudal máximo. (López Jiménez, 2016)

**Imagen 8: Hidrograma de urbanización**



**Fuente:** (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Coordinación de Hidráulica), pág. 16)

La concentración urbana en las ciudades, y sus años, han puesto en evidencia los efectos de la alteración significativa del medio ambiente y la hidrología natural. En las ciudades en las que la planificación hidráulica no se ha anticipado a estos problemas, las evidente, hasta tal punto que provocan daños por inundaciones incluso para lluvias habituales. (Rodríguez Sánchez, 2013, pág. 12)

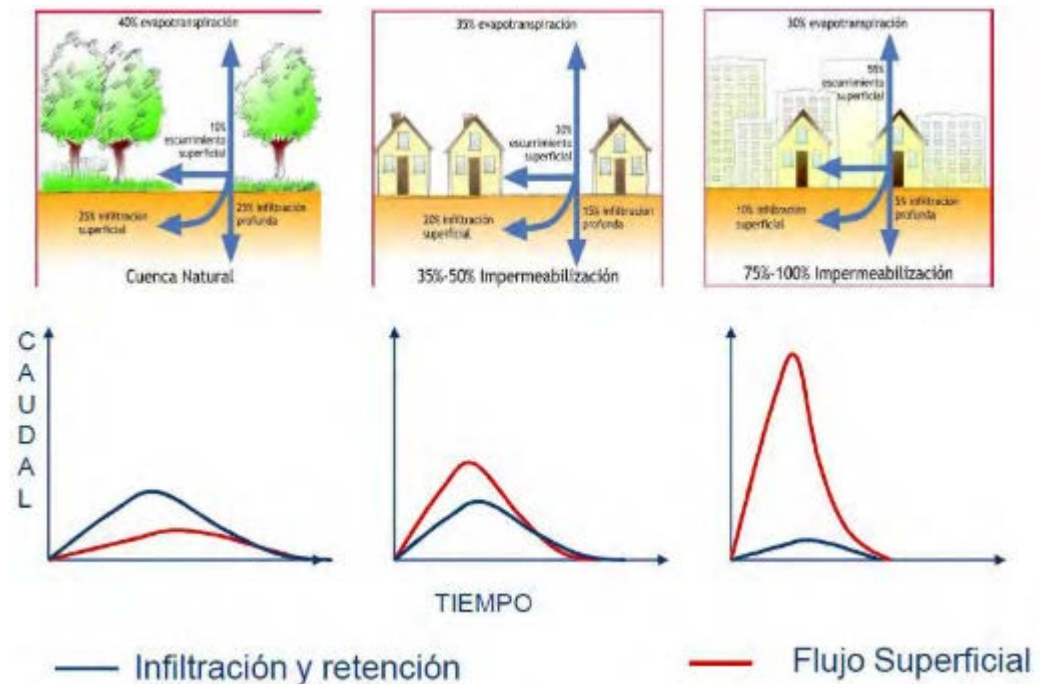
## **B. Incidencia de urbanización en el ciclo hidrológico.**

La urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia. La urbanización conlleva la alteración de las redes de drenaje natural (construcción de colectores y encauzamientos que aumentan la velocidad del agua acalla aguas debajo de la cuenca) y un incremento de las

zonas impermeables en superficie además con materiales menos rugosos, todo ello con el criterio de drenar lo más eficiente y rápido posible el área urbanizada. Esta dinámica afecta a la hidrología de la cuenca y muy especialmente a las zonas situadas aguas abajo. La urbanización aguas arriba modifica el hidrograma que reciben esas zonas, de forma que se incrementa el volumen de escorrentía y el caudal máximo (Rodríguez Sánchez, 2013, pág. 32).

la siguiente figura representa el efecto sobre las variables del ciclo hidrológico debido al incremento de la población, de tal manera crece la urbanización. El hidrograma de una cuenca natural es aquél resultante de la urbanización

**Imagen 9: Características del balance hídrico en una cuenca urbana**



**Fuente:** (Granda Acha, 2013, pág. 11)

Con la urbanización su ciclo hidrológico de una cuenca es muy distinto, ya que debido el suelo se vuelve impermeable y las precipitaciones llegan al suelo y se produce un rápido escurrimiento arrastrando toda la suciedad almacenada directamente al río o mar para volver a empezar el ciclo, olvidando la infiltración al terreno y los beneficios derivados de la evaporación en la zona. (Granda Acha, 2013)

### **3.2.3. STROM WATER MANAGAMENT MODEL (SWMM)**

#### **3.2.3.1. Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM)**

(Laguna Zárate, 2016) afirma:

El SWMM es una herramienta que permite visualizar el comportamiento de las cuencas urbanas y de las redes de alcantarillado durante un evento de lluvia, frente a enfoques tradicionales que no permite una visión real de lo sucede cuando llueve y que por tanto permite simular redes de alcantarillado de gran tamaño, no tiene límite de nodos o tramos. Es un modelo de simulación de precipitaciones, que se pueden utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido.

El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad de agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía. El módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores.

Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y calidad del agua de escorrentía de la cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

SWMM 5 proporciona un entorno integrado que permite introducir datos de entrada para el área de drenaje, simular el comportamiento hidráulico, estimar la calidad del agua y ver todos estos resultados en una gran variedad de formatos.

Entre estos, se pueden incluir mapas de contorno o isolíneas para el área de drenaje, gráficos y tablas de evolución a lo largo del tiempo, diagramas de perfil y análisis estadísticos de frecuencia.

La última versión ha sido realizada por la National Risk Management Research Laboratory de Estados Unidos, perteneciente a la agencia para la protección del medio ambiente, contándose con la colaboración de la consultoría CDM.

### **3.2.3.2. Características del modelo hidrológico**

En su trabajo de investigación (Granda Acha, 2013) menciona lo siguiente:

SWMM considera distintos procesos hidrológicos que se producen en la salida de las aguas urbanas. Entre los que se encuentran:

- Precipitaciones variables en el tiempo.
- Evaporación de las aguas superficiales estancadas.
- Acumulación y deshielo de nieve.
- Intercepción de precipitaciones por almacenamiento en depresiones.
- Infiltración de las precipitaciones en capas del suelo no saturadas.
- Entrada del agua de la infiltración en acuíferos.
- Intercambio de flujo entre los acuíferos y el sistema de transporte.
- Modelo de depósitos no lineales para flujo superficial.

La variabilidad espacial en todos estos procesos se alcanza dividiendo una determinada área de estudio en áreas de captación de agua más pequeñas y homogéneas (N.d.T. denominadas cuencas). Cada una de éstas contiene su propia fracción de subáreas permeables e impermeables. El flujo superficial puede producirse entre las distintas subáreas, entre las distintas cuencas o entre los puntos de entrada al sistema de drenaje.

Junto a esto, SWMM contiene un conjunto flexible de herramientas de modelación de características hidráulicas utilizado para analizar el flujo debido al escurrimiento superficial y los aportes externos de caudal a través de una red de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, y demás estructuras. Estas herramientas incluyen en la capacidad de:

- Manejar redes de tamaño ilimitado.
- Utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, tanto abiertas como cerradas, así como los canales naturales.
- Modelar elementos especiales como unidades de almacenamiento y tratamiento, divisores de flujo, bombas, vertederos y orificios.
- Aplicar caudales externos y concentraciones para determinar la calidad del agua de las aguas superficiales, intercambio de caudales con los acuíferos, caudales de infiltración en los colectores dependientes de la precipitación, caudales de sanitarios en tiempo seco y aportes externos.



- Realizar el análisis hidráulico por distintos métodos como el flujo uniforme, la onda cinemática o la modelación completa por onda dinámica.
- Modelar distintos regímenes de flujo, como pueden ser remanso, entrada de carga, flujo inverso y acumulación en superficie.
- Aplicar controles dinámicos definidos por el usuario para simular el funcionamiento de las bombas, la abertura de orificio o la posición de la cresta de un vertedero.

Además de modelar la generación y transporte de la escorrentía superficial, SWMM puede también estimar la producción y evolución de cargas contaminantes asociadas a dicha escorrentía. Se pueden modelar los siguientes procesos para cualquier número de sustancias asociados a la calidad del agua definidas por el usuario:

- Acumulación del contaminante durante tiempo seco para diferentes usos del suelo.
- Arrastre del contaminante en determinados usos del suelo durante episodios de tormenta.
- Contribución directa debida a la propia lluvia.
- Reducción de la acumulación debida a la limpieza de calles en tiempo seco
- Reducción en cargas de arrastre debidas a BMPs.
- Entrada de flujos sanitarios en tiempo seco y otros aportes externos especificada por el usuario en cualquier punto del sistema de drenaje.
- Seguimiento de las sustancias asociadas a la calidad del agua a lo largo de todo el sistema.
- Reducción en la concentración del contaminante por medio de tratamientos en depósitos o debido a procesos naturales en tuberías y canales.

### **3.2.3.3. Aplicaciones típicas de SWMM**

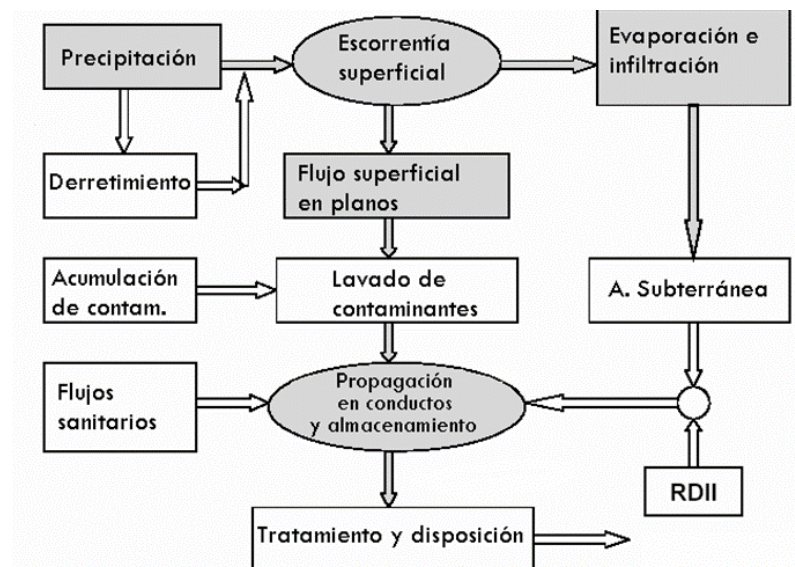
Desde su aparición, SWMM se ha utilizado en miles de redes de evacuación de aguas tanto residuales como pluviales. Entre las aplicaciones típicas se pueden mencionar:

- Diseño y dimensionamiento de componentes de la red de drenaje para prevenir inundaciones.
- Dimensionamiento de estructuras de retención y accesorios correspondientes para el control de inundaciones y protección de la calidad de las aguas.
- Delimitación de zonas de inundación en barrancos y cauces naturales.
- Diseño de estrategias de control de la red para minimizar el número de descargas de sistemas unitarios.
- Evaluación del impacto de aportes e infiltraciones en las descargas de sistemas de evacuación de aguas residuales.
- Generar cargas de fuentes contaminantes no puntuales para estudios de acumulación de residuos.
- Evaluar la eficacia de las BMPs para reducir las cargas contaminantes durante una tormenta.

#### 3.2.3.4. Modelo conceptual utilizado por SWMM

El programa SWMM representa el comportamiento de un sistema de drenaje urbano mediante una serie de flujo de agua y materia entre los módulos que componen un análisis medioambiental, atmosférico, de superficies del suelo, de aguas subterráneas, de transporte y sus respectivas interrelaciones.

**Imagen 10: Diagrama de flujo del proceso en SWMM**



**Fuente:** (Granda Acha, 2013, pág. 31)

Según (Chávez Aguilar, 2006) afirma: En términos simples SWMM está compuesto por bloques como los siguientes.

**Fuente de Datos:**

El bloque RUNOFF genera escorrentía superficial y subsuperficial basado en hietogramas de precipitación, condiciones previas, uso de suelo y topografía.

El flujo base puede ser generado usando el Bloque TRANSPORT.

**Cuerpo Central:**

Lo constituyen los bloques RUNOFF, TRANSPORT y EXTRAN, simula flujos y compuestos contaminantes a través del sistema de alcantarillado.

**Dispositivos de tratamiento:**

Lo constituyen los bloques STORAGE/TREATMENT que caracterizan los efectos de los dispositivos de control de flujo y calidad.

**a. Bloque Runoff.**

Simula procesos cualitativos y cuantitativos de escorrentía en la cuenca de drenaje y en el sistema mayor de drenaje.

El programa recibe hietogramas de precipitación y hace un recuento paso a paso de las pérdidas por infiltración, detención superficial, flujo superficial, flujo en canales.

Resuelve el flujo superficial con las ecuaciones de Manning y continuidad de manera iterativa, utiliza la ecuación de Horton o Green - Ampt para el cálculo de la infiltración. Asume flujo uniforme.

**b. Bloque Transport.**

Simula procesos cualitativos y cuantitativos en sistemas de alcantarillado.

Resuelve la ecuación de Saint Venant, con el modelo de onda cinemática

Asume que el flujo es supercrítico.

La sobrecarga es modelada simplemente almacenando el exceso de flujo del conducto lleno, en el buzón aguas arriba hasta que la capacidad del tubo admita el volumen almacenado.

**c. Bloque Extran.**

Extran simula el flujo a través de sistemas de alcantarillado calculando el tirante, caudal y carga hidráulica en el tiempo.

Modela el ingreso de caudales en los nudos con hidrogramas, mediante archivos de interfase de bloques previos de SWMM (Runoff) o por ingreso directo en este bloque.

Al usar un método explícito su estabilidad es gobernada por la velocidad de onda en los conductos o canales más cortos del sistema según la condición de Courant.

La modelación del sistema de alcantarillado está basada en el concepto “conducto-nudo”. Esto permite una gran flexibilidad en el tipo de problemas que pueden ser analizados con Extran, los que incluyen a tuberías paralelas, redes, divisiones laterales (reboses), orificios, bombas y sobrecarga parcial dentro del sistema.

Resultados de la simulación pueden incluir diagramas de carga hidráulica y del caudal en una ubicación seleccionada del sistema en el tiempo. (Chávez Aguilar, 2006)

### **3.2.3.5. Métodos de análisis del programa SWMM**

El sistema hidráulico de SWMM resuelve las ecuaciones de flujo inestable unidimensional, gradualmente variado en una red de nodos para determinar el nivel de agua en cada nodo, el caudal y la profundidad de flujo dentro de cada enlace en cada paso de tiempo de un período de simulación extendido.

Un modelo hidráulico simula los procesos de transporte de agua ya sea en lámina libre o bajo presión mediante el cálculo computacional de las ecuaciones que lo gobiernan.

Las ecuaciones de Saint-Venant son las siguientes:

Ecuación de continuidad para secciones prismáticas

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots \text{Ec. 01}$$

Donde:

A: área de la sección.

Q: caudal.

x: distancia a lo largo del conducto.

t: tiempo.

Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \dots\dots \text{Ec. 02}$$

Donde:

g: gravedad.

H: cota piezométrica ( $H = z + h$ ).

z: cota de la solera o lecho.

h: profundidad.

$S_f$ : pendiente de fricción, según la ecuación de Manning.

**a. Flujo Uniforme.**

En el flujo uniforme no se considera variación en el tiempo ni en el espacio.

Simplemente traduce los hidrogramas de entrada en el extremo de aguas arriba de un conducto a su extremo de aguas abajo, sin demora o cambio de forma. La ecuación de Manning se usa para relacionar el caudal con el área de flujo (o profundidad).

Está sujeto a las mismas limitaciones que el método de onda cinemática. Debido a que ignora la dinámica de la propagación de ondas de superficie libres apropiado para el análisis preliminar aproximado de simulaciones continuas a largo plazo.

**b. Onda Cinemática.**

Resuelve la ecuación de continuidad junto con una forma simplificada de la ecuación de momento en cada conducto. No puede tener en cuenta los efectos de remanso, las pérdidas de entrada / salida, la inversión de flujo o el flujo presurizado.

Debido a que el análisis de ondas cinemáticas ignora las fuerzas de inercia y de presión, existen límites en cuanto a su aplicabilidad como; solo se puede analizar redes acíclicas dirigidas, los nodos de unión solo pueden tener como máximo un enlace de salida que debe ser un conducto, los nodos divisores deben tener dos enlaces de salida que deben ser conductos, los nodos de almacenamiento pueden tener cualquier número de enlaces de salida de cualquier tipo y las compensaciones ascendentes para los conductos se ignoran, excepto en los nodos de almacenamiento.

**c. Onda Dinámica.**

Resuelve la forma completa de las ecuaciones de flujo de St. Venant y, por lo tanto, produce los resultados más precisos teóricamente. Puede explicar el almacenamiento del canal, los efectos de remanso, las pérdidas de entrada / salida, el flujo de la alcantarilla, la inversión del flujo y el flujo presurizado.

Es el método de elección para sistemas sometidos a aguas estancadas significativas debido a restricciones de flujo aguas abajo y con regulación de flujo a través de presas y orificios. Esta generalidad tiene el precio de tener que usar pequeños pasos de tiempo para mantener la estabilidad numérica.

**3.2.3.6. Elementos de programa SWMM**

El Modelo de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones y escorrentías utilizado para la simulación de eventos únicos o a largo plazo (continua) de la cantidad y calidad de escorrentía de áreas principalmente urbanas. (GMF, 2005)

**A. Lluvia:** Pluviómetros y pluviógrafos suministran datos de precipitación para una o más áreas de subcuencas en una región de estudio. Los datos de precipitación pueden ser series de tiempo definidas por el usuario o provienen de un archivo externo.

**B. Subcuenca:** Superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye a un único punto de descarga. El usuario es responsable de dividir un área de estudio en un número apropiado de subcuencas y de identificar el punto de salida de cada subcuenca. Los puntos de salida de descarga pueden ser buzones o nodos del sistema de drenaje u otras subcuencas.

Las subcuencas se dividen en permeables e impermeables, La escorrentía superficial puede acumularse en el área impermeable y fluir a un punto de descarga mientras que en el área permeable la escorrentía se infiltra en la superficie del suelo.

La infiltración de la precipitación de la zona permeable de una subcuenca en la zona superior del suelo no saturado que puede ser descrito usando modelos diferentes así tenemos la infiltración de Horton, la infiltración Green - Ampt y la infiltración de número de curva.

**C. Nodos:** Las uniones son nodos del sistema de drenaje donde los conductos se unen, también es necesario en el cambio de direcciones del sentido del flujo del agua en tuberías. El exceso de agua en una unión puede volverse parcialmente presurizado mientras los conductos de conexión están sobrecargados y pueden perderse o dejarse estancar encima de la unión y volver a drenar en la unión.

Los principales parámetros de entrada para un cruce son la elevación de fondo (canal o boca de pozo), la altura a la superficie del suelo, el área de superficie estancada cuando está inundada (opcional) y los datos de entrada externos (opcional).

**D. Vertido:** Los elementos vertidos son nodos terminales del sistema de drenaje utilizado para definir los límites finales aguas abajo en el enrutamiento de flujo de Onda Dinámica. Para otros tipos de flujo se comportan como una unión.

Solo se puede conectar un solo enlace a un nodo emisor, y existe la opción de que la descarga del emisario se descargue en la superficie de una subcuenca.

Los principales parámetros de entrada para emisarios incluyen la elevación de fondo, el tipo de condición de frontera y descripción de etapa y la presencia de una compuerta de aleta para evitar el reflujos a través del emisario.

**E. Divisor:** Son nodos del sistema de drenaje que desvían los flujos a un conducto específico de la manera prescrita. Un divisor de flujo no puede tener más de dos enlaces de conducto en su lado de descarga. Estos solo están activos bajo el flujo uniforme y de ondas cinemáticas y se tratan como uniones simples bajo ondas dinámicas.

Hay cuatro tipos de divisores, definidos por la manera en que se desvían los flujos así tenemos el Cutoff que desvía todo el flujo de entrada por encima de un valor de corte definido, el Over Flow desvía todo el flujo de entrada por encima de la capacidad de flujo del conducto no desviado, la tabular se utiliza una tabla que expresa desvío del flujo en función de la afluencia total y el Weir que utiliza una ecuación de vertedero para calcular flujo desviado.

- F. Almacenamiento:** Las unidades de almacenamiento son nodos del sistema de drenaje que proporcionan volumen de almacenamiento. Las propiedades volumétricas de una unidad de almacenamiento se describen mediante una función o tabla de área de superficie en función de la altura.
- G. Conducto:** Los conductos son tubos o canales que mueven el agua desde un nodo a otro en el sistema de transporte. Sus formas de sección transversal se puede seleccionar la variedad de geometrías estándar abiertas y cerradas.
- H. Bombas:** Las bombas son enlaces utilizados para elevar el agua a elevaciones más altas. Una curva de bomba describe la relación entre el índice de flujo de una bomba y las condiciones en sus nodos de entrada y salida.
- I. Orificios:** Los orificios se utilizan para modelar descargas o estructuras de derivación de un sistema de drenaje, por lo general son aberturas de forma circular o rectangular que están ubicados en la parte inferior o a lo largo del lado del nodo aguas arriba, y tener una compuerta de aleta para evitar el reflujos. Están representados internamente en SWMM como un enlace que conecta dos nodos.

Los orificios se pueden usar como salidas de unidades de almacenamiento bajo todos los tipos de rutas de flujo. Si no está conectado a un nodo de unidad de almacenamiento, solo se pueden usar en redes de drenaje que se analizan con el enrutamiento de flujo de onda dinámica.

El flujo a través de un orificio totalmente sumergido se calcula como.

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

Donde:

Q: Tasa de flujo

C: Coeficiente de descarga

A: Área de abertura del orificio

g: aceleración de la gravedad

h: diferencia de la cabeza a través del orificio

El flujo a través de un orificio parcialmente lleno se calcula usando una ecuación de vertedero.

- J. Vertedero:** Los vertederos, al igual que los orificios, se usan para modelar estructuras de desvío y desvío en un sistema de drenaje. Los vertederos se



encuentran típicamente en una boca de inspección, a lo largo del costado de un canal o dentro de una unidad de almacenamiento. Están representados internamente en SWMM como un enlace que conecta dos nodos, donde el propio vertedero se coloca en el nodo ascendente. Se puede incluir una compuerta de aleta para evitar el refluo.

Los vertederos se pueden usar como salidas de unidades de almacenamiento bajo todos los tipos de rutas de flujo. Si no está conectado a una unidad de almacenamiento, solo se pueden usar en redes de drenaje que se analizan con el enrutamiento de flujo de Onda Dinámica.

**K. Descarga:** Las descargas son dispositivos de control de flujo que se usan generalmente para controlar los flujos de salida de las unidades de almacenamiento. Se usan para modelar relaciones especiales de descarga de la cabeza que no pueden caracterizarse por bombas, orificios o vertederos. Las descargas están representadas internamente en SWMM como un enlace que conecta dos nodos. Una descarga también puede tener una compuerta de compuerta que restringe el flujo a una sola dirección. Los principales parámetros de entrada para una salida incluyen los nombres de sus nodos de entrada y salida, la altura o elevación sobre el nodo de entrada invertido y función o tabla que contiene su cabeza (o profundidad) relación de descarga.

#### **3.2.3.7. Limitaciones del programa SWMM.**

No se puede aplicar en cuencas de gran tamaño o sin urbanizar. No es aplicable a zonas forestales ni a terrenos agrícolas. Tales que no simula la propagación de contaminantes ni sedimentos en el medio del flujo receptor ni en el medio del flujo subsuperficial, es una herramienta de análisis de programas numéricos y no una herramienta automática de diseño y sin conexión integrada con Sistemas de Información Geográfica (GIS), Información Geográfica (GIS), CAD.

### 3.2.3.8. Pasos a seguir en la modelación.

Para modelar un sistema de drenaje pluvial, seguir los siguientes pasos:

#### a). Delimitación de Áreas Tributarias

Mediante el reconocimiento visual inspeccionado y tomado apuntes en un plano para delimitar el sector y dividirlo en unidades más pequeñas (se analizan las características de esta en SWMM que utiliza para transformar la precipitación en escorrentía) mediante los programas Google Earth, AutoCAD y Civil 3D.

#### b). Valores por Defecto

En esta opción deben fijarse prefijos deseados para identificar cada objeto del programa. Esto hará que el SWMM etiquete automáticamente todos los objetos nuevos con los números consecutivos después del prefijo correspondiente especificado.

#### c). Dibujo de los Objetos

Una vez insertado el mapa procedes con el dibujo de objetos como son cuencas ,nudos ,vertidos ,Pluviómetro ,etc.

#### d). Infiltración

La infiltración es el fenómeno por el cual el agua de lluvia penetra la superficie del terreno de los suelos no saturados de las áreas permeables de la cuenca. SWMM permite seleccionar tres modelos diferentes de infiltración: la Ecuación de Horton, el Método de Green-Ampt y el Método del Número de Curva.

**Tabla 7: Características del suelo**

TEXTURA DEL SUELO	K (mm/h)	Ψ (mm)	φ	FC	WP
Arenas	120.400	49.000	0.437	0.062	0.024
Arenas margosas	29.970	61.000	0.437	0.105	0.047
Marga arenosa	10.920	110.000	0.453	0.190	0.085
Marga arenosa	3.300	89.000	0.463	0.232	0.116
Sedimentos de marga	6.600	170.000	0.501	0.284	0.135
Marga areno-arcillosa	1.520	220.000	0.398	0.244	0.136
Marga arcillosa	1.020	210.000	0.464	0.310	0.187
Sedimentos de marga arcillosa	1.020	270.000	0.471	0.342	0.210
Arcilla arenosa	0.510	240.000	0.430	0.321	0.221
Sedimentos de arcilla	0.510	290.000	0.479	0.371	0.251
Arcilla	0.250	320.000	0.475	0.378	0.265

**Fuente:** (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 117)

Donde:

$K$  = Conductividad hidráulica saturada (mm/h)

$\Psi$  = Altura de succión (mm)

$\phi$  = Porosidad (fracción)

FC = Capacidad del campo (fracción)

WP = Punto de marchitamiento (fracción)

#### **e). Modelo de Simulación**

La simulación se llevará a cabo mediante el modelo hidráulico SWMM, que es una herramienta de cálculo para la simulación de flujos en régimen variable en redes de tuberías, con condiciones alternativas de superficie libre y flujo a presión. En este caso, al tratarse de una red de saneamiento, se aplicará la condición de superficie libre.

#### **d). Coeficiente n de Manning**

Se determina el coeficiente n de Manning para el flujo superficial sobre suelo impermeable o permeable de la cuenca.

#### **e). Altura de Almacenamiento en Depresión**

Altura de almacenamiento en depresión sobre el área impermeable o permeable de la cuenca.

**Tabla 8: Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión**

Superficies impermeables	1.25 - 2.5 mm
Césped y hierba	2.5 - 5 mm
Pastos y prados	5 mm
Lecho forestal	7.5 mm

**Fuente:** (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2016, pág. 118)

#### **f). Flujo entre Subáreas**

Selección del sentido del flujo interno entre las áreas impermeable y permeable de la cuenca

#### **g). Opciones de Simulación**

Antes de analizar el comportamiento del modelo es necesario establecer algunas opciones para determinar las condiciones del análisis.

#### **h). Visualizar los resultados de la simulación**

Así tenemos el reporte, tablas, gráficos, perfiles longitudinales, la lámina de agua, análisis estadístico.

### **3.2.4. COMPARACIÓN DE LA SIMULACIÓN CON SWMM Y DEL CÁLCULO POR EL MÉTODO RACIONAL**

La mayoría de los cálculos de redes de drenaje pluvial urbano se realiza por medio del Método Racional. Este método, al igual que la simulación en SWMM creada en este proyecto, comienza por los cálculos hidrológicos que proporcionaran el caudal de diseño.

El Método Racional se caracteriza por trabajar (mediante los cálculos hidrológicos) con áreas de drenaje no mayores a 13 km<sup>2</sup> y con caudal máximo esperable para el periodo de retorno seleccionado, además de realizar el dimensionamiento de los colectores por gravedad y a conducción llena con la circulación del caudal de diseño.

Para poder realizar la comparativa del cálculo mediante el software informático y mediante el Método Racional (MR), primero se expone brevemente como se realiza el cálculo por el MR. Para comenzar, al igual que será necesario para las simulaciones del presente proyecto, se tiene que caracterizar estadísticamente la precipitación. Esto se logra mediante información pluviométrica o pluviográfica de la zona de estudio que sirve para determinar curvas intensidad-duración-frecuencia y con ello calculamos el hietograma de diseño para un determinado un periodo de retorno. La duración del episodio de lluvia será la correspondiente al tiempo de concentración.

Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

C: coeficiente de escorrentía que depende del tipo de suelo

I: intensidad de precipitación (mm/h)

A: área de la cuenca (ha)

Por último, se realizan los cálculos hidráulicos y las verificaciones de velocidades en los conductos. Además, se asume la hipótesis: la precipitación es uniforme en el

espacio y el tiempo; y no se considera la posible laminación de la cuenca vertiente y de la red.

Para los cálculos hidráulicos de las tuberías y colectores de las redes de drenaje pluvial se utiliza la fórmula de Manning, que permite el cálculo de la velocidad en un colector funcionando a sección llena mediante la expresión:

$$V = \frac{1}{n} (R_H)^{2/3} * (S)^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad

$R_H$  = radio hidráulico (sección ocupada por el agua/perímetro mojado)

S: pendiente del colector

n: coeficiente de Manning

En el caso de ser colectores circulares el diámetro necesario para evacuar el caudal Q, en m<sup>3</sup>/s, a sección llena ( $R_H = D/4$ ) se obtiene mediante la expresión:

$$D = 1.548 * \left( \frac{n * Q}{\sqrt{S}} \right)^{3/8}$$

Mediante esta última fórmula, se realiza en el MR el cálculo del diámetro de los conductos al insertar el coeficiente de Manning correspondiente al material del conducto, la pendiente de fondo del mismo conducto y el caudal que debe conducir por la contribución de escorrentía y las contribuciones aguas arriba en la red de drenaje. El diámetro elegido será el diámetro comercial inmediatamente superior, con el que se realizará la comprobación de la velocidad en la misma con el caudal de diseño.

Expuesto el Método Racional, cabe destacar que la comparación de los métodos se realiza a raíz de los resultados que se obtendría dimensionando una red mediante este método o usando el apoyo informático. A priori, SWMM mejora todo lo relacionado con el aspecto hidrológico ya que permite un cálculo mucho más amplio, con más posibilidades respecto al MR por las hipótesis que este adopta (como el poder en el software de disponer de una precipitación que no ha de ser uniforme en el tiempo ni el espacio). Este hecho es de gran importancia por marcar las condiciones de contorno de los posteriores cálculos hidráulicos.

Independientemente de la entrada de datos (caudales) a la red de colectores, con el MR se obtiene un diámetro como está expuesto anteriormente, pero mediante el uso de SWMM no se obtienen directamente los cálculos de las conducciones necesarias para solventar la situación.

Mientras que la única posibilidad del Método Racional es el cálculo hidráulico de los diámetros de los colectores correspondientes, mediante el uso de SWMM se puede conocer, con más o menos exactitud en dependencia del sistema de resolución elegido, el funcionamiento de la totalidad de la red. Por medio de este conocimiento del funcionamiento de la red, es también posible el dimensionamiento de la instalación mediante SWMM partiendo de la experiencia y de simulaciones realizadas para obtener mediante el cambio de la red el comportamiento esperado de la misma. Por todo esto, como es el objetivo del presente proyecto, mediante el software se puede modelizar una red para comprobar el funcionamiento de la misma, e incluso estudiar el comportamiento de la red.

El MR, como se ha expuesto, realiza el cálculo del diámetro de las conducciones mediante la estimación de un caudal máximo instantáneo de diseño. Es importante recalcar que el diseño utilizando un caudal máximo instantáneo solo garantiza que el sistema sea capaz de drenar la escorrentía máxima. No aporta información ni soluciones para el amortiguamiento de dicho máximo caudal. Adicionalmente, puede considerarse que el diseño resultante, aunque seguro en muchos casos, puede resultar antieconómico.

el Método Racional es usado para el dimensionamiento hidráulico del sistema de colectores en función al caudal máximo esperado para el periodo de retorno de diseño. El software informático SWMM permite la simulación de funcionamiento del sistema de colectores que se le introduzca. Mediante el MR se dimensiona el sistema, pero no se conoce su posterior comportamiento. Además, el programa informático no se ve afectado por las hipótesis o simplificaciones del MR. Mediante la simulación en SWMM se tiene en cuenta tres importantes apartados que pueden resultar en un mejor dimensionado de la instalación como son: la entrada en carga de los conductos, la laminación del caudal en la red y el tránsito de los caudales en la red (el factor tiempo se considera).

Este último aspecto tiene gran importancia, sobre todo en redes complejas, ya que es posible conocer cómo se trasladan los hidrogramas a través de la red, en función del tiempo, y ello permite conocer la coincidencia temporal o no de los caudales, y picos de los mismos, aguas abajo en la red de drenaje. Esto evita que el dimensionado se realice teniendo en cuenta los caudales máximos aguas arriba, como ocurre en el MR, cuando no sea necesario; es decir, cuando no sean coincidentes en el tiempo. Mediante SWMM se puede obtener un dimensionado más acorde a las necesidades del sistema, teniendo en cuenta el funcionamiento del mismo, no incurriendo en un sobredimensionamiento inicial.

### **3.3. ESTUDIO DEL CASO:**

#### **3.3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.**

La presente investigación se desarrolló en el sector de Monterrico, distrito de Jaén, provincia de Jaén, Cajamarca; el cual se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas UTM según Datum WGS-84; 9368300 N, 741600 E.

La cuenca de estudio consta de una superficie de 10.954 Hectáreas para el VERTIDO 01 y 3.937 hectáreas para el VERTIDO 02 con una altitud media de 700.85 msnm.

#### **3.3.2. CLIMA DE LA ZONA.**

El clima de Jaén es cálido, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1964 - 1980) es 30.2°C y 19.8°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1964 - 1980 es 780.9 mm.

El clima varía con la ocurrencia del Fenómeno del Niño, principalmente la precipitación, que aumenta notablemente.

#### **3.3.3. TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA.**

Para el modelamiento de la cuenca es necesario caracterizar y definir las propiedades más importantes que pueden intervenir en el análisis de los flujos. La herramienta de análisis fundamental para esta investigación fueron archivos CAD donde queda

representado la urbanización y la red de drenaje pluvial, además de un archivo Excel con los datos topográficos de la zona.

Su utilización obedeció a las características fundamentalmente espaciales de la información empleada y a la gran capacidad de estos sistemas para almacenar y manejar los datos, así como para visualizar resultados.

El proceso de formación de una base de información espacial y no espacial fue el fundamento de los procesos de análisis.

Para la adquisición de información geomorfológica, se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio, el cual consistió de las siguientes etapas:

#### **A. Planificación del trabajo**

Depende de la finalidad del trabajo y la escala que se va a dibujar, verificar el error absoluto máximo permisible en las mediciones de campo y la equidistancia de curvas de nivel en proyectos.

Estudiar detenidamente los documentos aprovechables de la zona del proyecto con el fin de ubicar los controles horizontales y verticales (Vértices geodésicos y BMs.)

Realizar un recorrido del terreno con el fin de señalar los controles existentes, al mismo tiempo se colocarán las estacas, jalones u otras señales que servirán para realizar el trabajo de nivelación.

Elegir correctamente los equipos e instrumentos, los cuales deben de encontrarse en un buen estado y debidamente calibrados. Establecer el método más eficaz para manejar los datos que se van recibiendo del campo y seleccionar las formas de cálculo.

#### **B. Trabajo de campo**

Es el conjunto de operaciones desarrolladas en el terreno y se reduce a la medida de distancias y de ángulos, anotar los resultados en la libreta de campo, realizar el croquis y observaciones necesarias que sirven para aclarar dudas. En el trabajo de campo se establecen los puntos, BMs, hitos y líneas de referencia con respecto a los cuales se determina la posición de todos los detalles del área.

#### **C. Trabajo de gabinete**

Es el conjunto de operaciones matemáticas que permiten calcular y dibujar los planos a escala, secciones de perfiles y secciones transversales, etc. Los trabajos de gabinete indican plasmar todos los datos del terreno en los planos



#### **D. Cuidado y ajuste de los instrumentos**

La exactitud de los trabajos de campo depende de la precisión de los instrumentos, por ello es necesario cuidarlos con esmero, comprobar y ajustar periódicamente, se debe revisar los instrumentos cada vez que se va a iniciar un trabajo, con el fin de obtener datos reales.

#### **3.3.4. POBLACIÓN.**

La población para la presente investigación es todo el sector de Monterrico y con ello la cuenca que le compete, del distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

#### **3.3.5. MUESTRA.**

La muestra será el modelado del Sistema de alcantarillado pluvial del sector Monterrico, del distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

#### **3.3.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.3.6.1. Según su afinidad**

Es aplicada, porque busca proponer la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieran al modelar el sistema de drenaje pluvial.

##### **3.3.6.2. Según su alcance**

Es una investigación descriptiva, ya que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población.

##### **3.3.6.3. Según su diseño.**

Tiene un diseño no experimental transaccional, que son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Es transaccional porque se recopilan datos en un momento único.

##### **3.3.6.4. Según su enfoque.**

Es una investigación con enfoque cuantitativo, ya que usa la recolección de datos y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

### **3.3.7. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Según la clasificación de la Universidad Nacional de Jaén, lo asigna en ámbito de la Hidráulica

### **3.3.8. METODOLOGÍA**

#### **3.3.8.1. Técnica e instrumento de recolección de datos.**

La técnica para el proceso de este sistema se emplea la técnica de la observación y medición para todos los datos necesarios para el modelamiento del sistema de alcantarillado, para la ejecución de dicha técnica se empleará como instrumento un formato de ingreso de datos al software SWMM 5.0, como fórmulas matemáticas para el pronóstico de la población futura en función del ciclo de vida del alcantarillado y con un fin a futuro. El instrumento de recopilación de datos será una guía de observación.

Por otra parte, recolectar los datos de un periodo de 30 años, para saber el estudio hidrológico sobre las lluvias, los cuales permiten conocer el comportamiento de la cuenca y las tener en cuenta los parámetros y recomendaciones para el diseño de las estructuras de drenaje pluvial.

#### **3.3.8.2. Trabajo de campo.**

El levantamiento topográfico se realizó con Estación Total Leica, la brigada de trabajo fue de tres personas, un operador del equipo y dos ayudantes para los prismas. El trabajo consistió en hacer las mediciones a detalle de las secciones de las calles y de las áreas aledañas. Para iniciar el trabajo se tomaron puntos con el GPS para referenciar la zona, luego se empezó a radiar y tomar puntos de cambio para continuar con el levantamiento topográfico. Finalmente, el trabajo se concluyó en 5 días.

#### **3.3.8.3. Trabajo de gabinete.**

Con los datos obtenidos en campo se dio paso al análisis y procesamiento de los mismos. Con ayuda de software Excel se ordenaron los datos y se guardó en formato CSV (delimitado por comas), luego en el software Civil 3D 2017 se subieron los datos (planos, perfiles transversales y longitudinales) y se obtuvieron las curvas de nivel para una equidistancia de 0.50 m en las curvas menores, y en las curvas mayores 2.50 m de equidistancia y finalmente modelar el sistema SWMM de alcantarillado pluvial que permite simular el comportamiento hidrológico-

hidráulico de un sistema de drenaje urbano, tanto en términos de cantidad de agua como de calidad de la misma.

### **3.3.9. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.9.1. Reconocimiento de campo.**

Esta parte incluye recomendaciones para preparar y realizar actividades del trabajo. Se describe paso a paso el trabajo de campo para un área de muestreo junto con recomendaciones sobre las técnicas de recogida de datos.

#### **3.3.9.2. Delimitación y descripción de área de estudio**

El área de estudio del proyecto está conformada por La Urbanización Monterrico, Pakamuros I, Pakamuros II y Anexos, las cuales se ubican dentro del Distrito Jaén- Provincia Jaén - departamento Cajamarca.

El terreno del sector Monterrico es medianamente accidentado, también podemos decir que presenta características diversas tales como la elevación, pendiente, orientación, estratificación, formación rocosa y diverso tipo de suelo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. DATOS Y PARÁMETROS DE LA CUENCA

Son los diversos cálculos ejecutados en el proceso de la investigación:

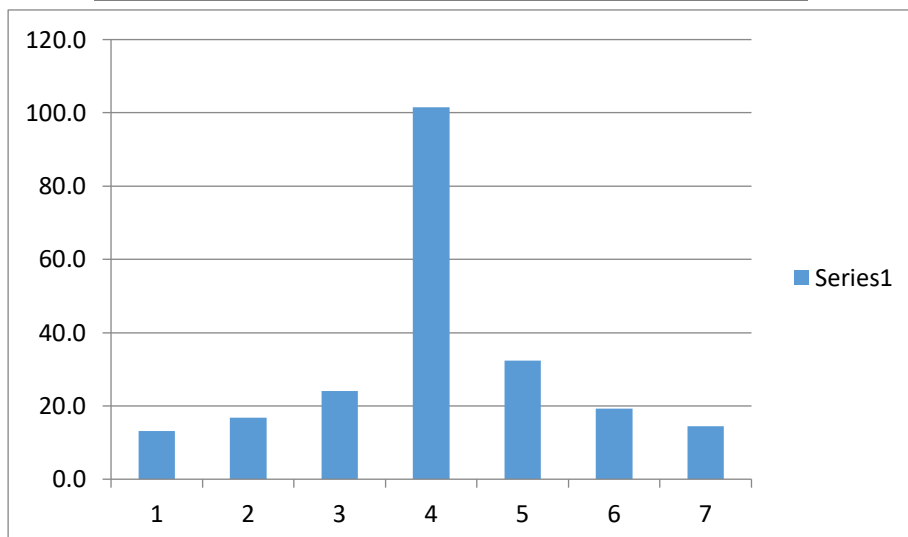
$$R = 30 \%$$

$$N = 30 \text{ años} \quad I = 266.47 * (t^{-0.6})$$

**Tabla 9: Calculo de la tormenta de diseño**

Duración (min)	Intensidad (mm/hora)	P acumulado (mm)	Profundidad incremental	Profundidad ordenada
5	101.45	8.5	8.5	8.5
10	66.93	11.2	2.7	2.7
15	52.48	13.1	2.0	2.0
20	44.16	14.7	1.6	1.6
25	38.63	16.1	1.4	1.4
30	34.62	17.3	1.2	1.2
35	31.57	18.4	1.1	1.1

Tiempo (min)		Precipitación (mm)	Intensidad mm/h
de	a		
0	5	1.1	13.2
5	10	1.4	16.8
10	15	2.0	24.0
15	20	8.5	101.5
20	25	2.7	32.4
25	30	1.6	19.2
30	35	1.2	14.4



Fuente: (Elaboración propia)

## 4.2. DISEÑO Y MODELAMIENTO.

### 4.2.1. Cálculo de la red de alcantarillado pluvial por el método racional

Tabla 10: Características de cuenca urbana de drenaje

CUENCA	Área (m <sup>2</sup> )	ÁREA (has)	Coef. Escorrentía "C"	C * A	Tiempo de entrada (min)
<i>AR01</i>	2509.19	0.2509	0.8	0.201	10
<i>AR02</i>	2461.48	0.2461	0.8	0.197	10
<i>AR03</i>	1338.98	0.1339	0.8	0.107	10
<i>AR04</i>	1454.74	0.1455	0.8	0.116	10
<i>AR05</i>	1862.17	0.1862	0.8	0.149	10
<i>AR06</i>	1829.49	0.1829	0.8	0.146	10
<i>AR07</i>	2685.47	0.2685	0.8	0.215	10
<i>PA01</i>	2700.00	0.2700	0.8	0.216	10
<i>VE01</i>	1190.00	0.1190	0.8	0.095	10
<i>VE02</i>	1530.00	0.1530	0.8	0.122	10
<i>VE03</i>	2772.00	0.2772	0.8	0.222	10
<i>X01</i>	2219.63	0.2220	0.8	0.178	10
<i>X02</i>	3920.54	0.3921	0.8	0.314	10
<i>X03</i>	3824.82	0.3825	0.8	0.306	10
<i>X04</i>	2993.90	0.2994	0.8	0.240	10
<i>BRA01</i>	2970.69	0.2971	0.8	0.238	10
<i>BRA02</i>	2653.33	0.2653	0.8	0.212	10
<i>CO01</i>	1536.15	0.1536	0.8	0.123	10
<i>CO02</i>	1729.98	0.1730	0.8	0.138	10
<i>CO03</i>	1511.76	0.1512	0.8	0.121	10
<i>CO04</i>	2793.78	0.2794	0.8	0.224	10
<i>CO05</i>	2184.00	0.2184	0.8	0.175	10
<i>BO01</i>	2753.32	0.2753	0.8	0.220	10
<i>BO02</i>	2142.00	0.2142	0.8	0.171	10
<i>PE01</i>	1579.56	0.1580	0.8	0.126	10
<i>PE02</i>	1293.92	0.1294	0.8	0.104	10
<i>PE03</i>	1999.98	0.2000	0.8	0.160	10
<i>PE04</i>	2141.58	0.2142	0.8	0.171	10
<i>MI01</i>	2091.14	0.2091	0.8	0.167	10
<i>AM01</i>	1974.46	0.1974	0.8	0.158	10
<i>JA01</i>	3702.18	0.3702	0.8	0.296	10
<i>JA02</i>	3452.99	0.3453	0.8	0.276	10
<i>JA03</i>	1802.39	0.1802	0.8	0.144	10
<i>JA04</i>	2202.31	0.2202	0.8	0.176	10
<i>JA05</i>	2331.59	0.2332	0.8	0.187	10

<i>JA06</i>	2663.17	0.2663	0.8	0.213	10
<i>BR01</i>	3274.29	0.3274	0.8	0.262	10
<i>BR02</i>	3021.90	0.3022	0.8	0.242	10
<i>BR03</i>	2030.38	0.2030	0.8	0.162	10
<i>BR04</i>	1416.23	0.1416	0.8	0.113	10
<i>AMO01</i>	3236.82	0.3237	0.8	0.259	10
<i>AMO02</i>	2970.00	0.2970	0.8	0.238	10
<i>AMO03</i>	2980.62	0.2981	0.8	0.238	10
<i>MU01</i>	3258.66	0.3259	0.8	0.261	10
<i>MU02</i>	2137.54	0.2138	0.8	0.171	10
<i>MU03</i>	1960.45	0.1960	0.8	0.157	10
<i>MU04</i>	2244.15	0.2244	0.8	0.180	10
<i>MU05</i>	2441.36	0.2441	0.8	0.195	10
<i>MU06</i>	2185.48	0.2185	0.8	0.175	10
<i>MU07</i>	2240.67	0.2241	0.8	0.179	10
<i>MU08</i>	1118.99	0.1119	0.8	0.090	10
<i>MO01</i>	2058.00	0.2058	0.8	0.165	10
<i>MO02</i>	1902.00	0.1902	0.8	0.152	10
<i>MO03</i>	1800.00	0.1800	0.8	0.144	10
<i>MO04</i>	2262.50	0.2263	0.8	0.181	10
<i>MO05</i>	2110.50	0.2111	0.8	0.169	10
<i>MO06</i>	2077.92	0.2078	0.8	0.166	10
<i>MO07</i>	1656.82	0.1657	0.8	0.133	10
<i>MO08</i>	2968.45	0.2968	0.8	0.237	10
<i>UR01</i>	1709.97	0.1710	0.8	0.137	10
<i>UR02</i>	2011.66	0.2012	0.8	0.161	10
<i>UR03</i>	2094.57	0.2095	0.8	0.168	10
<i>UR04</i>	2052.89	0.2053	0.8	0.164	10
<i>UR05</i>	1962.65	0.1963	0.8	0.157	10
<i>UR06</i>	1823.20	0.1823	0.8	0.146	10
		14.7811		11.8249	

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 11: Cotas de los buzones de inspección**

<b>PUNTO</b>	<b>COTA TAPA</b>	<b>COTA FONDO</b>	<b>H(m)</b>
<i>BZ-01</i>	717.70	716.10	1.60
<i>BZ-02</i>	713.40	711.90	1.50
<i>BZ-03</i>	711.55	709.90	1.65
<i>BZ-04</i>	709.85	708.35	1.50
<i>BZ-05</i>	708.50	706.90	1.60

<i><b>BZ-06</b></i>	706.15	704.60	1.55
<i><b>BZ-07</b></i>	704.25	702.70	1.55
<i><b>BZ-08</b></i>	715.20	713.50	1.70
<i><b>BZ-09</b></i>	706.60	705.05	1.55
<i><b>BZ-10</b></i>	701.50	699.95	1.55
<i><b>BZ-11</b></i>	714.95	713.45	1.50
<i><b>BZ-12</b></i>	710.60	708.80	1.80
<i><b>BZ-13</b></i>	707.90	706.40	1.50
<i><b>BZ-14</b></i>	704.85	703.35	1.50
<i><b>BZ-15</b></i>	699.05	697.50	1.55
<i><b>BZ-16</b></i>	714.15	712.35	1.80
<i><b>BZ-17</b></i>	710.00	708.20	1.80
<i><b>BZ-18</b></i>	702.60	701.10	1.50
<i><b>BZ-19</b></i>	697.50	695.00	2.50
<i><b>BZ-20</b></i>	691.20	689.80	1.40
<i><b>BZ-21</b></i>	711.50	709.90	1.60
<i><b>BZ-22</b></i>	708.55	705.25	3.30
<i><b>BZ-23</b></i>	704.95	699.85	5.10
<i><b>BZ-24</b></i>	701.15	697.05	4.10
<i><b>BZ-25</b></i>	695.85	690.05	5.80
<i><b>BZ-26</b></i>	690.00	688.20	1.80
<i><b>BZ-27</b></i>	699.80	698.30	1.50
<i><b>BZ-28</b></i>	694.15	691.60	2.55
<i><b>BZ-29</b></i>	687.80	685.45	2.35
<i><b>BZ-30</b></i>	699.90	698.30	1.60
<i><b>BZ-31</b></i>	696.45	694.90	1.55
<i><b>BZ-32</b></i>	693.40	691.85	1.55
<i><b>BZ-33</b></i>	687.65	685.75	1.90
<i><b>BZ-34</b></i>	693.45	692.05	1.40
<i><b>BZ-35</b></i>	687.65	686.05	1.60
<i><b>BZ-36</b></i>	692.40	690.90	1.50
<i><b>BZ-37</b></i>	687.85	686.35	1.50
<i><b>VERT-01</b></i>		<b>687.00</b>	
<i><b>VERT-02</b></i>		<b>684.00</b>	

**Fuente:** (Elaboración propia)

**Tabla 12: Coeficiente de escorrentía promedio por áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno**

<b>CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE</b>		<b>COEF. ESCORRENTIA</b>
<b>CALLES</b>	Pavimento Asfaltico	0.70 a 0.95
	Pavimento de Concreto	0.80 a 0.95
	Pavimentos de Adoquines	0.70 a 0.85
<b>VEREDAS</b>		0.70 a 0.85
<b>TECHOS Y AZOTEAS</b>		0.75 a 0.95
<b>CÉSPED, SUELOS ARENOSOS</b>	Plano (0 - 2 %) pendiente	0.05 a 0.10
	Promedio (2 - 7 %) pendiente	0.10 a 0.15
	Pronunciado (> 7 %) pendiente	0.15 a 0.20
<b>CÉSPED, SUELOS ARCILLOSOS</b>	Plano (0 - 2 %) pendiente	0.13 a 0.17
	Promedio (2 - 7 %) pendiente	0.18 a 0.22
	Pronunciado (> 7 %) pendiente	0.25 a 0.35
<b>PRADERAS</b>		0.20

**Fuente:** (López Jiménez, 2016, pág. 31)



**Tabla 13: Tubo PVC – U para alcantarillado y desagüe con empalme unión flexible (UF), especificaciones técnicas NTP-ISO4436**

UNIÓN FLEXIBLE (U.F.)				SERIE 25 SN 2 /SDR 51			SERIE 20 SN 4 /SDR 41			SERIE 16.7 SN 8 /SDR 34		
DIAMETRO NOMINAL		LONGUITUD (m)		DIAM. INTERIOR	ESPEJOR PARED	PESO APROX	DIAM. INTERIOR	ESPEJOR PARED	PESO APROX	DIAM. INTERIOR	ESPEJOR PARED	PESO APROX
mm	pulg	útil	total	(mm)	(mm)	(kg/unid.)	(mm)	(mm)	(kg/unid.)	(mm)	(mm)	(kg/unid.)
110	4	5.88	6	-	-	-	104	3.00	9.23	103.6	3.20	9.81
160	6	5.85	6	<b>153.6</b>	3.20	14.52	152.000	4.00	17.96	150.6	4.70	20.95
200	8	5.84	6	<b>192.2</b>	3.90	22.14	190.000	4.90	27.53	188.2	5.90	32.87
250	10	5.81	6	<b>240.2</b>	4.90	34.76	237.600	6.20	43.52	235.4	7.30	50.86
315	12	5.77	6	<b>302.6</b>	6.20	55.41	299.600	7.70	68.15	296.6	9.20	80.76
355	14	5.75	6	<b>341.0</b>	7.00	68.73	337.600	8.70	85.01	334.2	10.40	101.12
400	16	5.74	6	<b>384.4</b>	7.80	86.32	380.400	9.80	107.90	376.6	11.70	128.19
450	18	5.70	6	<b>432.2</b>	8.90	109.55	428.000	11.00	136.26	423.6	13.20	161.49
500	20	5.69	6	<b>480.2</b>	9.90	135.55	475.400	12.30	169.26	470.8	14.60	199.96
630	20	5.62	6	<b>605.4</b>	12.30	214.38	599.200	15.40	267.06	593.2	18.40	317.53

**Fuente:** (Especificaciones Técnicas NTP-ISO 4435)

**Tabla 14: Diseño de la red de alcantarillado pluvial utilizando el M. Racional vertiente n° 01**

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
<i>Tubo de Alcantarillado</i>	<i>longitud L (m)</i>	<i>Pendiente So (m/m)</i>	<i>Area drenada (ha)</i>	$\Sigma$ <i>C.A</i>	<i>Tc (min)</i>	<i>Intensidad (mm/h)</i>	<i>Caudal Q (m3/s)</i>	<i>Diámetro de Alc. Calc. (m)</i>	<i>Diámetro de Alc. Comerc. (m)</i>	<i>Velocidad flujo tubo lleno (m/s)</i>	<i>Tiempo o de flujo L/V (min.)</i>	<i>y (m)</i>	$\Phi$	<i>RH m</i>	<i>VR m/s</i>
<i>Bz01-Bz2</i>	52.89	0.0794	0.621	0.497	10.000	66.934	0.092	0.181	0.3844	5.912	0.149	0.011	0.668	0.007	1.030
<i>Bz8-Bz2</i>	50.80	0.0315	0.392	0.314	10.000	66.934	0.058	0.181	0.3844	3.723	0.227	0.011	0.668	0.007	0.649
<i>Bz2-Bz3</i>	42.16	0.0474	1.785	1.428	10.227	66.037	0.262	0.295	0.4322	4.941	0.142	0.019	0.843	0.012	1.164
<i>Bz3-Bz12</i>	101.03	0.0109	2.246	1.7968	10.370	65.492	0.327	0.423	0.6054	2.963	0.568	0.027	0.855	0.018	0.711
<i>Bz12-Bz17</i>	52.50	0.0114	2.5482	2.03856	10.938	63.429	0.359	0.434	0.6054	3.036	0.288	0.028	0.869	0.018	0.744
<i>Bz17-Bz22</i>	51.36	0.0574	2.7512	2.20096	11.226	62.447	0.382	0.328	0.4802	5.8323	0.147	0.0210	0.8430	0.0137	1.3738
<i>Bz11-Bz16</i>	52.51	0.0209	0.603	0.4824	10.000	66.934	0.090	0.230	0.3844	3.037	0.288	0.014	0.776	0.009	0.643
<i>Bz16-Bz21</i>	51.93	0.0472	1.136	0.9088	10.288	65.803	0.166	0.249	0.3844	4.557	0.190	0.016	0.816	0.010	1.028
<i>Bz21-Bz22</i>	41.908	0.0871	1.402	1.1216	10.478	65.085	0.203	0.239	0.3844	5.9820	0.117	0.0150	0.7950	0.0098	1.3521
<i>Bz22-Bz23</i>	39.865	0.0452	4.4482	3.55856	11.373	61.962	0.612	0.410	0.4802	5.1711	0.128	0.0278	0.9712	0.0180	1.4596
<i>Bz4-Bz13</i>	101.56	0.0192	0.469	0.3752	10.00	66.934	0.070	0.213	0.3844	2.907	0.582	0.013	0.739	0.009	0.577
<i>Bz13-Bz23</i>	103.15	0.0635	0.885	0.708	10.582	64.700	0.127	0.213	0.3844	5.2869	0.325	0.0130	0.7392	0.0085	1.0508
<i>Bz23-Bz24</i>	51.15	0.0352	5.8042	4.64336	10.907	63.535	0.819	0.479	0.6054	5.3276	0.160	0.0318	0.9255	0.0207	1.4142
<i>Bz5-Bz9</i>	54.91	0.0337	0.512	0.4096	10	66.934	0.076	0.198	0.3844	3.851	0.238	0.012	0.706	0.008	0.721
<i>Bz9-Bz14</i>	45.99	0.0370	0.726	0.5808	10.238	65.998	0.106	0.221	0.3844	4.034	0.190	0.014	0.756	0.009	0.825
<i>Bz14-Bz18</i>	49.53	0.0454	1.075	0.8600	10.428	65.273	0.156	0.245	0.3844	4.472	0.185	0.015	0.807	0.010	0.995
<i>Bz18-Bz24</i>	54.62	0.0741	1.299	1.0392	10.612	64.590	0.186	0.239	0.3844	5.7130	0.159	0.0150	0.7943	0.0098	1.2463
<i>Bz24-Bz25</i>	102.02	0.0284	7.4982	5.99856	11.067	62.983	1.049	0.547	0.7620	5.5820	0.305	0.0355	0.8699	0.0231	1.3689
<i>Bz6-Bz7</i>	51.01	0.0372	0.405	0.324	10.00	66.934	0.060	0.178	0.3844	4.049	0.210	0.010	0.660	0.007	0.695

<i>Bz7-Bz10</i>	55.18	0.0498	0.674	0.5392	10.210	66.105	0.099	0.203	0.3844	4.684	0.196	0.012	0.717	0.008	0.895
<i>Bz10-Bz15</i>	46.135	0.0531	1.15	0.92	10.406	65.354	0.167	0.244	0.3844	4.835	0.159	0.015	0.805	0.010	1.074
<i>Bz15-Bz19</i>	49.758	0.0502	1.617	1.2936	10.565	64.762	0.233	0.279	0.3844	4.703	0.176	0.018	0.877	0.012	1.165
<i>Bz19-Bz25</i>	54.12	0.0730	2.094	1.6752	10.742	64.122	0.298	0.286	0.3844	5.6681	0.159	0.0187	0.8899	0.0122	1.4310
<i>Bz25-Bz26</i>	76.40	0.0242	10.0982	8.07856	11.372	61.965	1.391	0.626	0.7620	5.1519	0.25	0.0420	0.9482	0.0273	1.4105
<i>Bz20-Bz26</i>	53.67	0.0298	0.265	0.212	10.00	66.934	0.039	0.158	0.3844	3.6225	0.25	0.0090	0.6137	0.0059	0.5650
<i>Bz26-VI</i>	56.128	0.0214	10.9542	8.76336	11.619	61.171	1.489	0.658	0.9144	5.467	0.17	0.043	0.871	0.028	1.343

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 15: Diseño de la red de alcantarillado pluvial utilizando el M. Racional vertiente n° 02

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
<i>Tubo de</i>	<i>longitud</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Area</i>	$\Sigma$ <i>C.A</i>	<i>Tc</i>	<i>Intensidad</i>	<i>Caudal</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Velocidad</i>	<i>Tiempo de</i>	<i>y</i>	$\Phi$	<i>RH</i>	<i>VR</i>
<i>Alcantarillado</i>	<i>L</i>	<i>So</i>	<i>drenada</i>		<i>(min)</i>	<i>(mm/h)</i>	<i>Q</i>	<i>de</i>	<i>de Alc.</i>	<i>(m/s)</i>	<i>flujo</i>	<i>(m)</i>		<i>m</i>	<i>m/s</i>
	<i>(m)</i>	<i>(m/m)</i>	<i>(ha)</i>				<i>(m<sup>3</sup>/s)</i>	<i>Alc.</i>	<i>Comerc.</i>		<i>L/V (min.)</i>				
								<i>Calc. (m)</i>	<i>(m)</i>						
<i>Bz27-Bz28</i>	102.00	0.0657	0.219	0.175	10.000	66.934	0.033	0.127	0.3844	5.377	0.316	0.007	0.535	0.005	0.701
<i>Bz28-Bz29</i>	75.816	0.0811	0.770	0.616	10.316	65.696	0.112	0.194	0.3844	5.9755	0.211	0.0116	0.6975	0.0076	1.1014
<i>Bz36-Bz37</i>	76.425	0.0595	0.297	0.238	10.000	66.934	0.044	0.145	0.3844	5.119	0.249	0.008	0.581	0.005	0.744
<i>Bz37-Bz35</i>	50.226	0.0060	0.677	0.542	10.249	65.954	0.099	0.302	0.3844	1.6215	0.516	0.0201	0.9223	0.0131	0.4285
<i>Bz34-Bz35</i>	77.02	0.0779	0.166	0.133	10.000	66.934	0.025	0.111	0.3844	5.8558	0.219	0.0058	0.4915	0.0038	0.6825
<i>Bz35-Bz33</i>	50.23	0.0060	1.248	0.998	10.219	66.069	0.183	0.381	0.4802	1.8807	0.445	0.0253	0.9269	0.0165	0.5002
<i>Bz30-Bz31</i>	48.08	0.0707	0.336	0.2688	10.000	66.934	0.050	0.147	0.3844	5.579	0.144	0.008	0.586	0.005	0.820
<i>Bz31-Bz32</i>	53.87	0.0566	0.466	0.3728	10.144	66.364	0.069	0.173	0.3844	4.992	0.180	0.010	0.648	0.007	0.837
<i>Bz32-Bz33</i>	76.398	0.0798	0.874	0.6992	10.323	65.668	0.128	0.204	0.3844	5.9284	0.215	0.0123	0.7200	0.0081	1.1388
<i>Bz33-Bz29</i>	51.975	0.0058	2.5415	2.0332	10.664	64.400	0.364	0.495	0.6054	2.1577	0.401	0.0332	0.9458	0.0216	0.5888
<i>Bz29-V2</i>	68.68	0.0211	3.9365	3.1492	10.528	64.901	0.568	0.459	0.6054	4.127	0.277	0.030	0.901	0.020	1.059

Fuente: (Elaboración propia)

#### 4.2.2. Simulación de la red de alcantarillado pluvial mediante el software SWMM

**STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 VE (Build 5.0.018 VE)  
 TRADUCIDO POR: GRUPO MULTIDISCIPLINAR DE MODELACIÓN FLUIDOS  
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

**NOTA:** El resumen estadístico mostrado en este informe se basa en los resultados obtenidos en todos los intervalos de cálculo, no sólo en los intervalos registrados en el informe.

\*\*\*\*\*

##### Opciones de Análisis

Unidades de Caudal ..... LPS  
 Modelos utilizados:  
     Lluvia/Escoorrentía ..... SI  
     Deshielo de Nieve ..... NO  
     Flujo Subterráneo ..... NO  
     Cálculo Hidráulico ..... SI  
     Permitir Estancamiento .... NO  
     Calidad del Agua ..... NO  
 Método de Infiltración ..... GREEN\_AMPT  
 Método de Cálculo Hidráulico .... DYNWAVE  
 Días Previos sin Lluvia ..... 0.0  
 Report Time Step ..... 00:05:00  
 Intervalo para Tiempo de Lluvia ..... 00:05:00  
 Intervalo para Tiempo Seco ..... 00:05:00  
 Intervalo de Cálculo Hidráulico ..... 30.00 s

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 16: Errores de Continuidad**

*****	Volumen	Altura
Escoorrentía Superficial	ha·m	mm
Precipitación Total	0.186	12.558
Pérdidas Evaporación	0.000	0.000
Pérdidas Infiltración	0.028	1.884
Escoorrentía Superficial	0.140	9.481
Almacen. Final en Sup.	0.028	1.909
% Error Continuidad .....	-5.699	

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 17: Cálculo Hidráulico**

*****	Volumen	Volumen
Cálculo Hidráulico	ha·m	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Aporte Tiempo Seco	0.000	0.000
Aporte Tiempo Lluvia	0.137	1.371
Aporte Ag. Subterranea	0.000	0.000
Aportes dep. Lluvia	0.000	0.000
Aportes Externos	0.000	0.000
Descargas Externas	0.133	1.328
Descargas Internas	0.000	0.000
Perdidas Almacenamiento	0.000	0.000
Vol. Almacenado Inicial	0.000	0.000
Vol. Almacenado Final	0.004	0.042
% Error Continuidad .....	0.000	

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 18: Resumen de Escorrentía en Subcuencas**

Subcuenca	Precip Total mm	Aporte Total mm	Evap Total mm	Infil Total mm	Escor. Total mm	Escor. Total 10 <sup>6</sup> ltr	Escor. Punta LPS	Coef. Escor.
AR01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.537	0.024	59.520	0.759
AR02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.533	0.023	58.418	0.759
AR03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.551	0.013	31.681	0.761
AR04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.568	0.014	34.281	0.762
AR05	12.558	0.000	0.000	1.884	9.581	0.018	42.056	0.763
AR06	12.558	0.000	0.000	1.884	9.558	0.017	43.204	0.761
AR07	12.558	0.000	0.000	1.884	9.588	0.026	61.114	0.764
PA01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.591	0.026	62.778	0.764
VE01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.487	0.011	28.382	0.755
VE02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.557	0.015	36.157	0.761
VE03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.591	0.027	64.436	0.764
X01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.592	0.021	50.898	0.764
X02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.593	0.038	90.139	0.764
X03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.593	0.037	88.004	0.764
X04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.593	0.029	68.827	0.764
BRA01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.593	0.028	68.771	0.764
BRA02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.535	0.025	62.952	0.759
CO01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.493	0.015	36.619	0.756
CO02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.492	0.016	41.248	0.756
CO03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.532	0.014	35.896	0.759
CO04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.589	0.027	65.085	0.764
CO05	12.558	0.000	0.000	1.884	9.489	0.021	52.083	0.756
BO01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.587	0.026	64.260	0.763

BO02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.496	0.020	51.052	0.756
PE01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.521	0.015	37.564	0.758
PE02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.412	0.012	30.967	0.749
PE03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.535	0.019	47.458	0.759
PE04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.556	0.020	47.447	0.761
MI01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.520	0.020	49.721	0.758
AM01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.540	0.019	46.806	0.760
JA01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.531	0.035	80.835	0.759
JA02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.517	0.033	74.857	0.758
JA03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.586	0.017	42.085	0.763
JA04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.421	0.021	45.681	0.750
JA05	12.558	0.000	0.000	1.884	9.522	0.022	50.671	0.758
JA06	12.558	0.000	0.000	1.884	9.593	0.026	61.344	0.764
BR01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.015	0.030	58.352	0.718
BR02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.076	0.027	55.029	0.723
BR03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.463	0.019	42.881	0.754
BR04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.583	0.015	35.490	0.763
AMO01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.383	0.030	66.097	0.747
AMO02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.449	0.028	62.339	0.752
AMO03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.513	0.028	64.469	0.757
MU01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.570	0.031	72.924	0.762
MU02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.587	0.020	49.897	0.763
MU03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.571	0.019	46.130	0.762
MU04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.571	0.021	52.817	0.762
MU05	12.558	0.000	0.000	1.884	9.592	0.023	55.862	0.764
MU06	12.558	0.000	0.000	1.884	9.594	0.021	50.383	0.764
MU07	12.558	0.000	0.000	1.884	9.309	0.021	44.443	0.741
MU08	12.558	0.000	0.000	1.884	9.410	0.011	23.100	0.749
MO01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.553	0.020	45.528	0.761
MO02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.567	0.018	44.813	0.762
MO03	12.558	0.000	0.000	1.884	9.592	0.017	41.226	0.764
MO04	12.558	0.000	0.000	1.884	9.585	0.022	51.309	0.763
MO05	12.558	0.000	0.000	1.884	9.593	0.020	48.547	0.764
MO06	12.558	0.000	0.000	1.884	9.515	0.020	44.993	0.758
MO07	12.558	0.000	0.000	1.884	9.531	0.016	36.179	0.759
MO08	12.558	0.000	0.000	1.884	9.426	0.028	61.692	0.751
UR01	12.558	0.000	0.000	1.884	9.592	0.016	39.702	0.764
UR02	12.558	0.000	0.000	1.884	9.005	0.018	35.736	0.717
UR03	12.558	0.000	0.000	1.884	8.958	0.019	36.610	0.713
UR04	12.558	0.000	0.000	1.884	8.832	0.018	34.367	0.703
UR05	12.558	0.000	0.000	1.884	9.058	0.018	35.520	0.721
UR06	12.558	0.000	0.000	1.884	9.125	0.017	33.778	0.727
Sistema	12.558	0.000	0.000	1.884	9.481	1.402	3283.508	0.755

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 19: Resumen de Nivel en Nudos**

Nudo	Tipo	Nivel	Nivel	Altura	Instante
		Medio	Máximo	Máxima	Nivel Máx.
		Metros	Metros	Metros	días hr:min
BZ-01	JUNCTION	0.06	0.12	716.22	0 00:25
BZ-02	JUNCTION	0.11	0.23	712.13	0 00:25
BZ-03	JUNCTION	0.16	0.33	710.23	0 00:25
BZ-04	JUNCTION	0.07	0.14	708.49	0 00:25
BZ-05	JUNCTION	0.07	0.13	707.03	0 00:25
BZ-06	JUNCTION	0.06	0.12	704.72	0 00:25
BZ-07	JUNCTION	0.07	0.14	702.84	0 00:25
BZ-08	JUNCTION	0.06	0.12	713.62	0 00:25
BZ-09	JUNCTION	0.08	0.16	705.21	0 00:25
BZ-10	JUNCTION	0.09	0.18	700.13	0 00:25
BZ-11	JUNCTION	0.08	0.16	713.61	0 00:25
BZ-12	JUNCTION	0.18	0.35	709.15	0 00:25
BZ-13	JUNCTION	0.08	0.14	706.54	0 00:25
BZ-14	JUNCTION	0.09	0.19	703.54	0 00:25
BZ-15	JUNCTION	0.11	0.23	697.73	0 00:25
BZ-16	JUNCTION	0.09	0.19	712.54	0 00:25
BZ-17	JUNCTION	0.13	0.25	708.45	0 00:25
BZ-18	JUNCTION	0.09	0.18	701.28	0 00:25
BZ-19	JUNCTION	0.11	0.24	695.24	0 00:25
BZ-20	JUNCTION	0.05	0.10	689.90	0 00:25
BZ-21	JUNCTION	0.09	0.18	710.08	0 00:25
BZ-22	JUNCTION	0.18	0.39	705.64	0 00:25
BZ-23	JUNCTION	0.20	0.41	700.26	0 00:25
BZ-24	JUNCTION	0.22	0.44	697.49	0 00:25
BZ-25	JUNCTION	0.27	0.58	690.63	0 00:25
BZ-26	JUNCTION	0.27	0.53	688.73	0 00:25
BZ-27	JUNCTION	0.04	0.07	698.37	0 00:25
BZ-28	JUNCTION	0.06	0.12	691.72	0 00:25
BZ-29	JUNCTION	0.17	0.34	685.79	0 00:25
BZ-30	JUNCTION	0.05	0.10	698.40	0 00:25
BZ-31	JUNCTION	0.06	0.13	695.03	0 00:25
BZ-32	JUNCTION	0.08	0.15	692.00	0 00:25
BZ-33	JUNCTION	0.22	0.43	686.18	0 00:25
BZ-34	JUNCTION	0.03	0.06	692.11	0 00:25
BZ-35	JUNCTION	0.16	0.32	686.37	0 00:25
BZ-36	JUNCTION	0.04	0.08	690.98	0 00:25
BZ-37	JUNCTION	0.12	0.25	686.60	0 00:25
VERT-1	OUTFALL	0.26	0.53	687.53	0 00:26
VERT-2	OUTFALL	0.17	0.34	684.34	0 00:25

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 20: Resumen de Aportes en Nudos**

Nudo	Tipo	Aporte	Aporte	Instante	Volumen	Volumen
		Lateral	Total	de Aporte	Aporte	Aporte
		Máximo	Máximo	Máximo	Lateral	Total
		LPS	LPS	días hr:min	10 <sup>6</sup> ltr	10 <sup>6</sup> ltr
BZ-01	JUNCTION	140.12	140.12	0 00:25	0.058	0.058
BZ-02	JUNCTION	175.07	401.87	0 00:25	0.073	0.167
BZ-03	JUNCTION	89.90	484.64	0 00:25	0.041	0.207
BZ-04	JUNCTION	100.22	100.22	0 00:25	0.043	0.043
BZ-05	JUNCTION	114.79	114.79	0 00:25	0.048	0.048
BZ-06	JUNCTION	93.94	93.94	0 00:25	0.038	0.038
BZ-07	JUNCTION	61.01	153.37	0 00:25	0.025	0.063
BZ-08	JUNCTION	89.99	89.99	0 00:25	0.037	0.037
BZ-09	JUNCTION	49.81	162.87	0 00:25	0.020	0.068
BZ-10	JUNCTION	108.12	257.06	0 00:25	0.045	0.108
BZ-11	JUNCTION	133.47	133.47	0 00:25	0.057	0.056
BZ-12	JUNCTION	54.95	538.01	0 00:25	0.026	0.231
BZ-13	JUNCTION	90.57	186.17	0 00:25	0.039	0.081
BZ-14	JUNCTION	82.14	240.53	0 00:25	0.033	0.100
BZ-15	JUNCTION	109.06	361.20	0 00:25	0.044	0.151
BZ-16	JUNCTION	119.30	250.01	0 00:25	0.050	0.106
BZ-17	JUNCTION	42.81	574.32	0 00:25	0.019	0.247
BZ-18	JUNCTION	52.73	291.01	0 00:25	0.021	0.121
BZ-19	JUNCTION	109.81	466.01	0 00:25	0.045	0.195
BZ-20	JUNCTION	62.84	62.84	0 00:25	0.025	0.025
BZ-21	JUNCTION	61.24	308.51	0 00:25	0.025	0.130
BZ-22	JUNCTION	71.98	925.29	0 00:25	0.029	0.405
BZ-23	JUNCTION	105.54	1195.54	0 00:25	0.044	0.527
BZ-24	JUNCTION	91.60	1557.70	0 00:25	0.037	0.682
BZ-25	JUNCTION	116.20	2108.49	0 00:25	0.048	0.919
BZ-26	JUNCTION	91.63	2252.03	0 00:25	0.037	0.976
BZ-27	JUNCTION	50.30	50.30	0 00:25	0.021	0.021
BZ-28	JUNCTION	112.62	161.03	0 00:25	0.046	0.066
BZ-29	JUNCTION	123.21	789.78	0 00:25	0.056	0.360
BZ-30	JUNCTION	104.94	104.94	0 00:25	0.046	0.045
BZ-31	JUNCTION	30.91	134.94	0 00:25	0.012	0.057
BZ-32	JUNCTION	92.30	223.42	0 00:25	0.038	0.095
BZ-33	JUNCTION	81.69	534.00	0 00:25	0.037	0.242
BZ-34	JUNCTION	36.12	36.12	0 00:25	0.015	0.015
BZ-35	JUNCTION	85.10	249.66	0 00:25	0.037	0.113
BZ-36	JUNCTION	61.60	61.60	0 00:25	0.027	0.027
BZ-37	JUNCTION	80.45	140.33	0 00:25	0.035	0.062
VERT-1	OUTFALL	0.00	2273.11	0 00:26	0.000	0.971
VERT-2	OUTFALL	0.00	797.17	0 00:25	0.000	0.357

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)



**Tabla 21: Resumen de vertidos**

	<b>Frec.</b>	<b>Caudal</b>	<b>Caudal</b>	<b>Volumen</b>
	<b>Vertido</b>	<b>Medio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Total</b>
Nudo de Vertido	% Porc.	LPS	LPS	10 <sup>6</sup> ltr
VERT-1	95.74	837.29	2273.11	0.971
VERT-2	95.74	305.61	797.17	0.357
Sistema	95.74	1142.91	3052.98	1.328

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 22: Resumen de Caudal en Líneas**

Línea	Caudal Máximo Tipo	Caudal Instante Caudal Máx LPS días	Instante Veloc. Máxima m/sec	Caudal Máx/ Lleno	Nivel Máx/ Lleno	
						hr:min
Bz01-Bz02	CONDUIT	139.44	0 00:25	2.76	0.20	0.45
Bz08-Bz02	CONDUIT	89.03	0 00:25	1.76	0.21	0.45
Bz02-Bz03	CONDUIT	397.65	0 00:25	3.98	0.55	0.65
Bz03-Bz12	CONDUIT	487.43	0 00:25	2.94	0.57	0.56
Bz12-Bz17	CONDUIT	537.13	0 00:25	3.80	0.61	0.50
Bz17-Bz22	CONDUIT	573.31	0 00:25	4.50	0.54	0.67
Bz11-Bz16	CONDUIT	131.99	0 00:25	2.55	0.37	0.46
Bz16-Bz21	CONDUIT	249.70	0 00:25	4.62	0.47	0.47
Bz21-Bz22	CONDUIT	308.60	0 00:25	5.96	0.43	0.46
Bz22-Bz23	CONDUIT	927.67	0 00:25	5.95	0.99	0.81
Bz04-Bz13	CONDUIT	98.62	0 00:25	2.51	0.29	0.37
Bz13-Bz23	CONDUIT	183.32	0 00:25	2.16	0.30	0.69
Bz23-Bz24	CONDUIT	1202.37	0 00:25	5.92	0.78	0.67
Bz05-Bz09	CONDUIT	113.66	0 00:25	2.87	0.25	0.37
Bz09-Bz14	CONDUIT	161.15	0 00:25	3.24	0.34	0.44
Bz14-Bz18	CONDUIT	241.22	0 00:25	4.47	0.46	0.47
Bz18-Bz24	CONDUIT	290.56	0 00:25	3.19	0.44	0.73
Bz24-Bz25	CONDUIT	1570.79	0 00:25	5.89	0.62	0.57
Bz06-Bz07	CONDUIT	93.08	0 00:25	2.77	0.20	0.33
Bz07-Bz10	CONDUIT	151.97	0 00:25	3.31	0.28	0.42
Bz10-Bz15	CONDUIT	256.10	0 00:25	4.06	0.46	0.53
Bz15-Bz19	CONDUIT	360.71	0 00:25	4.88	0.66	0.61
Bz19-Bz25	CONDUIT	466.00	0 00:25	6.00	0.71	0.62
Bz25-Bz26	CONDUIT	2121.97	0 00:25	5.99	0.90	0.73
Bz20-Bz26	CONDUIT	62.02	0 00:25	0.96	0.15	0.63
Bz26-Vert01	CONDUIT	2273.11	0 00:26	5.78	0.63	0.58
Bz27-Bz28	CONDUIT	49.20	0 00:25	2.09	0.08	0.26

Bz28-Bz29	CONDUIT	157.84	0	00:25	2.19	0.23	0.60
Bz36-Bz37	CONDUIT	60.69	0	00:25	1.28	0.10	0.43
Bz37-Bz35	CONDUIT	136.51	0	00:25	1.50	0.73	0.73
Bz34-Bz35	CONDUIT	35.46	0	00:25	0.91	0.05	0.49
Bz35-Bz33	CONDUIT	246.40	0	00:25	1.65	0.72	0.77
Bz30-Bz31	CONDUIT	104.42	0	00:25	3.59	0.16	0.30
Bz31-Bz32	CONDUIT	133.73	0	00:25	3.57	0.23	0.36
Bz32-Bz33	CONDUIT	222.32	0	00:25	2.58	0.32	0.70
Bz33-Bz29	CONDUIT	526.93	0	00:25	2.76	0.85	0.63
Bz29-Vert02	CONDUIT	797.17	0	00:25	4.82	0.60	0.56

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Tabla 23: Resumen de Tipo de Flujo**

Conducto	Longitud - Fracción de Tiempo en Tipo de Flujo - Número Variac								Media Caudal	
	Ajustada /Real	Seco (Caudal 0) Todo Ini.	Sub- Crít. Final	Super Crít. Ini.	Crítico Final	Froude Medio				
Bz01-Bz02	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	2.30	0.0017
Bz08-Bz02	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	1.43	0.0018
Bz02-Bz03	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	2.45	0.0046
Bz03-Bz12	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	1.69	0.0046
Bz12-Bz17	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.93	0.00	0.00	2.34	0.0049
Bz17-Bz22	1.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.92	0.00	0.00	2.83	0.0043
Bz11-Bz16	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	2.11	0.0031
Bz16-Bz21	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	3.77	0.0039
Bz21-Bz22	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	4.96	0.0035
Bz22-Bz23	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	3.49	0.0078
Bz04-Bz13	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	2.22	0.0023
Bz13-Bz23	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	1.35	0.0024
Bz23-Bz24	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	3.26	0.0062
Bz05-Bz09	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	2.57	0.0021
Bz09-Bz14	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	2.70	0.0028
Bz14-Bz18	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	3.58	0.0039
Bz18-Bz24	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	1.64	0.0036
Bz24-Bz25	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	3.09	0.0048
Bz06-Bz07	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	2.58	0.0017
Bz07-Bz10	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	2.79	0.0023
Bz10-Bz15	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	3.11	0.0038
Bz15-Bz19	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	3.55	0.0055
Bz19-Bz25	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	4.44	0.0058
Bz25-Bz26	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	2.78	0.0071
Bz20-Bz26	1.00	0.04	0.00	0.00	0.94	0.02	0.00	0.00	0.38	0.0013
Bz26-Vert01	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	2.76	0.0050
Bz27-Bz28	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	2.22	0.0007

Bz28-Bz29	1.00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.91	0.00	0.00	1.41	0.0019
Bz36-Bz37	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	1.15	0.0008
Bz37-Bz35	1.00	0.04	0.00	0.00	0.28	0.69	0.00	0.00	0.97	0.0057
Bz34-Bz35	1.00	0.04	0.00	0.00	0.92	0.04	0.00	0.00	0.55	0.0004
Bz35-Bz33	1.00	0.04	0.00	0.00	0.50	0.46	0.00	0.00	0.90	0.0056
Bz30-Bz31	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.95	0.00	0.00	3.62	0.0013
Bz31-Bz32	1.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	3.25	0.0019
Bz32-Bz33	1.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.94	0.00	0.00	1.41	0.0027
Bz33-Bz29	1.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.92	0.00	0.00	1.53	0.0066
Bz29-Vert02	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	2.88	0.0046

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

#### 4.2.3. Cálculo del sistema de drenaje menor (cunetas)

**Nota:** En ningún caso el tiempo de concentración puede ser menor 10 minutos. Según (RNE OS-060)

**INTENSIDAD:** El tiempo de retorno según el RNE para el diseño de cunetas esta dado entre **2 - 10 años**, entonces diseñaremos con el **Tr de 10 años**.

$$I = \frac{203.87}{t^{-0.595}} \dots\dots\dots \text{Según (Avila Vásquez, 2017)} \quad t =$$

minutos,  $I = \text{mm/h}$

Para el cálculo del drenaje menor se está utilizando las intensidades máximas obtenidas para la estación pluviográfica Jaén considerando el riesgo de ocurrencia 30% y un periodo de retorno será 10 años. (Avila Vásquez, 2017)

**Tabla 24: Coeficiente de escorrentía**

SUPERFICIE	%	INT.(C)	C
Techos y azoteas	68.72	0.75-0.95	0.90
Calles (Concreto)	16.90	0.80-0.95	0.90
Césped arenoso	8.49	0.10-0.15	0.15

El coeficiente de escorrentía asumido de acuerdo a los factores que influyen en la determinación del caudal máximo de la cuneta.

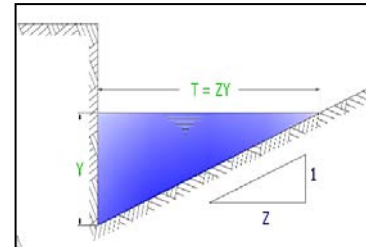
En cunetas de calles pavimentadas tenemos: caída a dos aguas (ambos lados de la calzada) o una sola agua (un solo lado de la calzada) para calcular los caudales se toma

el área de influencia mayor en caso de cunetas de doble agua, y sumaremos las áreas de influencia en caso de cunetas aun solo costado de la calzada.

Para el diseño de cunetas se utilizará la ecuación de MANNING, estas serán en su totalidad de forma triangular, el RNE en su aporte al saneamiento nos brinda algunas formulaciones para cada tipo de secciones, en nuestro caso las secciones se consideraron triangulares.

$$Q = 315 \left( \frac{z}{n} \right) * S^{1/2} * y^{8/3} \left[ \frac{z}{1 + \sqrt{1 + z^2}} \right]^{2/3}$$

Donde:



**Q:** Caudal en litros/seg.

**n:** Coeficiente de rugosidad de Manning

**S:** Pendiente longitud de la cuneta (m/m)

**Z:** Valor recíproco de la pendiente Transversal (1: Z)

**y:** Tirante de agua (m)

**T:** Ancho superficial (m)

En la **NORMA OS-060 DRENAJE PLUVIAL URBANO**, menciona sobre la capacidad de conducción de cunetas en calles:

**T:** El ancho máximo, de la superficie del agua sobre la pista será:

*En vías de alto volumen de tránsito:* será igual al ancho de la berma.

*En vías de bajo volumen de tránsito:* será igual a la mitad de la calzada.

**Calculo del valor de "Y"**, para realizar el transporte de aguas pluviales a través de la calzada en calles Argentina, Mariscal Ureta y Monterrico:

Ancho de la calzada: 7 metros

Ancho útil T: 3.5 metros

Bombeo de la calzada: 2%

Tenemos que el valor de  $Y = 4.5 * 2\% = 0.07$

El valor de  $Z = T/Y = 50$

**Calculo del valor de "Y", para realizar el transporte de aguas pluviales a través de la calzada en las demás calles aledañas a la Urbanización Monterrico:**

Ancho de la calzada: 6 metros

Ancho útil T: 3 metros

Bombeo de la calzada: 2%

Tenemos que el valor de  $Y = 4.5 * 2\% = 0.06$

El valor de  $Z = T/Y = 50$

Considerando el ancho de calzada son 7.00 m y 6.00 m de acuerdo a su clasificación del tipo de vía obteniéndose un  $Z = 50$  en ambos casos.

**Tabla 25: Diseño de cunetas sobre pavimento de concreto**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
REFERENCIA	TRAMO	longitud (m)	Pendiente So (m/m)	A. azoteas y techos (ha)	A (Calzada) (ha)	A.Jardines (ha)	Area total (C*A)	Tc(DGC) (min)	Tc(K) (min)	Tc Prom. (min)	Tc Asum. (min)	Intensidad (mm/h)	Diseño	Caudal Q (m3/s)	Caudal Q (l/s)
<b>CALLE ARGENTINA</b>	inicio -Bz01	47.05	0.089	0.1043	0.0165	0.0047	0.1094	5.318	0.958	3.138	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0157	15.74
	Bz01-Bz02	46.89	0.092	0.0858	0.1477	0.0047	0.2108	5.163	0.945	3.054	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0303	30.34
	Bz02-Bz03	36.20	0.051	0.0385	0.1267	0.0036	0.1492	7.602	0.970	4.286	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0215	21.47
	Bz03-Bz04	33.97	0.050	0.0489	0.1189	0.0034	0.1515	7.405	0.931	4.168	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0218	21.80
	Bz04-Bz05	44.51	0.030	0.0510	0.1558	0.0045	0.1868	15.005	1.390	8.198	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0269	26.88
	Bz05-Bz06	44.30	0.053	0.0594	0.1551	0.0044	0.1937	8.548	1.117	4.833	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0279	27.87
	Bz06-Bz07	45.01	0.042	0.0594	0.1575	0.0045	0.1959	10.873	1.235	6.054	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0282	28.19
<b>CALLE PAKAMUROS</b>	inicio -Bz08	100.90	0.067	0.1585	0.3027	0.0061	0.4160	12.578	1.920	7.249	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0599	59.86
	Bz09 -Bz10	94.99	0.054	0.1188	0.2850	0.0057	0.3642	15.080	2.001	8.541	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0524	52.41
<b>CALLE VENEZUELA</b>	inicio -Bz11	100.00	0.078	0.1557	0.3000	0.0060	0.4111	10.864	1.807	6.335	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0592	59.15
	Bz11 -Bz12	36.10	0.120	0.0385	0.1083	0.0022	0.1325	3.221	0.696	1.958	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0191	19.06
	Bz12 -Bz13	34.00	0.079	0.0510	0.1020	0.0020	0.1380	4.670	0.780	2.725	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0199	19.86
	Bz13 -Bz14	45.79	0.067	0.0533	0.1374	0.0027	0.1720	6.981	1.050	4.015	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0248	24.75
	Bz14 -Bz15	95.03	0.061	0.1200	0.2851	0.0057	0.3654	13.270	1.905	7.588	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0526	52.59
<b>PASAJE CENEPA</b>	inicio -Bz16	104.00	0.083	0.1497	0.2600	0.0062	0.3696	10.429	1.813	6.121	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0532	53.19
	Bz16 -Bz17	35.38	0.117	0.0193	0.0885	0.0021	0.0973	3.259	0.692	1.975	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0140	14.00
<b>CALLE BRASIL</b>	Bz18 -Bz19	94.12	0.054	0.1200	0.2824	0.0056	0.3630	14.838	1.979	8.409	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0522	52.23
	Bz19 -Bz20	70.46	0.089	0.1073	0.2114	0.0042	0.2874	7.216	1.306	4.261	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0414	41.36
<b>CALLE COLOMBIA</b>	Bz21 -Bz22	35.90	0.082	0.0821	0.1077	0.0022	0.1711	4.703	0.803	2.753	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0246	24.63
	Bz22 -Bz23	33.87	0.106	0.0821	0.1016	0.0020	0.1656	3.479	0.695	2.087	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0238	23.84
	Bz23 -Bz24	44.65	0.085	0.0480	0.1340	0.0027	0.1642	5.360	0.937	3.149	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0236	23.62
	Bz24 -Bz25	95.00	0.056	0.1200	0.2850	0.0057	0.3654	14.514	1.971	8.243	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0526	52.57
	Bz25 -Bz26	69.90	0.084	0.0924	0.2097	0.0042	0.2725	7.663	1.332	4.497	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0392	39.21

<b>CALLE BOLIVIA</b>	Bz27 -Bz28	95.00	0.062	0.1200	0.2850	0.0057	0.3654	13.150	1.898	7.524	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0526	52.57
	Bz28 -Bz29	69.32	0.092	0.0882	0.2080	0.0042	0.2672	6.957	1.278	4.117	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0384	38.44
<b>CALLE PERU</b>	INICIO -Bz30	42.40	0.075	0.0480	0.1272	0.0025	0.1581	5.811	0.943	3.377	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0227	22.74
	Bz30 -Bz31	41.58	0.081	0.0688	0.1247	0.0025	0.1746	5.364	0.906	3.135	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0251	25.12
	Bz31 -Bz32	47.37	0.064	0.0871	0.1421	0.0028	0.2067	7.411	1.092	4.251	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0297	29.75
	Bz32 -Bz33	69.90	0.082	0.0882	0.2097	0.0042	0.2687	7.796	1.340	4.568	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0387	38.67
<b>CALLE MIRAFLORES</b>	Bz34 -Bz35	70.52	0.082	0.0840	0.2116	0.0042	0.2666	7.850	1.350	4.600	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0384	38.36
<b>CALLE AMERICA</b>	Bz36 -Bz37	69.92	0.065	0.0720	0.2098	0.0042	0.2542	9.857	1.467	5.662	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0366	36.58
<b>PASAJE01</b>	INICIO -Bz01	89.02	0.012	0.1501	0.2671	0.0053	0.3762	13.228	3.353	8.290	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0541	54.14
<b>CALLE JAÉN</b>	INICIO -Bz02	89.50	0.018	0.1251	0.2685	0.0054	0.3550	14.254	2.918	8.586	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0511	51.09
	Bz08 -Bz02	44.30	0.041	0.0733	0.1329	0.0027	0.1860	11.160	1.238	6.199	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0268	26.76
	Bz08 -Bz11	44.29	0.010	0.0720	0.1329	0.0027	0.1848	16.257	2.110	9.183	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0266	26.59
	Bz11 -Bz16	47.00	0.017	0.0684	0.1410	0.0028	0.1888	12.389	1.811	7.100	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0272	27.17
	Bz16 -Bz21	46.43	0.057	0.0832	0.1393	0.0028	0.2007	8.234	1.126	4.680	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0289	28.87
<b>CALLE BRACAMOROS</b>	INICIO -Bz03	88.50	0.011	0.1251	0.2655	0.0053	0.3523	15.214	3.521	9.367	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0507	50.70
	Bz03 -Bz12	94.53	0.010	0.1059	0.2836	0.0057	0.3514	15.451	3.799	9.625	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0506	50.57
	Bz12 -Bz17	47.00	0.013	0.0514	0.1410	0.0028	0.1735	12.324	2.023	7.174	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0250	24.97
	Bz17 -Bz22	45.86	0.032	0.0540	0.1376	0.0028	0.1728	14.724	1.400	8.062	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0249	24.87
<b>CALLE AMOJU</b>	INICIO -Bz04	86.00	0.011	0.1088	0.2580	0.0052	0.3309	16.452	3.406	9.929	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0476	47.62
	Bz04 -Bz13	95.06	0.021	0.1320	0.2852	0.0057	0.3763	13.254	2.899	8.077	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0542	54.15
	Bz13 -Bz23	97.15	0.030	0.1265	0.2915	0.0058	0.3770	12.345	2.535	7.440	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0542	54.25
<b>CALLE MARICAL URETA</b>	INICIO -Bz05	77.50	0.013	0.1289	0.2713	0.0078	0.3613	16.230	2.961	9.596	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0520	51.99
	Bz05 -Bz09	48.41	0.039	0.0792	0.1694	0.0048	0.2245	12.360	1.343	6.851	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0323	32.30
	Bz09 -Bz14	39.99	0.044	0.0648	0.1400	0.0040	0.1849	9.587	1.112	5.349	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0266	26.60
	Bz14 -Bz18	43.53	0.052	0.0720	0.1524	0.0044	0.2026	8.657	1.113	4.885	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0291	29.15
	Bz18 -Bz24	48.62	0.030	0.0836	0.1702	0.0049	0.2291	16.319	1.498	8.909	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0330	32.97
	Bz24 -Bz27	43.99	0.026	0.0680	0.1540	0.0044	0.2004	17.254	1.459	9.356	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0288	28.84

	Bz27 -Bz30	46.00	0.011	0.0756	0.1610	0.0046	0.2136	16.235	2.117	9.176	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0307	30.74
<b>PASAJE02</b>	INICIO -Bz06	51.12	0.017	0.0973	0.1534	0.0031	0.2261	12.365	1.950	7.157	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0325	32.53
	INICIO -Bz07	47.75	0.026	0.0689	0.1671	0.0048	0.2131	18.338	1.553	9.946	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0307	30.66
	Bz07 -Bz10	48.68	0.056	0.0792	0.1704	0.0049	0.2254	8.623	1.172	4.898	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0324	32.43
	Bz10 -Bz15	40.14	0.061	0.0648	0.1405	0.0040	0.1853	6.891	0.981	3.936	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0267	26.67
	Bz15 -Bz19	43.76	0.035	0.0480	0.1532	0.0044	0.1817	12.682	1.293	6.988	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0261	26.15
<b>CALLE MONTERRICO</b>	Bz19 -Bz25	48.12	0.034	0.0836	0.1684	0.0048	0.2275	14.083	1.408	7.745	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0327	32.74
	Bz25 -Bz28	44.00	0.039	0.0720	0.1540	0.0044	0.2041	11.676	1.256	6.466	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0294	29.36
	Bz28 -Bz32	46.00	0.016	0.0840	0.1610	0.0046	0.2212	9.235	1.811	5.523	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0318	31.83
	Bz32 -Bz34	43.76	0.010	0.0480	0.1532	0.0044	0.1817	11.335	2.081	6.708	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0261	26.15
	Bz34 -Bz36	44.23	0.024	0.0724	0.1548	0.0044	0.2051	17.654	1.521	9.587	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0295	29.52
	Bz20 -Bz26	44.23	0.027	0.0528	0.1327	0.0027	0.1673	16.694	1.444	9.069	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0241	24.08
	Bz26 -Bz29	44.08	0.044	0.0776	0.1322	0.0026	0.1892	10.314	1.198	5.756	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0272	27.23
<b>CALLE URUGUAY</b>	Bz29-Bz33	45.98	0.009	0.0811	0.1379	0.0028	0.1975	16.221	2.280	9.250	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0284	28.42
	Bz35-Bz33	44.23	0.010	0.0811	0.1327	0.0027	0.1928	11.336	2.125	6.730	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0277	27.74
	Bz37 -Bz35	44.23	0.008	0.0852	0.1327	0.0027	0.1965	15.365	2.315	8.840	10.00	51.803	<i>Dos aguas</i>	0.0283	28.27

**Fuente:** (Elaboración propia)



**Tabla 26: Diseño de canaletas sobre pavimento de concreto**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
REFERENCIA	TRAMO	Caudal (l/s)	Z	n	S	Y Tirante	verificación de Tirante en la calzada	Ancho superf. (T)
<b>CALLE ARGENTINA</b>	Inicio -Bz01	15.735	50	0.014	0.089	2.39	<i>Drenar por Calzada</i>	1.20
	Bz01-Bz02	30.338	50	0.014	0.092	3.04	<i>Drenar por Calzada</i>	1.52
	Bz02-Bz03	21.474	50	0.014	0.051	2.98	<i>Drenar por Calzada</i>	1.49
	Bz03-Bz04	21.804	50	0.014	0.050	3.01	<i>Drenar por Calzada</i>	1.51
	Bz04-Bz05	26.876	50	0.014	0.030	3.58	<i>Drenar por Calzada</i>	1.79
	Bz05-Bz06	27.868	50	0.014	0.053	3.27	<i>Drenar por Calzada</i>	1.64
	Bz06-Bz07	28.192	50	0.014	0.042	3.42	<i>Drenar por Calzada</i>	1.71
<b>CALLE PAKAMUROS</b>	Inicio -Bz08	59.863	50	0.014	0.067	4.16	<i>Drenar por Calzada</i>	2.08
	Bz09 -Bz10	52.414	50	0.014	0.054	4.13	<i>Drenar por Calzada</i>	2.07
<b>CALLE VENEZUELA</b>	Inicio -Bz11	59.151	50	0.014	0.078	4.03	<i>Drenar por Calzada</i>	2.02
	Bz11 -Bz12	19.061	50	0.014	0.120	2.43	<i>Drenar por Calzada</i>	1.22
	Bz12 -Bz13	19.859	50	0.014	0.079	2.67	<i>Drenar por Calzada</i>	1.34
	Bz13 -Bz14	24.755	50	0.014	0.067	2.99	<i>Drenar por Calzada</i>	1.50
	Bz14 -Bz15	52.585	50	0.014	0.061	4.04	<i>Drenar por Calzada</i>	2.02
<b>PASAJE CENEP</b>	Inicio -Bz16	53.187	50	0.014	0.083	3.83	<i>Drenar por Calzada</i>	1.92
	Bz16 -Bz17	13.995	50	0.014	0.117	2.17	<i>Drenar por Calzada</i>	1.09
<b>CALLE BRASIL</b>	Bz18 -Bz19	52.230	50	0.014	0.054	4.12	<i>Drenar por Calzada</i>	2.06
	Bz19 -Bz20	41.361	50	0.014	0.089	3.43	<i>Drenar por Calzada</i>	1.72
<b>CALLE COLOMBIA</b>	Bz21 -Bz22	24.627	50	0.014	0.082	2.87	<i>Drenar por Calzada</i>	1.44
	Bz22 -Bz23	23.836	50	0.014	0.106	2.70	<i>Drenar por Calzada</i>	1.35
	Bz23 -Bz24	23.622	50	0.014	0.085	2.81	<i>Drenar por Calzada</i>	1.41
	Bz24 -Bz25	52.573	50	0.014	0.056	4.10	<i>Drenar por Calzada</i>	2.05
	Bz25 -Bz26	39.215	50	0.014	0.084	3.41	<i>Drenar por Calzada</i>	1.71
<b>CALLE BOLIVIA</b>	Bz27 -Bz28	52.573	50	0.014	0.062	4.03	<i>Drenar por Calzada</i>	2.02
	Bz28 -Bz29	38.445	50	0.014	0.092	3.33	<i>Drenar por Calzada</i>	1.67
<b>CALLE PERU</b>	Inicio -Bz30	22.745	50	0.014	0.075	2.83	<i>Drenar por Calzada</i>	1.42
	Bz30 -Bz31	25.124	50	0.014	0.081	2.90	<i>Drenar por Calzada</i>	1.45
	Bz31 -Bz32	29.746	50	0.014	0.064	3.23	<i>Drenar por Calzada</i>	1.62
	Bz32 -Bz33	38.671	50	0.014	0.082	3.40	<i>Drenar por Calzada</i>	1.70
<b>CALLE MIRAFLORES</b>	Bz34 -Bz35	38.363	50	0.014	0.082	3.39	<i>Drenar por Calzada</i>	1.70
<b>CALLE AMERICA</b>	Bz36 -Bz37	36.580	50	0.014	0.065	3.48	<i>Drenar por Calzada</i>	1.74
<b>PASAJE 01</b>	Inicio -Bz01	54.140	50	0.014	0.012	5.51	<i>Drenar por Calzada</i>	2.76
<b>CALLE JAÉN</b>	Inicio -Bz02	51.090	50	0.014	0.018	5.03	<i>Drenar por Calzada</i>	2.52
	Bz08 -Bz02	26.762	50	0.014	0.041	3.38	<i>Drenar por Calzada</i>	1.69
	Bz08 -Bz11	26.589	50	0.014	0.010	4.37	<i>Drenar por Calzada</i>	2.19
	Bz11 -Bz16	27.173	50	0.014	0.017	4.00	<i>Drenar por Calzada</i>	2.00

	Bz16 -Bz21	28.874	50	0.014	0.057	3.26	<i>Drenar por Calzada</i>	1.63
<b>CALLE BRACAMOROS</b>	Inicio -Bz03	50.700	50	0.014	0.011	5.52	<i>Drenar por Calzada</i>	2.76
	Bz03 -Bz12	50.568	50	0.014	0.010	5.58	<i>Drenar por Calzada</i>	2.79
	Bz12 -Bz17	24.973	50	0.014	0.013	4.09	<i>Drenar por Calzada</i>	2.05
	Bz17 -Bz22	24.870	50	0.014	0.032	3.45	<i>Drenar por Calzada</i>	1.73
<b>CALLE AMOJU</b>	Inicio -Bz04	47.616	50	0.014	0.011	5.36	<i>Drenar por Calzada</i>	2.68
	Bz04 -Bz13	54.151	50	0.014	0.021	5.01	<i>Drenar por Calzada</i>	2.51
	Bz13 -Bz23	54.247	50	0.014	0.030	4.66	<i>Drenar por Calzada</i>	2.33
<b>CALLE MARICAL URETA</b>	Inicio -Bz05	51.993	50	0.014	0.013	5.38	<i>Drenar por Calzada</i>	2.69
	Bz05 -Bz09	32.304	50	0.014	0.039	3.65	<i>Drenar por Calzada</i>	1.83
	Bz09 -Bz14	26.605	50	0.014	0.044	3.33	<i>Drenar por Calzada</i>	1.67
	Bz14 -Bz18	29.150	50	0.014	0.052	3.34	<i>Drenar por Calzada</i>	1.67
	Bz18 -Bz24	32.970	50	0.014	0.030	3.88	<i>Drenar por Calzada</i>	1.94
	Bz24 -Bz27	28.841	50	0.014	0.026	3.78	<i>Drenar por Calzada</i>	1.89
	Bz27 -Bz30	30.741	50	0.014	0.011	4.56	<i>Drenar por Calzada</i>	2.28
<b>PASAJE 02</b>	Inicio -Bz06	32.532	50	0.014	0.017	4.30	<i>Drenar por Calzada</i>	2.15
<b>CALLE MONTEERRICO</b>	Inicio -Bz07	30.664	50	0.014	0.026	3.86	<i>Drenar por Calzada</i>	1.93
	Bz07 -Bz10	32.427	50	0.014	0.056	3.42	<i>Drenar por Calzada</i>	1.71
	Bz10 -Bz15	26.671	50	0.014	0.061	3.13	<i>Drenar por Calzada</i>	1.57
	Bz15 -Bz19	26.145	50	0.014	0.035	3.44	<i>Drenar por Calzada</i>	1.72
	Bz19 -Bz25	32.742	50	0.014	0.034	3.77	<i>Drenar por Calzada</i>	1.89
	Bz25 -Bz28	29.364	50	0.014	0.039	3.53	<i>Drenar por Calzada</i>	1.77
	Bz28 -Bz32	31.829	50	0.014	0.016	4.28	<i>Drenar por Calzada</i>	2.14
	Bz32 -Bz34	26.146	50	0.014	0.010	4.34	<i>Drenar por Calzada</i>	2.17
	Bz34 -Bz36	29.516	50	0.014	0.024	3.88	<i>Drenar por Calzada</i>	1.94
<b>CALLE URUGUAY</b>	Bz20 -Bz26	24.080	50	0.014	0.027	3.51	<i>Drenar por Calzada</i>	1.76
	Bz26 -Bz29	27.232	50	0.014	0.044	3.36	<i>Drenar por Calzada</i>	1.68
	Bz29-Bz33	28.422	50	0.014	0.009	4.59	<i>Drenar por Calzada</i>	2.30
	Bz35-Bz33	27.741	50	0.014	0.010	4.46	<i>Drenar por Calzada</i>	2.23
	Bz37 -Bz35	28.275	50	0.014	0.008	4.69	<i>Drenar por Calzada</i>	2.35

**Fuente:** (Elaboración propia)

#### 4.2.4. Diseño de rejillas y sumideros.

Las rejillas pueden ser clasificadas bajo dos consideraciones:

Por el material del que están hechas; serán: De fierro fundido.

Por su posición en relación con el sentido de desplazamiento principal de flujo; serán: De rejilla horizontal.

Las rejillas se adaptan a la geometría y serán: rectangulares. Serán de 18"x40", la separación de las barras en las rejillas será de 20 mm Y el diámetro mínimo para evacuar las aguas del Sumidero al buzón debe ser 250mm (10").

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. SELECCIÓN CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA Y ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE

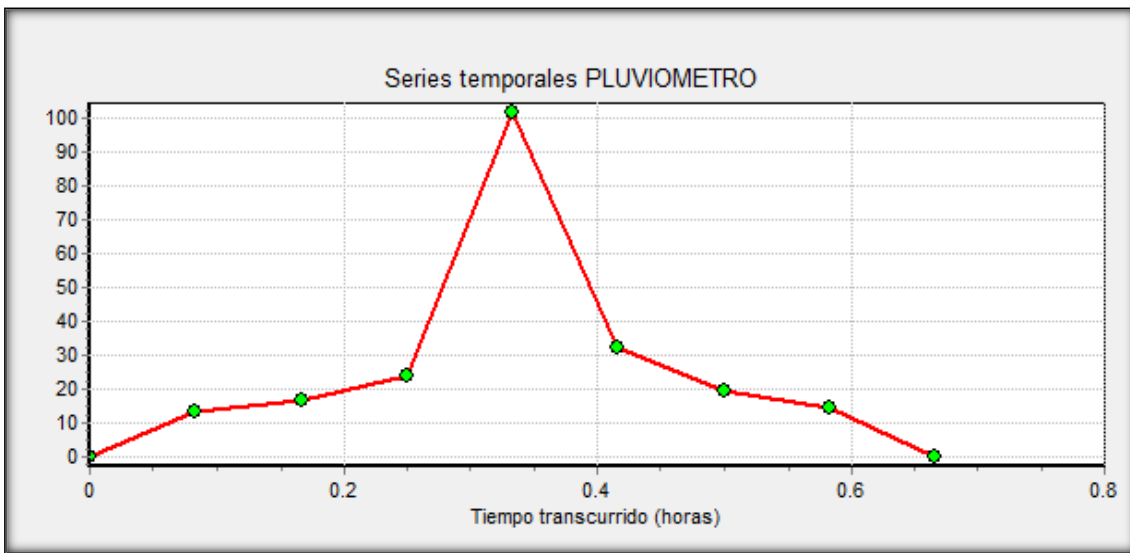
El análisis de la cuenca de la urbanización de Monterrico -Jaén para proceder a elaborar un modelo matemático, se eligió la por disponer de datos hidrológicos para la red de saneamiento mediante planos en AutoCAD con la ubicación de los pozos de saneamiento, los colectores, sus longitudes, materiales, tipologías, y con todos los elementos hidráulicos de los que consta la red. El levantamiento topográfico de la zona de estudio nos permitió obtener a detalle la ubicación de sumideros, pendientes de las calles, modelo digital del terreno, y fotos de la zona.

**Imagen 11: Ingreso de datos Pluviométricos al programa SWMM**

Propiedad	Valor
Nombre	LLUVIA
Coordenada X	741671.809
Coordenada Y	9368484.927
Descripción	
Marca	
Formato de lluvia	INTENSITY
Intervalo de lluvia	0:05
Factor de corrección de nev	1.0
Origen de datos	TIMESERIES
<b>SERIE TEMPORAL:</b>	
- Nombre de la Serie	PLUVIOMETRO
<b>ARCHIVO:</b>	
- Nombre del Fichero	*
- ID Estación	*
- Unidades de lluvia	MM

Fecha (M/D/Y)	Hora (H:M)	Valor
	00:00	0
	00:05	13.2
	00:10	16.8
	00:15	24.0
	00:20	101.5
	00:25	32.4
	00:30	19.2
	00:35	14.4
	00:40	0

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)



**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

Ingreso de intensidades para un periodo de retorno de 30 años y un riesgo de 30%, el análisis del tiempo es para un periodo de lluvia de 35 min con intervalos cada 5min.

**Imagen 12: ingreso de datos característicos de las cuencas**

Propiedad	Valor
Nombre	AR01
Coordenada X	741363.002
Coordenada Y	9368444.735
Descripción	
Marca	
Pluviómetro	LLUVIA
Descarga	BZ-01
Área	0.2509
Ancho	52.38
Pendiente (%)	8.23
Área impermeable (%)	85
Coef. n (Impermeable)	.012
Coef. n (Permeable)	.15
Alm. Dep. (Impermeable)	2.5
Alm. Dep. (Permeable)	4
(%) Área Imperm. sin Alm. De	25
Flujo entre subáreas	OUTLET
(%) escorrentía transportada	100
Infiltración	GREEN_AMPT
Aguas Subterráneas	NO
Capa de nieve	
Usos del suelo	0
Acumulación inicial	NONE

Propiedad	Valor
Altura de succión	75
Conductividad	10
Déficit inicial	4

Valor medio de la capacidad de succión por capilaridad del suelo a lo largo del frente mojado (en mm o in)

Aceptar Cancelar Ayuda

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

Las características de cada cuenca la ubicación en coordenadas UTM, pluviómetro, punto de descarga, área, ancho y pendiente obtenidos de la topografía y se está considerando 85% de impermeabilidad y el tipo de infiltración de Grenn y Ampt porque más adecua a la zona de estudio.

**Imagen 13: ingreso de datos en los conductos.**

Propiedad	Valor
Nombre	Bz01-Bz02
Nudo inicial	BZ-01
Nudo final	BZ-02
Descripción	
Marca	
Forma	CIRCULAR
Altura (Prof.Máx.)	.3844
Longitud	52.89
Coef. Manning (n)	0.01
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	0
Caudal inicial	0
Caudal máximo	0
Coef. Pérd. Entrada	0
Coef. Pérd. Salida	0
Coef. Pérd. Medio	0
Compuerta antirretorno	NO
Código Paso Inferior	

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

El tipo de conducto es de PVC con un coeficiente de Manning de 0.010, la sección es circular, la longitud se obtiene de los planos y su diámetro depende de tramo analizado

**Imagen 14: ingreso de datos en los nodos o buzones**

Propiedad	Valor
Nombre	BZ-01
Coordenada X	741377.522
Coordenada Y	9368419.511
Descripción	
Marca	
Aportes	NO
Tratamiento	NO
Cota del fondo	716.10
Profundidad Máxima	1.6
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

En los nudos o buzones las coordenadas y cotas se obtienen de los planos topográficos

**Imagen 15: Ingreso datos en los vertidos**

Propiedad	Valor
Nombre	VERT-1
Coordenada X	741711.124
Coordenada Y	9368102.719
Descripción	
Marca	
Aportes	NO
Tratamiento	NO
Cota del fondo	687
Compuerta antirretorno	NO
Tipo	FREE
Vertido a nivel fijo	
Nivel fijo Vertido	0
Vertido contra marea	
Nombre Curva Marea	*
Vertido variable en el tiempo	
Nombre Serie Temporal	*

**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

Las coordenadas y cotas de salida de los vertidos se obtienen a partir de los planos topográficos.

## 5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos ingresados de las características geomorfológicas de la cuenca nos permiten encontrar los coeficientes de escorrentía reales obtenidos a través del software SWMM en la **tabla 18**.

Se realiza la simulación del comportamiento de todos los elementos del sistema de drenaje de acuerdo al primer calculo en el Método racional observamos inundación en los buzones Bz-23, Bz-24, Bz-25 y Bz-26 del Vertido 01, también presentamos inundación en los Bz-33 y Bz-35 del Vertido 02

En el perfil de la Imagen 16 se puede visualizar mejor la inundación en los buzones.

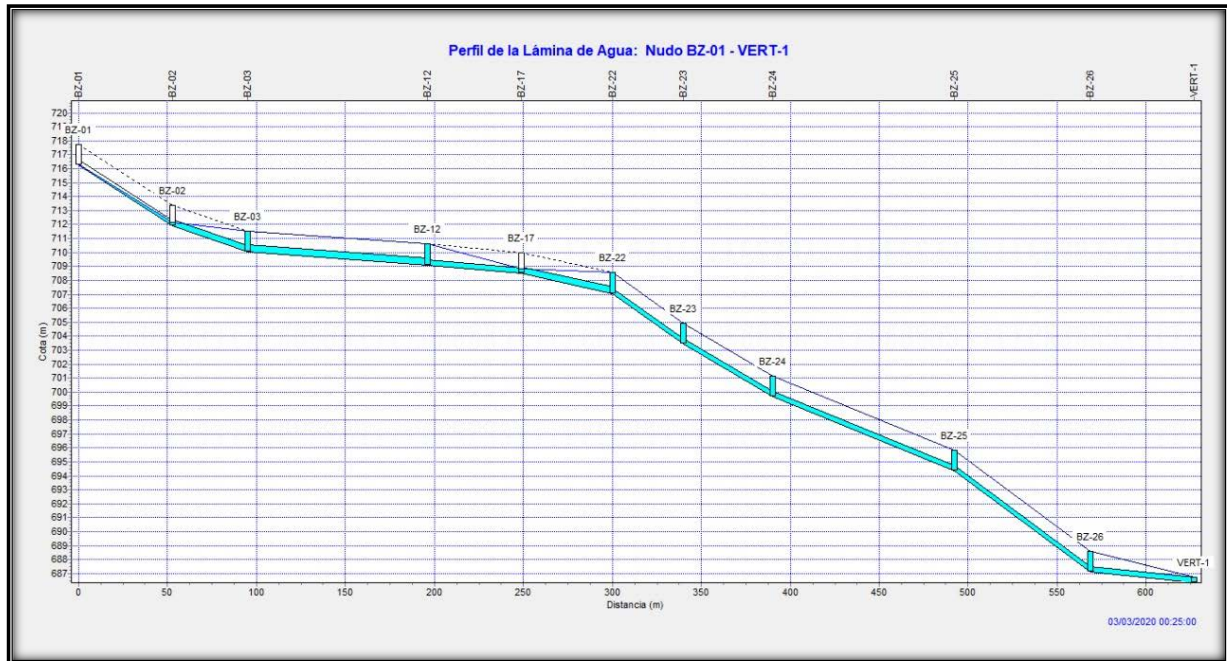
**Imagen 16: La red pluvial colapsado en SWMM**



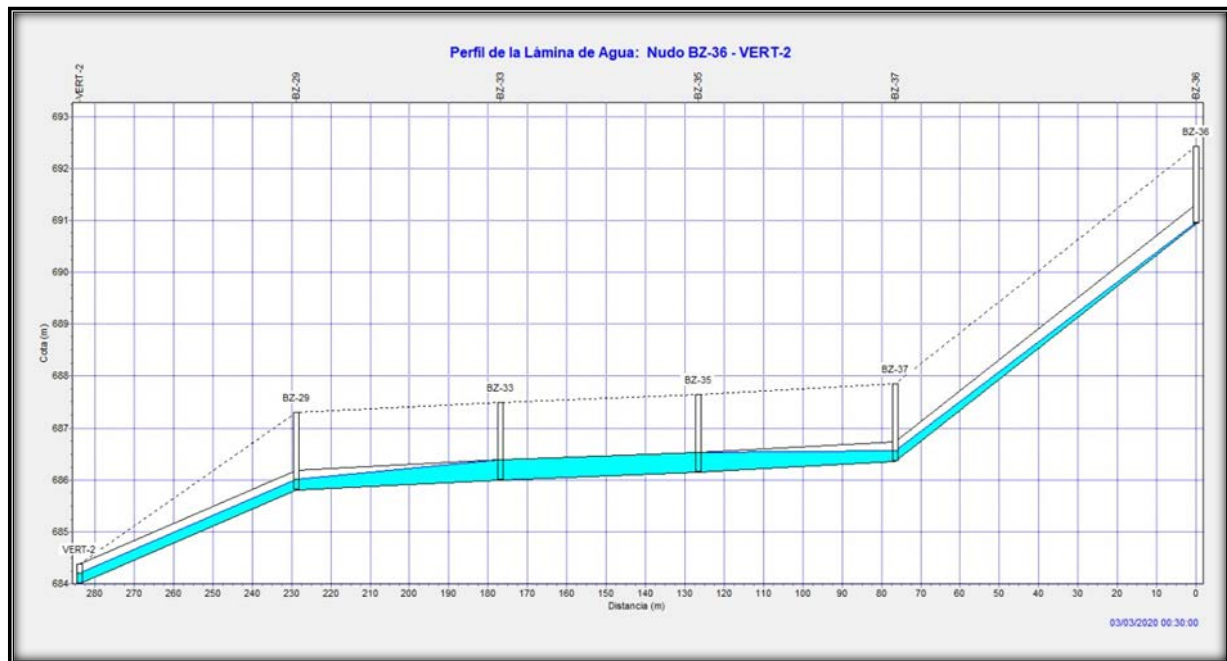
**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)



**Imagen 17: Donde se colapsan los buzones en la vertiente n°01 y vertiente n°02:**



**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)



**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

Se realizó cambio de diámetro de los conductos en los tramos que se estaba generando inundación en los nudos antes mencionados teniendo como resultado una simulación con un error de continuidad del 0,00% no habiendo sobrecarga ni inundación tanto en los buzones como en los conductos, esto se puede apreciar en la Imagen 18 y en los perfiles de la Imagen 19 e Imagen 20.

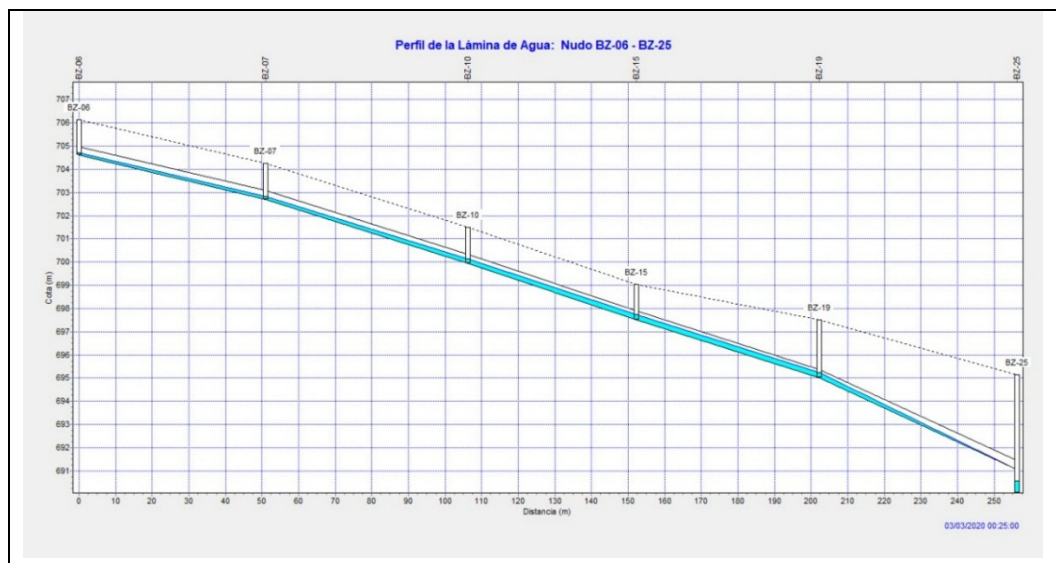


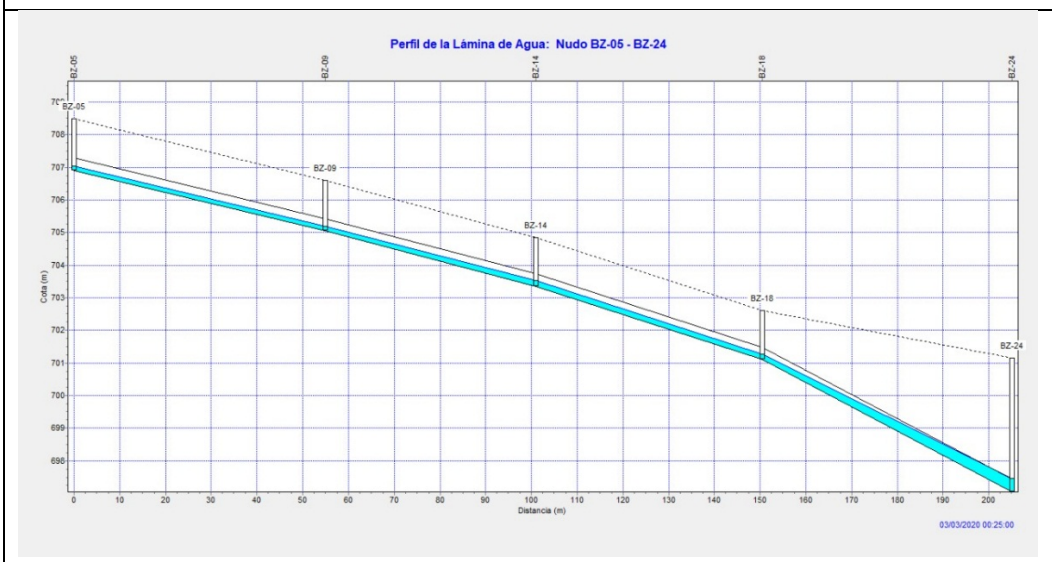
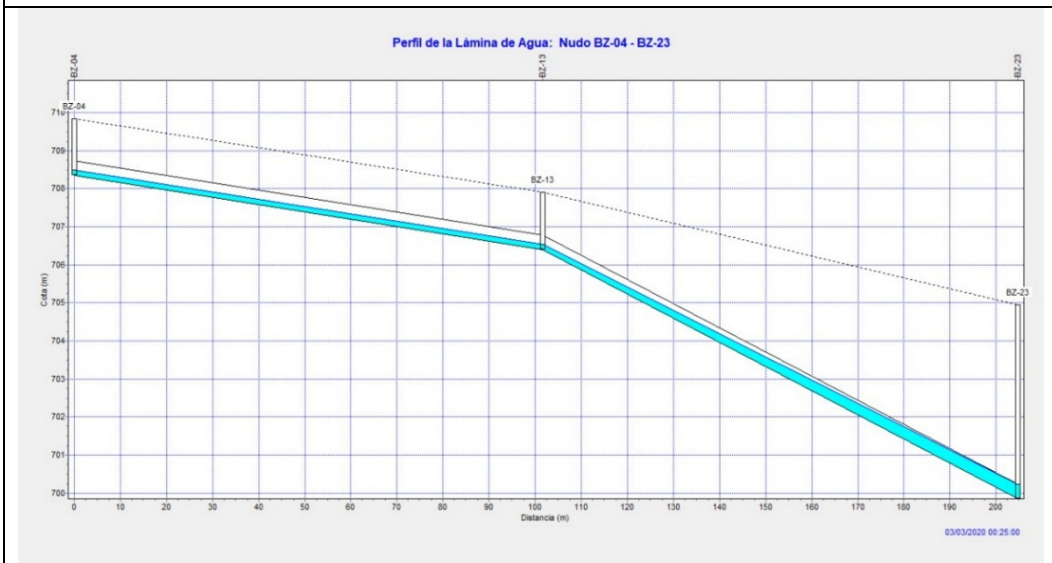
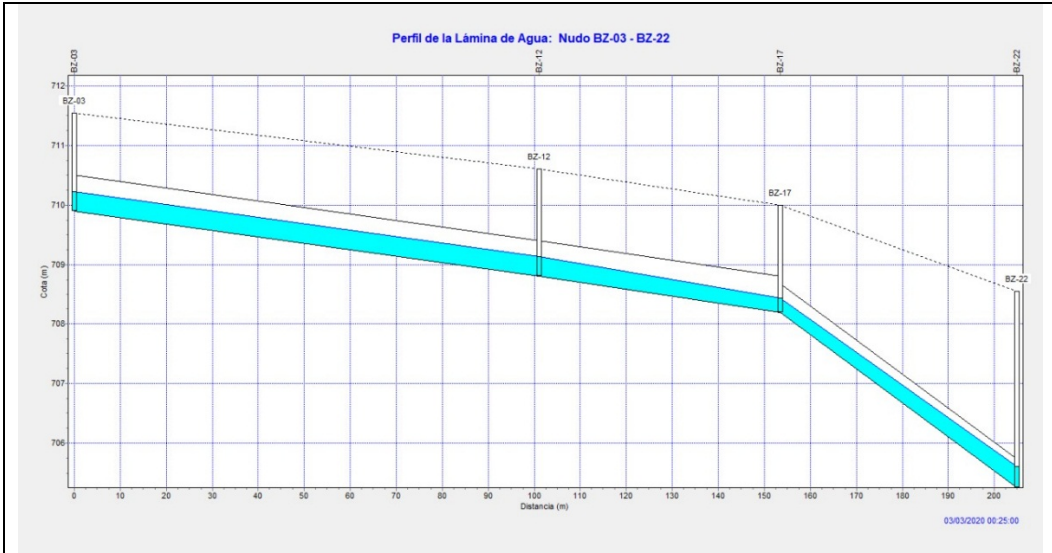
**Imagen 18: La red pluvial corregida en SWMM**



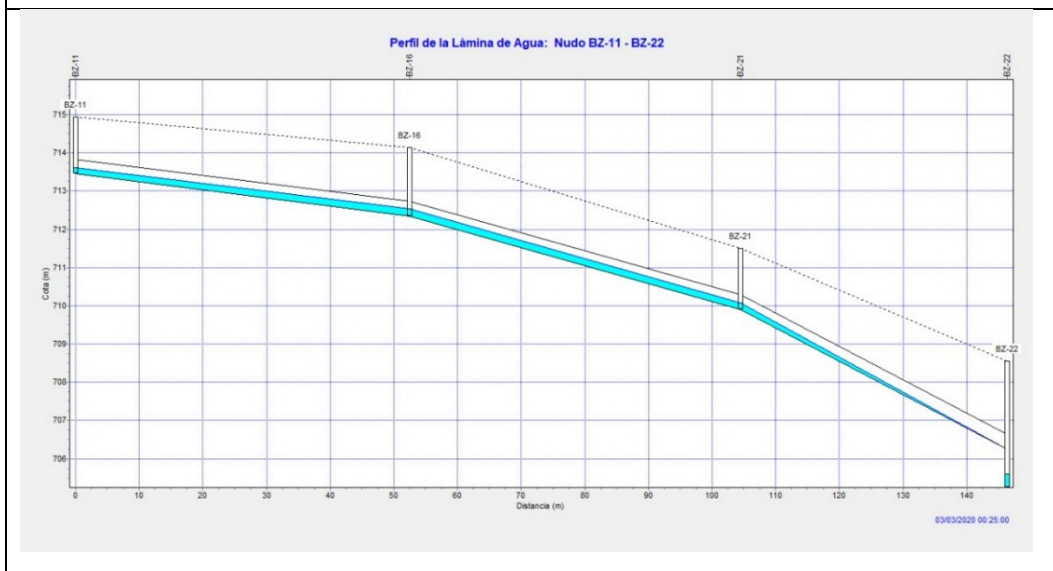
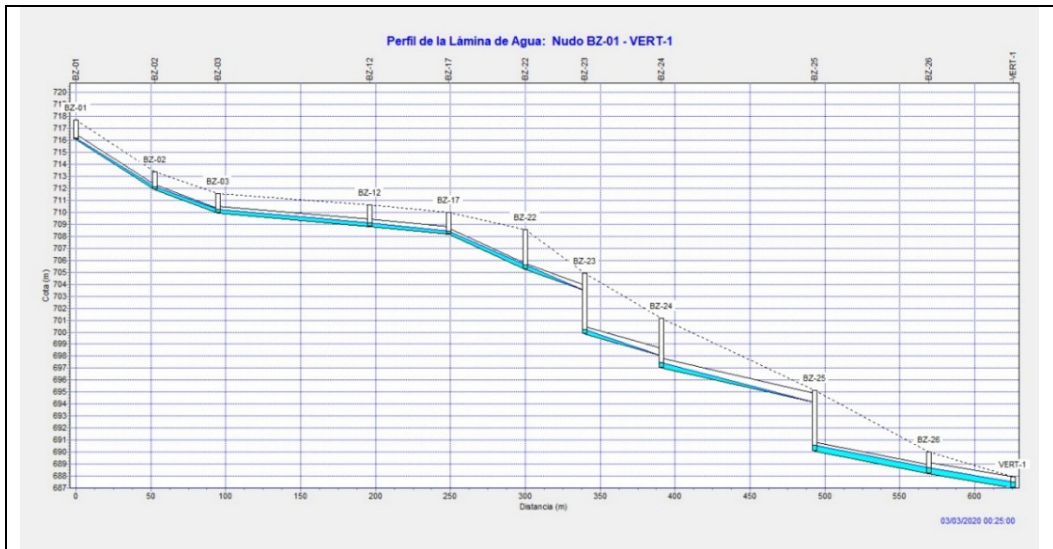
**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

**Imagen 19: Perfil de lámina de agua en la vertiente N° 01**



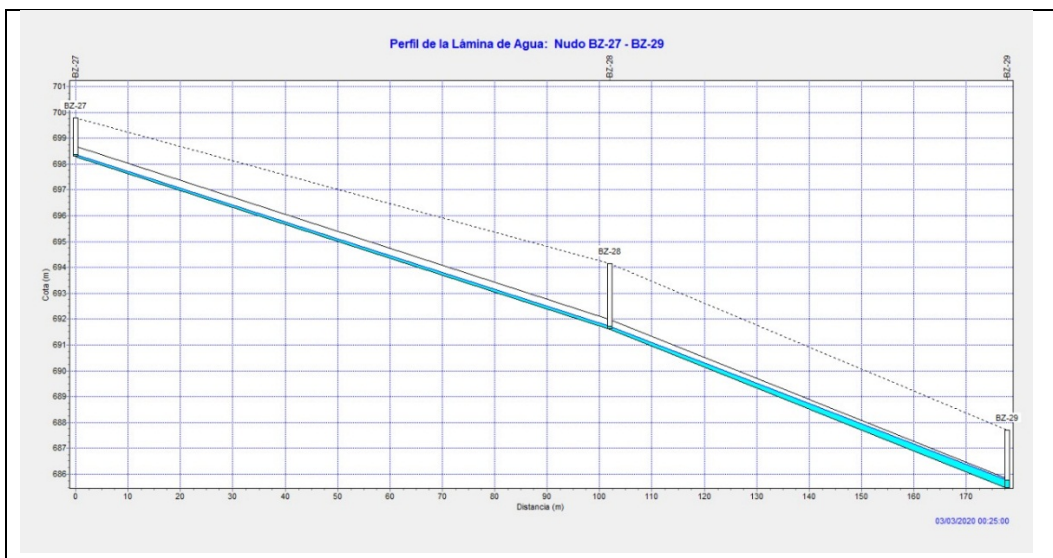


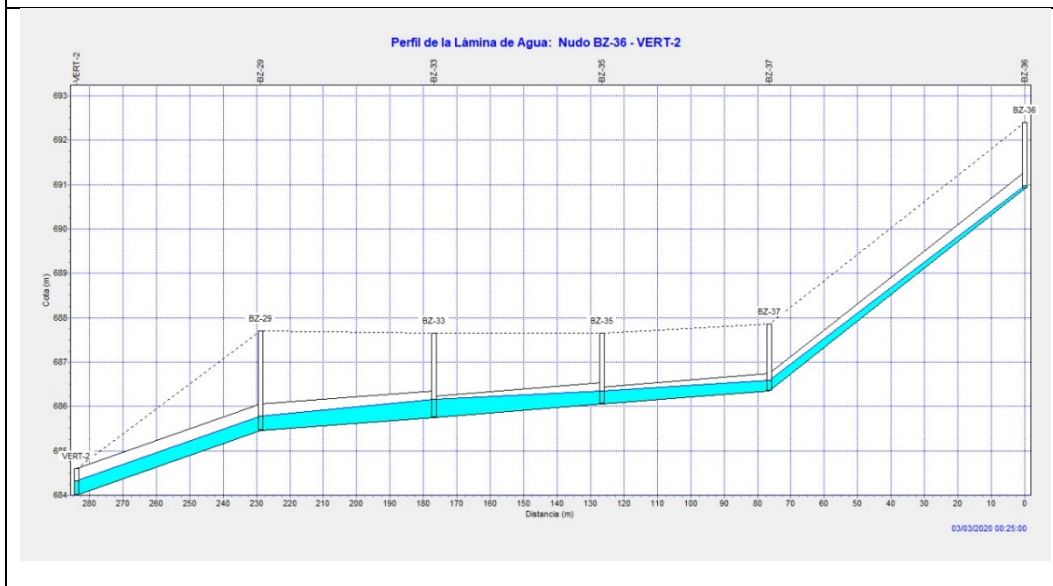
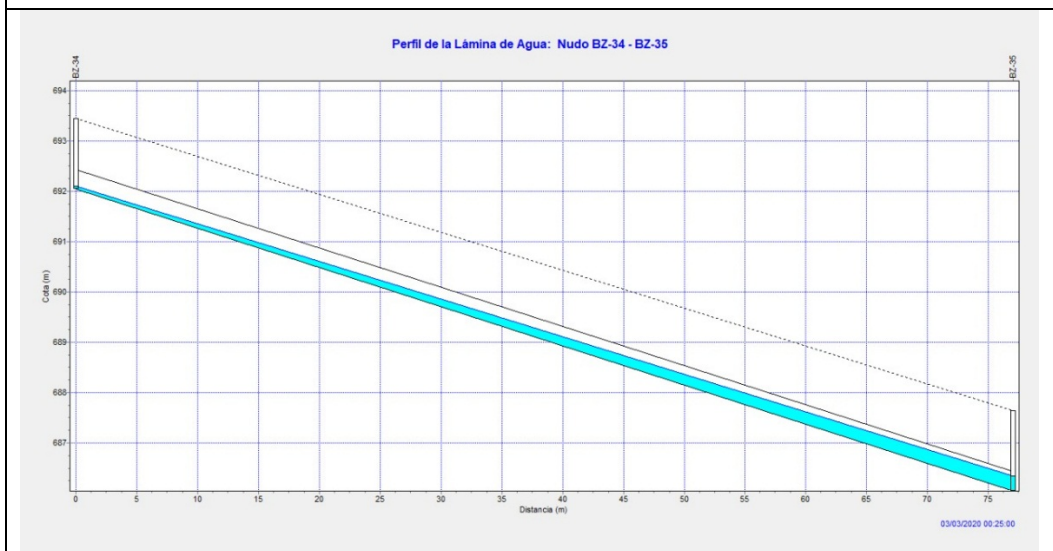
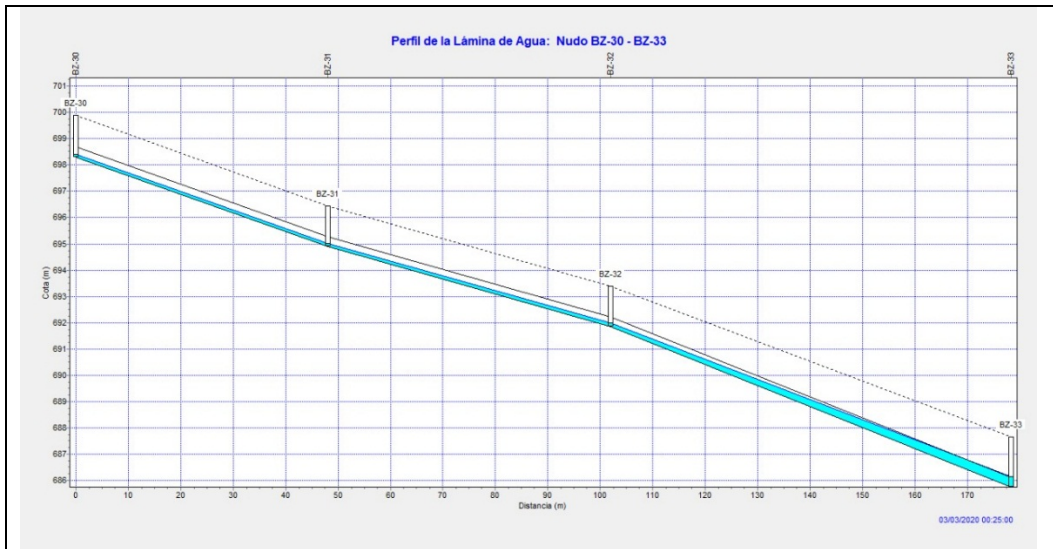




Fuente: (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

Imagen 20: Imagen: Perfil de lámina de agua en la vertiente N° 02





**Fuente:** (elaboración propia con base de datos programa SWMM)

El presente proyecto presenta el estudio hidrológico para un periodo de retorno de 30 años y como base de diseño el método racional para el cálculo de los caudales máximos en cada tramo con que se obtiene el diseño de las tuberías considerando el tipo de material y dimensiones.

Se puede apreciar en la comparación del método racional y el software SWMM difieren en muchos aspectos ya que utilizan diferentes métodos de cálculo de caudales máximos esto se puede apreciar en la **tabla 14 y tabla 15** con respecto a los resultados del programa de **la tabla 18 y tabla 22**.

También hay un punto de consideración en la velocidades máximas y mínimas son diferentes por el tipo de método que utilizan y la más confiable es la del software SWMM ya que te simula el comportamiento de las estructuras de drenaje para cada instante de tiempo en un evento de lluvia determinado por tal razón hemos tratado de encontrar un punto medio donde los cálculos del método racional y el software cumplan con la norma OS-060 RNE

Considerando más confiable el diseño hidrológico e hidráulico del software SWMM porque presenta resultados más reales y además cubre algunas de las limitaciones del método racional. Estas limitaciones son: Proporciona solamente un caudal pico, pero no el hidrograma de creciente para el diseño, Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo (intensidad constante), teóricamente podría suceder cuando la duración de la lluvia es corta, No considera los efectos de almacenamiento o retención temporal del agua escurrida en la superficie, cauces, conductos y otros elementos naturales y artificiales y Minimiza los efectos de la infiltración en las subcuencas.

Con los resultados modelados hemos determinado que los diámetros de conductos y buzones establecidos en **la tabla 14 y tabla 15** cumplen con los estándares para el funcionamiento de un sistema de drenaje optimo y sin inundación ni sobrecargas en los conductos.

Debido a la topografía muy accidentada de la zona estudiada presenta pendientes muy elevadas hemos tenido que considerar buzones con caídas especiales tal es el caso del Bz - 22 y Bz - 24 que presentan un desnivel de entrada de 01m y el Bz-23 con un desnivel de entrada de 3.60m y en el Bz-25 el más crítico presenta un desnivel de

4.10m por tal razón era necesario realizar ese tipo de obra de arte para poder reducir la velocidad de flujo en los conductos.

El cálculo de cunetas y sumideros en el cual se analiza para un periodo de retorno de 10 años y un riesgo del 30% ,esto se puede apreciar en la **tabla 26** que los caudales máximos son pequeños y que no es necesario en ninguna calle realizar un sistema de canaletas para evacuar el agua sino simplemente con el bombeo del pavimento se puede drenar por calzada hacia los sumideros y evacuar a los buzones por tuberías mínimas de 250mm (10”).

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Para el drenaje mayor se asume un periodo de retorno de 30 años y un riesgo de ocurrencia 30%. Las pendientes en su mayoría son elevadas de acuerdo a la topografía accidentada que presenta la zona, la impermeabilidad de la cuenca urbana es de 85% y se utilizó el modelo de infiltración de Green-Ampt porque es el que más se adecua a la zona de estudio.
- Para el cálculo de cunetas y sumideros asumí un periodo de retorno de 10 años y un riesgo de ocurrencia 30%, sus áreas de aporte de cada subcuenca van de acuerdo a la lotización de cada manzana, además se utilizaron métodos tradicionales para determinar los caudales máximos.
- El modelamiento hidrológico–hidráulico se ha realizado con los datos obtenidos en los Estudios Básicos de Ingeniería del presente proyecto (datos iniciales obtenido Método racional).
- La metodología aplicada permitió conocer en la zona estudiada, la distribución espacial del indicador de peligrosidad pluvial asociada al movimiento simultáneo del flujo en las calles y el intercambio de flujo entre los subsistemas y bajo el enfoque de onda dinámica la cual resuelve las ecuaciones completas de Saint–Venant para el flujo no permanente en canales.
- El modelamiento dinámico mediante el software SWMM nos permitió simular tanto la cantidad y la calidad del agua evacuada en el sistema alcantarillado pluvial urbano , este presenta un interfaz más completo debido que el análisis hidráulico es el más rápido y eficaz
- El uso del modelo numérico, en ventaja respecto al método Racional, permitió predecir con mayor precisión el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje analizando los posibles problemas que se presenten casos de eventos extremos de lluvia según los resultados obtenidos, el modelo SWMM

proporciona un conjunto de herramientas interactivas y recursos que son una buena opción para el análisis de grandes proyectos de drenaje urbano.

- El sistema de drenaje planteado es funcional y primordial porque se encuentra contemplado dentro de los parámetros que establece la Norma GH-010, Norma OS-060 del RNE, la eficiencia de conducción teniendo en cuenta las velocidades máximas y mínimas para evitar la sedimentación y erosión de las tuberías de acuerdo del tipo de material utilizado.
- El resultado obtenido en el presente proyecto de tesis garantiza el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, evitando inundaciones y encharcamientos de aguas en toda la urbanización además se viabiliza la identificación de puntos críticos de inundación en casos de eventos extremos de lluvia.



## 6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ La ciudad de Jaén necesita un plan de desarrollo urbano actualizado para todas las obras de infraestructura (obras viales, obras de saneamiento, viviendas). Ya que debido al proceso inadecuado de expansión de áreas urbanas y uso de suelos es muy perjudicial para los intereses públicos y representa un obstáculo en el diseño de sistemas de drenaje pluvial.
  
- ✓ En este proyecto se recomienda el uso y manejo del programa EPA SWMM ya que es una herramienta de interés internacional porque presenta un interfaz fácil, rápido y eficaz para el análisis redes de alcantarillado pluvial sacando el máximo rendimiento hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje para plantear posibles alternativas de mejoramiento basado en conceptos ingenieriles con el fin de disminuir los deficientes diseños en obras hidráulicas en la ciudad de Jaén.
  
- ✓ El programa EPA SWMM 5 es un modelo numérico que presenta un análisis hidráulico detallado y confiable para diferentes instantes de lluvia además identifica sobrecarga en conductos y puntos de inundación en los nodos. Traducido al español por la Universidad Politécnica de Valencia que permiten simular el comportamiento hidrológico-hidráulico de un sistema de drenaje urbano, tanto en términos de cantidad de agua como de calidad de la misma.
  
- ✓ Se recomienda elaborar un plan de operación y mantenimiento post-ejecución del proyecto que garantice el flujo de las aguas pluviales sin ser propensas a ser contaminadas, concientizar a la población aledaña a la urbanización Monterrico – Jaén a evacuar el agua de las azoteas y techos mediante tuberías para que no erosionen el pavimento con la caída desde gran altura además evitar que los residuos domésticos sean arrojados directamente a los drenes (canales de evacuación de aguas pluviales).

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio Mijares, F. J. (1987). *FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE*. (Noriega, Ed.) Cuernavaca, México: Limusa.
- Avila Vásquez, A. A. (2017). *GENERACIÓN DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN PLUVIOGRÁFICA JAÉN*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Lima.
- Chávez Aguilar, F. J. (2006). *SIMULACION Y OPTIMIZACION DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO URBANO*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Lima.
- Chura, A. A. (2015). *IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DE UNA OBRA DE SANEAMIENTO CON ESTIMACIÓN DE COSTO*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Colmenares, V. D., & Salvador, V. J. (2019). *DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL EN LOS PUEBLOS JÓVENES SAN LORENZO Y SANTA ANA - DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - PROVINCIA DE CHICLAYO - REGIÓN LAMBAYEQUE*. tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Chiclayo.
- Dolz, J., & Gómez, M. (1994). PROBLEMÁTICA DEL DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN ZONAS URBANAS Y DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE COLECTORES. *The International Water Association*, 1-2.
- Escudero Cueva, C. S., & Perez Taype, G. J. (2019). *ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO EN EL SECTOR PARCO CHICO, CIUDAD DE POMABAMBA, ÁNCASH - PERÚ*. Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porras, Lima, Lima.
- Especificaciones Técnicas NTP-ISO 4435. (s.f.). *TUBO PVC-U PARA ALCANTARILLADO Y DESAGUE CON EMPALME UNION FLEXIBLE (UF)*. Pavco, Lima, Lima.
- Gómez, V. M. (2007). *HIDROLOGÍA URBANA*. Barcelona: Flumen.
- Granda Acha, R. R. (2013). *ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URB. ANGAMOS*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Piura, Perú.
- <https://designscad.com/downloads/sewage-chambers-fall-detail-dwg-detail-for-autocad/>. (s.f.).
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Coordinación de Hidráulica). (s.f.). *Introducción a las cuencas urbanas*. Mexico.
- Jiménez Hernández, M. (2018). *DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN URB. EL CHILCAL DE LA CIUDAD DE PIURA*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura, Piura, Lima.
- Laguna Zárate, L. F. (2016). *MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL AGUA PLUVIAL EN UNA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ*. Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.

- Lino Calle, V. A. (2011). *DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, PARA LA CIUDADELA SAN LUCAS DEL CANTÓN PAJÁN*. Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa - Manabí, Ecuador.
- López Jiménez, O. R. (2016). *DISEÑO Y SIMULACION DE UNA RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ZONA CENTRO - ESTE DE LA CIUDAD DE TRINIDAD*. Diplomado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Ciudad de Santa Clara.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2012). *MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. En *OS.070 Redes de Aguas Residuales* (pág. 156). Lima.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *CARTILLA TECNICA: CICLO HIDROLOGICO*. Senamhi, Lima. Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Oré, H., Pedrique, J., & Venezia, A. (s.f). *EVALUACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO MEDIANTE EL USO DEL MODELO SWMM 5.0*. *Gaceta Técnica de Ingeniería Civil*, 7.
- Rabanal Silva, D. J. (2018). *ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES DEL BARRIO LA BREÑA OCASIONADO POR AVENIDAS EXTRAORDINARIAS DEL RÍO GRANDE DE CELENDÍN – CAJAMARCA*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (s.f.). *NORMA OS-070 REDES DE AGUAS RESIDUALES*.
- RNE. (2006). *HABILITACIONES URBANAS*. Lima. Lima: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento.
- Rodríguez Anzola, M. L., & Rodríguez Duarte, J. F. (2014). *MODELACIÓN Y EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE CHOCONTÁ- CUNDINAMARCA, MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE EPA SWMM*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Rodríguez Sánchez, J. (2013). *NUEVAS TENDENCIAS EN LA GESTIÓN DE DRENAJE PLUVIAL EN UNA CUENCA*. tesis de pregrado, Universidad de la Rioja.
- Rojas Naira, P. c., & Humpiri Pari, V. H. (2016). *EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Saneamiento, M. d. (2006). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. En *NORMA OS-070 REDES DE AGUAS RESIDUALES* (pág. 154). LIMA.
- Villón Bejar, M. (2002). *HIDROLOGÍA*. Lima, Lima: Segunda Editorial.
- Yañez Portal, E. P. (2014). *EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA*. Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Zhu, Z., Zhihe, C., Chen, X., & Peiying, H. (2015). Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems. (D. Barcelo, Ed.) *Science of the Total Environment*.

## **AGRADECIMIENTO**

A Agradecer a Dios por darme unos padres maravillosos (María Luz Rojas Berrú y Guillermo Zárate Araujo), ya que sin la ayuda de ellos esto no hubiera sido posible, son los que me dan la fuerza cada día para superar todos los obstáculos y lograr mis metas, porque ellos siempre están ahí para motivarme y apoyarme cuando me siento sin vitalidad y sin la fuerza necesaria para seguir adelante.

Asimismo, gracias a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN y a mis docentes por su gran apoyo, dirección, paciencia, entrega y por brindarme la posibilidad de estudiar y desarrollarme profesionalmente en este mundo competitivo.

A todas las personas que participaron e hicieron posible este proyecto  
**Muchas gracias por su apoyo y enseñanza**

## **DEDICATORIA**

A dios por haberme dado sabiduría y salud para alcanzar mi meta.

A mi familia, en especial a mi mamá María Luz Rojas Berrú y a mi papá Guillermo Zárate Araujo, porque siempre creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, la cual constituye la herencia más valiosa que pude recibir en mi vida personal y profesional.

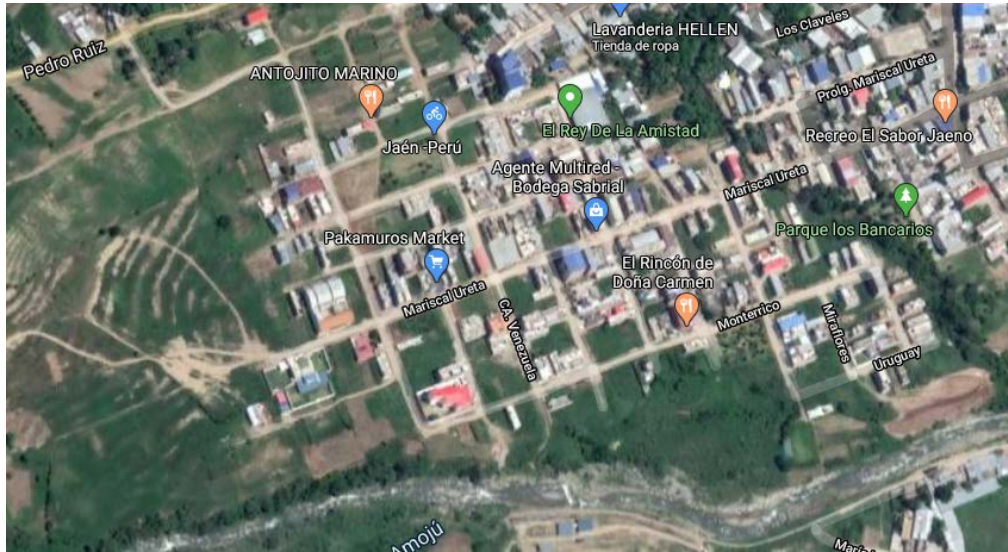
Este trabajo es para ustedes ya que estuvieron impulsándome en todo momento y a lo largo de mi carrera, y por qué el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

## **ANEXOS**

- 1. Plano de ubicación y localización**
- 2. Planta red de drenaje pluvial**
- 3. Perfil longitudinal 01**
- 4. Perfil longitudinal 02**
- 5. Perfil longitudinal 03**
- 6. Perfil longitudinal 04**
- 7. Perfil longitudinal 05**
- 8. Perfil longitudinal 06**
- 9. Perfil longitudinal 07**
- 10. Área método racional**
- 11. Áreas de aporte para cunetas**
- 12. Sección transversal 01**
- 13. Sección transversal 02**
- 14. Sección transversal 03**
- 15. Buzones y detalles**
- 16. Detalle rejilla y sumidero**

## PANEL FOTOGRÁFICO

**Imagen 21: Foto panorámica del sector Monterrico**



**Imagen 22: Levantamiento topográfico (Estación total y jalones)**



**Imagen 23: Ubicación estratégica de los BMs, en las calles el sector Monterrico**

