



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de drenaje pluvial, para eventos lluviosos empleando el software SWMM  
en el A.H. Micaela Bastidas Provincia de Piura 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Orozco Palomino, Oscar Armando (ORCID:0000-0002-1059-8216)

Rodríguez Gonzales, Emilio Segundo (ORCID:0000-0001-7018-7665)

**ASESOR:**

Dr. Alzamora Román, Hermer Ernesto (ORCID:0000-0002-2634-7710)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**PIURA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación va dedicado a mi esposa e hijos, que durante todo este tiempo estuvieron siempre acompañándome en mi carrera universitaria, compartiendo anhelos y metas, a ellos, con todo el amor del mundo.

Emilio Segundo Rodríguez Gonzales.

El presente proyecto de investigación va dedicado a mis padres e hijos que en todo momento me brindaron su apoyo incondicional, para ellos, este trabajo.

Oscar Armando Orozco Palomino.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi esposa Roxana, por su esfuerzo, confianza y amor incondicional, que siempre me ha motivado a que yo crezca profesionalmente.

A mis Hijos Gabriel y Benjamín, por el amor, paciencia y comprensión.

A la Universidad Cesar Vallejo por brindarme la oportunidad de estudiar y desarrollarme profesionalmente.

**Emilio Segundo Rodríguez Gonzales**

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez y a mi esposas e hijos por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio.

**Oscar Armando Orozco Palomino**

## Página del jurado

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros los autores, Emilio Segundo Rodríguez Gonzales identificado con número de DNI 42527277 y Oscar Armando Orozco Palomino identificado con número de DNI 45988902, en nuestra condición de estudiantes de ingeniería civil y cumpliendo estrictamente con los preceptos actuales considerados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos es fiable. De tal modo exponemos que:

- 1) La tesis presentada es de nuestra autoría.
- 2) Se ha tenido en cuenta las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. De este modo podemos afirmar que la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiado; en otras palabras, no ha sido presentada ni publicada en el pasado para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) La información mostrada en los resultados son legítimos no han sido adulterados, ni copiados, ni duplicados y en conclusión los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

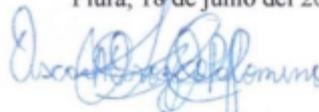
De tal modo asumimos la responsabilidad que corresponda al identificarse las faltas como: plagio (información sin mencionar autores), fraude (información falsa), auto plagio ( Utilizar un trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado y presentarlo como nuevo), piratería (Utilizar ilegalmente información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), aceptamos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, en consecuencia nos sometemos a lo establecido en el reglamento académico de la Universidad César Vallejo.



Emilio Segundo Rodríguez Gonzales

N° DNI 42527277

Piura, 18 de junio del 2020



Oscar Armando Orozco Palomino

N° DNI 42527277

## Índice

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Página del jurado.....	vi
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO .....	19
2.1 Tipo y diseño de investigación .....	20
2.2 Operacionalización de variables .....	20
2.3 Población, Muestra y Muestreo .....	21
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad .....	21
2.5 Método de análisis de datos .....	23
2.6 Aspectos Éticos .....	24
III. RESULTADOS .....	25
IV. DISCUSIÓN .....	53
V. CONCLUSIONES.....	56
VI. RECOMENDACIONES .....	58
REFERENCIAS .....	60
ANEXOS.....	69

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1.</b> Parámetros de validez.....	23
<b>Tabla 3.1.</b> Localización de calicatas.....	31
<b>Tabla 3.2.</b> Características del suelo C1 – C2 -C3 – C4.....	34
<b>Tabla 3.3.</b> Características Fisiográficas de la Cuenca Piura.....	35
<b>Tabla 3.4.</b> Demarcación de la Subcuenca .....	36
<b>Tabla 3.5.</b> Características Fisiográficas de la Subcuenca del Bajo Piura .....	36
<b>Tabla 3.6.</b> Ubicación de estación meteorológica .....	37
<b>Tabla 3.7.</b> Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.....	39
<b>Tabla 3.8.</b> Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias.....	40
<b>Tabla 3.9.</b> Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias .....	41
<b>Tabla 3.10.</b> Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma .....	41
<b>Tabla 3.11.</b> Periodo de retorno para T= 25 años.....	42
<b>Tabla 3.12.</b> Tabla de intensidades - Tiempo de duración .....	43
<b>Tabla 3.13.</b> Caudales máximos del Método Racional vs SWMM.....	52

## Índice de figuras

<b>Figura 1.1.</b> Ubicación del A.H. Micaela Bastidas – Distrito veintiséis de octubre – Piura.....	4
<b>Figura 3.1.</b> Plataforma de portal web del SENAMHI.....	27
<b>Figura 3.2.</b> Sector 4, montículos de desmonte en plena calle.....	28
<b>Figura 3.3.</b> Sector 4, calles sin mantenimiento.....	29
<b>Figura 3.4.</b> Utilizando el nivel topográfico.....	30
<b>Figura 3.5.</b> Realizando levantamiento topográfico.....	30
<b>Figura 3.6.</b> Calicata 1 - sector 1 A.H. Micaela Bastidas.....	31
<b>Figura 3.7.</b> Excavación a 1.50 m para extracción de muestra.....	32
<b>Figura 3.8.</b> Reconocimiento de muestras extraídas.....	33
<b>Figura 3.9.</b> Ensayo de análisis granulométrico .....	33
<b>Figura 3.10.</b> Datos de estación Miraflores .....	38
<b>Figura 3.11.</b> Cálculo de variables probabilísticas.....	40
<b>Figura 3.12.</b> Curvas IDF para la ciudad de Piura (1971- 2017).....	43
<b>Figura 3.13.</b> Ventana de ingreso del hietograma al programa SWMM .....	44
<b>Figura 3.14.</b> Plano de ubicación importado al programa SWMM.....	45
<b>Figura 3.15.</b> Representación de las Subcuencas .....	45
<b>Figura 3.16.</b> Opciones de modelamiento en SWMM.....	46
<b>Figura 3.17.</b> Opciones de simulación – General .....	47
<b>Figura 3.18.</b> Opción de simulación intervalos.....	47

<b>Figura 3.19.</b> Opción de simulación – Onda dinámica .....	48
<b>Figura 3.20.</b> Opción sección transversal de conductos .....	48
<b>Figura 3.21.</b> Opción tipo de cuneta.....	49
<b>Figura 3.22.</b> Opción de conductos y nudos - rugosidad.....	49
<b>Figura 3.23.</b> Cuadro de estado de modelamiento.....	50
<b>Figura 3.24.</b> Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional .....	51
<b>Figura 3.25.</b> Caudal máximo encontrado para periodos de retorno.....	52

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación es de diseñar un drenaje pluvial para eventos lluviosos empleado el software SWMM (Storm Water Management Model), en el asentamiento humano Micaela Bastidas, en el Distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, por tal sentido se realizó un modelo hidráulico e hidrológico para establecer su comportamiento. Los datos requeridos como precipitación, periodo de retorno y frecuencia, fueron solicitados al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y la Universidad Nacional de Piura con registros de 1971-2017 periodo de tiempo en el que se evidencia la presencia de lluvias de moderada y fuerte intensidad asimismo se visitó la zona de estudio, donde se realizó estudios de suelo y levantamiento topográfico para identificar las calles principales que contribuirán al modelo de drenaje. Se establecieron los años donde los eventos lluviosos se produjeron con más intensidad. El método que se utilizó fue científico y el diseño experimental.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el programa antes indicado conllevan a diseñar el sistema de drenaje pluvial, el cual está compuesto por sumideros y conductos, el agua de lluvia desembocará en canal dren Telefónica.

**Palabras Claves:** Drenaje pluvial, eventos lluviosos, precipitación, intensidad, frecuencia

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to design a storm drain for rainy events using the SWMM software (Rainwater Management Model), in the Micaela Bastidas human settlement, in the District of Twenty-Six of October, province of Piura, for that reason A hydraulic and hydrological model was carried out to establish its behavior. The data required as reduced, return period and frequency, were requested from the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru and the National University of Piura with records from 1971-2017 period of time in which the presence of moderate rains and The study area was visited, where soil studies and topographic surveys were carried out to identify the main streets that contribute to the drainage model. The years where the rainy events occurred with more intensity were established. The method that was used was scientific and the experimental design.

According to the results obtained by the aforementioned program, they will involve designing the storm drain system, which is composed of sinks and pipes, the rainwater will flow into the Telefónica channel.

**Keywords:** Storm drainage, rainy events, duration, intensity, frequency,

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el sector de saneamiento en la provincia de Piura presenta problemas en evacuación de aguas pluviales, que se está presentando casi todos los años, lo que genera inundaciones y desorden urbano. Por tal motivo se ha decidido diseñar un drenaje pluvial para eventos lluviosos empleando el software SWMM en el asentamiento humano Micaela Bastidas, Provincia de Piura.

**Capítulo I** Se detalla la realidad problemática suscitada en el asentamiento humano Micaela Bastidas, Antecedentes internacionales, nacionales y locales relacionados con la tesis presentada asimismo el problema, objetivo e hipótesis tanto general como específicos.

**Capítulo II** En este capítulo se precisa la parte metodológica, que comprende desde el método hasta la matriz de operacionalización de la variable tanto dependiente como independiente.

- Tipo.
- Nivel.
- Diseño.
- Población.
- Muestra y muestro.
- Instrumento de recolección de datos.
- Validez y confiabilidad de juicio de expertos

**Capítulo III** Detallamos el estudio de la información recolectada en la zona de investigación, trabajo en oficina o gabinete, ensayos de laboratorio, uso y desarrollo de métodos que facilitarán conseguir los resultados para nuestro modelamiento del drenaje pluvial empleando el programa SWMM.

**Capítulo IV** Damos a conocer las discusiones relacionados con los antecedentes descritos en la tesis.

**Capítulo V** Presentamos nuestras conclusiones propuestas en relación a los resultados conseguidos en el capítulo III.

**Capítulo VI** En este último capítulo se describen las recomendaciones de la investigación.

## **1.1 Realidad problemática**

A nivel mundial la variabilidad natural del clima o cambio climático ha generado grandes desafíos acerca del uso de recursos hídricos en zonas urbanas. La ingeniería debe contemplar la adaptabilidad como parte primordial del planeamiento de proyectos hidráulicos. En el país de Colombia, ciudad de Barranquilla se manifiesta uno de los problemas concerniente a drenaje pluvial de mayor importancia a nivel mundial, ya que aproximadamente 100 km de la red vial, se transforman en ríos urbanos año tras año a lo largo de la época de lluvia, con caudales entre 30 y 100 m<sup>3</sup>/s.

Para Hernández y Maida (2015, p.4) “A nivel mundial está ampliamente reconocido que se necesita un cambio en la manera de gestionar el agua de lluvia en entornos urbanos”.

En estos últimos cuarenta años la ciudad de Piura ha soportado lluvias de mediana y fuerte intensidad debido a su ubicación en la zona costera de nuestro territorio, siendo una de las más recientes la del año 2017, llamado también fenómeno del niño costero, las lluvias caídas en este periodo, afectaron enormemente la economía, transporte y salud de la población, esto debido básicamente a que la ciudad no se encuentra preparada para soportar este tipo de precipitaciones, debido a que no se cuenta con una estructura de drenaje pluvial integral, el estancamiento de aguas de lluvia constituye una fuente de proliferación de mosquitos y bacterias causantes de una variedad de enfermedades infecciosas del mismo modo estas lluvias perjudican la circulación de vehículos y personas, de este modo la población no puede desarrollar sus actividades diarias con normalidad.

En la actualidad existe un elemental problema en los diferentes sectores urbanísticos y asentamientos humanos del distrito veintiséis de octubre en la provincia de Piura, la mayoría de las viviendas no cumplen con el reglamento nacional de edificaciones, por otra parte, la empresa prestadora de servicio de agua y desagüe EPS GRAU SA no acata con la regulación que están vinculadas con la recolección, traslado y deposición final de las aguas pluviales, esta regulación se encuentra en la norma OS.060 del reglamento nacional de edificaciones.

Bajo los argumentos señalados, nace la necesidad de determinar un diseño de drenaje pluvial para eventos lluviosos, empleando el software SWMM en el asentamiento humano Micaela Bastidas distrito de veintiséis de octubre – provincia de Piura, debido a que en este asentamiento humano las últimas precipitaciones afectaron considerablemente las calles,

ocasionando estancamiento de agua que no se pudieron evacuar rápidamente, perjudicando la transitabilidad de vehículos y personas.

Figura N° 1.1 Ubicación del A.H. Micaela Bastidas – Distrito veintiséis de octubre – Piura



## 1.2 Trabajos previos

Años atrás diversos investigadores se han dedicado a estudiar este tema en los diferentes ámbitos, donde se encontró semejanza con el tema de estudio.

### 1.2.1 Ámbito internacional

En base a las investigaciones realizadas a nivel internacional, encontramos antecedentes que otorgan cierto respaldo a la investigación, los mismos que se detallan a continuación:

El estudio del ing. José Dolz, Manuel Gómez, en el año 1994, en la universidad Politécnica de Catalunya, departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, desarrolló su trabajo de investigación: “Problemática del drenaje de aguas pluviales en sectores urbanos y del estudio hidráulico de las redes de colectores”.

En este estudio se examina el conjunto de problemas en diferentes zonas urbanas correspondiente al drenaje de aguas de lluvia, en especial en sectores de reciente y acelerado desarrollo urbano, el caso del litoral mediterráneo español es uno de ellos. Se analiza el efecto que tiene sobre el drenaje un proceso urbanizador que no respeta la hidrología de las cuencas naturales ya existentes.

Además, se estudia de un modo conceptual la problemática que muestra la modelación numérica de los distintos procesos comprendidos en el drenaje urbano, principalmente las redes de colectores y su comportamiento hidráulico.

La tesis presentada por Osley López en el año 2016, en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, facultad de construcciones, departamento de ingeniería Hidráulica desarrolló su trabajo de investigación “Diseño y Simulación de una Red de Drenaje Pluvial para la Región Centro - Este de la Ciudad de Trinidad”.

En esta investigación se estudia el problema ubicado en la cuenca Norte de la jurisdicción de Trinidad – Cuba, que son las inundaciones, Se considera los valores hidrológicos, geológicos y topográficos que participan en el fenómeno para que estos consigan ser empleados para el diseño hidráulico y la simulación de un sistema de drenaje pluvial para el área que se ubica en el Centro Este de la mencionada Ciudad.

Del mismo modo en la tesis se emplea el software de cálculo y diseño óptimo de redes hidráulicas urbanas (ROKO); y para simular el comportamiento hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje se utiliza el programa de modelamiento SWMM 5.0.

La tesis da como conclusión que el uso del programa de cálculo y diseño soluciona el inconveniente de la optimización de las redes, ahorrando tiempo a la hora de buscar una solución. Asimismo, el Software de simulación da resultados confiables para lograr la validación del diseño.

### **1.2.2 AMBITO NACIONAL**

En base a las investigaciones realizadas a nivel nacional, encontramos antecedentes que otorgan cierto respaldo a la investigación, los mismo que se detallan a continuación:

La tesis presentada por los estudiantes en ingeniería Paolo Cesar Rojas Naira y Vladimir Humberto Humpiri Pari, en el año 2016, en la universidad nacional del antiplano facultad de ingeniería civil y arquitectura, desarrollaron su proyecto de tesis: “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la utilización del programa SWMM”.

En este estudio se busca proveer el servicio de drenaje pluvial mediante la realización del proyecto de nombre “DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA” esta obra quedó paralizada por diferentes motivos, el principal motivo fue que no se aprobó el expediente técnico.

El proyecto busca examinar e interpretar la realidad y tomar una decisión sobre el conjunto de problemas presentes, obteniendo como producto de esto un diseño actual del proyecto mediante el uso correcto del programa SWMM. Además, se realizó una corroboración con las reglamentaciones y normas que se tienen que respetar para diseñar este tipo de proyecto de gran envergadura.

De acuerdo con la prueba efectuada, se resolvió que los estudios de ingeniería realizados al expediente técnico fueron elaborados con una base poco eficiente concerniente a la parte técnica. Los estudios básicos de ingeniería realizados dividieron al proyecto en cuatro cuencas para el modelamiento hidrológico–hidráulico en el programa SWMM, esto se realizó con la finalidad de mejorar los datos hidráulicos que determinó el diseño del sistema de drenaje, no obstante, para que el sistema de drenaje proyectado fuera funcional, se establecieron disposiciones esenciales de funcionamiento conforme al RNE (Norma GH–010, Norma OS–060) y el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Juliaca.

El estudio realizado por la estudiante de ingeniería Sheyla Rojas Marmolejo en el año 2018, en la universidad Pontificia universidad católica del Perú facultad de ciencias e ingeniería desarrolló sus tesis “Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en las regiones de Huancavelica, Junín y Ayacucho”.

En el presente estudio, el objetivo fue dar a saber los procedimientos de cálculos que se muestran en el proyecto de norma OS-060, gestionada por el comité técnico citado por SENCICO, del mismo modo busca emplear estos métodos de cálculo en el diseño de drenaje pluvial en áreas de la sierra de nuestro país.

En la tesis se busca analizar y utilizar 02 métodos que ayudaran para el cálculo de caudal de diseño.

- Método Racional. - Se utilizará en zonas de drenaje menores a 3 Km<sup>2</sup>.
- Método del diagrama unitario. - Se utilizará para zonas mayores a 0.5 Km<sup>2</sup>.

La importancia que se pretende para este proyecto es de estudio de los métodos de cálculo de precipitaciones y caudales de diseño para el colector urbano, estos son dados a conocer en el Proyecto de norma mencionado. Para conseguir esto, el método que se empleará será el de optar como área de investigación la parte Andina central del Perú. Esto abarca los departamentos de Ayacucho, Huancavelica y Junín. Una de las conclusiones obtenidas para el cálculo del caudal de diseño fue que se inclinó por el método de Hidrograma unitario adimensional, debido a que las zonas de las subcuencas analizadas eran mayores a 3 km<sup>2</sup> por lo tanto el método racional no aplica para esta investigación, Además. Se empleo el Hidrograma unitario adimensional de la Soil Conservation Service (SCS), dado que en el Perú no cuenta con estaciones hidrométricas funcionando dentro del área de estudio, este método necesita variables que se adaptan a los datos que se emplearon y resultados que se consiguieron para el análisis hidrológico.

### **1.2.3 AMBITO LOCAL**

En base a las investigaciones realizadas a nivel local, encontramos antecedentes que otorgan cierto respaldo a la investigación, los mismos que se detallan a continuación:

La tesis presentada por Manuel Darío Hernández Jiménez, en el año 2018, en la universidad de Piura facultad de ingeniería, desarrollo su proyecto de tesis: “Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urbanización El Chilcal de la ciudad de Piura”.

En este proyecto se plantea un sistema de drenaje para lluvias, localizado en la Urbanización El Chilcal de la Provincia de Piura – Distrito Piura, el mencionado sector muestra una topografía en depresión, lo que hace que este sea vulnerable a inundaciones causadas por fenómenos lluviosos.

Los parámetros empleados en este proyecto de investigación son: la intensidad de diseño, los caudales de escorrentía y los métodos establecidos en el reglamento de drenaje pluvial urbano (OS. 060). El diseño considera: rejillas de captación transversales al eje de vía, Tuberías de políéster cubierto con fibra de vidrio de distintos diámetros y bombas tornillo de Arquímedes. También es detallado en el proyecto, el estudio del probable impacto ambiental causado por las labores llevadas a cabo a lo largo de la instalación del sistema de drenaje pluvial.

El proyecto da como conclusión de que el diseño utilizado facilitará que el agua de lluvia que acceda a la Urbanización El Chilcal, sector con la cota más baja de la cuenca de la mencionada urbanización, no ocasione inundación, esto se ha verificado al llevar a cabo el estudio de escorrentía interna luego de su captación a través de rejillas, manifestando la zona más crítica, una altura del flujo de agua que circula por las calles de 20 cm, elevación que facilitará mantener las condiciones adecuadas de tránsito peatonal y vehicular.

El trabajo de investigación presentado por los estudiantes de ingeniería Fiorela Cateriano y Luis Menacho en el año 2019, en la Universidad de Piura, facultad de Ingeniería, desarrollaron la Tesis “Diseño de drenaje pluvial de la cuenca Ignacio Merino de Piura utilizando el software SWMM”.

En la presente tesis se realizó el modelamiento con el programa Storm Water Management Model, con la finalidad de encontrar los caudales de escorrentía superficial y localizar las áreas más desprotegidas siendo estas las urbanizaciones más afectadas: Ignacio merino, Los Jardines, El Trébol y Mariscal Tito. Los resultados obtenidos por el programa llevaron a diseñar un sistema de drenaje pluvial compuesto por sumideros, conductos, cisternas, cámara de bombeo, entre otros; el cual el agua de lluvia es transportada por medio de tuberías de impulsión hacia el río Piura donde finalmente desembocará.

En esta tesis se llegaron a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con los resultados conseguidos a través del software SWMM con el modelo de onda dinámica y por el método racional, se llegó a la conclusión que gracias a ello se pudo obtener valores más similares a la realidad con la utilización del software. Este valora parámetros característicos de la cuenca con mayor complejidad, asimismo de modelar su comportamiento temporal a lo largo del desarrollo de la lluvia.
- El diseño propuesto estudia precipitaciones (lluvias) extraordinarias con periodo de retorno de 25 años, teniendo como consideración una proyección poblacional urbana en la cuenca de 20 años. De acuerdo con las precipitaciones de diseño, 2 100 pobladores de la cuenca se verán favorecidos con la construcción de la red de drenaje pluvial.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **Aguas Pluviales**

Según the city of falls Church Virginia (2018, p.1) sostiene que “son aguas de lluvia que no son absorbidas por la superficie, sino que escurre de calles, edificios, estacionamientos y otras superficies”.

#### **Alcantarilla**

Para Pérez (2018, p.117) es “una estructura, que facilita que un riachuelo, o una vertiente de agua fluya a través de la estructura. Son estructuras u obras de arte que facilitan el paso de agua por debajo de vías”.

Según Pérez (2013, p.14) es la “estructura diseñada para la evacuación de aguas de escorrentía, su trabajo es de evacuar corrientes permanentes u ocasionales. Estas estructuras son construidas generalmente de concreto, metal o PVC”.

Según Dictionary Cambridge (2019) una “tubería grande, generalmente subterránea, que se utiliza para transportar aguas pluviales y residuales fuera de los edificios a un lugar donde puedan eliminarse de manera segura”.

#### **Afluente**

Para Pérez (2013, p.9) es “la cantidad de agua de cualquier naturaleza o líquido que entre a un depósito para ser tratada respectivamente”.

#### **Área Tributaria**

Según Pérez (2013, p.15) es la “superficie en consideración para el cálculo del caudal de un tramo”.

#### **Canal**

Para Pérez (2013, p. 11) es el “cauce artificial que puede estar construido de concreto como también no, es diseñado y construido para transportar aguas pluviales a flujo libre hasta su entrega final a un cauce natural o cuerpo de agua”.

Según Castellanos y otros (2017, p.104) define que:

Los canales pueden ser de tipo natural o artificial a causa de su origen. El tipo natural son creados por los ecosistemas para drenar el agua de la tierra en forma de arroyos o ríos. Asimismo, los canales artificiales son construidos por el hombre para producir electricidad, navegación, riego, etc.

### **Canalizar**

Para Pérez (2013, p.11) es “Mejorar el conducto de un arroyo, quebrada, corriente o río a través de la construcción de un canal”.

### **Caudal de Diseño**

Según Pérez (2013, p.17) es el “caudal considerado para el cual se establece las capacidades y propiedades de las estructuras, para un determinado sistema”.

### **Caudal medio diario de aguas residuales**

Rafael Pérez (2013, p.19) es la “sumatoria de los aportes de: aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales; equivalente al consumo medio durante 24 horas. Es el promedio de consumos diarios durante un año”.

### **Capacidad Hidráulica**

Según Trenchlesspedia (2019) “es la cantidad de agua que puede pasar a través de una estructura o curso de agua. Es una medida esencial para los responsables de alcantarillas, plantas de tratamiento de agua o cuencas hidrográficas”.

Para Nuñez y otros (2018, p.88) “Con la determinación de la capacidad hidráulica en un sistema de alcantarillado, se puede realizar comparación de la demanda futura, y a su vez determinar el año de utilidad de sus componentes”.

Para la Real Academia de Ingeniería (2019) Es el “Caudal máximo de aguas residuales admitido en un ramal, bajante o colector de desagüe, expresado en litros por segundo (l/s)”.

### **Coefficiente de Escorrentía**

Según Pérez (2013, p.18) es el “factor que relaciona el volumen de lluvia que cae y la que escurre en determinada superficie”.

Según Trapote (2016, p.38) “Para cualquier colector de drenaje, la reducción porcentual del coeficiente de escorrentía de la cuenca ( $\delta C$ ) implica, como mínimo, una reducción porcentual del diámetro ( $\delta D$ ), que puede cuantificarse mediante una función de tipo potencial de la forma:”

$$\delta D = k_1 * [\delta C]^{k_2}$$

### **Coefficiente de Rugosidad**

Según Pérez (2013, p.18) es un “factor que representa un efecto friccional al interior de un conducto cuando un flujo se encuentra en movimiento. Este factor produce un efecto retardatorio en el movimiento del flujo, y será mayor su efecto en la medida que la pared interna del conducto sea más áspera”.

Para Da Costa y otros (2018, p.1) El coeficiente de rugosidad de Manning “se utiliza para varios modelos hidráulicos. Sin embargo, la decisión sobre qué valor adoptar es una decisión compleja, en particular cuando se trata de cursos de agua naturales debido a los diversos factores que afectan este coeficiente”.

### **Colector**

Para Pérez (2013, p.9) es un “canal o tubo cerrado de sección circular, rectangular o cuadrada. Casi siempre va enterrado en la tierra, forma parte del sistema de alcantarillado, su función es recolectar, transportar y evacuar aguas residuales, lluvias o combinadas”.

### **Cuenca Hidrológica**

Según Ordoñez (2012) se “acostumbra comprender como una unidad para la gestión que se efectúa dentro de la cuenca hidrográfica”.

## **Cuenca Hidrográfica**

Para Ordoñez (2012) se “refiere al concepto geográfico de la misma, es el perímetro o límite de la misma que drena agua en un punto en general”.

## **Cuneta**

Según Pérez (2013, p.19) se define como:

Sección que puede ser triangular, rectangular o semicircular situado paralelo al eje en los extremos y/o centro de las vías, su función principal es recoger, transportar y disponer las aguas pluviales desde las calzadas hacia los sumideros, alcantarillas o estructuras de evacuación.

## **Drenaje Pluvial**

Según Gutiérrez y otros (2019, p.59) “La principal regla en el drenaje pluvial sostenible es disminuir la escorrentía superficial minimizando las superficies impermeables y dividiendo las cuencas vertientes para impedir la acumulación de grandes volúmenes de agua en un punto”.

También se puede decir que el drenaje pluvial se diseña y construye para recepcionar, guiar su caudal y disponer las aguas de lluvias producidas por la precipitación, que puede precipitarse en forma líquida, nieve o granizo (Pérez 2013).

Para García (2018, p.3) “es importante que el ingeniero encargado de proyectar y diseñar los sistemas de alcantarillado actuales contemple la reutilización del agua pluvial”

## **Escorrentía**

Según Pérez (2013, p.19) es un “factor que depende del tipo de terreno, de la impermeabilidad, de la topografía y que lógicamente varía aumentando su valor a medida que se desarrollan los distintos sectores”.

Para Huerta y Loli (2013, p.16) “llamamos escorrentía a la lámina de agua que recorre en una cuenca de drenaje, en otras palabras, la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida uniformemente”.

## **Escorrentía Superficial**

Según Hazrat (2018, p. 70) “La estimación de la escorrentía en el campo agrícola es crucial para comprender los procesos subyacentes de erosión del suelo, carga de nutrientes, fuentes no puntuales de contaminación, inundaciones, etc.”

## **Elevación de terreno**

Para Sujey Canales (2018) “Se comprende como la inclinación de una cota hacia otra, producto de la topografía actual de terreno. Sin embargo, la elevación nos facilita definir el bombeo o tipo de sistema de evacuación por gravedad que se utilizará para el diseño”.

## **Frecuencia de lluvia**

Universidad San Luis Gonzaga (2015) es el “cantidad de veces que se reitera una lluvia de características de intensidad y duración definidas en un tiempo determinado, tomado generalmente en años. Así se puede decir que para tal localidad puede presentarse una lluvia de intensidad máxima igual a 20mm/h con una duración de 30 minutos cada 3 años”.

## **Hidrología**

Según Lozano (2018, p.9) es la “rama de ingeniería y la ciencia que trata sobre las propiedades físicas, existencia, cantidad, disponibilidad, distribución, movimiento y circulación del agua en la atmósfera, en la superficie y en el interior de la superficie terrestre”.

## **Hidrograma**

Según Fattorelli y Fernández (2011, p.226) es “la representación gráfica del caudal, Q, o volumen de agua que pasa por una sección en cierto tiempo, T.”

## **Hietograma**

Para Fattorelli y Fernández (2011, p.30) el “hietograma es una representación gráfica de lámina o intensidad de lluvia en función del tiempo que por lo general se emplea, en diseño hidrológico, a tormentas individuales”.

## **Pendiente**

Para Hernández (2012) define como:

Pendiente de una recta es una definición geométrica fundamental, el cual alcanzamos a comprender como una medida de la inclinación de una recta cuando la situamos en un par de ejes coordenadas tanto horizontal como vertical ( $x - y$ ). Se representa por la letra  $m$  en la ecuación  $y=mx+b$ , indica la cantidad en que se aumenta o disminuye el valor de la variable  $y$ , cuando la  $x$  aumenta una unidad. El aumento se presenta cuando el valor de  $m$  es positivo y la disminución en el caso contrario. En caso de que la pendiente tenga valor cero, la recta es horizontal, dicho de otra manera, ni se aumenta ni disminuye.

## **Pendiente de terreno**

Según Canales (2018, p26) es “el desnivel que muestra el terreno de acuerdo a su topografía, gracias a ello facilita definir el diseño geométrico del drenaje para cada sector, contemplando una pendiente longitudinal y transversal”.

## **Precipitación**

Para Sánchez (2015, p.32) define como precipitación a:

La cantidad básica de entrada del agua en el ciclo hidrológico superficial, ya sea de manera de lluvia, nieve o granizo. Para la formación de la precipitación se necesita la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal modo que se enfría y parte de su humedad se condensa, cuando el nivel de saturación alcanza un punto máximo; las gotas de agua aumentan de tamaño hasta conseguir el punto en que se precipitan por la fuerza de gravedad.

Según Selease y otros (2015, p.89) “es el nombre general dado a todas las formas de humedad que caen de la atmósfera al suelo. Incluye precipitaciones, nieve, aguanieve, esmalte y granizo.”.

## **Pluviómetro**

Según Rojas y Humpiri (2016, p.25) es “un instrumento que es utilizado en estaciones meteorológicas para la recolección y medición de la precipitación, permite medir la cantidad de lluvia caída durante un determinado tiempo”.

Para Genovez (2018, p.16) es “un equipo tradicional que sirve para medir la cantidad de agua (lluvia) precipitada en un determinado periodo de tiempo. Su funcionamiento se

basa en medir la altura que llegaría el agua una superficie perfectamente horizontal, la cual no contará con pérdida ni filtración de agua”.

### **Pluviógrafo**

Para Rojas y Humpiri (2016, p.24) es “una máquina que con la ayuda de un programa ingresa gráficamente el volumen de lluvia en un intervalo de tiempo determinado”.

Para Genovez (2018, p.15) se define al pluviógrafo como:

Un instrumento que nos permite registrar de forma continua la cantidad y la duración de la lluvia caída en milímetros (mm). Los registros que proporcionan este instrumento tienen que ver con la altura de la precipitación caída y la duración de la misma en un determinado periodo de tiempo, lo que facilita estudiar la distribución de la precipitación en el tiempo.

### **Meteorología**

Para Lozano (2018, p.10), es “una rama interdisciplinaria de la física atmosférica que estudia el estado del tiempo, sus fenómenos, el medio atmosférico y las leyes que lo rigen”.

Según Encyclopaedia Britannica (2019) “estudio científico de los fenómenos atmosféricos, particularmente de la troposfera y la estratosfera inferior. La meteorología implica el estudio sistemático del clima y sus causas, y proporciona la base para el pronóstico del tiempo”.

### **Modelo de Simulación SWMM 5.0 EPA**

Para Fattorelli y Fernández (2011, p.407) es un “modelo dinámico de simulación de escorrentía y precipitación, para el cálculo tanto de la cantidad, como la calidad de aguas procedentes particularmente de sectores urbanos. Este Software puede ser utilizado para simular eventos aislados, como para simulación continua”.

Según United States Environmental Protection Agency (2019) es un “software que se emplea en todo el mundo para la planificación, el análisis y el diseño asociados con la escorrentía de aguas pluviales, las alcantarillas combinadas y sanitarias y otros sistemas de drenaje”.

Según Rincón y Muñoz (2013) “Para obtener una modelización correcta en el programa SWMM, será necesario considerar la siguiente información:”

- Data presente e histórica de lluvias máximas para diferentes duraciones, producidas dentro del área de investigación, curvas IDF y establecer la intensidad de diseño para diferentes periodos de retorno.

### **Sumideros**

Según Pérez (2013, p.13) los sumideros:

Se diseñan y construyen con la finalidad de captar las aguas de escorrentía de las cunetas y entregarlas a los pozos de inspección. El número y localización de estos, entre cruces de calles, se determinará con base a la escorrentía para el aguacero de diseño y la capacidad de flujo de cuneta.

Para Rojas y Humpiri (2016, p.25) son “alcantarillas de recolección de aguas localizadas en la parte inferior (debajo) de la acera o en calzadas”.

### **Infiltración**

Según Espinosa y Otros (2015, p.90) “la infiltración puede tener distintos orígenes. En el caso de los drenajes mixtos, las infiltraciones se originan de aguas subterráneas, de fugas de agua potable y de descargas ilegales al drenaje”.

### **Modelamiento Hidrológico**

Según Correia y otros (2018, p.2) “es una herramienta importante para la planificación y gestión de los recursos hídricos. Se puede emplear para una diversidad de propósitos, que incluyen la comprensión de la dinámica del agua, el diseño de estructuras hidráulicas”.

### **Recolección de agua de lluvia**

Según Ojha y Gupta (2016, p. 55) “se define como una actividad de recolección directa y almacenamiento de agua de lluvia, hacia el mejor uso de humanidad. Esta técnica conserva la acumulación y el depósito de agua de lluvia para su reutilización en el sitio”.

## **1.4 Formulación de problemas**

### **Pregunta general**

- ¿De qué modo los eventos lluviosos facilitan en el diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?

### **Preguntas específicas**

- ¿Cuál es el volumen de lluvia que soportará el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?
- ¿Cuál es el vínculo que existe entre la intensidad de la lluvia y el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?
- ¿Será posible analizar la evolución de contaminantes en la red empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?

## **1.5 Justificación del estudio**

El actual proyecto de investigación es justificable debido a que busca realizar un diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el asentamiento humano Micaela Bastidas del distrito de Veintiséis de Octubre Provincia de Piura. Así mismo dicho proyecto de investigación tiene como respaldo estudios realizados en el año 2018 y 2019 donde se evidencia que la provincia de Piura en general se ve afectada por eventos climatológicos suscitados con el paso del tiempo.

Según Ávila (2012, p.54) “Un sistema de drenaje pluvial en general debe preservar las vidas humanas, la infraestructura urbana, el entorno natural y continuar la movilidad vehicular y peatonal”.

Un correcto diseño de drenaje pluvial otorgará mejoras significativas para los habitantes de los asentamientos humanos con una mejor calidad de vida, urbanizaciones, etc. Asimismo, favorecerá a conservar la totalidad de la vía, prolongando así su ciclo de vida útil, de modo que facilite la adecuada circulación de vehículos y personas en la zona de estudio.

## **1.6 Hipótesis**

### **Hipótesis General**

- Los eventos lluviosos facilitan de modo considerable en el diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.

### **Hipótesis específicas**

- El volumen de lluvia soportará el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.
- La intensidad de la lluvia tiene vinculo importante en el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.
- La evolución de contaminantes en la red podrá ser analizado en el diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.

## **1.7 Objetivos**

### **Objetivo general**

- Diseñar el drenaje pluvial, para ventos lluviosos empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el volumen de lluvia que soportará el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.
- Establecer el vínculo que existe entre la intensidad de la lluvia y el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.
- Analizar la evolución de contaminantes en la red empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Tipo y Diseño de investigación**

### **2.1.1 Tipo de investigación**

Para los autores (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p. 4), la investigación cuantitativa es aquella que:

“Aplica la recolección de información para demostrar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con la finalidad de determinar modelos de comportamiento y probar teorías”.

Por tal motivo la actual investigación es de tipo cuantitativa, debido a que se busca recoger información, teniendo como datos los conocimientos teóricos y prácticos aprendidos durante nuestro proceso de formación universitaria; proponiendo soluciones directas al problema en estudio.

### **2.1.2 Diseño de investigación**

Debido a que se utiliza la variable independiente teniendo como consideración que, a causa de los eventos lluviosos analizados en los últimos años, se plantea un diseño de drenaje pluvial en el presente proyecto el diseño de investigación, siendo este experimental – correlacional (debido a que ambas variables mantienen relación según causa efecto).

## **2.2 Operacionalización de variables**

Seguidamente, se detallan ambas variables que mantienen vínculo con el objetivo del proyecto de investigación. Del mismo modo se presenta la operacionalización.

### **2.2.1 Variable dependiente**

#### **Drenaje Pluvial**

**Definición Conceptual.** – Enrique Sánchez (2015, p.16) “Sistema diseñado para conducir el agua de lluvia proveniente de la escorrentía tan pronto como sea posible. Su función principal es recolectar, transportar y evacuar las aguas de lluvia tanto superficiales como subterráneas”.

**Definición Operacional.** – Un drenaje pluvial puede determinarse según su diseño, tipo de drenaje, componentes, funcionamiento hidráulico.

### **2.2.2 Variable independiente**

#### **Eventos lluviosos**

**Definición Conceptual.** – Andrés Torres (2004, p.39) es “el periodo, comienzo, fin y duración de una precipitación”

**Definición Operacional.** – Los eventos lluviosos se pueden medir a través de la cantidad que llueve que se precipita en una determinada área, inundaciones en un sector.

## **2.3 Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1 Población**

Para Tamayo (2012) la población se determina como:

El grupo total de un fenómeno de estudio, comprende el total de unidades de estudio que conforman el mencionado fenómeno y que tiene que cuantificarse para un preciso estudio constituyendo un conjunto N de entidades que participan de una específica característica, y se le califica la población por formar el total del fenómeno vinculado a una investigación.

Para nuestro caso, el universo poblacional está conformado por el diseño de drenaje pluvial para eventos lluviosos en la provincia de Piura.

### **2.3.2 Muestra**

Según Ander – Egg (citado por Tamayo y Tamayo 1998 Pág. 115). “La muestra es el grupo de operaciones que se desarrolla para analizar la distribución de ciertos caracteres en la totalidad de una población universo o colectivo procediendo de la observación de una fracción de la población considerada”.

Se trabajará con un diseño de drenaje pluvial para eventos lluviosos en el asentamiento humano Micaela Bastidas, porque esta zona fue una de las más afectada.

### **2.3.3 Muestreo**

Según (Hernández, Fernández, y Batista, 2014, p. 176):

“Hablamos de muestreo no probabilístico o dirigida, cuando la muestra escogida es determinada por el investigador, los métodos de toma de decisiones dependerán de expertos en el área a investigar”.

El muestreo de la presente investigación es el no probabilístico intensional o por juicio.

## **2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas**

Según Tamayo (1999), Establece procedimientos de investigación como “la expresión operativa del diseño de investigación y que determina específicamente como se realizó la investigación.” (p 126).

Por lo consiguiente para este proyecto de investigación las técnicas corresponden a los procedimientos y actividades que permitan recolectar información para dar respuesta a las interrogantes de investigación.

Nuestra primera fuente es la observación – estructurada que nos permitirá apreciar el problema existente en el área de estudio. Como segunda fuente tenemos las tesis, fichas

bibliográficas y libros, ambas fuentes están relacionadas con el objeto de estudio, gracias ello se comprenderá el problema planteado en la investigación.

#### **2.4.2 Instrumentos de investigación**

Según Arias, F. (2006), los instrumentos de investigación “son los recursos materiales que son empleados con la finalidad de reunir y acumular la información.” (p. 25).

Para el presente proyecto de investigación el instrumento a emplear será una ficha que permitirá la recolección de datos cuantitativos y cualitativos. Es muy necesario tener la información de los volúmenes, precipitaciones y caudales, esta información será de gran ayuda para plantear el diseño de drenaje. Como herramientas de trabajo se utilizará diferentes programas como: Excel (hojas de cálculo), software AutoCAD, Civil 3D y programa SWMM, con este último se podrá llevar a cabo la modelación del drenaje pluvial.

#### **2.4.3 Validez**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.204) define como:

La validez de un instrumento de medición se estima sobre la base de todos los tipos de pruebas, a mayor prueba de validez de contenido, criterio y constructo tenga un instrumento de medición, este se aproxima más a representar las variables que se intenta medir.

Tamayo y Tamayo (1998) contempla que validar es “definir cualitativa y/o cuantitativamente un dato” (p. 224). Esta investigación necesito de un tratamiento científico con la finalidad de lograr un resultado que pudiera ser valorado por la comunidad científica como tal. En el actual proyecto de investigación para establecer el nivel de validez del instrumento utilizado, se consultará a expertos, para luego ser evaluados por ingenieros civiles a fines a la investigación.

##### **2.4.3.1 Análisis de validez**

En relación con el análisis de validez al cual fue supeditado el instrumento de conformidad a la opinión de los tres profesionales especialistas consultados (Ingenieros Civiles), en la que cada profesional valoró con un puntaje de 0 ó 1 en cada uno de las dimensiones del instrumento de medición (ficha); por último, se consiguió un promedio ponderado de 1.

Según (Oseda, 2011) se determina los siguientes parámetros de validez:

**Tabla N° 2.1:** Parámetros de validez

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Valida perfecta

Fuente Herrera 1998

#### **2.4.4 Confiabilidad**

Para los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006, p.248), aseguran que: “Encontramos distintos métodos para valorar la confiabilidad de un instrumento de medición. La mayoría emplean fórmulas que generan coeficientes de confiabilidad. Los coeficientes pueden fluctuar entre 0 y 1”. Es considerable precisar, que cuando el coeficiente es 0 representa confiabilidad nula, mientras que 1 significa una confiabilidad máxima (confiabilidad total).

La información recolectada en el actual proyecto de investigación está debidamente citada y con sus respectivas referencias, por esta razón el proyecto de investigación es confiable. El uso correcto de los datos recolectados y procesados permitirá el uso correcto del programa SWMM el mismo que permitirá llevar a cabo el modelamiento del diseño de drenaje pluvial y así solucionar la realidad problemática presentada.

#### **2.5 Método de análisis de datos**

Según, Sabino (2003), establece que:

El estudio de los datos no es un trabajo que se inventa, como si se empezara recién a pensar en él luego de tratar la totalidad de los datos. Por lo opuesto, el estudio se manifiesta de manera significativa del marco teórico trazado que de todos los datos concretos conseguidos y por lo tanto todo investigador que conoce su tema y trabaje de manera estricta está en la obligación de tener una idea concreta de cuáles serán los lineamientos esenciales del estudio que habrá de realizar antes de empezar a reunir datos (p. 103).

Primeramente, se empleará como parte inicial del instrumento la ficha de recolección de datos, utilizando la técnica de observación directa insitu en un determinado día, de tal modo que se recogerá la información necesitada como, estado actual de las calles, además

de realizar diferentes tomas fotográficas de la zona de estudio como parte de la evidencia de trabajo.

Segundamente, se recolectará información solicitada a instituciones gubernamentales como Senamhi, referente a las ultimas precipitaciones, caudales máximos de las estaciones hidrológicas y meteorológicas en la provincia de Piura, para luego ser ingresadas en hojas de cálculo, de manera que nos facilite conseguir valores permanentes para poder llevar a cabo el modelamiento del drenaje pluvial en el programa SWMM.

Finalmente se determinará las cuencas por donde se drenará el agua pluvial, para establecer un modelo evaluando áreas critica.

## **2.6 ASPECTOS ÉTICOS**

Toda información recolectada, se determinó de forma autentica y respetando las especificaciones del RNE en referencia a la norma OS.060 – Drenaje Urbano, del mismo modo también los manuales de diseño de carretera del Ministerio de Transporte y Comunicaciones actuales en el Perú, con la finalidad de llevar a cabo la actual investigación de forma ética.

### **III. RESULTADOS**

### **3.1 Descripción de la zona de estudio**

El asentamiento humano Micaelas Bastidas se encuentra localizado en el distrito de veintiséis de octubre, provincia de Piura, departamento de Piura. Comprende una superficie terrestre de 0.27 Km<sup>2</sup>, está conformado por cuatro sectores haciendo un total de 850 lotes construidos en su totalidad, para llegar al sector de estudio se puede realizar el ingreso por las dos avenidas principales de la ciudad de Piura como son la Av. Sánchez Cerro (referencia por el terminal pesquero) o la Av. Miguel Grau ultimas cuabras.

#### **3.1.1 Localización geográfica**

Está localizado políticamente en:

**Distrito:** Veintiséis de Octubre

**Provincia:** Piura

**Departamento:** Piura

Establecido por las coordenadas geográficas su ubicación geográficamente es:

**Longitud:** 80°40'29.90"O

**Latitud:** 05°10'41.57"S

**Altitud:** 40 m.s.n.m

### **3.2 Trabajos previos**

#### **3.2.1 Recolección de información**

##### **3.2.1.1 Recolección de Planos**

Para realizar la recolección de planos, se envió una solicitud al área de Desarrollo Urbano e Infraestructura de la Municipalidad Distrital Veintiséis de Octubre, (**Ver anexo 01**). La mencionada entidad realizó la entrega de planos de lotización y ubicación del asentamiento en mención el día 15/10/2019. De esta manera la información obtenida permitirá dar inicio con el diseño de drenaje pluvial, para eventos lluviosos empleando el software SWMM en el asentamiento humano Micaela bastidas.



### 3.2.2 Trabajos de campo

Gracias a la ficha de recolección de datos se logró obtener data útil, al estar insitu en la zona de estudio se pudo observar e identificar los problemas que presenta el asentamiento humano.

#### 3.2.2.1 Condición actual

Se constató que en el asentamiento humano Micaela Bastidas las calles en su totalidad están en pésimo estado, lo que le hace vulnerable a eventos lluviosos, demostrando que no se realiza ningún tipo de mantenimiento a las calles del mencionado asentamiento humano por parte de alguna institución gubernamental llámese municipio distrital, provincial y/o gobierno regional.

Figura N° 3.2. Sector 4, montículos de desmonte en plena calle



Así también se pudo observar que algunas calles se encuentran con montículos de desmonte lo que impide la transitabilidad de vehículos y personas.

Figura N° 3.3. Sector 4, calles sin mantenimiento



### 3.2.2.2 Levantamiento topográfico y muestreo de suelo

Para Castro y Vélez (2017) el “levantamiento topográfico consiste en realizar una topografía de un espacio determinado, en otras palabras, realizar la descripción de un terreno en concreto. Con la información obtenida en un levantamiento topográfico se pueden realizar diferentes trabajos, como el trazo de planos o mapas en los que aparte de las características mencionadas con anterioridad, igualmente se detallan las disimilitudes de altura de los relieves o de los elementos que se hallen en la zona donde se ejecuta el estudio”.

Para Lara y otros (2017, p.27) “La ingeniería topográfica ha contribuido tradicionalmente a las ingenierías con la representación gráfica de una zona destinada al diseño de cualquier obra civil, la visualización de las modificaciones del terreno y la ubicación de estructuras diseñadas”.

Se realizó el levantamiento topográfico de toda el área, utilizando el nivel de ingeniero además se procedió con la extracción de 4 muestras (Calicatas) a cielo abierto, a una profundidad de 1.5 m, utilizando dispositivo GPS, estas muestras del suelo fueron depositadas en sacos para no alterarlas y luego ser llevadas al laboratorio para realizar el estudio correspondiente.

Figura N° 3.4. Utilizando el nivel topográfico



Figura N° 3.5. Realizando levantamiento topográfico



**Tabla N° 3.1:** Localización de calicatas

Reconocimiento de Muestras				
Calicata	Profundidad (m)	N.F.	Coordenada UTM	
			Este	Norte
Suelo				
CA-1	1.50		536432.979	9427854.801
CA-2	1.50		536449.423	9428076.965
CA-3	1.50		536152.801	9428155.321
CA-4	1.50		536022.221	9427889.175

**Fuente:** Sujey Milagros Gonzales Pasapera (2018)

Figura N° 3.6. Calicata 1 - sector 1 A.H. Micaela Bastidas



Figura N° 3.7. Excavación a 1.50 m para extracción de muestra



### **3.2.3 Trabajos en laboratorio**

Los ensayos realizados para el actual proyecto de investigación fueron desarrollados en el laboratorio ITLO, ubicado en la ciudad de Chulucanas, el mismo que cuenta con la respectiva certificación, la finalidad de los ensayos es de obtener datos que nos permitan realizar la clasificación de suelos de las muestras extraídas del asentamiento humano Micaela Bastidas, para luego una vez hecha la clasificación realizar el diseño y modelamiento de drenaje pluvial.

#### **3.2.3.1 Estudio de suelos**

Para The Constructor civil engineering home (2016) “Las pruebas de suelo para la construcción de edificios o cualquier estructura es el primer paso en la planificación de la construcción para comprender la idoneidad del suelo para los trabajos de construcción propuestos”.

Para realizar los ensayos de suelos, se decidió trabajar con la norma ASTM. De esta manera se procedió a realizar los estudios de Análisis Granulométrico (Clasificación AASHTO), Proctor modificado, densidad natural del suelo, pesos unitarios y registro de exploración.

Figura N° 3.8. Reconocimiento de muestras extraídas



Figura N° 3.9. Ensayo de análisis granulométrico



**Tabla N° 3.2:** Características del suelo C1 – C2 – C3 – C4

<p><b>CALICATA CA-1, SECTOR 1</b></p>	<p>De 0.0 – 0.14m. (Arena fina pobremente graduada, de condición seca.)</p> <p>De 0.14 – 1.5m.(Material arena fina pobremente graduada con presencia de limo, color beige, de condición húmeda, de consistencia suave de estructura homogénea).</p>
<p><b>CALICATA CA-2, SECTOR 2</b></p>	<p>De 0.0 – 0.10m. (Arena fina pobremente graduada, con presencia de materia orgánica.)</p> <p>De 0.10 – 0.80m. (Material arena fina pobremente graduada color amarillenta de consistencia suave de estructura homogénea de condición semiseca).</p> <p>De 0.80 – 1.5m. (Material arena fina pobremente graduada con presencia de limo, color beige, de condición húmeda, de consistencia suave de estructura homogénea.)</p>
<p><b>CALICATA CA-3, SECTOR 3</b></p>	<p>De 0.0 – 0.12m. (Arena fina mal graduada, con presencia de materia orgánica.)</p> <p>De 0.12 – 1.5m.(Material arena fina pobremente graduada con presencia de limo, color beige, de condición húmeda, de consistencia suave de estructura homogénea).</p>
<p><b>CALICATA CA-4, SECTOR 4</b></p>	<p>De 0.0 – 0.16m. (Arena fina mal graduada, de condición seca.)</p> <p>De 0.16 – 1.5m.(Material arena fina pobremente graduada con presencia de limo, color beige, de condición húmeda, de consistencia suave de estructura homogénea).</p>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Utilización de los métodos de análisis

#### 3.3.1 Determinación de la intensidad de Precipitación

Según los autores COOLEY, Alexis y CHANG, Heejun (2017) “La intensidad de precipitación se define ampliamente como el volumen de lluvia para un intervalo de tiempo dado”.

Para lograr establecer la intensidad de precipitación, en primer lugar, se debe dar inicio desde el estudio hidrológico de la zona en estudio, para nuestro caso consideraremos la estación meteorológica Miraflores. De esta manera será posible establecer la precipitación media o media anual de una tempestad con la utilización de métodos de uso generalizado.

El reconocimiento de la cuenca a la que corresponde el sector de estudio, es una información que fue extraída de la investigación: “Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Rio Piura”, llevado a cabo por la Autoridad Nacional del Agua – ANA.

**Tabla N° 3.3.** Características Fisiográficas de la Cuenca Piura

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Altitud media (m.s.n.m)	Pendiente media (%)	Coeficiente de Compacidad	Factor de forma	Rectángulo Equivalente	
							Lado Mayor (Km)	Lado Menor (Km)
Piura	10872.1	655	465	19	1.76	0.18	290	37

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Según Inspire Comisión Europea (2019) Subcuenca “es el área de tierra desde donde fluye toda la escorrentía superficial por medio de distintos arroyos, ríos y, posiblemente, lagos a un punto particular en un curso de agua (normalmente un lago o una confluencia de ríos). característica geológica estructural en la que una cuenca más grande se divide en una serie de cuencas más pequeñas”.

**Tabla N° 3.4.** Demarcación de la Subcuenca

Cuenca	Subcuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Área	Rio Principal
Piura	Alto Piura	1152.1	10.06	Rio Canchaque - Huarmaca
	Medio Alto Piura	505.8	4.7	Tramo del Rio Piura**
	Unidad Hidrográfica 13784	913.5	8.4	Ausencia de Rio principal
	Medio Piura	73.3	0.7	Tramo del Rio Piura**
	Bigote	674.9	6.2	Rio Bigote
	Corrales	586.6	5.4	Rio Corrales
	Medio Bajo Piura	1789.1	16.5	Tramo del Rio Piura**
	<b>Bajo Piura</b>	<b>4721.5</b>	<b>13.4</b>	<b>Tramo del Rio Piura**</b>
San Francisco	455.4	4.2	Q. San Francisco	

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

En el área de demarcación de la subcuenca del Bajo Piura, se halla localizado el asentamiento Micaelas Bastidas – Distrito de veintiséis de octubre, Provincia de Piura.

**Tabla N° 3.5.** Características Fisiográficas de la Subcuenca del Bajo Piura

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Altitud media (m.s.n.m)	Pendiente media (%)	Coeficiente de Compacidad	Factor de forma	Rectángulo Equivalente	
							Lado Mayor (Km)	Lado Menor (Km)
Bajo Piura	4721.5	393	92	1	-	-	-	-

Fuente: Sujey Milagros Gonzales Pasapera (2018)

La subcuenca Bajo Piura representa el 43.4% de la cuenca Piura y comprende a la parte baja de cuenca extendida sobre los 0 msnm, representa una altitud media de 92 msnm cuenta con una pendiente del 1% y un tramo de 145.2km del rio Piura. En la subcuenca mencionada se encuentran localizados los principales centros poblados como Piura, Castilla, Catacaos, Bellavista y Sechura.

### 3.3.2 Ubicación de estación Miraflores

Para poder realizar diversos cálculos como: la precipitación máximo probable, regresiones IDT, curvas IDF, etc. se necesita datos que serán extraídos de la estación meteorológica Miraflores.

**Tabla N° 3.6.** Ubicación de estación meteorológica

Estación	Dpto.	Provincia	Distrito	Ubicación		Elevación (msnm)	Coeficiente de Compacidad
				Coord. UTM			
				Este	Norte		
Miraflores	Piura	Piura	Veintiséis de octubre	541,344	9,428,593	30	SENAMHI

Fuente: Sujey Milagros Gonzales Pasapera (2018)

Según López (2016, p.115) “Estación Meteorológica es el sector donde se realizan observaciones y mediciones precisas de diversos parámetros meteorológicos utilizando instrumentos apropiados, con la finalidad de determinar el comportamiento atmosférico en los distintos sectores de un territorio”.

La estación Miraflores dio inicio a las operaciones en el año 1971 disponiendo con pluviógrafo y pluviómetro, administrada por el Proyecto Especial Chira Piura (PECHP), hasta el año 1992; y en 1993 pasó a ser administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), hasta el año 2018, en la actualidad está a cargo de la Universidad Nacional de Piura.

Así mismo la data histórica de lluvias de la mencionada estación fue proporcionada por el departamento de Hidrometeorología del PECHP en forma digital, concerniente a las precipitaciones diarias máximas anuales entre los años 1971 al 2017, intensidades máximas para distintas duraciones y años. Luego esta información fue comparada por la proporcionada por el SENAMHI con sede en la ciudad de Piura.

### 3.3.3 Cálculo de la intensidad máxima

Para realizar el cálculo de la intensidad máxima, se reunió información de las precipitaciones máximas de 24 horas (máximas anuales), considerando el periodo de retorno para 25 años desde 1971 – 2017 de la estación Miraflores, verificando que la estación meteorológica detallada sea la más cercana al sector de estudio. La información detallada fue proporcionada por SENAMHI.

Figura N° 3.10. Datos estación Miraflores

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
Estación: Miraflores		Coordenadas UTM		Este		541,344		Norte		9,428,593			
Elevación (msnm)				30									
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	Máximo
1971	0.0	11.9	51.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.80
1972	1.9	0.2	170.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	170.80
1973	58.4	37.5	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.40
1974	2.4	1.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.40
1975	0.3	11.0	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.40
1976	23.3	38.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.70
1977	1.4	31.1	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.10
1978	0.0	0.1	38.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.60
1979	1.7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.70
1980	0.2	2.5	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.70
1981	0.3	1.8	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.70
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1983	324.5	161.7	427.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	427.10
1984	0.4	29.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.70
1985	2.8	3.0	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.10
1986	1.5	7.1	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.10
1987	22.8	78.1	98.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.60
1988	7.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.20
1989	8.3	42.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.00
1990	0.0	0.5	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.70
1991	0.2	0.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.60
1992	2.9	11.0	187.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	187.10
1993	0.0	-999.0	-999.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1994	-999.0	-999.0	-999.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1995	5.7	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.70
1996	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.80
1997	0.0	23.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.90
1998	768.7	500.0	485.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	768.70
1999	5.8	33.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.60
2000	2.2	10.5	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.50
2001	11.3	5.9	162.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.30
2002	0.0	4.1	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.00
2003	4.1	22.4	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.40
2004	4.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.60
2005	2.2	0.7	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.70
2006	0.0	26.9	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.70
2007	6.5	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.50
2008	7.2	92.3	54.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.30
2009	29.7	21.9	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.70
2010	1.0	64.2	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.20
2011	1.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.80
2012	4.0	69.0	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.00
2013	0.8	9.2	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.50
2014	0.3	9.9	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.90
2015	0.2	0.3	43.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.30
2016	188.6	52.0	82.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	188.60
2017	84.0	198.2	500.8	7.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	500.80
MAX	768.70	500.00	500.80	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	768.70

### 3.3.4 Precipitación máxima probable

Para International Journal of Hydrology (2018) PMP "teóricamente la mayor profundidad de precipitación para una duración dada que es físicamente posible sobre un área de tormenta de tamaño determinado en una ubicación geográfica particular en un momento dado del año".

Según Villacis y Marrero (2017, p.107) "teóricamente, corresponde a la mayor precipitación físicamente posible en el ámbito jurisdiccional".

Tabla N° 3.7. Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

N°	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			$x_i$	$(x_i - x)^2$
1	1971	0	51.80	584.14
2	1972	0	170.80	8992.91
3	1973	0	58.40	308.67
4	1974	0	2.40	5412.40
5	1975	0	21.40	2977.78
6	1976	0	38.70	1388.98
7	1977	0	31.10	2013.23
8	1978	0	38.60	1396.45
9	1979	0	1.70	5515.89
10	1980	0	13.70	3877.43
11	1981	0	25.70	2526.98
12	1982	0	0.00	5771.30
13	1983	0	427.10	123292.95
14	1984	0	29.70	2140.82
15	1985	0	23.10	2795.14
16	1986	0	7.10	4742.95
17	1987	0	98.60	512.16
18	1988	0	7.20	4729.18
19	1989	0	42.00	1153.90
20	1990	0	3.70	5222.82
21	1991	0	1.60	5530.76
22	1992	0	187.10	12350.09
23	1993	0	0.00	5771.30
24	1994	0	0.00	5771.30
25	1995	0	5.70	4937.74
26	1996	0	1.80	5501.05
27	1997	0	23.90	2711.19
28	1998	0	768.70	479876.17
29	1999	0	33.60	1795.14
30	2000	0	10.50	4286.20
31	2001	0	162.30	7453.03
32	2002	0	132.00	3139.47
33	2003	0	22.40	2869.64
34	2004	0	4.60	5093.54
35	2005	0	17.70	3395.28
36	2006	0	30.70	2049.29
37	2007	0	6.50	4825.95
38	2008	0	92.30	266.70
39	2009	0	29.70	2140.82
40	2010	0	64.20	138.51
41	2011	0	1.80	5501.05
42	2017	0	500.80	180481.34
<b>42</b>		<b>Suma</b>	<b>3190.7</b>	<b>931241.6</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.11. Cálculo de variables probabilísticas

$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	75.97	mm
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$	150.71	mm
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$	117.51	mm
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$	8.14	mm

Tabla N° 3.8. Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	51.2118	0.5000	57.8693
5	1.4999	184.3978	0.8000	208.3695
10	2.2504	272.5785	0.9000	308.0137
25	3.1985	383.9951	0.9600	433.9144
50	3.9019	466.6503	0.9800	527.3148
100	4.6001	548.6951	0.9900	620.0255
200	5.2958	630.4406	0.9950	712.3979

Fuente: Elaboración propia

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Tabla N° 3.9. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	57.8693	208.3695	308.0137	433.9144	527.3148	620.0255	834.2658
18 hr	X18 = 91%	52.6611	189.6162	280.2925	347.1315	479.8565	564.2232	759.1819
12 hr	X12 = 80%	46.2954	166.6956	246.4110	347.1315	421.8518	496.0204	667.4126
8 hr	X8 = 68%	39.3511	141.6912	209.4493	295.0618	358.5741	421.6173	567.3007
6 hr	X6 = 61%	35.3003	127.1054	187.8884	264.6878	321.6620	378.2156	508.9021
5 hr	X5 = 57%	32.9855	118.7706	175.5678	247.3312	300.5694	353.4145	475.5315
4 hr	X4 = 52%	30.0920	108.3521	160.1671	225.6355	274.2037	322.4133	433.8182
3 hr	X3 = 46%	26.6199	95.8500	141.6863	199.6006	242.5648	285.2117	383.7623
2 hr	X2 = 39%	22.5690	81.2641	120.1253	169.2266	205.6528	241.8099	325.3637
1 hr	X1 = 30%	17.3608	62.5108	92.4041	130.1743	158.1944	186.0076	250.2797

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.10. Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{i_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	2.4112	8.6821	12.8339	18.0798	21.9714	25.8344	34.7611
18 hr	1080	2.9256	10.5342	15.5718	19.2851	26.6587	31.3457	42.1768
12 hr	720	3.8580	13.8913	20.5342	28.9276	35.1543	41.3350	55.6177
8 hr	480	4.9189	17.7114	26.1812	36.8827	44.8218	52.7022	70.9126
6 hr	360	5.8834	21.1842	31.3147	44.1146	53.6103	63.0359	84.8170
5 hr	300	6.5971	23.7541	35.1136	49.4662	60.1139	70.6829	95.1063
4 hr	240	7.5230	27.0880	40.0418	56.4089	68.5509	80.6033	108.4546
3 hr	180	8.8733	31.9500	47.2288	66.5335	80.8549	95.0706	127.9208
2 hr	120	11.2845	40.6320	60.0627	84.6133	102.8264	120.9050	162.6818
1 hr	60	17.3608	62.5108	92.4041	130.1743	158.1944	186.0076	250.2797

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5 Regresiones I - D - T

Según ESPÍRITU, Eduardo (2017) “El primer paso para la obtención de las curvas altura de precipitación-duración-periodo de retorno (hp-d-T) es el de realizar un adecuado análisis de frecuencias de eventos extremos”.

Tabla N° 3.11. Periodo de retorno para T= 25 años

<b>Periodo de retorno para T = 25 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	18.0798	7.2724	2.8948	21.0521	52.8878
2	1080	19.2851	6.9847	2.9593	20.6701	48.7863
3	720	28.9276	6.5793	3.3648	22.1378	43.2865
4	480	36.8827	6.1738	3.6077	22.2734	38.1156
5	360	44.1146	5.8861	3.7868	22.2894	34.6462
6	300	49.4662	5.7038	3.9013	22.2521	32.5331
7	240	56.4089	5.4806	4.0326	22.1014	30.0374
8	180	66.5335	5.1930	4.1977	21.7985	26.9668
9	120	84.6133	4.7875	4.4381	21.2473	22.9201
10	60	130.1743	4.0943	4.8689	19.9349	16.7637
10	4980	534.4862	58.1555	38.0520	215.7571	346.9435
<b>Ln (d) = 7.4901</b>		<b>d = 1790.1966</b>		<b>n = -0.6336</b>		

Fuente: Elaboración propia

Según la norma OS.060 RNE (2018) en las consideraciones básicas de diseño detalla que el periodo de retorno tiene que ser mayor o igual a 25 años. De la misma manera se precisa los casos en un sistema de descarga por gravedad:

a) En caso que la evacuación sea hacia el mar, se considera 1.50 m sobre el nivel medio del mar, en referencia al nivel de agua en la entrega (tubería o canal).

b) En caso que la evacuación sea hacia el río, se considera por lo menos a 1,00 m sobre el máximo nivel del agua esperado para un periodo de retorno de 50 años, en referencia al nivel de agua en la entrega (tubería o canal).

c) Caso que la descarga sea hacia un lago, el nivel de evacuación del pelo de agua del evacuador o dren principal estará a 1.00 m, por encima del nivel del agua que alcanzará el lago para un periodo de 50 años.

d) El sistema de evacuación en general debe realizar descargas libremente (> de 1.00 m sobre los máximos niveles esperados).

### 3.3.6 Curva IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia)

Según FARÍAS, Marina y RUÍZ, Milagros (2018) “Las curvas IDF es una herramienta importante para realizar el modelamiento de caudales de diseño en zonas sin

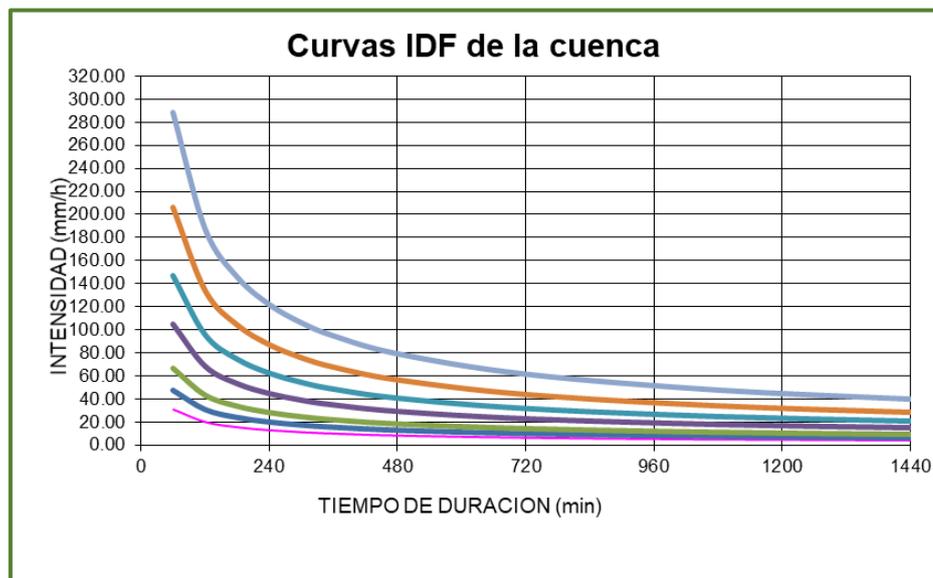
información hidrométricos. Generalmente se establecen desde la modelación de tormentas históricas, admitiendo que el clima tiene la misma tendencia a lo largo del tiempo, lo que es incorrecto ante las evidencias de cambio climático”.

Tabla N° 3.12. Tabla de intensidades - Tiempo de duración

Tabla de intensidades - Tiempo de duración										
Frecuencia	Duración en minutos									
años	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440
2	30.63	19.95	15.52	12.99	11.31	10.11	8.46	6.58	5.12	4.29
5	47.85	31.16	24.24	20.29	17.67	15.79	13.21	10.28	8.00	6.69
10	67.06	43.67	33.98	28.43	24.77	22.12	18.52	14.41	11.21	9.38
25	104.75	68.21	53.08	44.42	38.69	34.56	28.93	22.51	17.51	14.66
50	146.80	95.59	74.38	62.25	54.22	48.43	40.54	31.54	24.54	20.54
100	205.71	133.96	104.23	87.23	75.98	67.87	56.80	44.20	34.39	28.78
200	288.28	187.72	146.07	122.24	106.48	95.12	79.60	61.94	48.19	40.33

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.12. Curvas IDF para la ciudad de Piura (1971- 2017)



### 3.4 Diseño y modelamiento de alcantarillado pluvial empleado SWMM

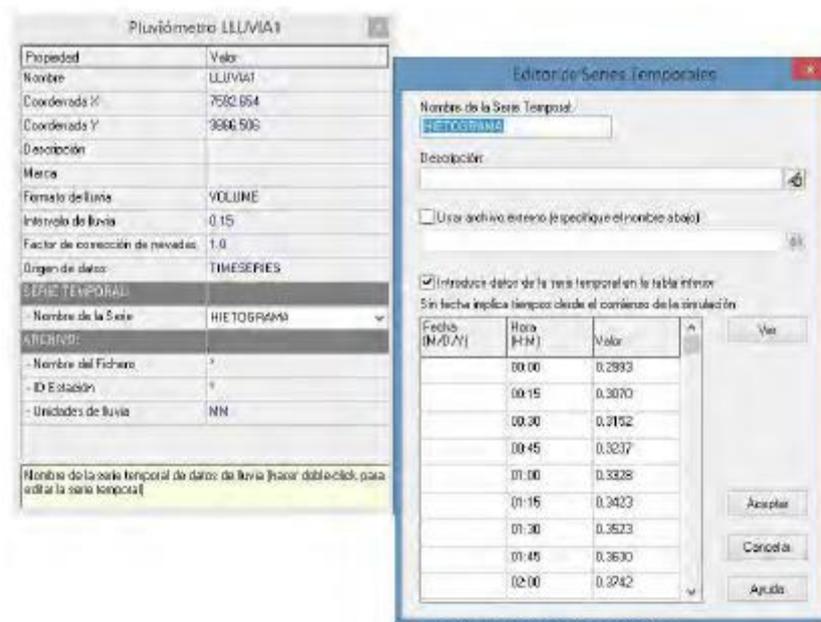
Para realizar el diseño de drenaje pluvial, primero se realizó in situ el reconocimiento de la zona de estudio, el cual facilita establecer las vías primarias y secundarias por donde se instalará la red de alcantarillado asimismo se ubicó la zona donde se evacuarán las aguas

pluviales por gravedad (Canal dren Telefónica). Del mismo modo se considera los criterios de diseño de la norma OS-060 del RNE.

### 3.4.1 Ingreso en el Software SWMM

Para realizar el modelamiento en el software SWMM, se ingresará los valores de la lluvia (Figura 3.13). La información de las precipitaciones se obtiene de la ecuación de la curva IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia). Para nuestro caso se ha realizado un hietograma de diseño con intervalos de tiempo de 15 minutos, considerando un periodo de retorno de 25 años.

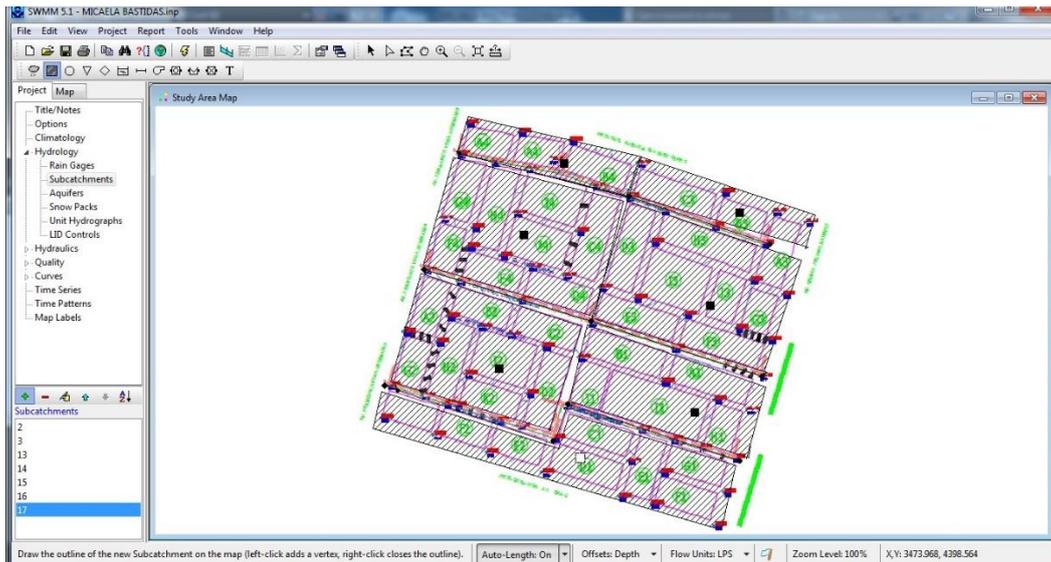
Figura N° 3.13. Ingreso del hietograma al Software SWMM.



### 3.4.2 Acciones a considerar

En el Software se importará en modo imagen el plano de ubicación, donde se grafica la cuenta total asimismo se detalla las cuatro subcuencas que la conforman, se debe ingresar en el software los diferentes componentes conformados tales como: superficies, nudos, conductos, etc. seguidamente, se realizará el ingreso en diversas ventanas, la información adicional de los componentes como sus características y dimensiones.

Figura N° 3.14. Plano de ubicación importado al programa SWMM.

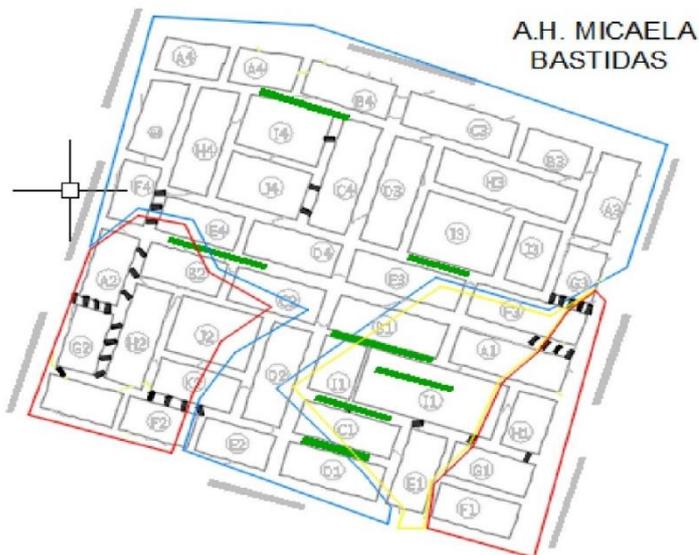


### 3.4.2.1 Delimitación de área tributaria

El primer paso fundamental para el análisis de drenaje pluvial en el sector de estudio es identificar y limitar los sectores altos y bajos, este último considerado como puntos críticos.

Según Geraldí y otros (2010, p.217) La delimitación de la cuenca y las subcuencas permitirá un mejor cuidado de los recursos hídricos.

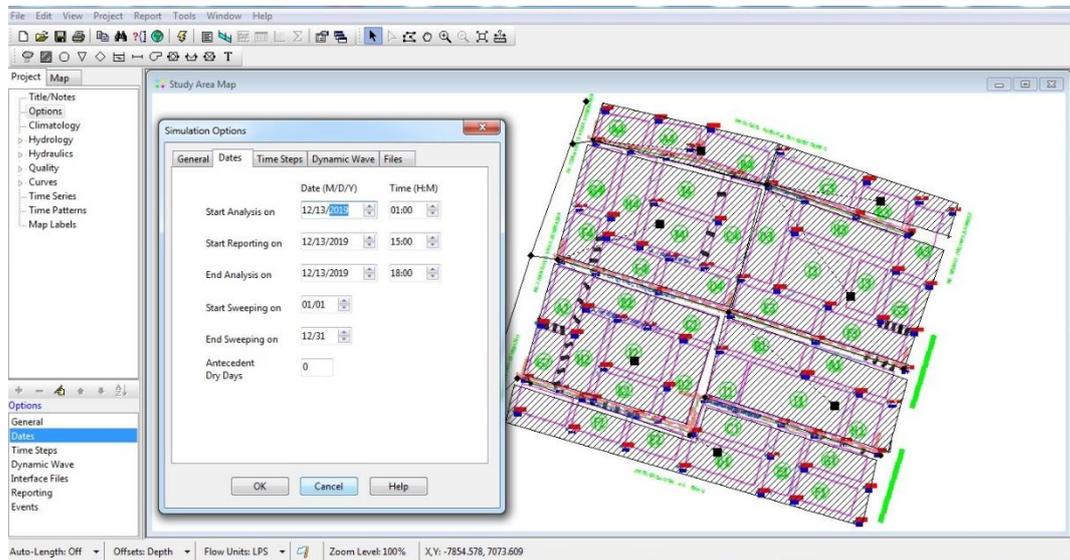
Figura N° 3.15. Representación de las subcuencas



### 3.4.2.2 Opciones de modelamiento en el Software SWMM

Para nuestro caso realizamos el ingreso de precipitaciones (lluvia) de diseño de 24 horas de duración, también se utilizará el mismo tiempo para el estudio del sistema de drenaje (3.16).

Figura N° 3.16. Opciones de modelamiento - Fechas



Para nuestro caso se utilizará el modelo de infiltración de Green – Ampt, debido a que tiene como consideración el desarrollo de la infiltración desde un terreno inundado y la distribución de la humedad es uniforme asimismo se opta como método de cálculo hidráulico el régimen de onda dinámica (Figura 3.17).

Según Prado y otros (2017, p.563) “Una representación adecuada del procedimiento de infiltración de agua en el suelo permite mejorar la eficiencia en la aplicación y la uniformidad del riego superficial. El modelo Green-Ampt ha demostrado ser una buena representación del proceso”.

Figura N° 3.17. Opciones de simulación – General

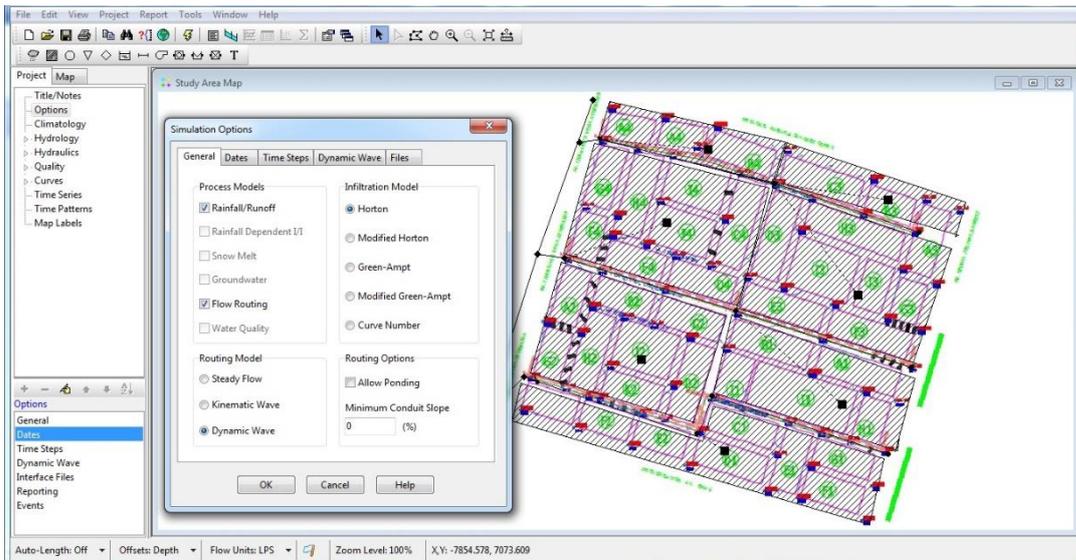


Figura N° 3.18. Opción de simulación intervalos

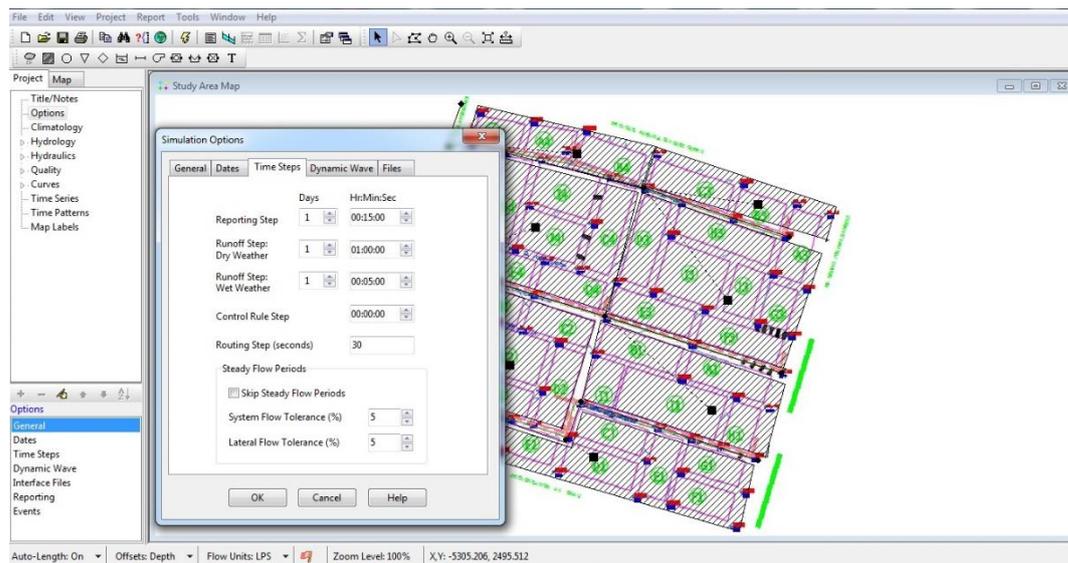


Figura N° 3.19. Opción de simulación – Onda dinámica

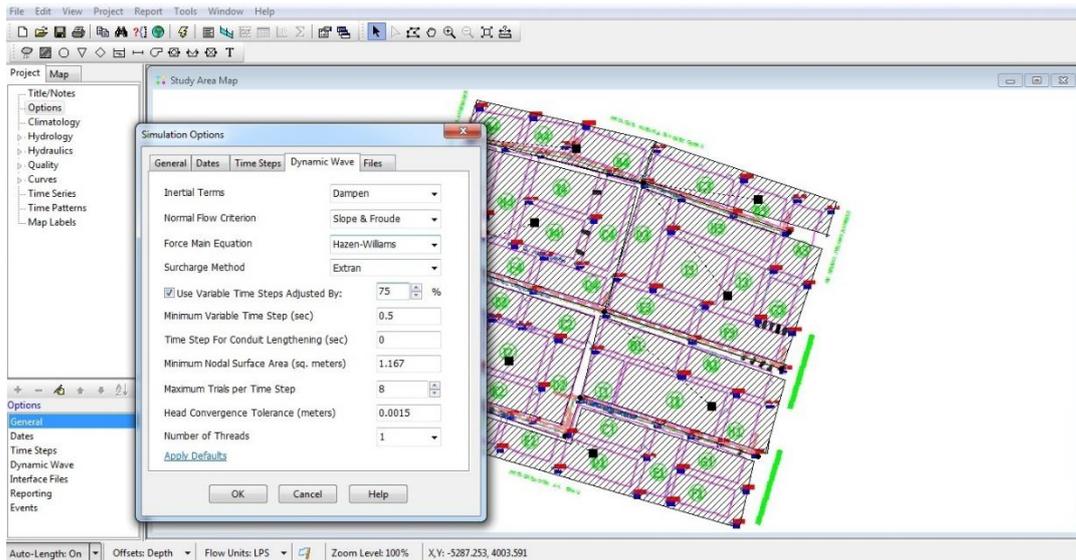


Figura N° 3.20. Opción sección transversal de conductos

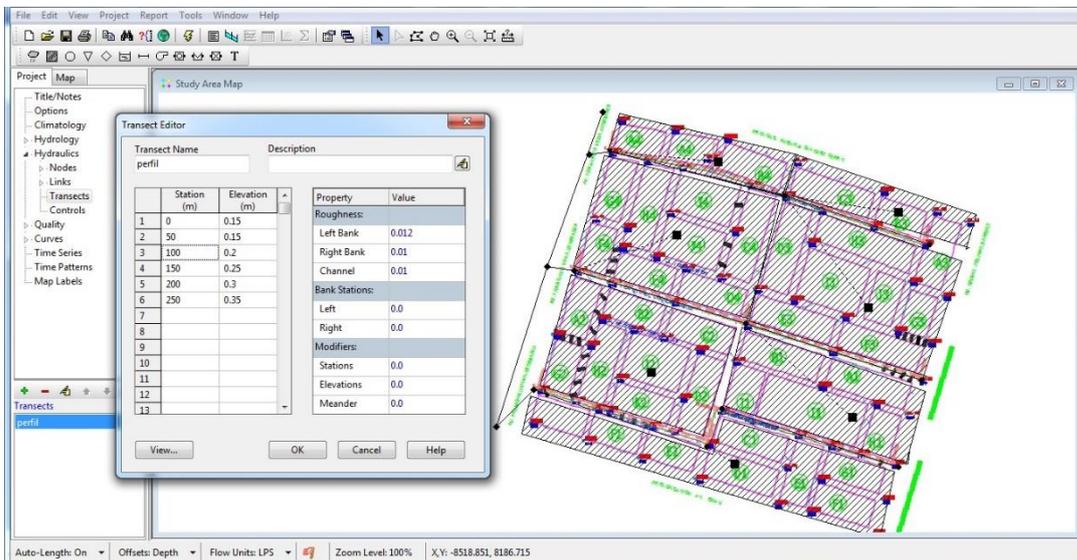


Figura N° 3.21. Opción tipo de cunetas

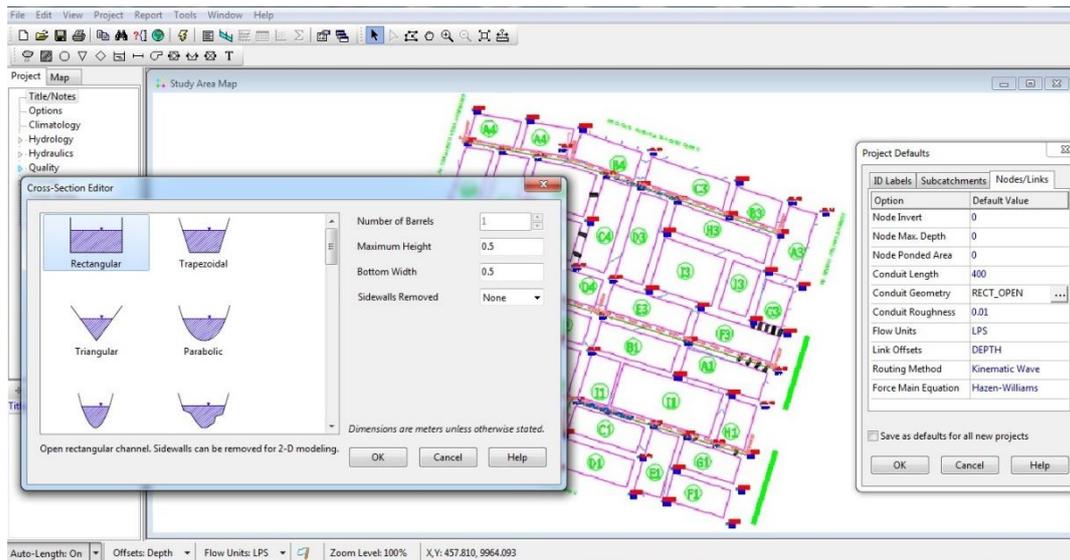
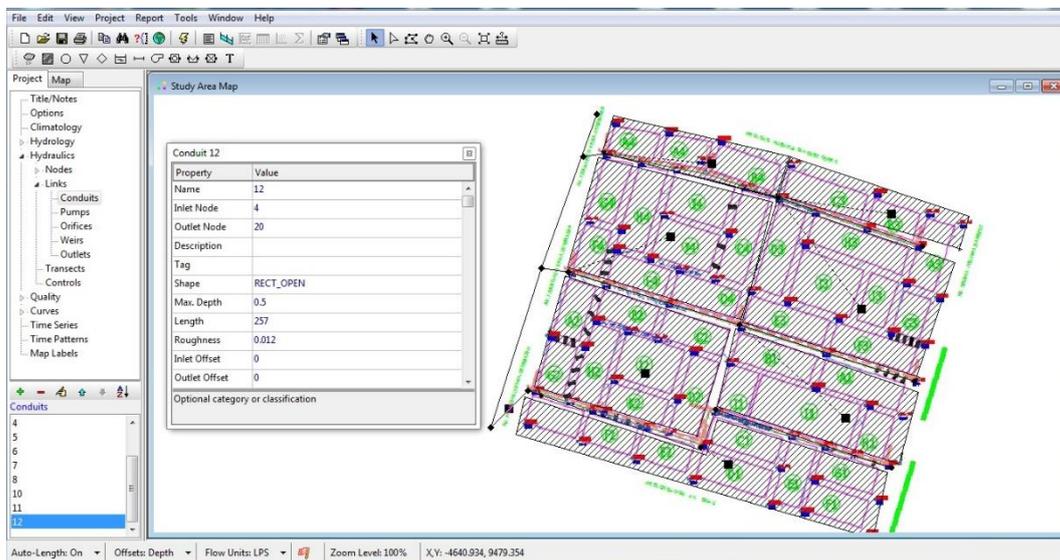
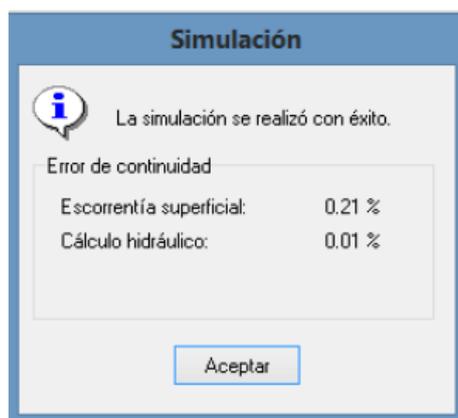


Figura N° 3.22. Opción conductos y nudos - rugosidad



Al concluir con el ingreso de toda la información, se da inicio con el modelamiento en el software, debemos considerar que el error de continuidad o error de cálculo tiene que ser menor al  $\pm 10\%$ , caso distinto, el software nos muestra que se han ingresado valores incorrectamente es decir existen problemas de inestabilidad.

Figura N° 3.23. Cuadro de estado del modelamiento



### 3.5 Diseño de drenaje

#### 3.5.1 Método racional

Con la finalidad de conseguir una fuente para cotejar la información obtenida en el programa SWMM, se utilizará el método racional, este es el más usado para establecer el caudal máximo de escorrentía pluvial de una cuenca. Este método es empleado en cuencas pequeñas.

A continuación, detallamos la formula considerando la siguiente expresión (Chow et al, 1994):

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

Donde: Q = Caudal máximo, en m<sup>3</sup>/s

C = Coeficiente adimensional de escorrentía superficial

I = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h

A = Área de drenaje de la cuenca, en ha

### 3.5.1.1 Coeficiente de escorrentía

El mencionado coeficiente tiene un valor que establece el volumen de escorrentía que se produce en una determinada cuenca; este precisa de las propiedades del terreno, tipo de zona urbana, intensidad de lluvia, periodo de retorno, pendiente del terreno, condición futura del proyecto.

Según Gonzalez y otros (2016, p.50) “La cobertura vegetal y uso del suelo son factores determinantes en el balance hidrológico y la generación de escorrentía”.

Figura N° 3.24. Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Características de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas urbanas</b>							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.) Conducción pobre (cubierta de pasto menor de 50% del área)</b>							
Plano 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<b>Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)</b>							
Plano 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</b>							
Plano 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Áreas de cultivos</b>							
Plano 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano 0-2%	0.20	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Norma OS 060 Drenaje pluvial urbano

### 3.5.1.2 Intensidad de la lluvia de diseño

Los datos concernientes a las lluvias de diseño fueron obtenidos de la estación más próxima al área de estudio, para nuestro caso es la estación Miraflores, gracias a esta información se pudo elaborar las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia).

### 3.5.1.3 Determinación de caudales

El caudal máximo utilizado para el diseño de aguas de lluvia, es producido en el preciso momento cuando el agua del punto más distante y de mayor cota de la cuenca llega al punto más bajo.

Figura N° 3.25. Caudal máximo encontrado para periodos de retorno

$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$		PERIODO DE RETORNO	
		25 años	50 años
Caudal m3/s	Subcuenca 1	0.76	0.93
Caudal m3/s	Subcuenca 2	1.08	1.31
Caudal m3/s	Subcuenca 3	4.93	5.99
Caudal m3/s	Subcuenca 4	1.63	1.98

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1.4 Cotejando resultados del método racional y el software SWMM

Tabla N° 3.13. Caudales máximos del Método Racional vs SWMM

CUENCA MICAELA BASTIDAS	Tr (Años)	Método Racional	SWMM
		Q(m <sup>3</sup> /s)	Q(m <sup>3</sup> /s)
Subcuenca 1	25	0.76	0.65
	50	0.93	0.84
Subcuenca 2	25	1.08	0.97
	50	1.31	1.16
Subcuenca 3	25	4.93	4.05
	50	5.99	5.05
Subcuenca 4	25	1.63	1.58
	50	1.98	1.84

Fuente: Elaboración propia

## **IV. DISCUSIÓN**

Hernández (2018) plantea un sistema de drenaje para aguas de lluvia, localizado en la Urbanización El Chilcal de la provincia de Piura – Distrito Piura, el área mencionada presenta una topografía en depresión, por lo tanto, tiene una alta probabilidad a inundaciones ante fenómenos lluviosos. Entre los parámetros usados en el diseño se hallan: la intensidad de diseño, los caudales de escorrentía y los métodos establecidos en el reglamento de drenaje pluvial urbano (OS. 060). El diseño considera: rejillas de captación transversales al eje de vía, Tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio de distintos diámetros y bombas tornillo de Arquímedes. También es detallado en el proyecto, el estudio del probable impacto ambiental causado por las actividades efectuadas a lo largo la instalación del sistema de drenaje pluvial.

En el caso de nuestro sistema de drenaje pluvial, ubicado en el asentamiento humano Micaela Bastidas también es vulnerable a inundaciones ante fenómenos lluviosos asimismo se utilizó los mismos parámetros de diseño a excepción de que nuestro diseño de evacuación es por gravedad, el cual desembocará en el canal dren Telefónica, ubicado cerca de la zona de estudio. Con respecto al tema de impacto ambiental es fundamental realizar estos estudios, por tal motivo coincidimos con el autor a que se debe tener es cuenta en los proyectos de investigación.

Cateriano y Menacho (2019) en el proyecto de investigación se utiliza el software SWMM (Storm Water Management Model) con la finalidad de encontrar caudales de escorrentía superficial y localizar los sectores más vulnerables, del mismo modo se hace el contraste de los resultados conseguidos entre el software SWMM y el método racional ambos con un tiempo de retorno de 10,25 y 50 años. Con los resultados logrados se diseña el sistema de drenaje para la evacuación de lluvias, el cual este constituido por conductos, cisternas, sumideros, cámara de bombeo entre otros.

Para nuestro caso se utiliza el programa SWMM, para diseñar, encontrar la escorrentía superficial, la comparación realizada entre el método racional y el software SWMM se realiza con tiempo de retorno de 25 y 50 años el cual nos permite realizar un diseño de drenaje pluvial utilizando los caudales máximos. Por tal motivo coincidimos con los autores que es fundamental realizar el cálculo del caudal tanto con el método racional como con el Software SWMM ambos con distintos tiempos de retorno.

Rojas y Humpiri (2016) desarrollaron un método para el diseño de sistemas de drenaje en la ciudad, teniendo como ejemplo el modelo numérico SWMM, el cual radica en el desplazamiento sincrónico del flujo en las calles y el intercambio de flujo entre los subsistemas, bajo la perspectiva de onda dinámica la cual determina las ecuaciones completas de Saint–Venant para el flujo no permanente en canales del mismo modo utilizaron el método de distribución de Gumbel para encontrar las intensidades máximas de precipitación en 24 horas interpretada en un histograma de diseño, para un periodo de retorno de 25 años con una frecuencia 1 a 6 horas.

En nuestro caso se utilizó la distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel, además se encontraron los valores de diferencias cuadráticas y variables pirobalísticas, además se trabajó con un periodo de retorno de 25 años, debido a lo cual coincidimos con los autores ya que en la norma OS-060 del RNE nos da la indicación de considerar periodo de retorno mayor o igual a 25 años.

Rojas (2018) busca analizar y utilizar 02 métodos que ayudaran a realizar el cálculo de caudal de diseño como son: El método racional y el de diagrama unitario.

- Método Racional. - Se utilizará en zonas de drenaje menores a 3 Km<sup>2</sup>.
- Método del diagrama unitario. - Se utilizará para zonas mayores a 0.5 Km<sup>2</sup>.

Para nuestro caso se optó por el más empleado para establecer el caudal máximo de escorrentía pluvial de una cuenca que es el método racional, además se cotejo con los resultados obtenidos por el software SWMM, el cual nos dio resultados con diferencias mínimas, por tal motivo coincidimos con el autor en que se debe utilizar el método racional para encontrar el caudal máximo y así poder comparar los resultados con los diversos programas existentes en drenaje pluvial.

## **V. CONCLUSIONES**

El diseño de drenaje pluvial propuesto es el de evacuación por gravedad, considerando que toda el agua recolecta será transportada hacia el canal dren telefónica ubicado cerca de la zona de estudio, se determinó los caudales máximos por cada subcuenca considerando el periodo de retorno de 25 años encontrando los siguientes resultados Subcuenca 1 0.76 m<sup>3</sup>/s , Subcuenca 2 1.08 m<sup>3</sup>/s , Subcuenca 3 4.93 m<sup>3</sup>/s y Subcuenca 4 1.63 m<sup>3</sup>/s así mismo se diseñó el tipo de cuneta a utilizar que para el caso será tipo rectangular

Mediante los datos conseguidos de la estación Miraflores se pudo estimar la intensidad de la precipitación y a su vez diseñar el drenaje pluvial correspondiente a la tormenta de diseño en función al tiempo de la lluvia y la frecuencia de ocurrencia o período de retorno. El vínculo que existe entre la intensidad de la lluvia y el diseño de drenaje pluvial es dependiente, ya que sin los datos conseguidos de la estación meteorológica no se podría diseñar el drenaje pluvial en el asentamiento humano Micaela Bastidas al no conocerse el caudal máximo.

Se pudo determinar que SWMM analiza la formación y conducción de la escorrentía superficial, este software también estima el rendimiento y evolución de cargas contaminantes relacionadas a la mencionada escorrentía. Asimismo se consiguió realizar el modelamiento de los siguientes procesos para diferentes números de sustancias relacionados a la calidad del agua determinadas por el usuario: Acumulación del contaminante a lo largo de la estación seca para distintos usos del suelo, arrastre del contaminante en determinados usos del suelo durante episodios de tormenta, cargas directa a causa de la propia lluvia, Reducir la acumulación de sedimentos mediante la limpieza de calles en épocas no lluviosas, disminución en cargas de arrastre a causa de prácticas de gestión adecuadas, entrada de flujos sanitarios en épocas de sequía y otros aportes externos detalladas por el usuario en cualquier punto del sistema de drenaje.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las instituciones involucradas en el tema a la instalación de una estación meteorológica en el distrito de Veintiséis de Octubre, que es básico para la realización de obras civiles en toda la provincia de Piura.

Recomendamos a las autoridades involucradas en tema a gestionar el cambio del sistema de agua y desagüe del asentamiento humano Micaela Bastidas que ya cumplió su ciclo de vida útil asimismo de la pavimentación de todo este asentamiento humano, debido a que en las visitas llevadas a cabo para la recolección de información los pobladores mencionaron que el servicio de agua y desagüe está obsoleto y que en épocas de lluvia al no contar con calles pavimentadas las tuberías colapsan perjudicando a la población, a esto se suma que las calles en periodo de lluvia son intransitables.

Se sugiera la elaboración de un proyecto integral concerniente al drenaje pluvial de todo el distrito de veintiséis de octubre, para un correcto manejo de aguas pluviales, es determinante ubicar los sectores con cotas altas y bajas, para así localizar las áreas por donde se evacuarán las aguas de lluvias sin perjudicar a otros sectores.

Se recomienda a futuro a realizar proyectos de drenaje pluvial que propongan el aprovechamiento de las aguas pluviales captadas en las diferentes zonas de estudio y estas puedan ser reutilizadas para el riego de áreas verdes que tanta falta hace a la provincia de Piura.

Se recomienda a la Universidad Cesar Vallejo implementar el curso de SWMM y otros programas relacionados al aprovechamiento de aguas pluviales para los alumnos de ingeniería, de esta manera el estudiante estará más preparado para temas a fines a la carrera.

Se recomienda tener en consideración al momento de diseño utilizar el sistema de evacuación mixto (evacuación por gravedad y bombeo), el mismo que facilitará la recolección, traslado y evacuación de aguas de lluvia de manera económica.

## REFERENCIAS

ÁVILA, Humberto. Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. [en línea]. Junio 2012, n.º36. [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

ISSN 0121-4993

CANALES, Sujey. Modelo de drenaje pluvial, para eventos extraordinarios, aplicando SWMM en el distrito de Cura Mori, región Piura en el 2018[en línea]. Piura: universidad Cesar Vallejo, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [Fecha de Consulta: mayo 2019].

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27240>.

CASTELLANOS, Hermes; COLLAZOS, Carlos; FARFAN, Javier y MELENDEZ, Farid. “Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable”. Información tecnológica. [en línea]. Diciembre 2017, Vol 28, n.º6. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN 0718-0764

CASTRO, Julio y VELEZ, Martha. “La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura Cartilla Técnica”. Diseño y Construcción. (Edición núm. 9) Vol. 2, No 7, Ecuador, julio 2017. 1071-1081 pp.

ISBN: 2550682X

CATERIANO, Fiorela y MENACHO, Luis. Diseño de drenaje pluvial de la cuenca Ignacio Merino de Piura usando el programa SWMM [en línea]. Piura: universidad de Piura, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [Fecha de Consulta: mayo 2019].

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4093>.

CORREIA, Stefany; TASI, Rutineia; ALLASIA, Daniel y LORENZINI, Francisco. “Influence of the rain gauge network on the performance of a hydrological lumped model applied at different basin scales”. [Influencia de la red de pluviómetros en el rendimiento de un modelo hidrológico agrupado aplicado a diferentes escalas de cuenca]. Brazilian Journal of Water Resources. [en línea]. Agosto 2018, Vol 23, n.º45. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN 2318-0331

COOLEY, ALEXIS Y CHANG, HEEJUN (2017) “Precipitation Intensity Trend Detection using Hourly and Daily Observations in Portland, Oregon” 2017. [Detección de tendencia de intensidad de precipitación utilizando observaciones por hora y diarias en Portland, Oregon] [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

<https://www.mdpi.com/2225-1154/5/1/10/htm>

DA COSTA, Emmanuel; LARA, Marcia; ANDRADE, Eber; GUIMARAES, Jessica y MAIA, Aloysio. “Manning roughness coefficient for the Doce River” [Coeficiente de rugosidad de Manning para el río Doce]. Brazilian Journal of Water Resources. [en línea]. Setiembre 2018, Vol 23, n.º52. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN 2318-0331

DICTIONARY CAMBRIDGE (2019) “Sewer”, [ Alcantarilla] 2019. [ Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

<https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles/sewer>

DOLZ, José y GOMEZ, Manuel. Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores, [en línea]. Ciudad de Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. [fecha consultada: mayo 2019]. Disponible en:

<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/viewFile/2631/2614>.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA (2019) “Editors of Encyclopaedia Britannica”, [ editores de la Enciclopedia Británica] 2019. [ Fecha de consulta:28 de octubre de 2019].

<https://www.britannica.com/science/meteorology>

ESPINOSA, Gabriela; MARKEIKE, Paula; OTTERPOHL, Ralf; PAREDES, Juan; ZAMBRANO, Rosa y GONZALEZ, Liborio. Evaluación de las infiltraciones al sistema de drenaje mediante análisis comparativo de la concentración de contaminantes en agua residual. Caso de estudio en tepic, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. Agosto 2015, Vol 31, n.º1. [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

ISSN: 0188-4999

ESPÍRITU, Eduardo. Curvas intensidad-duración-periodo de retorno para la Zona Metropolitana de Monterrey [en líneas]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [Fecha de Consulta: Setiembre 2019].

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/13679/Tesis.pdf?sequence=3>

FATTORELLI, Sergio y FERNÁNDEZ, Pedro. Diseño Hidrológico. 2.a ed. Zaragoza. Biblioteca virtual WASA – GN, 2011. 602 pp.

ISBN: 9789870527382

FARÍAS, Marina y RUIZ Milagros. “Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso: ciudad de Piura”. [ en línea]. Julio 2018 [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.191>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

GARCÍA, Diego. Aguas pluviales en Campeche. Sistema de alcantarillado pluvial para la Colonia de Santa Lucia. Revista de Ingeniería Civil. [en línea]. Marzo 2018, Vol 2, n.º3. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN: 2523-2428

GERALDI, Alejandra; PICCOLO, Cintia y PERILLO, Gerardo. Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos. Investigaciones geográficas. [en línea]. Noviembre 2010, n.º52. [Fecha de consulta:29 de noviembre de 2019].

ISSN 0213-4691

GONZALEZ, Aníbal; ALVAREZ, Pablo; GONZALEZ, Max y AGUIRRE, Zhofre. Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Ecuador. [en línea]. Diciembre 2016, n.º06. [Fecha de consulta:29 de noviembre de 2019].

ISSN: 1390-5880

GUTIERREZ, Omar; CASTRO, David y BARCIA, Sinaí. Zanjas de infiltración: opción para mitigar la erosión hídrica en la playa Rancho Luna. Ingeniería hidráulica y ambiental. [en línea]. Abril 2019, Vol 40, n.º1. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN 1815-591X

HAZRAT, Ali. “Modelling surface runoff in a large-scale paddy field in Malaysia”. [Modelado de escorrentía superficial en un campo de arroz a gran escala en Malasia]. Hydrology Science and Technology. [en línea]. Diciembre 2017, Vol 8, n.º1. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN: 2042-7816

HERNÁNDEZ, Manuel. Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura, [en línea]. Piura: universidad de Piura, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [Fecha de Consulta: mayo 2019]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3714>.

HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 6ta. ed. México. McGRAW-HILL / Interamericana editores, S.A.,2014. 634 pp.  
ISBN: 9781456223960

HERNANDEZ, Carlos y MAIDA, Carmen. Sistema de drenaje urbano sostenible. Tecnociencia Universitaria [en línea]. Octubre 2015, n.º1. [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].  
ISSN 1991-6469

HUMPIRI, Vladimir y ROJAS, Paolo. Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM, [en línea]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [Fecha de Consulta: mayo 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2975>.

HUERTA, Pablo y LOLI, Oscar. Erosión hídrica en la cuenca alta del río moche. Ecología Aplicada. [en línea]. Octubre 2013, Vol 13, n.º1. [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].  
ISSN 1726-2216

INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROLOGY “Computation of probable maximum precipitation and its uncertainty”. [Cálculo de la precipitación máxima probable y su incertidumbre.] [en línea]. Agosto 2018 [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].  
<https://medcraveonline.com/IJH/computation-of-probable-maximum-precipitation-and-its-uncertainty.html>  
eISSN: 2576-4454

INSPIRE COMISIÓN EUROPEA “Subbasin” [subcuenca]. [en línea]. 2019 [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].  
<https://inspire.ec.europa.eu/glossary/Sub-basin>

LARA, Gustavo; SOL, Felipe y MURILLO, Mauricio. “LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE UNA ALDEA PRECOLOMBINA (900-1550 a.C.)”. Ciencia y Tecnología. [en línea]. Mayo 2017, n.º1. [Fecha de consulta:20 de noviembre de 2019].

ISSN 0378-0524

LOPEZ, German. Estación Meteorológica para la Conformación de Redes. Proceso de Instalación. Scientia Et Technica. [en línea]. Junio 2016, Vol 21, n° 1. [Fecha de consulta:30 de octubre de 2019].

ISSN 0122-1701

LOPEZ, Osley. Diseño y Simulación de una Red de Drenaje Pluvial para la Zona Centro – Este de la Ciudad de Trinidad. [en línea]. Ciudad de Santa Clara: Universidad Central María Abreu de las Villas, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [fecha consultada: mayo 2019]. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6659>.

LOZANO, William. Clima, hidrología y meteorología para ciencias ambientales e ingeniería. Departamento de publicaciones y comunicación grafica Desarrollo ePub. Bogotá, 2018. 419 pp.

ISBN: 9789588957760

NUÑEZ, Jhonny; ULLAURI, Aquiles y BARZOLA, Julio. Diagnóstico, modelación y determinación de la capacidad hidráulica de sistema de alcantarillado. Revista ciencia e investigación. [en línea]. Octubre 2018 Vol 3, n° 1. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

e-ISSN: 2528-8083

OJHA, Avinash y GUPTA, Lokesh. “Design of rain water harvesting system at spsu udaipur”. [Diseño del sistema de recogida de agua lluvia en spsu udaipur]. International journal of engineering sciences & Research technology. [en línea]. Junio 2016 n.º1. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN 2277-9655

ORDOÑEZ, Juan. Cartilla Técnica "Que es cuenca hidrológica", Sociedad Geográfica de Lima – GWP – Perú, Lima, 2012. 8 - 44 pp.

ISBN: 9789972602764

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2015. "El valor del tiempo y el clima: evaluación económica de los servicios meteorológicos e hidrológicos", 2015[ Fecha de consulta:23 de octubre de 2019].

Disponible en: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3313](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3313)

ISBN: 9789263111535

PÉREZ, Rafael. Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje de carreteras. Bogotá, 2013.

ISBN: 9789587710281

PRADO, Jorge; PASCUAL, Fermín; CRISTOBAL, David; CARRILLO, Mauricio; HERNANDEZ, Raúl y MARTINEZ, Antonio. "Evaluation of green-ampt infiltration equation in some agricultural soils in México, using usda information and a modified method from brooks and corey". [Evaluación de la ecuación de green-amt de infiltración en algunos suelos agrícolas en México, utilizando información del usda y un método modificado de brooks y corey]. [en línea]. Setiembre 2017. Vol 42, n.º9. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019].

ISSN 0378-1844

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Norma OS.060 - Drenaje Urbano. Disponible en <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>.

RINCON, Carlos y MUÑOZ, María. Diseño hidráulico de sistemas de drenaje dual a través del modelo SWMM. Ingeniería hidráulica y ambiental [en línea]. Agosto 2013, n.º2. [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v34n2/riha09213.pdf>

ISSN 1815-591X

ROJAS, Sheyla. Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho, [en línea]. Lima: la universidad Pontificia universidad católica del Perú, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. [Fecha de Consulta: mayo 2019]. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10192>.

SELASE, Elvis; EYRA, Eunice; SELASI, David y NINA, Melody. “Precipitation and Rainfall Types with Their Characteristic Features”. [ Tipos de precipitaciones y precipitaciones con sus características]. Journal of Natural Sciences Research . [en línea]. Setiembre 2015, Vol 5, n.º20. [Fecha de consulta:15 de noviembre de 2019]. ISSN 2224-3186 (paper)  
ISSN 2225-0921 (Online)

TRAPOTE, Arturo. Gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos mediante técnicas de Drenaje Sostenible. Engineering and Technology. [en línea]. Diciembre 2016, Vol 5, n.º2. [Fecha de consulta:30 de noviembre de 2019].  
ISSN 2256-3903

TRENCHLESSPEDIA (2019) “Hydraulic Capacity” 2019. [Capacidad hidráulica] [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].  
<https://www.trenchlesspedia.com/definition/3339/hydraulic-capacity>

THE CONSTRUCTOR CIVIL ENGINEERING HOME (2016) “Types of Soil Tests for Building Construction” 2016. [Tipos de prueba de suelo para la construcción de edificios] [Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].  
<https://theconstructor.org/geotechnical/types-of-soil-tests-construction/12679/>

TORRES, Andrés. Apuntes de clase sobre Hidrología Urbana. 2.a ed. Bogotá. Editorial pontificia Universidad Javeriana,2004. 371 pp.  
ISBN: 9586837130

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2019) “Storm Water Management Model (SWMM)” 2019. [Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM)] [ Fecha de consulta:29 de octubre de 2019].

<https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

VILLACIS, Eugenio y MARRERO, Norberto. Precipitaciones extremas en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha- Ecuador. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. [en línea]. Agosto 2017, Vol 38, n.º2. [Fecha de consulta:30 de noviembre de 2019].

ISSN 1815–591X

## ANEXOS

### Anexo N° 01

#### Matriz de Consistencia

**Título:** Diseño de drenaje pluvial, para eventos lluviosos empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019

**Línea de investigación:** Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

**Responsables:** Rodríguez Gonzales Emilio Segundo y Orozco Palomino Oscar Armando

TEMA	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	MÉTODO
DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL, PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM EN EL A.H. MICAELA BASTIDAS PROVINCIA DE PIURA 2019	<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b><u>Tipo de Investigación</u></b> Investigación experimental  <b><u>Población</u></b> El universo poblacional lo conforma el diseño de drenaje pluvial para eventos lluviosos en la provincia de Piura.  <b><u>Muestra</u></b> Se trabajará con un diseño de drenaje pluvial para eventos lluviosos en el asentamiento humano Micaela Bastidas, porque esta zona fue una de las más afectada.
	- ¿De qué modo los eventos lluviosos facilitan en el diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?	-Diseñar el drenaje pluvial, para eventos lluviosos empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.	-Los eventos lluviosos facilitan de modo considerable en el diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.	
	<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	
	- ¿Cuál es el volumen de lluvia que soportará el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?  - ¿Cuál es el vínculo que existe entre la intensidad de la lluvia y el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?  -¿Será posible analizar la evolución de contaminantes en la red empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019?	-Determinar el volumen de lluvia que soportará el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.  -Establecer el vínculo que existe entre la intensidad de la lluvia y el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.  -Analizar la evolución de contaminantes en la red empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.	-El volumen de lluvia soportará el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.  -La intensidad de la lluvia tiene vinculo importante en el diseño de drenaje pluvial empleando el Software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.  -La evolución de contaminantes en la red podrá ser analizado en el diseño de drenaje pluvial empleando el software SWMM en el A.H. Micaela Bastidas provincia de Piura 2019.	

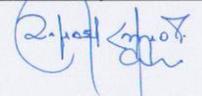
## Anexo N° 02

### Operacionalización De Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Drenaje Pluvial (Dependiente)	Enrique Sánchez (2015, p.16) “Sistema diseñado para conducir el agua de lluvia proveniente de la escorrentía tan pronto como sea posible. Su función principal es recolectar, transportar y evacuar las aguas de lluvia tanto superficiales como subterráneas”.	El drenaje pluvial puede medirse según su diseño, tipo de drenaje, componentes, funcionamiento hidráulico.	Propiedades Topográficas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad del suelo o terreno.</li> <li>- Elevación del terreno.</li> <li>- Pendiente del terreno.</li> </ul>
			Funcionamiento hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de diseño.</li> <li>- Captación en calzada.</li> <li>- Captación en viviendas.</li> </ul>
Eventos lluviosos (Independiente)	Andrés Torres (2004, p.39) es “el periodo, comienzo, fin y duración de una precipitación”.	Los eventos lluviosos se pueden medir a través de la cantidad que lluvia que se precipita en una determinada área, inundaciones en un sector.	Intensidad de precipitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida de precipitación</li> <li>- Periodo de retorno.</li> </ul>
			Escorrentía superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coeficiente de escorrentía.</li> <li>- Pérdida por evaporización.</li> </ul>

## Anexo N° 03

### Ficha de Recopilación de Datos Validado por el Experto "A"

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS						
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL, PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM EN EL A.H. MICAELA BASTIDAS PROVINCIA DE PIURA 2019					
<b>AUTORES:</b>	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO Y RODRIGUEZ GONZALES EMILIO SEGUNDO					
I	<b>INFORMACION GENERAL</b>					
	<b>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>					
	DISTRITO	VENTISEIS DE OCTUBRE		<b>COORDENADAS GEODRÁFICAS</b>		
	PROVINCIA	PIURA	LONGITUD	80°40' 29.90"O	ALTITUD	
	REGION	PIURA	LATITUD	05°10' 41.57"S	40 m.s.n.m.	
II	<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN</b>					
	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>					
	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	
III	<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN</b>					
	TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA		
IV	<b>FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN</b>					
	INTENSIDAD	DURACION		FRECUENCIA		
V	<b>FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN</b>					
	¿Cuál es el grado de recurrencia de dicho evento lluvioso en la zona de estudio?					
VI	<b>ESCORRENTIA SUPERFICIAL</b>					
	AREA DE INFLUENCIA	TEMPERATURA	PELIGRO DE INUNDACIÓN	PENDIENTE DEL TERRENO	PERMEABILIDAD DEL SUELO	CONDICIONES DE DRENAJE
	Urbana	Calido-seco	Inminente	Llano	Alta	Muy buenas
	Rural	Calido-humedo	Latente	Ondulado	Media	Buenas
VII	<b>ESCORRENTIA SUPERFICIAL</b>					
	INFILTRACIÓN		EVAPORACIÓN		COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	
<b>Expertos</b>						
A	B		C			
<b>Apellidos y nombres</b>	CARPIO PACHECO, WILBER RAFAEL					
<b>Profesión</b>	ING. Civil					
<b>Nro CIP</b>	93724					
						

De acuerdo Oseda (2011)

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Valida perfecta

EXPERTO	EXPERTO	EXPERTO
A	B	C
↓		
↓		
↓		
↓		
↓		
↓		
↓		
↓		
↓		

Fuente: Sujey Canales (2018)

## Anexo N° 04

### Ficha de Recopilación de Datos Validado por el Experto "B"

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS						
PROYECTO:	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL, PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM EN EL A.H. MICAELA BASTIDAS PROVINCIA DE PIURA 2019					
AUTORES:	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO Y RODRIGUEZ GONZALES EMILIO SEGUNDO					
I	<b>INFORMACION GENERAL</b>					
	<b>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>					
	DISTRITO	VENTISEIS DE OCTUBRE		COORDENADAS GEODRÁFICAS		
	PROVINCIA	PIURA	LONGITUD	80°40' 29.90"O	ALTITUD	40 m.s.n.m.
REGION	PIURA	LATITUD	05°10' 41.57"S			
II	<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN</b>					
	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>					
	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	
III	<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN</b>					
	TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA		
IV	<b>FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN</b>					
	INTENSIDAD	DURACION		FRECUENCIA		
V	<b>FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN</b>					
	¿Cuál es el grado de recurrencia de dicho evento lluvioso en la zona de estudio?					
VI	<b>ESCORRENTIA SUPERFICIAL</b>					
	AREA DE INFLUENCIA	TEMPERATURA	PELIGRO DE INUNDACIÓN	PENDIENTE DEL TERRENO	PERMEABILIDAD DEL SUELO	CONDICIONES DE DRENAJE
	Urbana	Calido-seco	Inminente	Llano	Alta	Muy buenas
	Rural	Calido-humedo	Latente	Ondulado	Media	Buenas
Agrícola	Subtropical	Nulo	Montañoso	Baja	Malas	
VII	<b>ESCORRENTIA SUPERFICIAL</b>					
	INFILTRACIÓN	EVAPORACIÓN		COEFICIENTE DE ESCORRENTIA		
Expertos	A		B		C	
Apellidos y nombres			QUISPE ESPINOZA, Sergio			
Profesión			ING. CIVIL			
Nro CIP			92821			

De acuerdo Oseda (2011)	
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Valida perfecta

EXPERTO	EXPERTO	EXPERTO
A	B	C
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	
	1	

*[Firma]*

Fuente: Sujey Canales (2018)

## Anexo N° 05

### Ficha de Recopilación de Datos Validado por el Experto "C"

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS						
PROYECTO:	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL, PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM EN EL A.H. MICAELA BASTIDAS PROVINCIA DE PIURA 2019					
AUTORES:	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO Y RODRIGUEZ GONZALES EMILIO SEGUNDO					
I	<b>INFORMACION GENERAL</b>					
	<b>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>					
	DISTRITO		COORDENADAS GEODRÁFICAS			
	PROVINCIA	PIURA	LONGITUD	80°40' 29.90"O	ALTITUD	
REGION	PIURA	LATITUD	05°10' 41.57"S		40 m.s.n.m.	
II	<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN</b>					
	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>					
	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	
III	<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN</b>					
	TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA		
IV	<b>FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN</b>					
	INTENSIDAD		DURACION		FRECUENCIA	
V	<b>FRECUENCIA DE PRECIPITACIÓN</b>					
	¿Cuál es el grado de recurrencia de dicho evento lluvioso en la zona de estudio?					
VI	<b>ESCORRENTIA SUPERFICIAL</b>					
	AREA DE INFLUENCIA	TEMPERATURA	PELIGRO DE INUNDACIÓN	PENDIENTE DEL TERRENO	PERMEABILIDAD DEL SUELO	CONDICIONES DE DRENAJE
	Urbana	Calido-seco	Inminente	Llano	Alta	Muy buenas
	Rural	Calido-humedo	Latente	Ondulado	Media	Buenas
	Agrícola	Subtropical	Nulo	Montañoso	Baja	Malas
VII	<b>ESCORRENTIA SUPERFICIAL</b>					
	INFILTRACIÓN		EVAPORACIÓN		COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	
Expertos	A		B		C	
Apellidos y nombres					ROMERO ROSAS, GIOHNE GRILL	
Profesión					INGENIERO CIVIL	
Nro CIP					188939	

De acuerdo Oseda (2011)		
0.53 a menos	Validez mta	
0.54 a 0.59	Validez baja	
0.60 a 0.65	Valida	
0.66 a 0.71	Muy valida	
0.72 a 0.99	Excelente validez	
1.00	Valida perfecta	
EXPERTO A	EXPERTO B	EXPERTO C
		1
		1
		1
		1
		1
		1
		1

ROMERO ROSAS, GIOHNE GRILL

INGENIERO CIVIL

188939

Fuente: Sujey Canales (2018)



# Anexo N° 07

## Ficha técnica de método de ensayo para el análisis granulométrico C-1

PROYECTO :	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM		
SOLICITANTE:	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA DE MUESTREO:	20/11/2019
		FECHA DE ENSAYO:	22/11/2019

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO**  
(NTP 339.128)

Calibrata : C-1	Edm : 558422.879	Técnico : Elmer Zapata
Prof. (m) : 0.14.150	Horiz : 9427854.801	
Muestra : M-1	Ubicación : s.h microla basílica - 26 de octubre - plaza	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
3"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.750		0.0	0.0	100.0
10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
20	0.834	1.0	0.6	0.7	99.3
40	0.425	0.9	0.6	1.2	98.8
60	0.250	16.9	10.9	12.1	87.9
140	0.106	77.6	50.1	62.2	37.8
200	0.075	46.1	29.7	91.9	8.1
BANDEJA		32.5	8.1	100.0	

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO INICIAL (gr)	0.00		
PORCION DE FINOS (gr)	151.00		
% DE HUMEDAD	5.4		
TAMAÑO MAXIMO			
% DE GRAVA	0.0		
% DE ARENA	91.9		
% PASANTE N° 200	8.1		
L.L.	NP		
L.P.	-		
L.P.	NP		
CLASIFIC. SUCS	SP		
CLASIFIC. AASHTO	A-3(0)		
D10	0.077	C <sub>u</sub>	2.051
D90	0.097	C <sub>c</sub>	0.783
D60	0.157		
OBSERVACIONES:			
ARENA MAL GRADUADA CON LIMO			

TEC: E.Z.S.

*Elmer Zapata*

Elmer Zapata Sandoval  
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 08

### Ficha técnica de método de ensayo para el análisis granulométrico C-2



PROYECTO :	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM		
SOLICITANTE:	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA DE MUESTREO:	28/11/2019
		FECHA DE ENSAYO:	29/11/2019

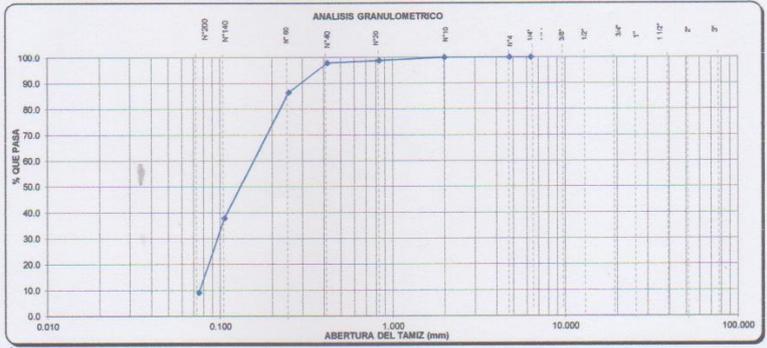
**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO**  
(NTP 338.128)

Calicata :	C-2	Este :	53649.423	Técnico :	Elmer Zapata s.
Prof. (m)	0.10-1.50	Norte:	8426076.965		
Muestra :	M-2	Ubicación :	a.h micanta bestides - 25 de octubre - piura		

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
3"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.750		0.0	0.0	100.0
30	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
20	0.854	2.0	1.2	1.2	98.8
40	0.420	1.5	0.9	2.1	97.9
60	0.250	18.7	11.4	13.5	86.5
140	0.106	79.6	48.5	62.1	37.9
200	0.075	47.2	28.8	90.9	9.1
BANDEJA		15.0	9.1	100.0	

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO INICIAL (gr)	0.00		
PORCION DE FINOS (gr)	164.00		
% DE HUMEDAD	5.6		
TAMAÑO MAXIMO			
% DE GRAVA	0.0		
% DE ARENA	90.9		
% PASANTE N° 200	9.1		
L.L.	NP		
I.P.	--		
I.P.	NP		
CLASIFIC. SUCS	SP		
CLASIFIC. AASHTO	A-3(D)		
D10	0.077	C <sub>u</sub>	2.051
D30	0.097	C <sub>c</sub>	0.783
D60	0.157		

OBSERVACIONES:  
ARENA MAL GRADUADA CON LIMO



  
 TEC: E.Z.S.  
**Elmer Zapata Santovani**  
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia

# Anexo N° 09

## Ficha técnica de método de ensayo para el análisis granulométrico C-3



ITL6  
ESTUDIOS DE MUELOS PARA CIMENTACIONES  
LABORATORIO  
+ ENSAYOS DE MUESTRA DE CONCRETO  
+ ENSAYOS DE COMPACTACION  
+ CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS  
CIVILES

PROYECTO :	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM		
SOLICITANTE:	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA DE MUESTREO: 20/11/2019	FECHA DE ENSAYO: 20/11/2019

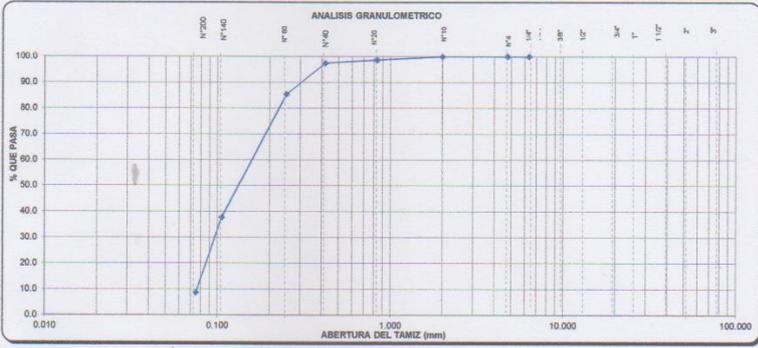
**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO**  
(NTP 209.128)

Calista : C-3	Este : 536152.801	Técnico : Elmer Zapata s.
Prof. (m) : 0.12-150	Nota : 9428195.321	
Muestra : M-3	Ubicación : a.h micción basílica - 28 de octubre - plaza	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.760		0.0	0.0	100.0
10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
20	0.854	2.2	1.3	1.3	98.7
40	0.420	3.1	1.2	2.5	97.5
60	0.250	20.7	12.1	14.6	85.4
140	0.106	81.5	47.7	62.3	37.7
200	0.075	89.6	29.0	91.3	8.7
<b>BANDEJA</b>		<b>14.9</b>	<b>8.7</b>	<b>100.0</b>	

DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
PESO BRUTAL (gr)	0.00	
PORCION DE MUESTRA (gr)	373.00	
% DE HUMEDAD	6.1	
TAMAÑO MAXIMO		
% DE GRAVA	0.0	
% DE ARENA	91.3	
% PASANTE N° 200	8.7	
L.L.	NP	
L.P.	NP	
CLASIFIC. SUCS	SP	
CLASIFIC. AASHTO	A-3(0)	
D10	0.077 C <sub>u</sub> 2.051	
D30	0.097 C <sub>c</sub> 0.789	
D60	0.157	

OBSERVACIONES:  
**ARENA MAL GRADUADA**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

El gráfico muestra el porcentaje que pasa versus la abertura del tamiz (mm) en una escala logarítmica. La curva comienza en 0% para tamices de 75 mm y 50 mm, sube a 100% para tamices de 37.5 mm y 25 mm, y luego desciende a 8.7% para el tamiz de 0.075 mm.

*Elmer Zapata*  
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia

# Anexo N° 10

## Ficha técnica de método de ensayo para el análisis granulométrico C-4



**ITLO**  
ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES  
CARRER TENAPI  
+ ENSAYO DE MEZCLA DE CONCRETO  
+ ENSAYO DE COMPACTACION  
+ CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS  
CIVILES

PROYECTO :	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM	
SOLICITANTE:	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA DE MUESTREO: 2011/02/19 FECHA DE ENSAYO: 23/11/2019

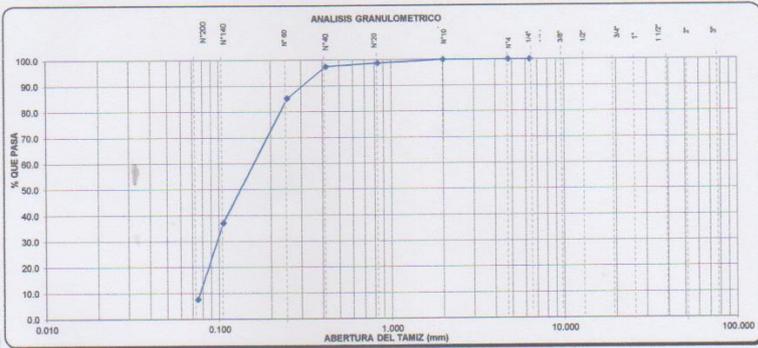
**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO**  
(NTP 338.128)

Calicote : C - 4	Este : 536022.221	Técnico : Elmer Zapata s.
Prof. (m) : 0.08-1.50	Horta: 9427869.175	
Muestra : M - 4	ubicación: a h nicolas basilides - 25 de octubre - piura	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.750		0.0	0.0	100.0
10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0
20	0.834	2.1	1.3	1.3	98.7
40	0.420	2.2	1.3	2.6	97.4
60	0.250	20.6	12.3	14.8	85.2
140	0.106	80.8	48.1	62.9	37.1
200	0.075	49.5	29.5	92.4	7.6
<b>BANDEJA</b>		<b>12.8</b>	<b>7.6</b>	<b>100.0</b>	

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO INICIAL (gr.)	0.00		
PORCION DE FINOS (gr.)	168.00		
% DE HUMEDAD	5.9		
TAMAÑO MAXIMO			
% DE GRAVA	0.0		
% DE ARENA	92.4		
% PASANTE N° 200	7.6		
LL	NP		
L.P.	-		
I.P.	NP		
CLASIFIC. SUCS	SP		
CLASIFIC. AASHTO	A-3(0)		
D50	0.077	C <sub>u</sub>	2.051
D60	0.097	C <sub>c</sub>	0.793
D80	0.157		

**ANALISIS GRANULOMETRICO**



*Elmer Zapata*  
Elmer Zapata San Lynn  
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia

# Anexo N° 11

## Registro de Exploración C-1



**I.T.E.**  
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

**ITLO**  
SERVICIOS DE INGENIERIA PARA OBRAS DE INGENIERIA  
DISEÑO DE OBRAS DE INGENIERIA

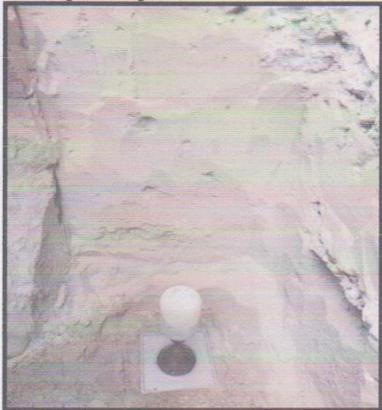
PROYECTO	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM	
SOLICITANTE	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA: 20/11/2019

**REGISTRO DE EXPLORACION**  
(NTP 339.150)

Calicata	C - 1	N.F. (m)	NO	Operador	****
Prof. Total (m)	1.5 m.	Ubicación	+++	Responsable	E.Z.S

Prof. (m.)	Espesor del Estrato (m)	Muestra	N.F.	Descripción Visual del Estrato	Clasificación SUCS	Simbología Gráfica	Observación
0.00 0.14	0.14	-	NO	0.0- 0.14 Arena fina pobremente graduada, de condicion seca .			
1.36 1.50	1.36	M - 1	NO	0.14 - 1.5.- material arena fina pobremente graduada con presencia de limo .color beige, de condicon humeda , de consistencia suave de estructura homogenea.	SP-SM A-3(0)		

**Registro fotografico:**





**Elmer Zapata Sandoval**  
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 12

### Registro de Exploración C-2



**IITL6**  
LABORATORIO Y CONSTRUCCION  
**ITLCO**  
ESTUDIOS DE SUELOS PARA OBRAS DE OBRAS  
 CARRETERAS  
 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  
 DISEÑO DE CONSTRUCCION  
 CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS  
 CIVILES



<b>PROYECTO</b>	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM	
<b>SOLICITANTE</b>	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	<b>FECHA:</b> 20/11/2019

**REGISTRO DE EXPLORACION**  
(NTP 339.150)

Calicata	C-2	N.F. (m)	NO	Operador	****
Prof. Total (m)	1.5 m.	Ubicación	+++	Responsable	E.Z.S

Prof. (m.)	Espesor del Estrato (m)	Muestra	N.F.	Descripción Visual del Estrato	Clasificación SUCS	Simbología Gráfica	Observación
0.00	0.10	-	NO	0.00 - 0.10 arena fina pobremente graduada con presencia de materia orgánica.			
	0.70	M-1	NO	0.10 - 0.80 Material arena fina pobremente graduada color amarillento de consistencia suave, de estructura homogénea de condición semiseca.	SP A-3(0)		
	0.80						
	0.70	M-2	NO	0.80 - 1.5.- material arena fina pobremente graduada con presencia de limo. color beige, de condición húmeda, de consistencia suave de estructura homogénea.	SP A-3(0)		
1.50							

**Registro fotografico:**

  
**Elmer Zapata Sandoval**  
JEFE DE LABORATORIO



Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 13

### Registro de Exploración C-3



**ITLO**

ESTUDIOS DE SUELOS PARA CIMENTACIONES  
 OBRAS TERRES  
 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  
 ESTUDIOS DE CIMENTACIONES  
 CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS  
 CIVILES



<b>PROYECTO</b>	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM	
<b>SOLICITANTE</b>	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA: 20/11/2019

**REGISTRO DE EXPLORACION**  
(NTP 338.150)

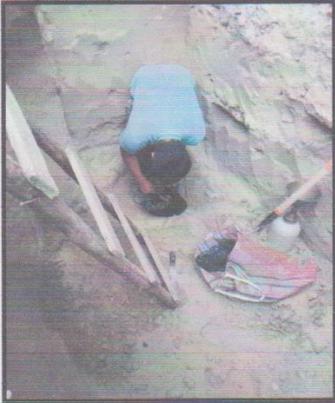
Calicata	C - 3	N.F. (m)	NO	Operador	****
Prof. Total (m)	1.5 m.	Ubicación	+++	Responsable	E.Z.S

Prof. (m.)	Espesor del Estrato (m)	Muestra	N.F.	Descripción Visual del Estrato	Clasificación SUCS	Simbología Gráfica	Observación
0.00	0.12	-	NO	0.0- 0.12 Arena fina mal graduada con presencia de materia orgánica.			
0.12	1.38	M - 1	NO	0.12 - 1.5- material arena fina pobremente graduada con presencia de limo .color beige, de condicon humeda, de consistencia suave de estructura homogenea.	SP A-3(0)		
1.50							

**Registro fotografico:**



Limer Zapata Sandoval  
JEFE DE LABORATORIO



Fuente: Elaboración propia

# Anexo N°14

## Registro de Exploración C-4



ITC  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COLOMBIA  
LABORATORIO Y CONSTRUCCIÓN

PROYECTO	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL PARA EVENTOS LLUVIOSOS EMPLEANDO EL SOFTWARE SWMM	
SOLICITANTE	OROZCO PALOMINO OSCAR ARMANDO	FECHA: 21/11/2019

**REGISTRO DE EXPLORACIÓN**  
(NTP 339.150)

Calicata	C - 4	N.F. (m)	NO	Operador	****
Prof. Total (m)	1.5 m.	Ubicación		Responsable	E.Z.S

Prof. (m.)	Espesor del Estrato (m)	Muestra	N.F.	Descripción Visual del Estrato	Clasificación SUCS	Símbolo Gráfico	Observación
0.00 0.16	0.16	-	NO	0.0- 0.16 Arena fina mal graduada, de condición seca.			
1.34 1.50	1.34	M - 1	NO	0.16 - 1.5.- material arena fina pobremente graduada con presencia de limo .color beige, de condición húmeda , de consistencia suave de estructura homogénea.	SP-SM A-3(0)		

**Registro fotografico:**



Elmer Zapata Santona  
JEFE DE LABORATORIO

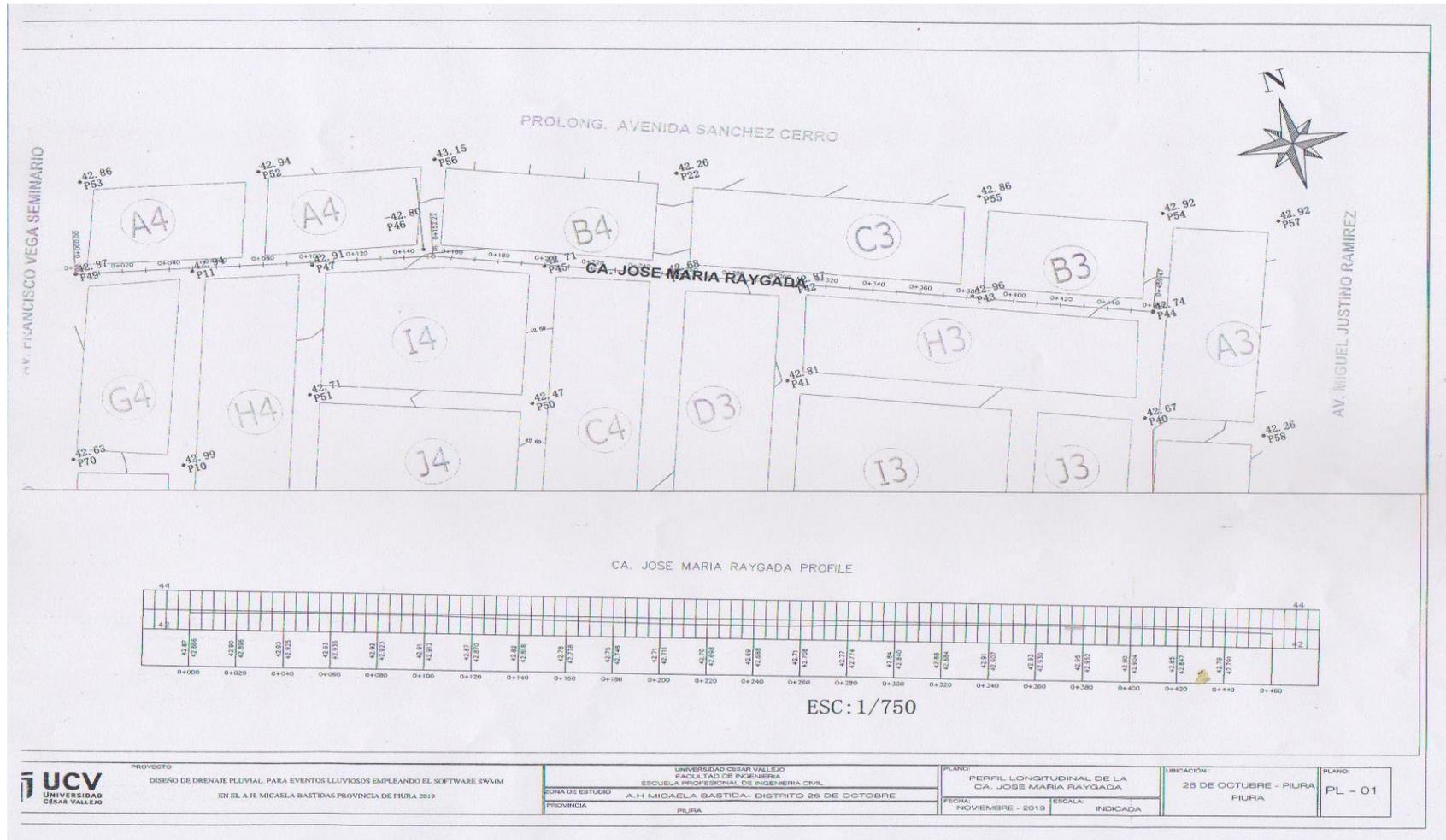


Fuente: Elaboración propia



## Anexo N° 16

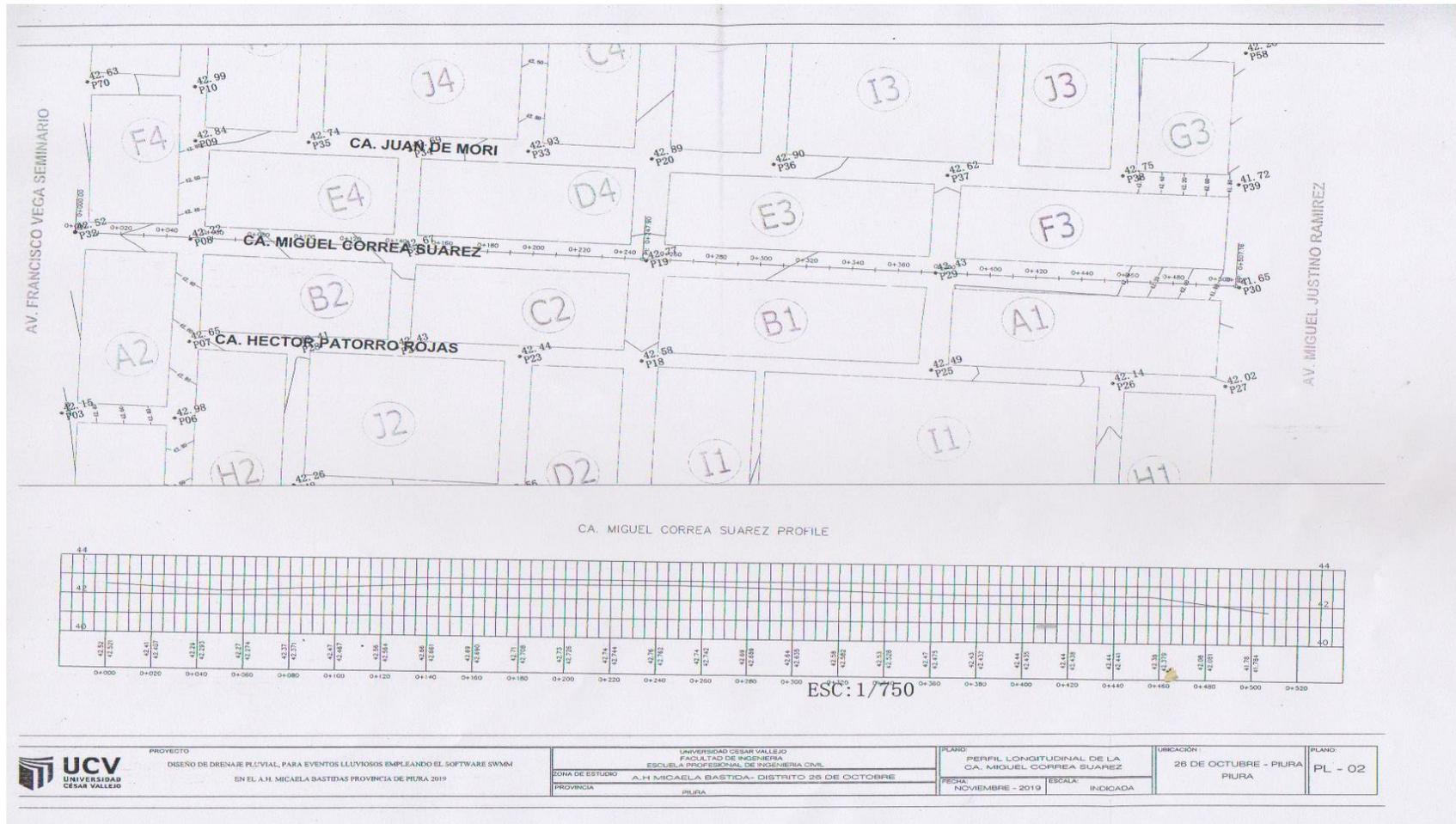
### Plano longitudinal de la calle María Raygada



Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 17

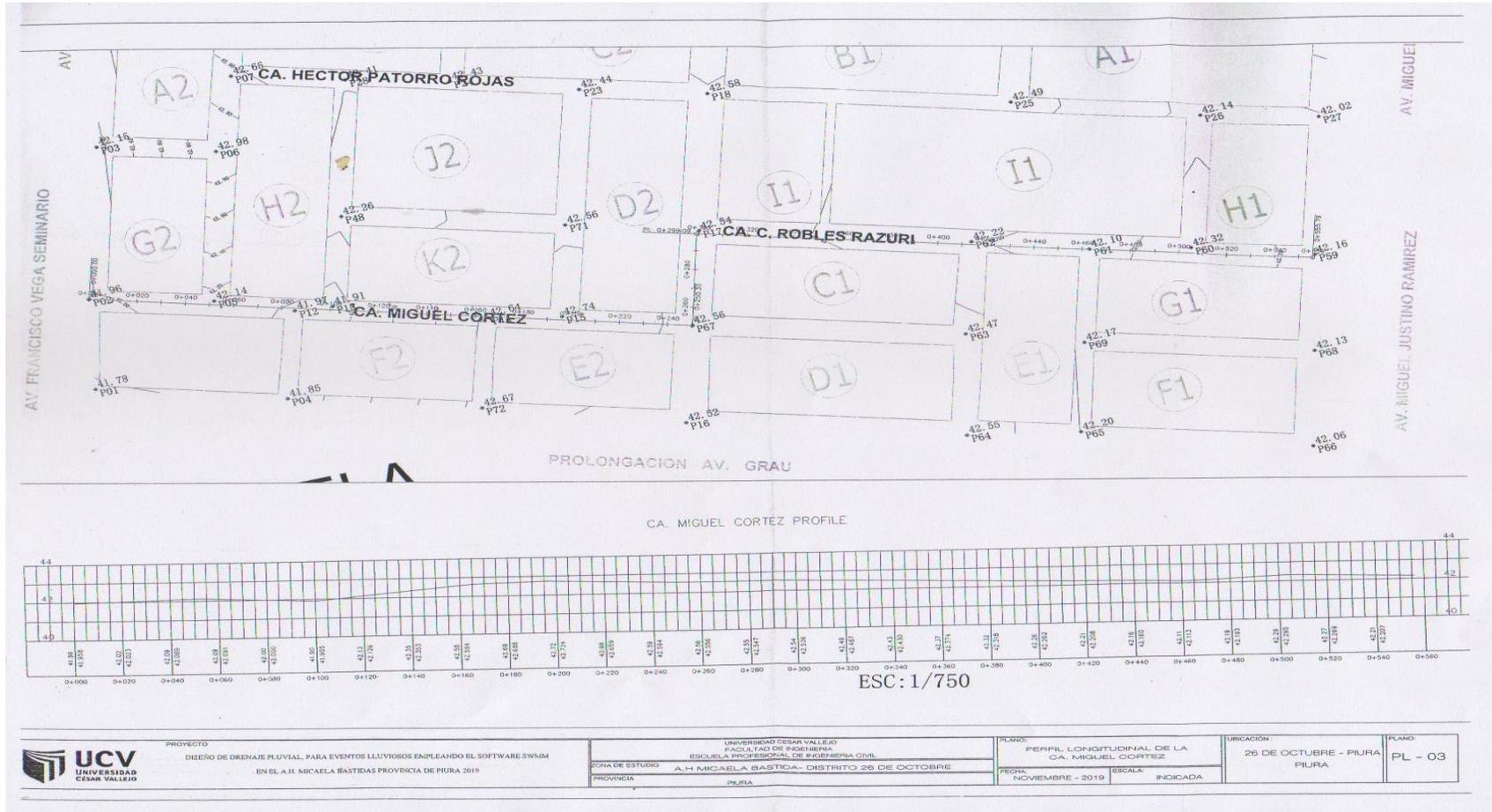
### Plano longitudinal de la calle Miguel Correa S.



Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 18

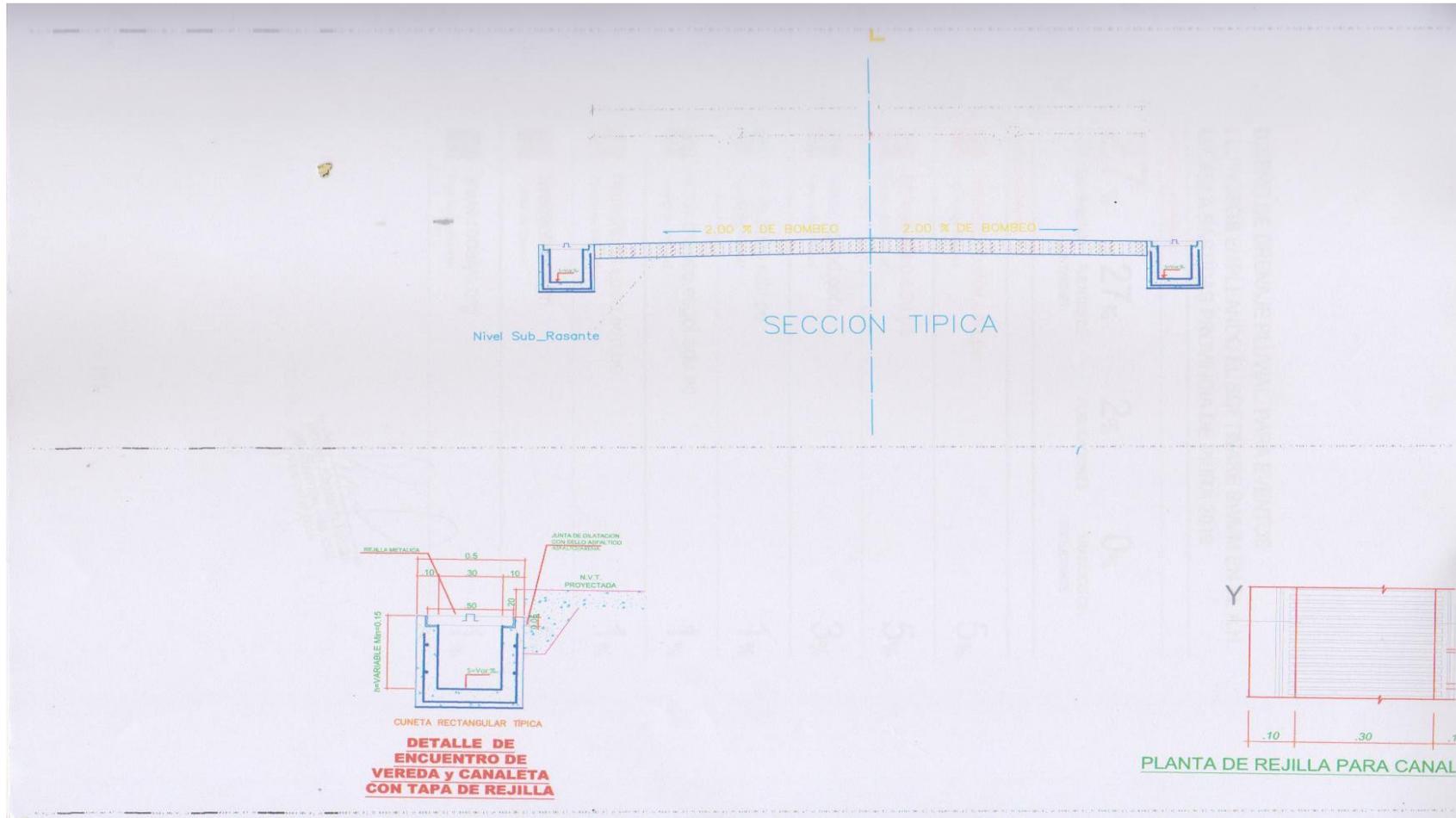
### Plano longitudinal de la calle Miguel Cortez



Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 19

### Sección Típica cuneta rectangular



Fuente: Elaboración propia