



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Propuesta de solución para la evacuación de aguas pluviales en el  
Centro Histórico de Puno, 2020**

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

**AUTOR:**

Apaza Lopez, Asuncion Madu (ORCID: 0000-0003-2700-1858)

**ASESOR:**

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (ORCID: 0000-0002-2026-0411)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

LIMA - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A Dios por haberme dado la vida, por protegerme y estar conmigo día a día. A mi madre, Irene López, a quien amo con todo el corazón y que con su amor infinito, bondad incomparable y apoyo incondicional me inspira siempre a ser la mejor versión de mi misma en cada aspecto de mi vida.

### **Agradecimiento**

A mis amados padres Alejandro e Irene, por ser siempre los pilares de mi fortaleza. A la Universidad César Vallejo, por darme la oportunidad de formar parte de ella. A mi asesor Mg. Luis Alfonso Juan Barrantes Mann, por su tiempo, orientación, apoyo, paciencia y comprensión durante todo el desarrollo de la tesis.

## Índice de contenidos

|   |     |
|---|-----|
| Dedicatoria.....  | ii  |
| Agradecimiento.....   | iii |
| Índice de contenidos.....   | iv  |
| Índice de tablas .....  | v   |
| Índice de gráficos y figuras.....   | vi  |
| Resumen.....  | ix  |
| Abstract.....   | x   |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 1   |
| II. MARCO TEÓRICO.....  | 4   |
| III. METODOLOGÍA .....  | 11  |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación.....   | 11  |
| 3.2 Variables y operacionalización.....   | 12  |
| 3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis ..... | 12  |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                           | 17  |
| 3.5 Procedimientos .....  | 18  |
| 3.6 Método de análisis de datos .....   | 19  |
| 3.7 Aspectos éticos.....  | 20  |
| IV. RESULTADOS .....  | 21  |
| V. DISCUSIÓN.....   | 71  |
| VI. CONCLUSIONES .....  | 75  |
| VII. RECOMENDACIONES.....   | 77  |
| REFERENCIAS .....   | 78  |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Información meteorológica utilizada - Estación SENAMHI Puno.....            | 24 |
| Tabla 2. Parámetros geomorfológicos de las microcuencas.....                         | 26 |
| Tabla 3. Precipitación Máxima Diaria Histórica desde los años 1964 al 2020 (mm)..... | 28 |
| Tabla 4. Prueba de estacionalidad de datos.....                                      | 31 |
| Tabla 5. Precipitación de Diseño para Diferentes Periodos de Retorno – Gumbel.....   | 33 |
| Tabla 6. Prueba de Adecuación de Chi Cuadrado - Gumbel.....                          | 33 |
| Tabla 7. Hietograma de Precipitación para una Duración – Paxa Azoguine.....          | 34 |
| Tabla 8. Hietograma de Precipitación para una Duración – Parque Pino.....            | 37 |
| Tabla 9. Hietograma de Precipitación para una Duración – Plaza de Armas.....         | 40 |
| Tabla 10. Grupo Hidrológico de Suelos del SCS.....                                   | 43 |
| Tabla 11. Condición de Humedad Antecedente.....                                      | 44 |
| Tabla 12. Correcciones de CN en base a la Condición II.....                          | 45 |
| Tabla 13. Resumen de Caudal de las tres microcuencas.....                            | 57 |
| Tabla 14. Determinación de Caudal en Sumideros.....                                  | 62 |

## Índice de gráficos y figuras

### Gráficos

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1. Serie de precipitaciones máximas de 24 horas mensuales de la Estación Puno... | 30 |
| Gráfico 2. Serie de precipitaciones máximas de 24 horas anuales de la Estación Puno..... | 30 |
| Gráfico 3. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=25$ años – Paxa Azoguine .....      | 35 |
| Gráfico 4. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=20$ años – Paxa Azoguine .....      | 35 |
| Gráfico 5. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=10$ años – Paxa Azoguine .....      | 36 |
| Gráfico 6. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=25$ años - Parque Pino.....         | 38 |
| Gráfico 7. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=20$ años – Parque Pino.....         | 38 |
| Gráfico 8. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=10$ años – Parque Pino.....         | 39 |
| Gráfico 9. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=25$ años - Plaza de Armas .....     | 41 |
| Gráfico 10. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=20$ años - Plaza de Armas .....    | 41 |
| Gráfico 11. Hietograma de Tormenta de Diseño para $Tr=10$ años - Plaza de Armas.....     | 42 |
| Gráfico 12. Hidrograma de caudal máximo para $TR=10$ Años – Paxa – Azoguine .....        | 54 |
| Gráfico 13. Hidrograma de caudal máximo para $TR=10$ Años – Parque Pino .....            | 55 |
| Gráfico 14. Hidrograma de caudal máximo para $TR=10$ Años – Plaza de Armas.....          | 56 |

## Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Ciclo hidrológico .....  | 6  |
| Figura 2. Pendientes de pistas .....   | 7  |
| Figura 3. Secciones transversales de cunetas .....   | 8  |
| Figura 4. Tipos de Sumidero .....  | 9  |
| Figura 5. Clasificación de rejillas .....  | 10 |
| Figura 6. Ubicación de sumidero de rejilla en calzada antes y después (Propuesta) .....          | 11 |
| Figura 7. Zonas monumentales históricos de la ciudad de Puno .....                               | 14 |
| Figura 8. Vista panorámica de Patrimonios Culturales .....                                       | 15 |
| Figura 9. Vista de Patrimonio Cultural: Basílica Menor Puno .....                                | 16 |
| Figura 10. Vista de Patrimonio Cultural: Iglesia de San Juan Bautista .....                      | 16 |
| Figura 11. Vista de Patrimonio Cultural: Glorioso Colegio Nacional de San Carlos .....           | 17 |
| Figura 12. Ubicación geográfica de la Estación Puno .....  | 18 |
| Figura 13. Portada del Código de Ética en Investigación .....                                    | 20 |
| Figura 14. Ubicación Política del Ámbito de Estudio del Proyecto .....                           | 22 |
| Figura 15. Plano Topográfico de Sectores de Estudio .....  | 23 |
| Figura 16. Ubicación de Sectores de Estudio del Proyecto .....                                   | 25 |
| Figura 17. Distribución de precipitaciones máximas por el Método de Gumbel .....                 | 32 |
| Figura 18. Número Curva según la clasificación para el tipo II. ....                             | 47 |
| Figura 19. Discretización de las 3 microcuencas para la simulación con HEC HMS .....             | 49 |
| Figura 20. Esquema de Simulación de la Micro Cuenca Paxe Azoguine .....                          | 51 |
| Figura 21. Esquema de Simulación de la Micro Cuenca Parque Pino .....                            | 52 |
| Figura 22. Esquema de Simulación de la Micro Cuenca Plaza de Armas .....                         | 53 |
| Figura 23. Canal trapezoidal entre límite de microcuencas .....                                  | 57 |
| Figura 24. Determinación del caudal del canal trapezoidal – programa Hcanales .....              | 58 |
| Figura 25. Sentido de Flujo de agua y ubicación de Sumideros .....                               | 59 |
| Figura 26. Vista 1, entre la intersección de Jr. Loreto y Jr. Santiago Giraldo .....             | 60 |
| Figura 27. Vista 2, entre la intersección de Jr. Huancavelica, Jr. Calvario y Jr. Azoguine ..... | 60 |
| Figura 28. Vista 3, entre la intersección de Jr. Deustua y Jr. Conde de Lemos .....              | 61 |
| Figura 29. Vista 4, entre la intersección de Jr. Ancash y Jr. llave .....                        | 61 |
| Figura 30. Las características hidráulicas de las calles .....                                   | 63 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 31. Esquema del Drenaje Tipo en la Calle Principal .....              | 68 |
| Figura 32. Sección Transversal del drenaje Tipo en la Calle Principal .....  | 69 |
| Figura 33. Sección Longitudinal del drenaje Tipo en la Calle Principal ..... | 70 |

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo plantear una propuesta adecuada que dé solución al sistema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno.

La metodología; el tipo de investigación fue aplicada y el enfoque cuantitativo; el diseño fue no experimental y transversal. La población fue todo el sistema de evacuación de aguas pluviales de la Zona Monumental de Puno (cuatro ambientes), asimismo la muestra fue de acuerdo al método no probabilístico intencional, esta fue el sistema de evacuación de aguas pluviales de los dos ambientes que son albergados en el centro de la ciudad indicada.

Los resultados; se describe en forma detallada el procedimiento con el que se realizó la propuesta; el sistema de drenaje actual es deficiente porque en periodos de lluvias se presentan inundaciones en las vías, para el desarrollo se delimitó microcuencas, se usó periodo de retorno de 10, 20 y 25 años, todo ello con el fin de realizar una propuesta que evacue las aguas pluviales de manera adecuada y satisfactoria.

Se concluyó que el sistema planteado es el adecuado y con ello se está preservando y protegiendo los bienes, muebles e inmuebles declarados Patrimonios Culturales.

**Palabras clave:** Patrimonio cultural, drenaje, aguas pluviales, captación y microcuenca.

## **Abstract**

The objective of this research was to propose an adequate proposal that provides a solution to the rainwater evacuation system in the Historic Center of the city of Puno.

The methodology; the type of research was applied and the quantitative approach; the design was non-experimental and cross-sectional. The population was the entire rainwater evacuation system of the Monumental Zone of Puno (four environments), also the sample was according to the intentional non-probabilistic method, this was the rainwater evacuation system of the two environments that are sheltered in the center of the indicated city.

The results; the procedure with which the proposal was made is described in detail; The current drainage system is deficient because in rainy periods there are floods in the roads, for the development micro-basins were delimited, a return period of 10, 20 and 25 years was used, all in order to make a proposal that evacuates stormwater in an adequate and satisfactory manner.

It was concluded that the proposed system is the appropriate one and with it the assets, movable and immovable assets declared Cultural Heritage are being preserved and protected.

**Keywords:** Cultural heritage, drainage, rainwater, catchment and micro-basin

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se sabe que en diversos lugares del mundo se protege el patrimonio histórico, en ese sentido diversas capitales donde han existido culturas milenarias son protegidas, entre otros, de diversas ocurrencias climáticas que podrían deteriorar los monumentos históricos que hasta la fecha existen para beneplácito de toda la población que los visita y rescata lo valioso de su cultura. En Puno, por la proximidad a la capital de la cultura de América que es Cuzco se desarrolló una ciudad con un invaluable patrimonio histórico, el cual podría verse afectado por las precipitaciones pluviales que constantemente ocurren en esta ciudad; he de ahí la importancia de salvaguardar el Centro Histórico para la posteridad del mundo, implementando un sistema eficaz y eficiente que conduzca de mejor manera las aguas pluviales que se precipita, conduciéndolas a zonas apropiadas. Puno pertenece a la región sierra, cuyas características propias climatológicas involucran la fase estacional lluviosa (noviembre a marzo), en el cual se ve reflejado las consecuencias del mal manejo o poca existencia de un sistema de drenaje de aguas pluviales, pues debido a los consecutivos episodios de lluvias se puede observar a simple vista inundaciones, desbordes en las calles, colapso de alcantarillas entre otros, volviendo así las calles intransitables, generando incomodidades a los transeúntes y mala imagen a la ciudad. Cabe mencionar que la ciudad de Puno es reconocida internacionalmente y visitada desde antaño por turistas nacionales e internacionales, esto por la Festividad Virgen de la Candelaria y el lago Titicaca. En el año 1985, la ciudad de Puno obtuvo reconocimiento como la “Capital de Folklore Peruano” por el presidente de la República de aquel entonces, a través de la Ley N° 24325. En el año 2003, se declaró a la Festividad de la Virgen de la Candelaria de Puno como Patrimonio Cultural de la Nación por el Instituto Nacional de Cultura (INC), a través de la Resolución Directoral Nacional N° 655/INC. En el año 2014, se declaró a la Festividad de la Virgen de la Candelaria de Puno como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en la ciudad de París (Francia). El INC (1999), da a conocer

que el centro de la ciudad de Puno alberga monumentos históricos tales como la Basílica Catedral de Puno e Iglesia de San Juan Bautista de Puno (declaradas como Patrimonio Histórico Cultural de la Nación del Perú, R.S. N° 2900-72-ED, 28/12/1972), la Casa del Corregidor de Puno (inmueble declarado Monumento Histórico por el INC, R.M. N° 0928-80-ED, 23/07/1980), Museo Carlos Dreyer (inmueble declarado Patrimonio Cultural de la Nación, 23/07/1980, Casa del Conde de Lemos (La casa y el balcón declarados Patrimonio Cultural de la Nación, R.S. N° 505-74-ED, 15/10/1974 y R.M.N° 0928-80-ED, 23/07/1980), Hotel de Turistas de Puno (inmueble declarado Monumento Histórico por el INC, R.J. N° 009-89-INC/J, 12/01/1989 y R.M. N° 0928-80-ED, 23/07/1980), Colegio de Abogados de Puno (Monumento histórico, R.M. N° 0928-80-ED, 23/07/1980), Colegio San Carlos (declarado Patrimonio Cultural de la Nación, R.S. N° 0928-80-ED, 23/07/80), entre otros.

De tal manera, que la evacuación de aguas pluviales propuesta, sea debidamente captada antes de su ingreso al Centro Histórico y conducida hacia un curso de agua adecuado. A continuación, se planteó el **problema general** de la presente investigación de la siguiente manera: ¿Cuál es la propuesta que da solución al sistema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno, 2020?. Conjuntamente los **problemas específicos** los cuales son los siguientes: ¿Cuál es el diagnóstico del comportamiento de la escorrentía superficial producida por las precipitaciones pluviales en las vías del Centro Histórico de la ciudad de Puno?. ¿Cuáles son los registros históricos de climatología del año 1964 al 2020 de la zona de estudio?. ¿Cuál es el diseño hidráulico del sistema de evacuación de aguas pluviales del Centro Histórico de la ciudad de Puno, en función a los parámetros de diseño establecido?. Es por ello que la presente investigación se **justifica** en que la propuesta de solución para la evacuación de aguas pluviales del Centro Histórico de la ciudad de Puno, es de suma importancia para evitar probables daños que las indicadas aguas pluviales puedan ocasionar sobre el Centro Histórico referido, al cual tenemos la obligación moral de proteger en el tiempo para mostrar su riqueza histórica, presente hoy en día, a través de las edificaciones que datan desde la época de la

colonia española de nuestro país. Es nuestro deber preservar y proteger nuestro patrimonio histórico para conocimiento de nuestras futuras generaciones por que un país sin pasado difícilmente tiene futuro. Es así, que el aporte de esta investigación es presentar una propuesta de solución a través de la utilización de captaciones en zonas estratégicas para una mejor conducción de las aguas pluviales que se precipiten sobre el Centro Histórico y de este modo, presentar un Centro Histórico protegido. Dando así a la población del lugar y a los visitantes en general, superficies libres y de fácil transito que permita gozar de los atributos turísticos que su historia transmite con el paso de los años, dándole una buena imagen a la ciudad de Puno, denominada la Capital Folclórica del Perú. Así mismo, se plantearon los objetivos en la investigación, teniendo como **objetivo general**: Plantear una propuesta adecuada que da solución al sistema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno, 2020. Al mismo tiempo, a fin de lograr su cumplimiento, se presentan los **objetivos específicos**, de la siguiente manera: Realizar el diagnóstico del comportamiento de la escorrentía superficial producida por las precipitaciones pluviales en las vías del Centro Histórico de la ciudad de Puno. Analizar los registros históricos de climatología del año 1964 al 2020 de la zona de estudio. Realizar el diseño hidráulico del sistema de evacuación de aguas pluviales del Centro Histórico de la ciudad de Puno, en función a los parámetros de diseño establecido. Finalmente, se establece la **hipótesis general**: La presente propuesta de diseño da solución al problema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno, 2020. Conjuntamente se presentan las **hipótesis específicas**: El correcto diagnóstico permite conocer el comportamiento real de la escorrentía superficial producida por las precipitaciones pluviales en las vías del Centro Histórico de la ciudad de Puno. Los registros históricos de climatología analizados son del año 1964 al 2020 de la zona de estudio. El diseño hidráulico del sistema de evacuación de aguas pluviales es el adecuado para el Centro Histórico de la ciudad de Puno, en función a los parámetros de diseño establecido.

## II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación comprende el desarrollo de antecedentes internacionales y nacionales, primeramente, a nivel **internacional** mencionamos a los autores Rosales, Salas y Rodríguez (2015) en su trabajo de investigación titulado: Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales - México. (Artículo Científico - Revista Cultura Científica y Tecnológica CULCYT). Concluyeron que los efectos muchas veces devastadores de una inundación en zonas urbanas se pueden prevenir con un buen sistema de drenaje que conduzca a las aguas pluviales a lugares diseñados y planeados para ese fin. A pesar que la ejecución de dichas obras suele ser costoso es conveniente para salvaguardar vidas humanas y bienes materiales. De igual manera García (2018) en su trabajo de investigación titulado: “Protección y conservación ante catástrofes del patrimonio cultural de la Comunidad de Madrid” para obtener el grado de doctor en la Universidad Complutense de Madrid, España; concluyendo cuán importante es el patrimonio cultural, pues define la identidad y cultura de los pueblos, esto es conformado por bienes inmuebles, muebles e inmateriales, para ello existen diversos organismos nacionales e internaciones que velan del patrimonio cultural; también indica que en Madrid los bienes culturales protegidos son bienes de Interés Cultural y Patrimonial, muchos de ellos declarados Patrimonio Mundial por la UNESCO; Finalmente menciona que se ha concluido el estudio sobre la gestión de riesgo en bienes culturales entre ellos frente al agua. Seguidamente a nivel **nacional** mencionamos al autor Coahila (2016) en su trabajo de investigación titulado: Trabajos de protección en los sitios arqueológicos considerados dentro de las acciones de prevención por el fenómeno el niño 2015 en la región Lambayeque. Artículo científico de la Revista de estudios sobre patrimonio edificado (Devenir) de la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, concluyendo que siendo Lambayeque una región de una espléndida riqueza cultural; la arqueología que posee aporta a engrandecer su identidad como sociedad, es por ello que es

importante protegerla y asegurar su perdurabilidad en el tiempo para el goce de futuras generaciones; por tanto es necesario que el gobierno a través del organismos como el Ministerio de Cultura fomenten programas para proteger el patrimonio arqueológico para aminorar el impacto de las lluvias del fenómeno de El Niño.

En cuanto a las teorías que están relacionadas al tema, se conceptualiza a las siguientes: primeramente, a la **hidrología** que es la ciencia natural que se encarga del estudio del agua, tanto de su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, además de sus propiedades físicas-químicas y de su relación con el medio ambiente, incluyendo a todos los seres vivos (Villón, 2002). Seguidamente el **ciclo hidrológico** que como se indica es el conjunto de cambios que experimenta el agua de la naturaleza, en estado sólido, líquido y gaseoso y en forma de agua superficial, agua subterránea, etc. (Villón, 2002). Asimismo, indicar que es el principio fundamental de la hidrología, el cual no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua (Chow, Maidment y Mays, 1994). Ver Figura 1, Asimismo la **cuenca** es área de terreno donde actúan las precipitaciones pluviométricas y donde las aguas drenan hacia una corriente en una zona dada (Norma OS 060, 2009). Así también el **tiempo de concentración** es el tiempo necesario para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí por medio de los conductos hasta el punto considerado. (Norma OS 060, 2009). Seguidamente la **precipitación** es toda forma de humedad que se origina en las nubes y llega hasta la superficie del suelo (Villón, 2002). Para medir la precipitación se hace uso de instrumentos como pluviómetros, la unidad de medida de la precipitación es milímetros (mm) el **periodo de retorno** es el intervalo de recurrencia, al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada (Chow et al., 1994) y por último la **tormenta de diseño** es la determinación del evento de lluvia a usar. Es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema

hidrológico, conforma la entrada al sistema y los caudales resultantes. (García y Cardoza, 2016).



Figura 1. Ciclo hidrológico

Fuente: Pagina web <https://www.significados.com/ciclo-del-agua/>

La presente investigación se enmarca en los siguientes enfoques conceptuales: la **precipitación máxima probable de diseño**, para estimar la dimensión de un evento asociado a un periodo de retorno, es indispensable el análisis de frecuencias, es por ello que se realiza un ajuste a la serie de precipitaciones máximas en 24 horas de distribución de probabilidad adecuada. Se escogió el modelo de Gumbel para el análisis de frecuencias por su gran confiabilidad en eventos extremos.

Por otro lado, según la norma OS 060, el **drenaje** es el término que se refiere a remover el exceso de agua con el fin de prevenir pérdidas materiales y de la vida. El drenaje en un área no desarrollada se genera de forma natural adecuándose al entorno y condiciones físicas. El sistema de drenaje se clasifica según las siguientes categorías: Urbano, terrenos agrícolas, carreteras y aeropuertos. Claramente la investigación pertenece a la categoría de “Sistema de drenaje Urbano”. Los **tipos de sistema de drenaje Urbano** se clasifican según el agua que conducen.

- Alcantarillado Sanitario: aguas residuales
- Alcantarillado Pluvial: agua de lluvias
- Alcantarillado Combinado: Aguas residuales y agua de lluvias

La investigación comprende un sistema de alcantarillado pluvial pues solo conduce agua de proveniente de las lluvias. Para la elaboración de proyectos de alcantarillado urbano pluvial, se requiere mínimamente la siguiente información, los cual en esta investigación se obtendrá del SENAMHI y de la Municipalidad Provincial de Puno: Planos catastrales, planos de usos de suelos y principalmente información meteorológica.

### Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje:

- Captación en zona vehicular – pista, en caso de la orientación del flujo, las pistas deben ser diseñadas contando con pendientes transversales y longitudinales, para que las aguas de lluvia deriven a los bordes o extremos de las calzadas, estas son:

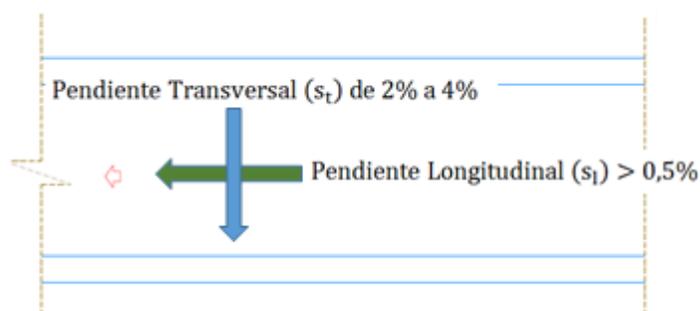


Figura 2. Pendientes de pistas

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Norma OS 060

- Captación y transporte de aguas pluviales de calzada y aceras, la captación de las aguas pluviales de las calzadas y aceras se realiza a través de cunetas, hacia las zonas bajas para ser captadas por los sumideros y transportadas a las alcantarillas pluviales. las cunetas tienen las siguientes

secciones transversales: Circular, triangular, trapezoidal, compuesta, en V. En la Figura 3 se muestran algunas secciones transversales de cunetas.

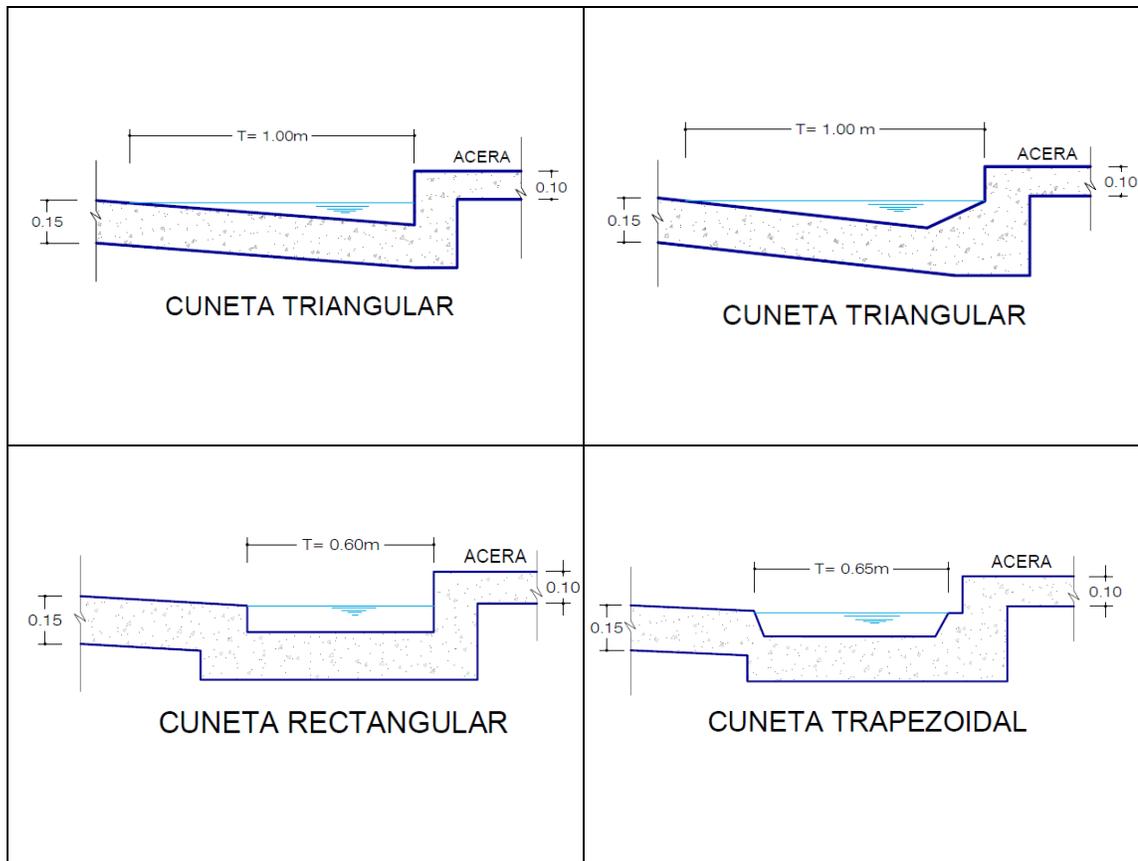


Figura 3. Secciones transversales de cunetas

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Norma OS 060

Los sumideros, son los encargados de captar las aguas pluviales de las cunetas para transportarla hacia las alcantarillas pluviales.

Se dividen en tres (03) tipos. Sumideros laterales en sardinel o solera, de fondo y mixtos o combinados. Los sumideros de rejillas en calzada (Se puede usar de manera complementaria).

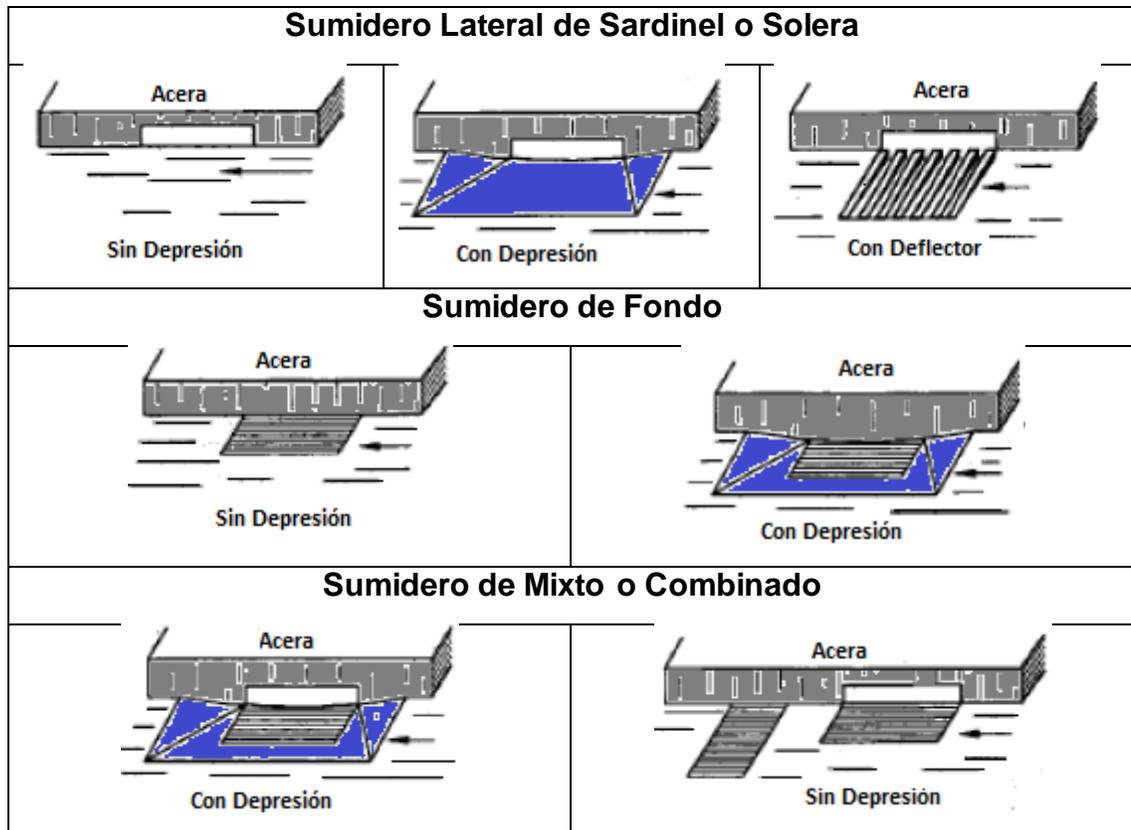


Figura 4. Tipos de Sumidero

Fuente: Adaptado de la Norma OS 060

Para dicha investigación se plantea el uso de “sumideros de rejillas en calzada”; que no es mas una canalización transversal a la calzada y a todo lo ancho, es cubierta con rejillas.

La **ubicación de los sumideros**, Según la norma OS 060 depende del caudal, pendiente, ubicación y demás acorde a la realidad del lugar donde se los quiera ubicar. Los sumideros deben ser ubicados en los puntos bajos. La ubicación normal son las esquinas de cruce de calles, pero con el fin de no incomodar el transito, empiezan retrazada respecto a la alineación de las fachadas. En el caso se tengas extensas manzanas se instalarán sumideros

intermedios. Se recomienda ubicar los sumideros cerca a las alcantarillas y conductos del sistema de drenaje pluvial. Asimismo, en el diseño se hará uso de **rejillas**, las cuales son estructuras de metal que ayudan a retener sólidos que transportan las aguas pluviales para que estas no ingresen al sistema, se clasifican de la siguiente manera:

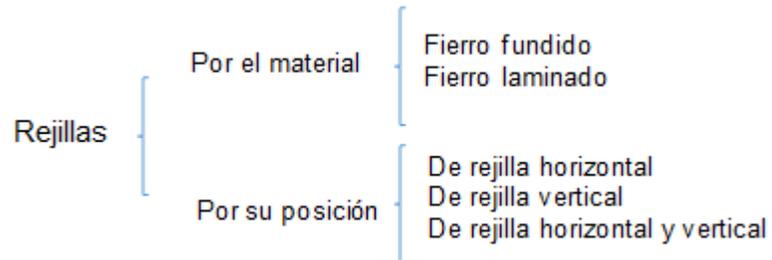
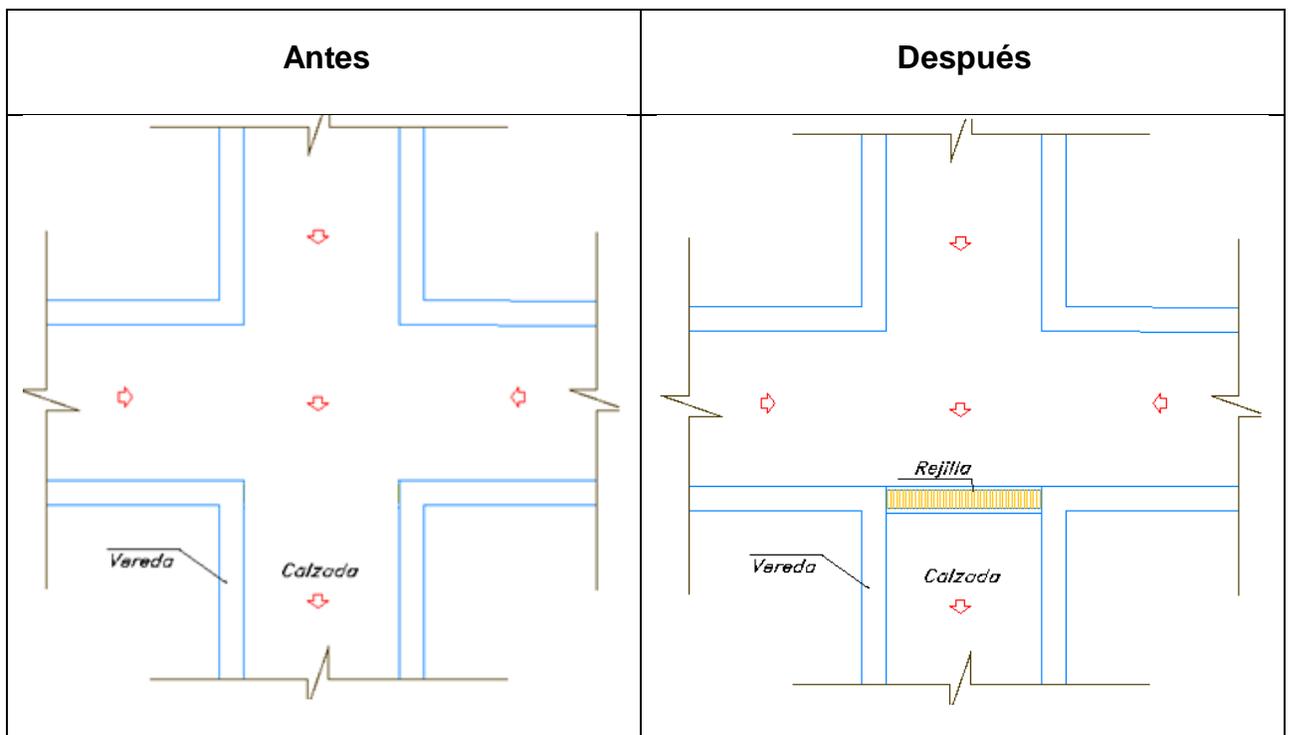


Figura 5. Clasificación de rejillas

Fuente: Adaptado de la Norma OS 060

Para la presente investigación se propone la instalación de sumideros en zonas estratégicas, dentro del Centro Histórico de la ciudad de Puno.



*Figura 6. Ubicación de sumidero de rejilla en calzada antes y después (Propuesta)*

Fuente: Elaboración propia, como se muestra en la figura se propone la instalación de sumideros con rejillas en zonas estratégicas, para que el flujo de escorrentía no ingrese al Centro Histórico de la ciudad

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

- a. El tipo de investigación fue aplicada por que tuvo como objetivo concreto plantear una propuesta técnica adecuada para el problema de la evacuación de aguas pluviales.

Murillo (2008), da a conocer que la investigación aplicada adopta el término de investigación práctica o empírica, el cual se identifica por la búsqueda de la aplicación o utilización de los conocimientos obtenidos, que a su vez generan otros, posteriormente al implementar y sistematizar la práctica en base a la investigación; la utilización del conocimiento y los resultados obtenidos de la investigación presentan una forma rigurosa, organizada y sistemática de entender la realidad.

Para el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación CRAI (2018), la investigación aplicada se basa en la solución de problemas en un entorno específico, refiriéndose a la búsqueda de la aplicación o utilización de conocimientos, a partir de uno o varios contextos especializados, con el fin de realizarlos de forma práctica para llegar a satisfacer necesidades concretas. El enfoque fue cuantitativo.

- b. El diseño de investigación que se le atribuyó a la presente investigación fue no experimental y transversal debido a que se solo se planteó una propuesta de solución técnica adecuada a la evacuación de aguas, prescindiendo de su construcción. El nivel de profundidad fue descriptivo.

La Investigación no experimental es el estudio que se efectúa sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los

fenómenos en su ambiente natural para posteriormente ser analizarlos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Los diseños de investigación transeccional o transversal son los que recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Hernández et al., 2010).

### **3.2 Variables y operacionalización**

La variable de la investigación fue la propuesta técnica de evacuación de aguas pluviales, la misma que busca en lo posible mitigar los daños que ocasionan las aguas pluviales que se presentan en períodos de lluvias.

### **3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **a. Población**

La población de la presente investigación fue todo el sistema de evacuación de aguas pluviales de la Zona Monumental de Puno, el cual alberga a los siguientes ambientes:

- Ambiente Urbano Monumental Parque Pino
- Ambiente Urbano Monumental Arco Deustua
- Ambiente Urbano Monumental Plaza de Armas
- Ambiente Urbano Monumental Parque Alcides Carrión

Esto se visualiza claramente en el plano de propiedad del Ministerio de cultura, cuyo nombre es “Delimitación de la Zona Monumental de Puno y de los Ambientes Urbano Monumentales del Parque Pino, Arco Deustua, Plaza de Armas, y Parque Alcides Carrión”, el cual se muestra en la Figura 7.

- Criterio de inclusión

El sistema de evacuación de aguas pluviales pertenece a la Zona Monumental de Puno, en el cual se albergan diversos lugares, inmuebles, bienes materiales, etc., que fueron declarados patrimonio cultural y es por ello que deben ser protegidos por las inclemencias de la naturaleza en este caso las lluvias.

- Criterio de exclusión

Sistema de evacuación de aguas pluviales que pertenecientes a la Zona Monumental de Puno que no están ubicados en el centro de la ciudad de Puno.

b. Muestra:

La muestra de la presente investigación fue el sistema de evacuación de aguas pluviales de los ambientes que son albergados dentro del Centro Histórico de la ciudad de Puno (Ver Figura 7), estos son:

- Ambiente Urbano Monumental Parque Pino
- Ambiente Urbano Monumental Plaza de Armas

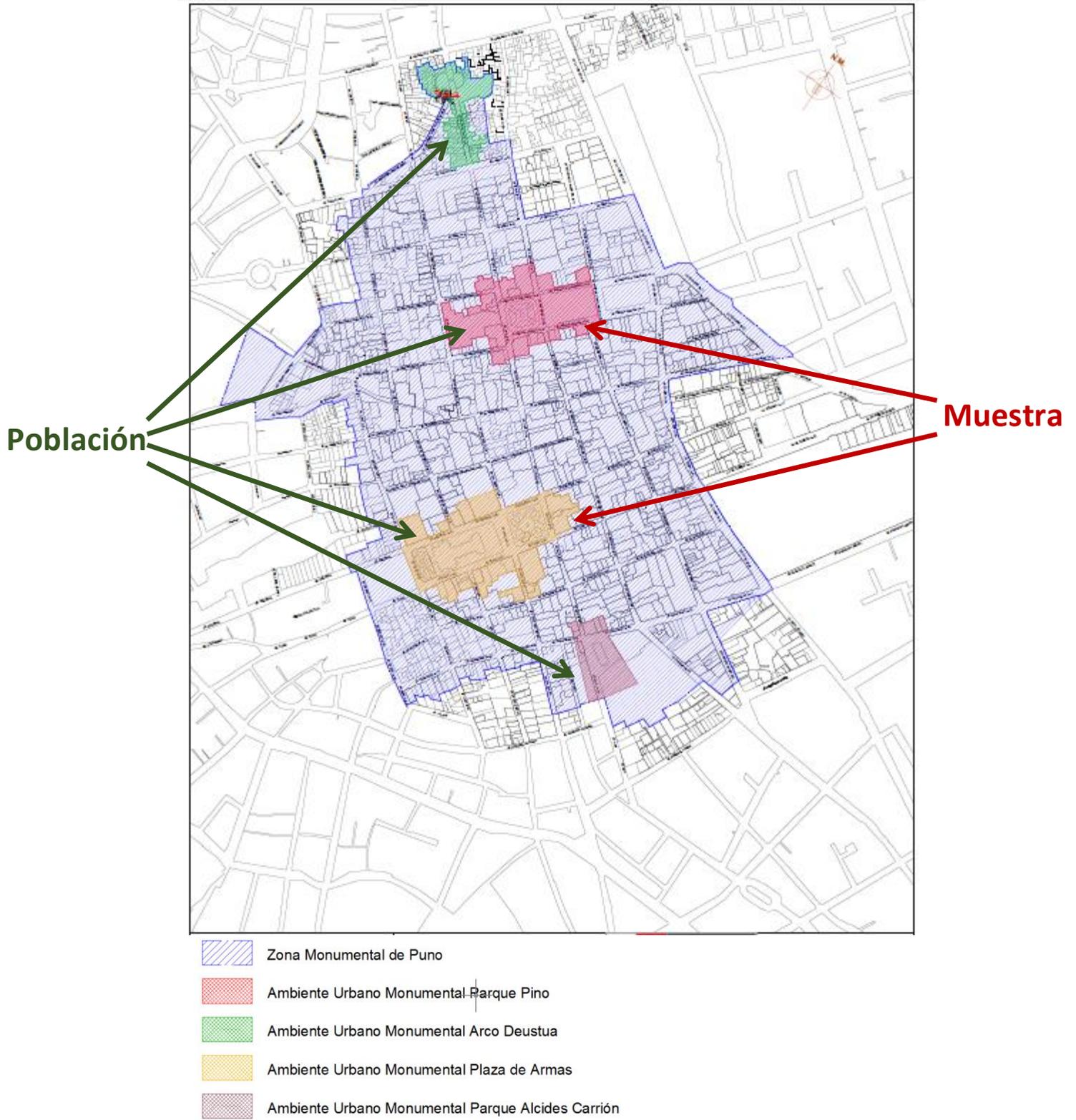


Figura 7. Zonas monumentales históricas de la ciudad de Puno

Fuente: Ministerio de Cultura

c. Muestreo:

El método de muestreo fue no probabilístico intencional.

d. Unidad de análisis:

Comportamiento de aguas pluviales.

A continuación, en las siguientes figuras se muestran algunas imágenes de los Patrimonios Culturales que se encuentran en el Centro Histórico de la ciudad de Puno.



*Figura 8. Vista panorámica de Patrimonios Culturales*



*Figura 9. Vista de Patrimonio Cultural: Basílica Menor Puno*



*Figura 10. Vista de Patrimonio Cultural: Iglesia de San Juan Bautista*



*Figura 11. Vista de Patrimonio Cultural: Glorioso Colegio Nacional de San Carlos*

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### a. Técnicas

- Identificación por medio de inspecciones técnicas oculares in situ.
- Recopilación y revisión de datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
- Para la recolección y determinación de datos se utilizó el análisis documental.

#### b. Instrumentos

- Se realizó la recopilación y obtención de datos meteorológicos de la **Estación Puno** del año 1964 al año 2020. En la Figura 12 se muestra la ubicación de la mencionada estación, ubicada en el departamento, provincia y distrito de Puno, de propiedad del SENAMHI.

- Se realizó la recolección y análisis de datos topográficos e hidrológicos.



Figura 12. Ubicación geográfica de la Estación Puno

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimientos

Para el presente proyecto de investigación, los datos fueron recolectados directamente y de observación.

- Para la obtención de la Precipitación Máxima en 24 horas del año 1964 al año 2020 de la Estación Puno, se acudió al SENAMHI oficina sede Puno.
- Se recolectó los planos catastrales y topográficos de la zona de estudio, de la Municipalidad Provincial de Puno
- La elaboración de la propuesta técnica se realizó después de analizar y procesar la información obtenida, tomando en consideración los parámetros indicados en el RNE (Norma OS 060 – Drenaje pluvial urbano), esto con ayuda de la aplicación de Softwares para el cálculo y diseño hidráulico.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Primeramente, para analizar los datos se hizo uso de la técnica de visualización de datos, posteriormente a ello los datos procesados que se obtuvieron fueron haciendo uso de los siguientes programas:

- Programa ArcGis (software de acceso libre), para delimitar las microcuencas.
- Programa Hec-4 (software de acceso libre), para el tratamiento de datos hidrológicos.
- Programa Hyfran (software de acceso libre), para la estimación de precipitación de diseño.
- Programa Hec-HMS (software acceso libre), para determinar el caudal.
- Programa Hcanales (software acceso libre), para dimensionar obras de drenaje.
- Programa Autocad 2016 (software acceso libre), para esquematizar planos.
- Office 2020 (software acceso libre)

### 3.7 Aspectos éticos

En el desarrollo de la presente investigación se consideró los aspectos éticos; se respetó la propiedad intelectual de los autores de las tesis, libros, artículos, normativas y otros documentos que se utilizaron como base para esta investigación, las cuales fueron citadas de acuerdo a la Normas APA. Se consideró los lineamientos de la Resolución de consejo universitario N° 0262-2020/UCV que hace referencia al código de ética en investigación de la universidad César Vallejo. Esta investigación es innovadora y de autoría propia, por ello me someteré al análisis de originalidad mediante el programa TURNITIN que determina el índice de similitud con otras fuentes.

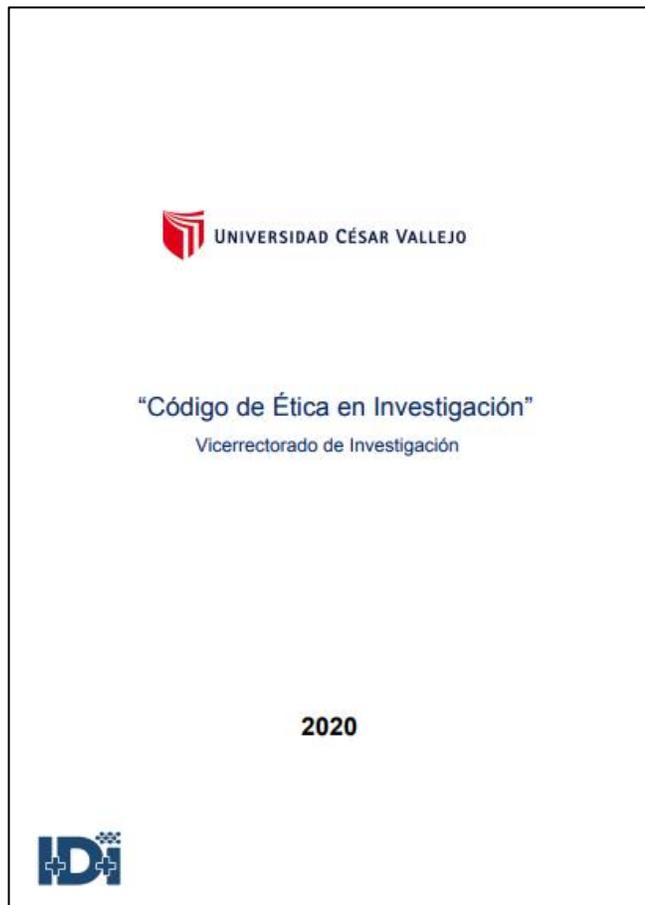


Figura 13. Portada del Código de Ética en Investigación

Fuente: Universidad César Vallejo

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización General de Área de Estudio

Se ubica dentro de la circunlacustre del Lago Titicaca, las microcuencas en estudio se encuentran entre los 4,100 a 3,850 m.s.n.m. Ver **Figura 14**.

- Ubicación Política
  - Distrito : Puno
  - Provincia : Puno
  - Departamento : Puno
- Ubicación Geográfica
  - Altitud : 4,100 a 3,850 m.s.n.m.
  - Este : 387,592.00– 389,916.00 m
  - Norte : 8 247,702.00 – 8 248,598.00 m

### 4.2. Generalidades

#### a. Información Cartográfica

Para la identificación y delimitación de las microcuencas, se hizo uso de la siguiente información cartográfica:

- Imagen Satelital de la Ciudad de Puno
- Plano Topográfico del Centro de la Ciudad de Puno
- Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

El sistema de coordenadas utilizado fue UTM WGS84, proyectadas para la zona 19-S, debido a que la zona de estudio se ubica ahí. Ver el plano topográfico en la **Figura 15**.

#### b. Información Meteorológica

Para el análisis se recurrió a los registros de propiedad del SENAMHI, la estación meteorológica utilizada para tal fin, es la Estación Puno, el dato específico adquirido es la Precipitación Máxima en 24 horas. Las características de la estación utilizada se muestran en la Tabla 1.

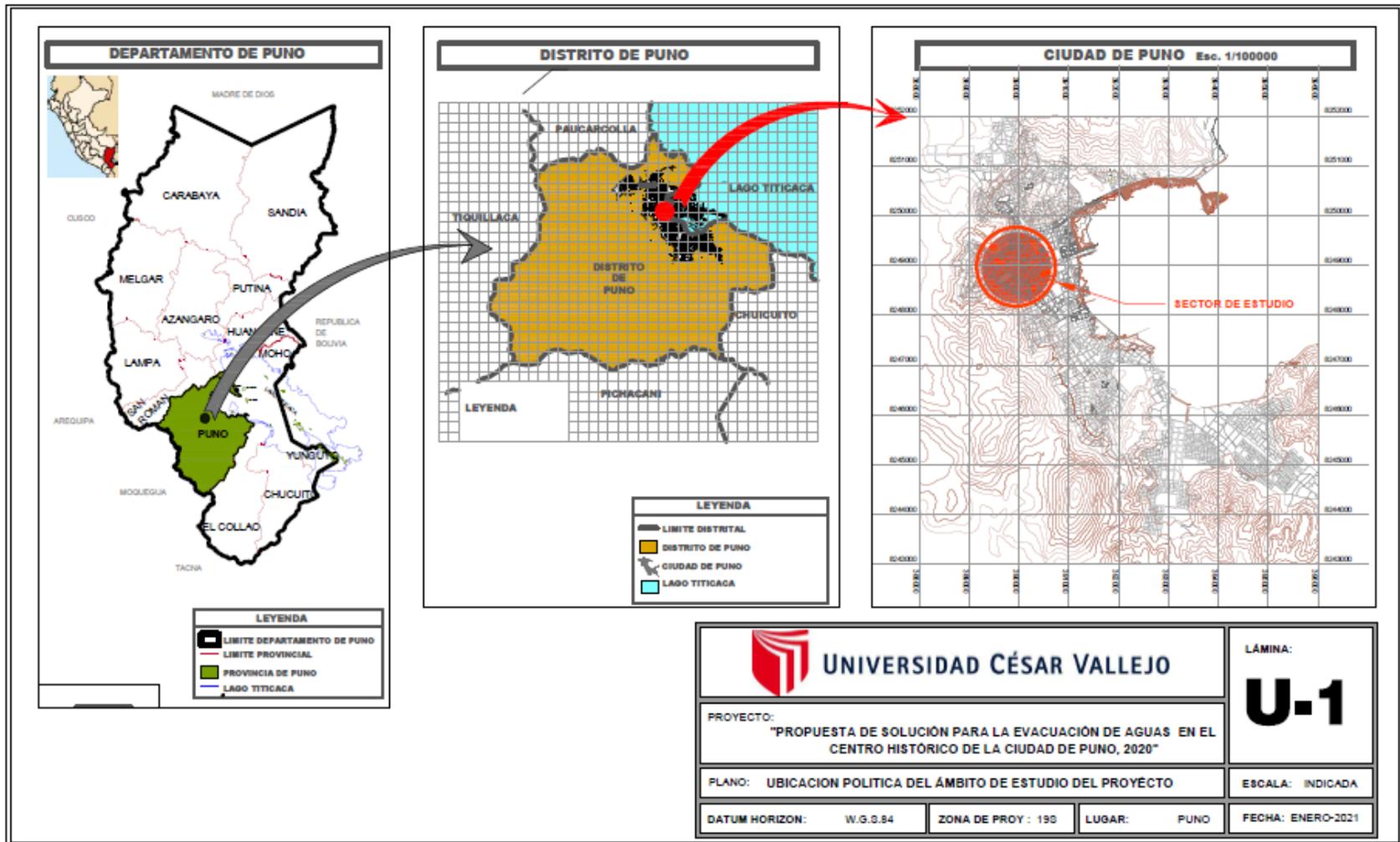


Figura 14. Ubicación Política del Ámbito de Estudio del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

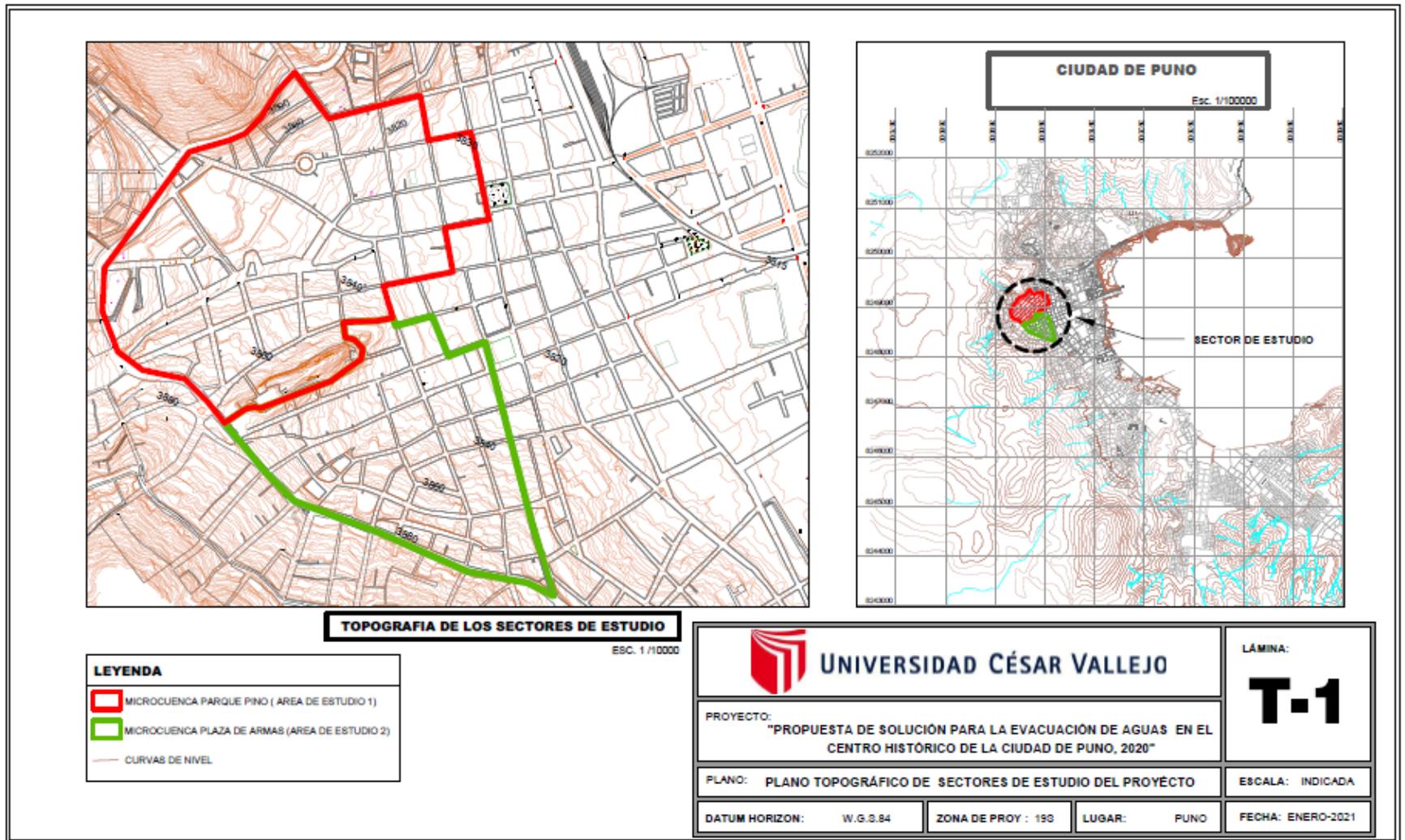


Figura 15. Plano Topográfico de Sectores de Estudio

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1. Información meteorológica utilizada - Estación SENAMHI Puno

| Nº | Código | Tipo | Estación | Dpto | Prov | Distrito | Latitud      | Longitud     | Altitud | Cuenca         | Estado    |
|----|--------|------|----------|------|------|----------|--------------|--------------|---------|----------------|-----------|
| 1  | 100110 | CP   | Puno     | Puno | Puno | Puno     | 15°49'34.50" | 70°00'43.50" | 3820    | Circunlacustre | Operativa |

Fuente: Página web del SENAMHI

#### 4.1. Caracterización de Parámetros Fisiográficos

**Parámetros de las Microcuencas:** Las microcuencas delimitadas para el presente estudio fueron denominadas como: Paxa – Azoguine, Parque Pino y Plaza de Armas. Ver **Figura 16**.

Las principales características geomorfológicas de las microcuencas mencionadas, se muestran en la Tabla 2.

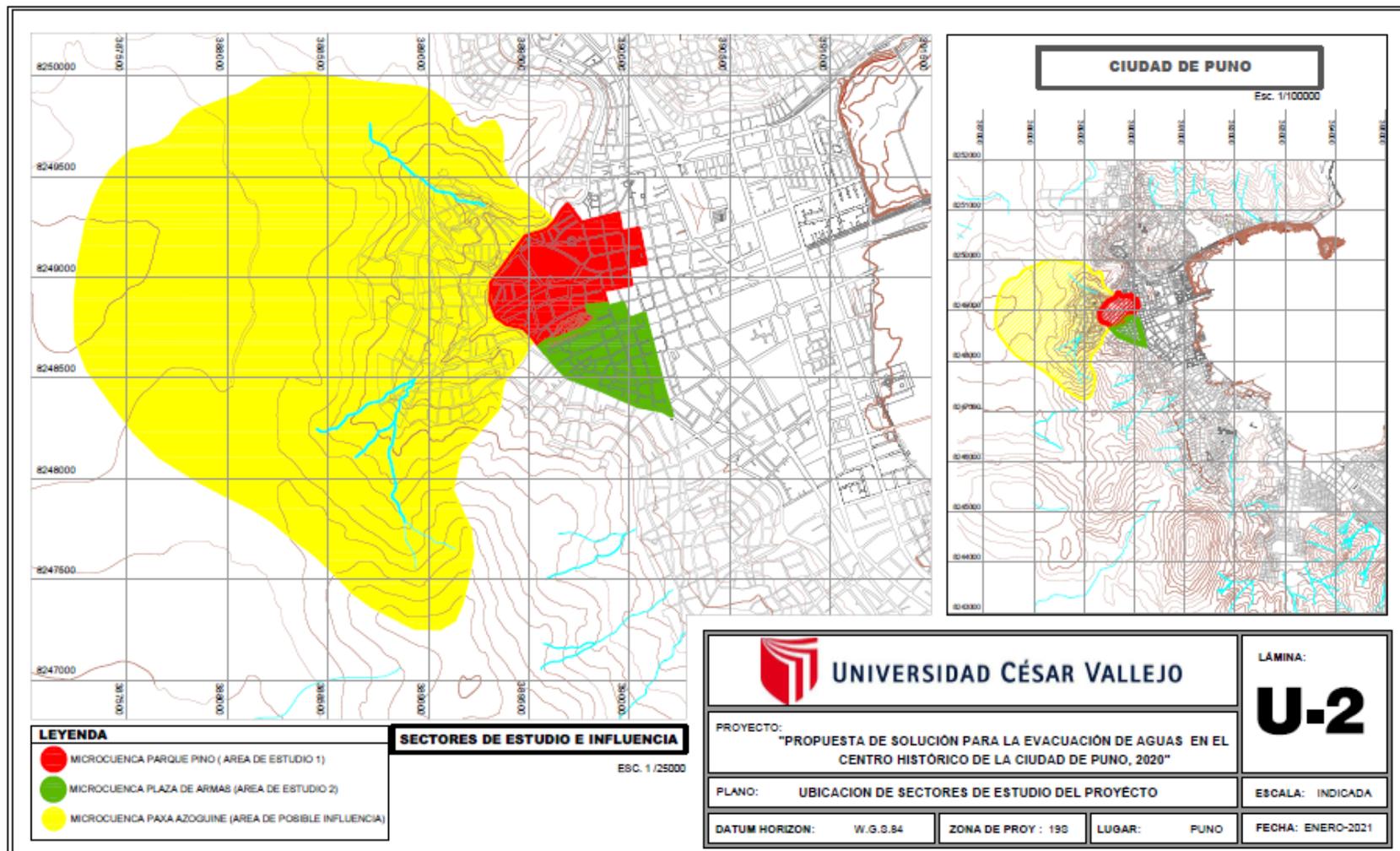


Figura 16. Ubicación de Sectores de Estudio del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. *Parámetros geomorfológicos de las microcuencas*

| <b>CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS MICROCUENCAS</b> |                      |                      |                                      |                                      |                                      |                          |                        |                                     |                               |   |  |
|--|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|--|
| <b>Nº</b>  | <b>Microcuenca</b>   | <b>Área<br/>(ha)</b> | <b>Cota<br/>Máxima<br/>(m.s.n.m)</b> | <b>Cota<br/>Máxima<br/>(m.s.n.m)</b> | <b>Longitud<br/>del Dren<br/>(m)</b> | <b>Pendiente<br/>(%)</b> | <b>Tc<br/>(minuto)</b> | <b>Condición<br/>de<br/>Humedad</b> | <b>Grupo<br/>de<br/>Suelo</b> | <b>Numero<br/>de<br/>Curva<br/>(CN)</b> | <b>Infiltración<br/>Potencial<br/>(mm)</b> |
| 1  | Paxa<br>Azog<br>uine | 429.10               | 4100.00                              | 3870.80                              | 1601.78                              | 14.31%                   | 16.00                  | II                                  | B                             | 78.00                                   | 71.64                                      |
| 2  | Parque Pino          | 31.38                | 3884.82                              | 3850.00                              | 804.45                               | 4.33%                    | 12.00                  | III                                 | C                             | 97.00                                   | 7.86                                       |
| 3  | Plaza de<br>Armas    | 19.33                | 3893.22                              | 3850.00                              | 450.64                               | 9.59%                    | 6.00                   | III                                 | C                             | 97.00                                   | 7.86                                       |

Fuente: Elaboración propia

## **4.2. Análisis y tratamiento de información de precipitación**

Para el análisis y tratamiento de la información pluviométrica en el área de estudio se ha identificado la **Estación SENAMHI Puno**, las misma que cuenta con registro en periodos variables entre los años 1964 – 2011, todas de propiedad del SENAMHI.

Al carecer de información Hidrometeorológica se procedió a la inferencia, para la estimación de las precipitaciones y caudales de diseño, de forma areal tratando de estimar las precipitaciones en la zona en estudio.

### **a. Completación y extensión de la información pluviométrica**

Cuando se obtuvo las series consistentes de la información pluviométrica, se procedió a efectuar la completación y extensión de la misma a través de correlación múltiple entre las estaciones consistentes y para cada periodo, para este proceso se utilizó el programa HEC-4.

Utilizando datos de precipitaciones máximas de 24 horas mensuales de estaciones hidrológicamente relacionadas, se efectuó el cálculo de regresión múltiple con la finalidad de determinar las relaciones funcionales de tal forma que permitan formular las expresiones de extensión o complementación.

Entre una de las varias aplicaciones, el modelo permite reconstituir los registros faltantes de una estación sobre la base de registros concurrentes observados en otras estaciones.

Para la estación con registro incompleto se realiza una búsqueda, mes a mes, de los registros de mayor longitud entre las estaciones utilizadas como contraste para encontrar luego aquellas que sirvan de base al cálculo de los registros incompletos, tomando en cuenta la correlación entre la estación base y aquella que se quiere extender o completar.

Cada registro individual se convierte después a una variable normalizada, usando para ello una distribución del tipo Log Pearson III. Para evitar que los valores calculados sean sobre estimados debido a una inconsistencia en los coeficientes de correlación, todos ellos son recalculados después de cada estimación de datos faltantes. (Ver Tabla 3).

*Tabla 3. Precipitación Máxima Diaria Histórica desde los años 1964 al 2020 (mm)*

| Ítem | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul  | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1964 | 27.00 | 40.00 | 20.00 | 24.00 | 8.00  | 0.00  | 0.00 | 4.00  | 8.00  | 5.00  | 16.00 | 13.00 |
| 1965 | 23.00 | 34.00 | 7.00  | 6.00  | 1.00  | 0.00  | 1.00 | 4.00  | 21.00 | 5.00  | 22.00 | 33.00 |
| 1966 | 13.00 | 20.00 | 49.00 | 8.00  | 16.00 | 0.00  | 1.00 | 0.00  | 0.00  | 11.00 | 17.00 | 7.00  |
| 1967 | 29.00 | 13.00 | 34.00 | 5.00  | 8.00  | 0.00  | 5.00 | 21.00 | 22.00 | 13.00 | 3.00  | 21.00 |
| 1968 | 28.00 | 13.00 | 19.00 | 14.00 | 6.00  | 9.00  | 4.00 | 2.00  | 12.00 | 28.00 | 14.00 | 15.00 |
| 1969 | 16.00 | 27.00 | 14.00 | 6.00  | 0.00  | 0.00  | 2.00 | 1.00  | 2.00  | 18.00 | 30.00 | 22.00 |
| 1970 | 24.00 | 10.00 | 30.00 | 7.00  | 4.00  | 0.00  | 0.00 | 1.00  | 4.00  | 8.00  | 9.00  | 13.00 |
| 1971 | 30.00 | 45.00 | 7.00  | 6.00  | 0.00  | 1.00  | 0.00 | 8.00  | 1.00  | 7.00  | 40.00 | 24.00 |
| 1972 | 25.00 | 37.00 | 36.00 | 15.00 | 0.00  | 6.00  | 0.00 | 0.00  | 14.00 | 9.00  | 26.00 | 29.00 |
| 1973 | 30.00 | 24.00 | 41.00 | 22.00 | 8.00  | 0.00  | 1.00 | 5.00  | 10.00 | 6.00  | 8.00  | 20.00 |
| 1974 | 40.00 | 39.00 | 16.00 | 11.00 | 0.00  | 3.00  | 0.00 | 10.00 | 9.00  | 5.00  | 16.00 | 11.00 |
| 1975 | 24.00 | 29.00 | 26.00 | 14.00 | 17.00 | 1.00  | 0.00 | 6.00  | 15.00 | 13.00 | 9.00  | 34.00 |
| 1976 | 27.00 | 30.00 | 33.00 | 15.00 | 5.00  | 0.00  | 1.00 | 5.00  | 11.00 | 9.00  | 5.00  | 31.00 |
| 1977 | 12.00 | 37.00 | 32.00 | 2.00  | 9.00  | 0.00  | 2.00 | 0.00  | 28.00 | 15.00 | 12.00 | 31.00 |
| 1978 | 35.00 | 30.00 | 26.00 | 7.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00 | 0.00  | 10.00 | 22.00 | 18.00 | 25.00 |
| 1979 | 26.00 | 8.00  | 17.00 | 14.00 | 1.00  | 0.00  | 1.00 | 1.00  | 7.00  | 12.00 | 10.00 | 11.00 |
| 1980 | 18.00 | 15.00 | 25.00 | 13.00 | 1.00  | 0.00  | 2.00 | 9.00  | 16.00 | 17.00 | 12.00 | 13.00 |
| 1981 | 21.00 | 28.00 | 19.00 | 21.00 | 5.00  | 0.00  | 0.00 | 21.00 | 6.00  | 6.00  | 22.00 | 22.00 |
| 1982 | 52.00 | 22.00 | 20.00 | 20.00 | 3.00  | 4.00  | 2.00 | 0.00  | 16.00 | 23.00 | 19.00 | 7.00  |
| 1983 | 7.00  | 17.00 | 19.00 | 14.00 | 9.00  | 2.00  | 1.00 | 3.00  | 20.00 | 11.00 | 22.00 | 39.00 |
| 1984 | 31.00 | 39.00 | 25.00 | 12.00 | 8.00  | 4.00  | 4.00 | 16.00 | 0.00  | 72.00 | 17.00 | 27.00 |
| 1985 | 49.00 | 30.00 | 17.00 | 13.00 | 11.00 | 12.00 | 0.00 | 7.00  | 21.00 | 15.00 | 14.00 | 23.00 |
| 1986 | 21.00 | 39.00 | 27.00 | 14.00 | 0.00  | 0.00  | 5.00 | 3.00  | 11.00 | 2.00  | 4.00  | 16.00 |
| 1987 | 56.00 | 18.00 | 19.00 | 22.00 | 1.00  | 2.00  | 5.00 | 0.00  | 3.00  | 11.00 | 25.00 | 15.00 |
| 1988 | 31.00 | 20.00 | 22.00 | 24.00 | 14.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00  | 8.00  | 18.00 | 31.00 | 20.00 |
| 1989 | 24.00 | 13.00 | 21.00 | 24.00 | 0.00  | 0.00  | 2.00 | 12.00 | 9.00  | 6.00  | 8.00  | 11.00 |
| 1990 | 24.00 | 6.00  | 16.00 | 13.00 | 6.00  | 20.00 | 0.00 | 6.00  | 7.00  | 21.00 | 14.00 | 13.00 |

| 1991 | 15.00 | 18.00 | 22.00 | 13.00 | 5.00  | 24.00 | 0.00  | 2.00  | 0.00  | 6.00  | 15.00 | 14.00 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ítem | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
| 1992 | 9.00  | 17.00 | 10.00 | 24.00 | 0.00  | 0.00  | 2.00  | 36.00 | 0.00  | 7.00  | 9.00  | 12.00 |
| 1993 | 24.00 | 46.00 | 25.00 | 16.00 | 6.00  | 1.00  | 0.00  | 18.00 | 8.00  | 14.00 | 26.00 | 27.00 |
| 1994 | 26.00 | 27.00 | 24.00 | 16.00 | 30.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 10.00 | 18.00 | 15.00 | 9.00  |
| 1995 | 19.00 | 29.00 | 16.00 | 2.00  | 4.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00  | 10.00 | 9.00  | 10.00 | 25.00 |
| 1996 | 37.00 | 19.00 | 17.00 | 20.00 | 0.00  | 0.00  | 3.00  | 4.00  | 1.00  | 9.00  | 19.00 | 15.00 |
| 1997 | 29.00 | 32.00 | 23.00 | 19.00 | 1.00  | 0.00  | 0.00  | 12.00 | 29.00 | 20.00 | 11.00 | 10.00 |
| 1998 | 43.00 | 26.00 | 24.00 | 7.00  | 0.00  | 5.00  | 0.00  | 4.00  | 5.00  | 15.00 | 12.00 | 21.00 |
| 1999 | 36.00 | 27.00 | 36.00 | 33.00 | 8.00  | 0.00  | 1.00  | 1.00  | 6.00  | 38.00 | 11.00 | 11.00 |
| 2000 | 19.00 | 32.00 | 14.00 | 22.00 | 0.00  | 1.00  | 3.00  | 8.00  | 6.00  | 31.00 | 7.00  | 15.00 |
| 2001 | 26.00 | 38.00 | 39.00 | 17.00 | 8.00  | 2.00  | 0.00  | 7.00  | 8.00  | 14.00 | 23.00 | 23.00 |
| 2002 | 36.00 | 34.00 | 23.00 | 19.00 | 12.00 | 10.00 | 13.00 | 18.00 | 4.00  | 18.00 | 11.00 | 29.00 |
| 2003 | 36.00 | 23.00 | 12.00 | 28.00 | 13.00 | 5.00  | 0.00  | 4.00  | 25.00 | 11.00 | 6.00  | 26.00 |
| 2004 | 28.00 | 25.00 | 30.00 | 8.00  | 5.00  | 0.00  | 4.00  | 26.00 | 12.00 | 2.00  | 11.00 | 16.00 |
| 2005 | 30.00 | 22.00 | 27.00 | 17.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00  | 18.00 | 24.00 | 18.00 |
| 2006 | 41.00 | 12.00 | 29.00 | 13.00 | 1.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 11.00 | 9.00  | 16.00 | 28.00 |
| 2007 | 24.00 | 39.00 | 67.00 | 16.00 | 7.00  | 0.00  | 3.00  | 2.00  | 13.00 | 40.00 | 12.00 | 12.00 |
| 2008 | 38.00 | 18.00 | 27.00 | 3.00  | 6.00  | 1.00  | 0.00  | 1.00  | 1.00  | 35.00 | 9.00  | 17.00 |
| 2009 | 31.00 | 16.00 | 40.00 | 15.00 | 0.00  | 0.00  | 2.00  | 0.00  | 5.00  | 18.00 | 24.00 | 10.00 |
| 2010 | 24.00 | 78.00 | 12.00 | 7.00  | 11.00 | 0.00  | 0.00  | 7.00  | 1.00  | 9.00  | 5.00  | 21.00 |
| 2011 | 25.00 | 28.00 | 15.00 | 13.00 | 3.00  | 0.00  | 5.00  | 4.00  | 5.00  | 9.00  | 20.00 | 15.00 |
| 2012 | 23.00 | 22.00 | 20.00 | 18.00 | 4.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 5.00  | 12.00 | 12.00 | 20.00 |
| 2013 | 27.00 | 37.00 | 26.00 | 18.00 | 2.00  | 0.00  | 0.00  | 2.00  | 3.00  | 11.00 | 17.00 | 16.00 |
| 2014 | 33.00 | 27.00 | 22.00 | 18.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 15.00 | 18.00 | 11.00 | 15.00 |
| 2015 | 34.00 | 23.00 | 22.00 | 16.00 | 2.00  | 0.00  | 2.00  | 1.00  | 5.00  | 15.00 | 21.00 | 19.00 |
| 2016 | 36.00 | 29.00 | 23.00 | 13.00 | 5.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 4.00  | 18.00 | 19.00 | 29.00 |
| 2017 | 30.00 | 23.00 | 21.00 | 15.00 | 1.00  | 0.00  | 1.00  | 3.00  | 3.00  | 9.00  | 15.00 | 16.00 |
| 2018 | 25.00 | 23.00 | 25.00 | 14.00 | 4.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 9.00  | 10.00 | 17.00 | 30.00 |
| 2019 | 37.00 | 28.00 | 19.00 | 16.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 9.00  | 3.00  | 6.00  | 14.00 | 19.00 |
| 2020 | 25.00 | 21.00 | 30.00 | 14.00 | 2.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00  | 14.00 | 21.00 | 17.00 | 18.00 |

Fuente: Estación SENAMHI Puno desde los años 1964 al 2011, programa HEC-4 desde los años 2012 al 2020

## **b. Análisis de Consistencia de Información Pluviométrica**

- **Análisis Visual**

Se realizó el análisis gráfico de los histogramas de precipitación máxima de 24 horas mensual y anual de cada una de las estaciones

pluviométricas identificadas, no encontrándose ningún salto representativo en los registros históricos de la estación de Puno.

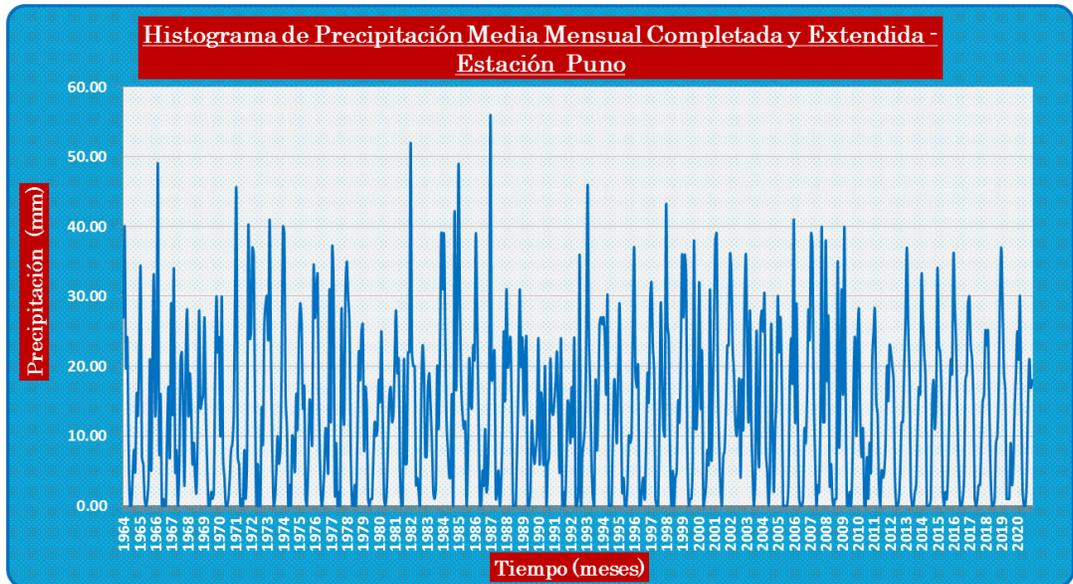


Gráfico 1. Serie de precipitaciones máximas de 24 horas mensuales de la Estación Puno

Fuente: Programa Hyfran

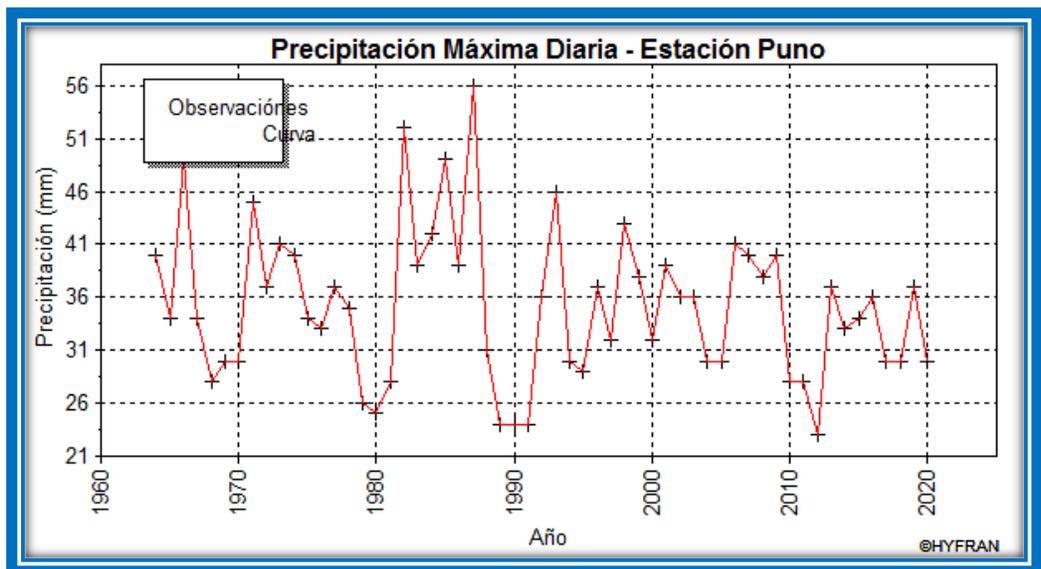


Gráfico 2. Serie de precipitaciones máximas de 24 horas anuales de la Estación Puno

Fuente: Programa Hyfran

- **Prueba de Estacionalidad (Kendall)**

Se realizó el análisis gráfico de los histogramas de precipitación máxima de 24 horas mensual y anual de cada una de las estaciones.

Los cálculos de tendencias se realizaron con herramientas de libre distribución; el Software Hyfran, se empleó para calcular las tendencias multianuales utilizando las librerías Kendall.

*Tabla 4. Prueba de estacionalidad de datos*

---

| <b>Prueba de estacionalidad (Kendall)</b>      |           |   |
|--|-----------|---|
| <b>Hipótesis</b>                               |           |   |
|  | Hipótesis |   |
|  | H0        | No hay tendencia en las observaciones.  |
|  | H1        | Hay una tendencia en las observaciones. |
| Valor de la estadística                        |           | $ K  = 1.198$                           |
| valor-p  |           | $p = 0.2310$                            |
| <b>Conclusión</b>                              |           |   |
| Aceptamos H0. a un nivel de significado de 5%. |           |   |

---

Fuente. Programa Hyfran

### 4.3. Precipitación máxima probable de diseño

Se presenta el ajuste de la serie de precipitaciones máximas en 24 horas, por el modelo de Gumbel.

Se ha elegido el modelo de Gumbel para el análisis de frecuencia por su gran confiabilidad en eventos extremos y que ha dado buenos resultados.

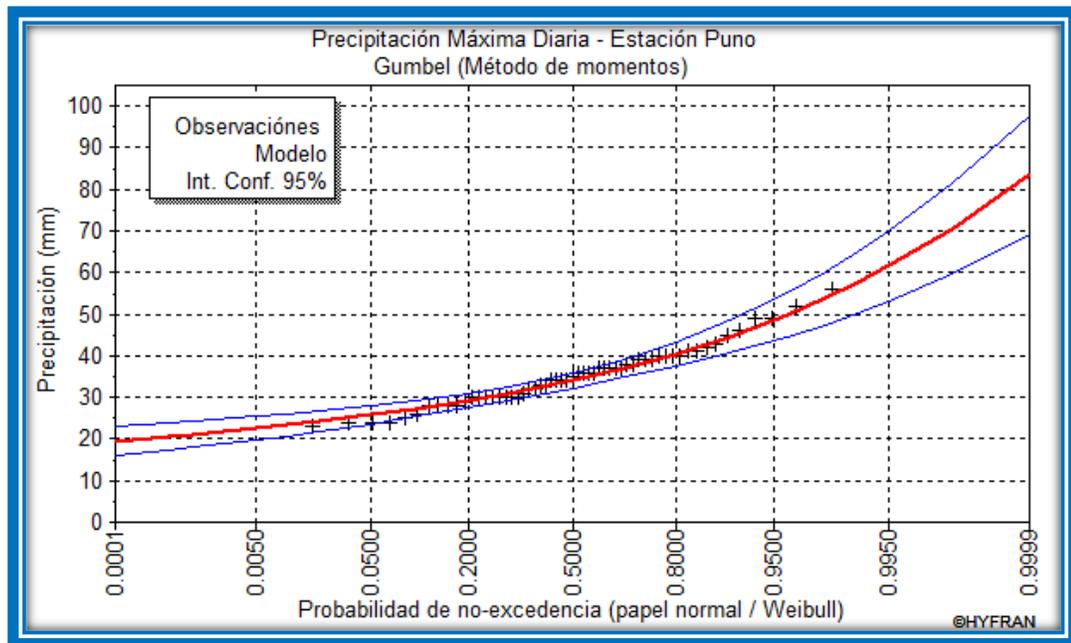


Figura 17. Distribución de precipitaciones máximas por el Método de Gumbel

Fuente: Programa Hyfran

Se realizó la verificación estadística de las distribuciones, mediante el método de Chi cuadrado, con el fin de determinar el ajuste para interpolar las precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno.

Los resultados se muestran en la Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5. Precipitación de Diseño para Diferentes Periodos de Retorno – Gumbel

| <b>Método de Gumbel</b> |   |
|-------------------------|---|
| <b>T<br/>(años)</b>     | <b>Precipitación Máxima Diaria<br/>(mm)</b> |
| 100                     | 57.68                                       |
| 50                      | 53.77                                       |
| <b>25</b>               | <b>49.84</b>                                |
| <b>20</b>               | <b>48.56</b>                                |
| <b>10</b>               | <b>44.53</b>                                |
| 5                       | 40.34                                       |

Fuente: Elaboración propia, muestra los valores obtenidos de la Precipitación Máxima Diaria, de los años 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años, para la propuesta se tomará en cuenta 10, 20 y 25 años.

Tabla 6. Prueba de Adecuación de Chi Cuadrado - Gumbel

| <b>Prueba de adecuación - Chi Cuadrado</b>             |                 |
|--|-----------------|
| <b>Gumbel (Método de Momentos)</b>                     |                 |
| <b>Hipótesis</b>                                       |                 |
| H0 : La muestra proviene de una distribución Gumbel    |                 |
| H1 : La muestra no proviene de una distribución Gumbel |                 |
| <b>Resultados</b>                                      |                 |
| Resultado de la estadística :                          | $\chi^2 = 9.14$ |
| valor-p  | p = 0.2427      |
| Grados de libertad :                                   | 7               |

Fuente: Elaboración Propia

**a. Precipitación Máxima de Diseño de la Microcuenca Paxa Azoguine**

En la Tabla 7 se visualizan los resúmenes de las predicciones de histograma de precipitaciones para una duración de 16 minutos para diferentes periodos de retorno por estación en análisis y sus respectivos gráficos.

Tabla 7. *Hietograma de Precipitación para una Duración – Paxa Azoguine*

| Período Retorno<br>(años) | Precipitación Máxima<br>de 24 horas<br>(mm) | Estación SENAMHI Puno – código N° 100110 |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|
|                           |   | 2  | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   |
|                           |   | (minutos)<br>PRECIPITACIÓN<br>(mm)       |      |      |      |      |      |      |      |
| 25                        | 49.84                                       | 0.53                                     | 0.67 | 0.95 | 1.82 | 9.62 | 1.22 | 0.78 | 0.59 |
| 20                        | 48.56                                       | 0.52                                     | 0.65 | 0.92 | 1.78 | 9.37 | 1.19 | 0.76 | 0.58 |
| 10                        | 44.53                                       | 0.48                                     | 0.60 | 0.85 | 1.62 | 8.60 | 1.09 | 0.69 | 0.53 |

Fuente: Elaboración Propia

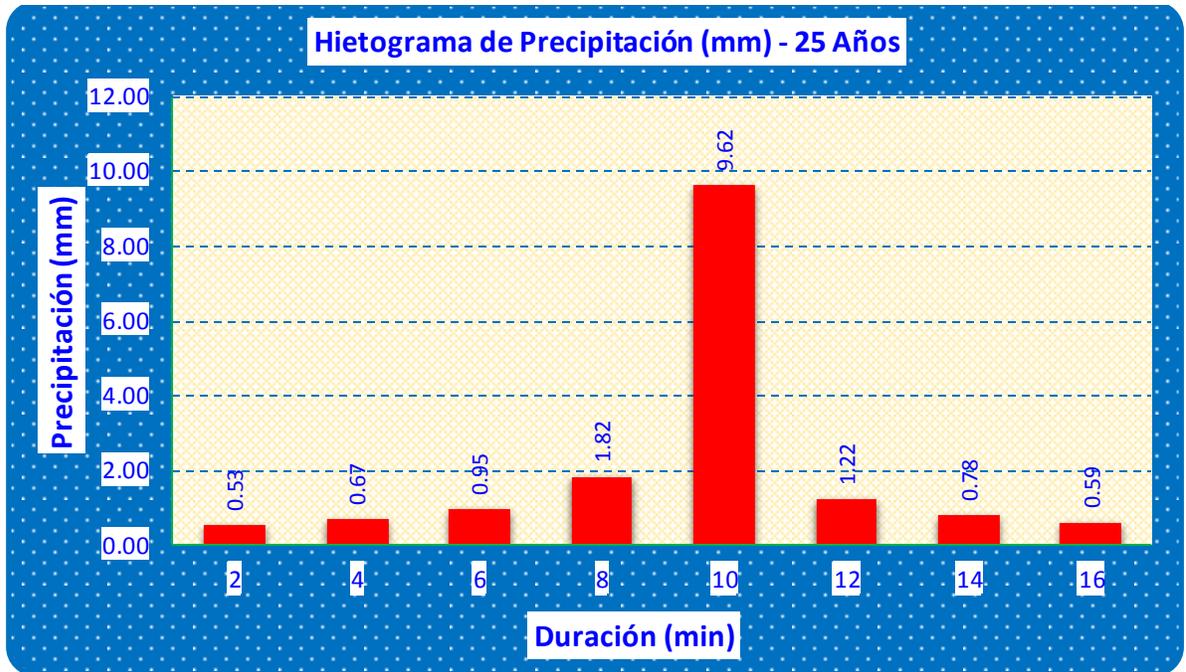


Gráfico 3. Hietograma de Tormenta de Diseño para Tr=25 años – Paxa Azogueine

Fuente: Elaboración propia

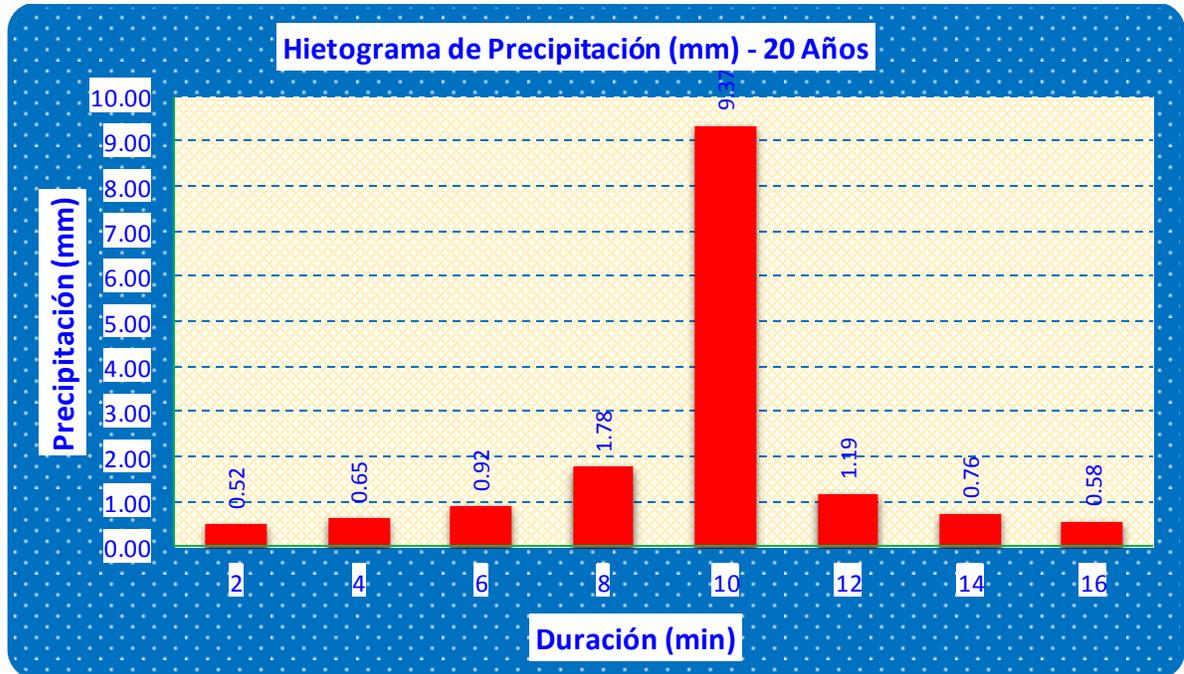


Gráfico 4. Hietograma de Tormenta de Diseño para Tr=20 años – Paxa Azogueine

Fuente: Elaboración propia

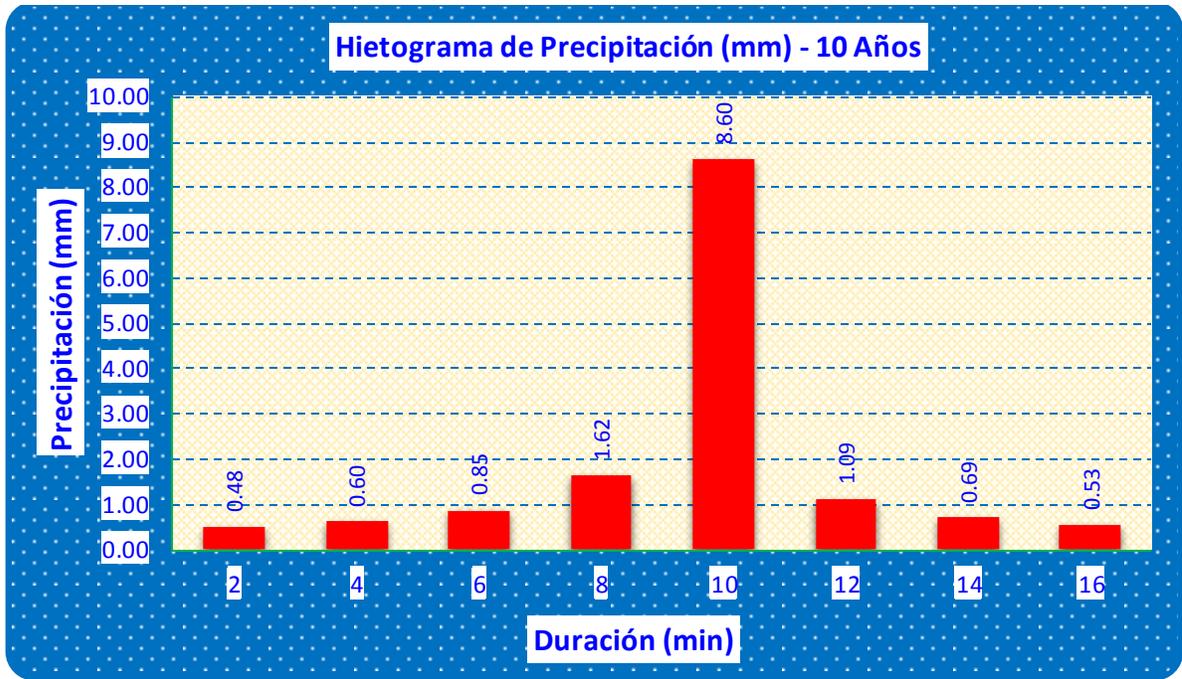


Gráfico 5. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $T_r=10$  años – Paxa Azogueine

Fuente: Elaboración propia

**b. Precipitación Máxima de Diseño de la Microcuenca Parque Pino**

En la tabla 8 se visualizan los resúmenes de las predicciones de histograma de precipitaciones para una duración de 12 minutos para diferentes periodos de retorno por estación en análisis y sus respectivos gráficos.

Tabla 8. *Hietograma de Precipitación para una Duración – Parque Pino*

| Período Retorno<br>(años) | Precipitación Máxima<br>de 24 horas<br>(mm) | Estación SENAMHI Puno – código N° 100110 |      |      |      |      |      |
|---------------------------|---|--|------|------|------|------|------|
|                           |   | 2  | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   |
|                           |   | (minutos)                                |      |      |      |      |      |
|                           |   | PRECIPITACIÓN<br>(mm)                    |      |      |      |      |      |
| 25                        | 49.84                                       | 0.67                                     | 0.95 | 1.82 | 9.62 | 1.22 | 0.78 |
| 20                        | 48.56                                       | 0.65                                     | 0.92 | 1.78 | 9.37 | 1.19 | 0.76 |
| 10                        | 44.53                                       | 0.60                                     | 0.85 | 1.62 | 8.60 | 1.09 | 0.69 |

Fuente: Elaboración Propia

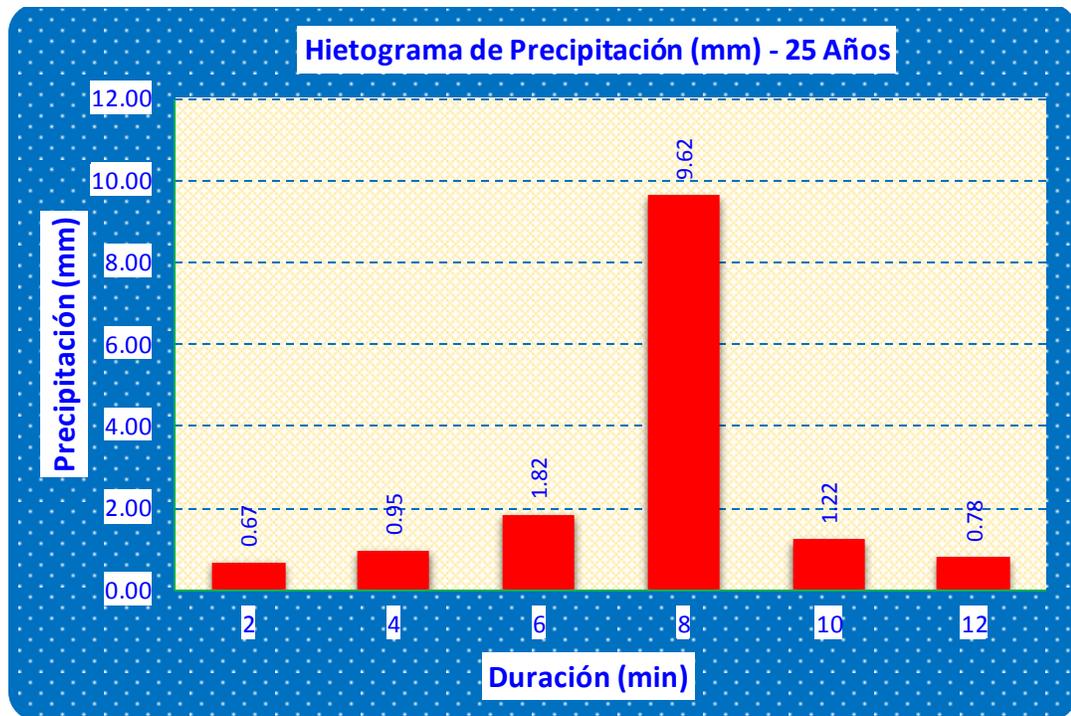


Gráfico 6. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $Tr=25$  años - Parque Pino

Fuente: Elaboración propia

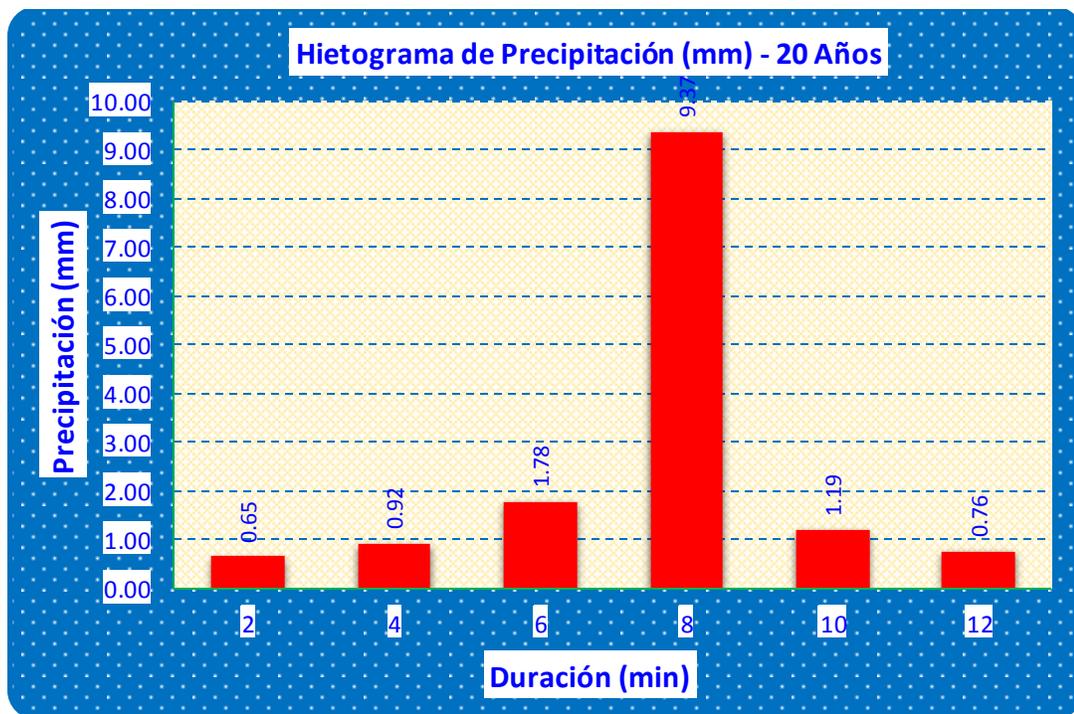


Gráfico 7. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $Tr=20$  años – Parque Pino

Fuente: Elaboración propia

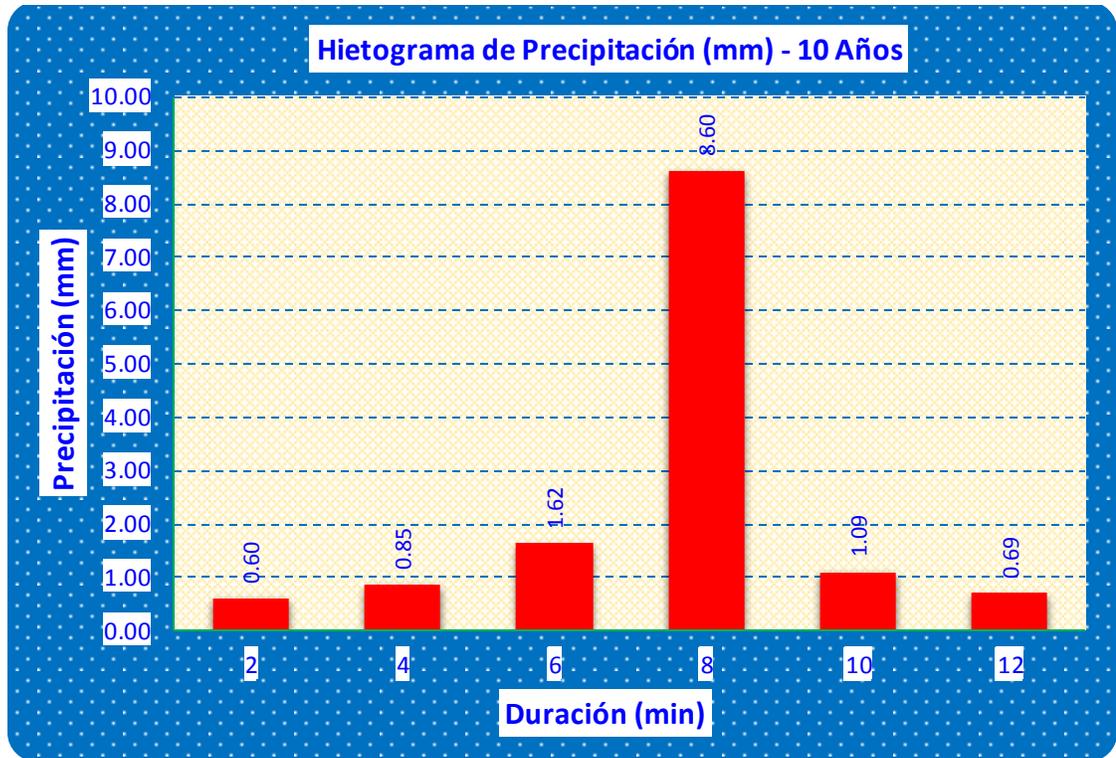


Gráfico 8. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $T_r=10$  años – Parque Pino

Fuente: Elaboración propia

**c. Precipitación Máxima de Diseño de la Microcuenca Plaza de Armas**

En la tabla 9 se visualizan los resúmenes de las predicciones de histograma de precipitaciones para una duración de 6 minutos para diferentes periodos de retorno por estación en análisis y sus respectivos gráficos.

Tabla 9. Hietograma de Precipitación para una Duración – Plaza de Armas

| Período Retorno<br>(años) | Precipitación Máxima<br>de 24 horas<br>(mm) | Estación SENAMHI Puno – código N° 100110 |      |                |      |      |      |
|---------------------------|---|--|------|----------------|------|------|------|
|                           |   | 1  | 2    | 3<br>(minutos) | 4    | 5    | 6    |
|                           |   | PRECIPITACIÓN<br>(mm)                    |      |                |      |      |      |
| 25                        | 49.84                                       | 0.56                                     | 0.79 | 1.53           | 8.09 | 1.03 | 0.66 |
| 20                        | 48.56                                       | 0.55                                     | 0.78 | 1.49           | 7.88 | 1.00 | 0.64 |
| 10                        | 44.53                                       | 0.50                                     | 0.71 | 1.37           | 7.23 | 0.91 | 0.59 |

Fuente: Elaboración Propia

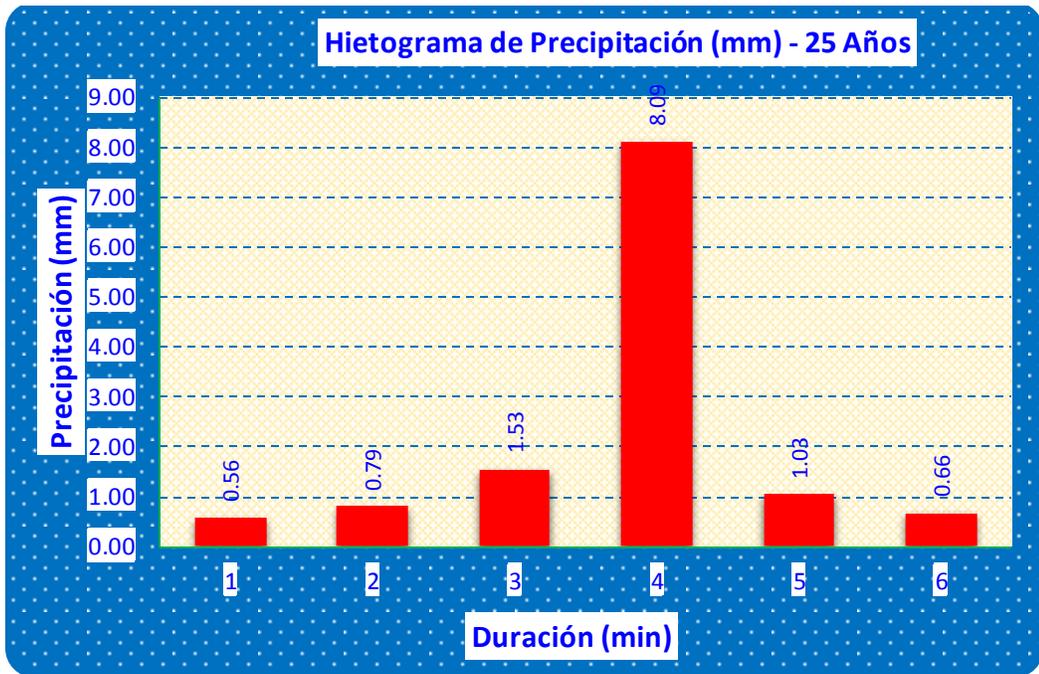


Gráfico 9. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $T_r=25$  años - Plaza de Armas

Fuente: Elaboración propia

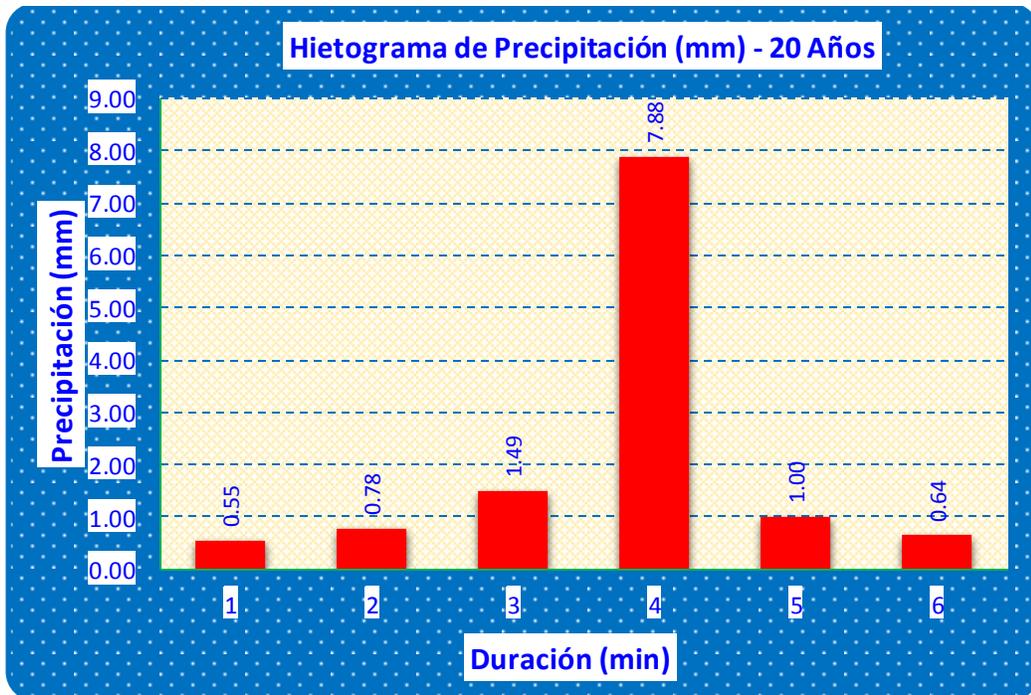


Gráfico 10. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $T_r=20$  años - Plaza de Armas

Fuente: Elaboración propia

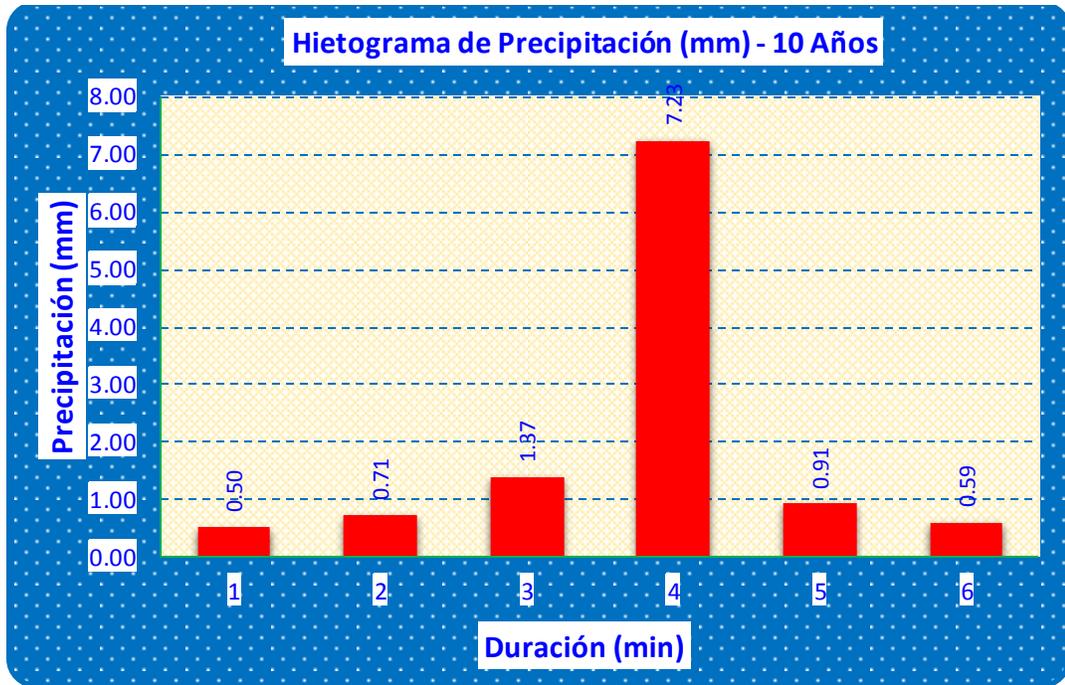


Gráfico 11. Hietograma de Tormenta de Diseño para  $T_r=10$  años - Plaza de Armas

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Estimación de caudal máximo de diseño (Precipitación – Escorrentía)

El modelamiento hidrológico, se realizó con el apoyo del Software HEC-HMS, el cual simula los procesos de precipitación – escurrimiento y procesos de tránsito de avenidas.

Los modelos utilizados fueron:

- Modelo de pérdida de agua: Modelo del número de curva (SCS Curve Number).
- Modelo de transformación: (Soil Conservation Service - SCS).

##### a. Cálculo del Número de Curva (CN)

Para determinar el número de curva se utilizó la caracterización hidrológica del área de estudio a través de las tablas propuestas por Temez (1978), es la característica hidrológica haciéndolo equivalente

a la forma de cultivar la tierra. Se divide en dos grupos: N, el cultivo sigue las curvas de nivel, y R, el cultivo sigue la línea de máxima pendiente, las características se mencionan a continuación:

- Grupo Hidrológico de Suelos

La variable necesaria para determinar el número de curva es el mapa de tipos de suelo. Este mapa debe estar clasificado en los cuatro grupos que establece el SCS:

*Tabla 10. Grupo Hidrológico de Suelos del SCS*

| <b>Grupo</b> | <b>Características</b>  |
|--------------|---|
| A            | En ellos el agua se infiltra rápidamente, aun cuando estén muy húmedos. Profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas), están excesivamente drenados.   |
| B            | Cuando están muy húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad de suelo es de media a profunda y su textura es franco-arenosa, franca, franco-arcillosa o franco-limosa. Están bien o moderadamente drenados.   |
| C            | Cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad de suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.   |
| D            | Cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y están pobremente o muy pobremente drenados. También se incluyen aquí los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos). |

Fuente: Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos

Esta capa de información se puede generar, básicamente, de dos formas: digitalizando el mapa de acuerdo a las unidades A, B, C y D, o, si ya se dispone de un mapa general de tipos de suelo en el SIG.

*Tabla 11. Condición de Humedad Antecedente*

| <b>Condición</b> | <b>Tipo de suelo</b>         | <b>Descripción</b>  |
|------------------|------------------------------|---|
| I                | Suelo seco                   | Los suelos están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento.   |
| II               | Suelo con capacidad de campo | Condición promedio. Normalmente es la condición que se considera en el diseño como precedente a las crecientes (suelo en capacidad de campo). |
| III              | Suelo con saturación         | Cuando ha llovido mucho el suelo está con muy baja infiltración inicial (sólo es posible la infiltración básica).                             |

Fuente: Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos

Tabla 12. Correcciones de CN en base a la Condición II

| CN para la<br>Condición II | CN correspondientes para las<br>condiciones |     |
|----------------------------|---|-----|
|                            | I   | III |
| 100                        | 100   | 100 |
| 95                         | 87  | 99  |
| 90                         | 78  | 98  |
| 85                         | 70  | 97  |
| 80                         | 63  | 94  |
| 75                         | 57  | 91  |
| 70                         | 51  | 87  |
| 65                         | 45  | 83  |
| 60                         | 40  | 79  |
| 55                         | 35  | 75  |
| 50                         | 31  | 70  |
| 45                         | 27  | 65  |
| 40                         | 23  | 60  |
| 35                         | 19  | 55  |
| 30                         | 15  | 50  |
| 25                         | 12  | 45  |
| 20                         | 9   | 39  |
| 15                         | 7   | 33  |
| 10                         | 4   | 26  |
| 5                          | 2   | 17  |
| 0                          | 0   | 0   |

Fuente: Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos

- Mapa de Uso de Suelos

La fuente de información de esta variable sigue siendo el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del área.

Dada la escasa información sobre esta cobertura, se cuenta con una cobertura de ecología y con la ayuda de fotos satelitales proporcionadas por el Google Earth, se generará un mapa de uso de suelo con la ayuda de una tabla de equivalencia entre los usos del suelo que aparecen en la leyenda de dicho mapa y los usos del suelo propuestos por el SCS para determinar el número de curva.

Para introducir la información final en el SIG, al igual que con los tipos de suelo, o bien se digitaliza directamente el mapa con los usos del suelo del SCS, o bien se reclasifica el mapa de Cultivos y Aprovechamientos ya introducido en el SIG.

| Uso del Suelo y Cubierta                | Tratamiento ó Método | Condición para la Infiltración | Grupo Hidrológico del Suelo |    |    |    |
|---|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|----|----|----|
|   |                      |                                | A                           | B  | C  | D  |
| Barbecho                                | SR                   |                                | 77                          | 86 | 91 | 94 |
| Cultivos en hileras                     | SR                   | Mala                           | 72                          | 81 | 88 | 91 |
|   | SR                   | Buena                          | 67                          | 78 | 85 | 89 |
|   | C                    | Mala                           | 70                          | 79 | 84 | 88 |
|   | C                    | Buena                          | 65                          | 75 | 82 | 86 |
|   | CyT                  | Mala                           | 66                          | 74 | 80 | 88 |
|   | CyT                  | Buena                          | 62                          | 71 | 78 | 88 |
| Granos pequeños                         | SR                   | Mala                           | 65                          | 76 | 84 | 88 |
|   | SR                   | Buena                          | 63                          | 75 | 83 | 87 |
|   | C                    | Mala                           | 63                          | 74 | 82 | 85 |
|   | C                    | Buena                          | 61                          | 73 | 81 | 84 |
|   | CyT                  | Mala                           | 61                          | 72 | 79 | 82 |
|   | CyT                  | Buena                          | 59                          | 70 | 78 | 81 |
| Legumbres tupidas o rotación de pradera | SR                   | Mala                           | 66                          | 77 | 85 | 89 |
|   | SR                   | Buena                          | 58                          | 72 | 81 | 85 |
|   | C                    | Mala                           | 64                          | 75 | 83 | 85 |
|   | C                    | Buena                          | 55                          | 69 | 78 | 83 |
|   | CyT                  | Mala                           | 63                          | 73 | 80 | 83 |
|   | CyT                  | Buena                          | 51                          | 67 | 76 | 80 |
| Pradera o pastizal                      |                      | Mala                           | 68                          | 79 | 86 | 89 |
|   |                      | Regular                        | 49                          | 69 | 79 | 84 |
|   | C                    | Mala                           | 47                          | 67 | 81 | 88 |
|   | C                    | Buena                          | 10                          | 35 | 70 | 79 |
|   | C                    | Regular                        | 25                          | 59 | 75 | 83 |
| Pradera (permanente)                    |                      |                                | 30                          | 58 | 71 | 70 |
| Bosques (lotes de bosques)              |                      | Mala                           | 45                          | 66 | 77 | 83 |
|   |                      | Regular                        | 36                          | 60 | 73 | 79 |
|   |                      | Buena                          | 25                          | 55 | 70 | 77 |
| Cascos de estancias                     |                      |                                | 59                          | 74 | 82 | 86 |
| Caminos (revestidos)                    |                      |                                | 72                          | 82 | 87 | 89 |
| (Con pavimentos duros)                  |                      |                                | 74                          | 84 | 90 | 92 |

SR son hileras rectas.  
C son líneas de nivel.

T son terrazas.  
CyT son terrazas a nivel.

| Áreas urbanas                         |       |       |       |    |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|----|
| Baja densidad (15 al 18% de la sup.)  | 69-71 | 75-78 | 82-84 | 86 |
| Media densidad (21 al 27% de la sup.) | 71-73 | 77-80 | 84-86 | 88 |
| Alta densidad (50 al 75% de la sup.)  | 73-75 | 79-82 | 86-88 | 90 |

Figura 18. Número Curva según la clasificación para el tipo II.

Fuente: Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos

## **b. Modelamiento Hidrológico**

Se utilizó el modelo HEC-HMS para simular el proceso de lluvia - escurrimiento.

### **Modelamiento con HEC-HMS**

- **Modelo de cuenca:** Se verifica el modelo de cuenca generado por el HEC-HMS, teniendo en cuenta que cada uno de los valores generados tengan relación con la cuenca estudiada.
- **Modelo Meteorológico:** Se define un modelo mediante hietograma para cada micro cuenca los cuales ya fueron procesados.
- **Series de Tiempo:** En este apartado se procede a alimentar de información de cada uno de los hietogramas.

De la combinación de un modelo de cuenca, modelos meteorológicos y especificaciones de control, definen las respectivas corridas o (runs), que el software HEC-HMS nos ofrece. Es habitual que las modelizaciones hidrológicas utilicen un modelo de cuenca que consta de un número variable de las microcuencas.

La figura siguiente muestra el esquema general del modelo de subdivisión de las micro cuencas del Centro Histórico de la ciudad de Puno en ArcGIS. En base a este y para facilitar el proceso de modelación se realizó el esquema del modelo hidrológico, en base al cual se trabajó en el entorno del programa HEC-HMS. Ver **Figura 19**.

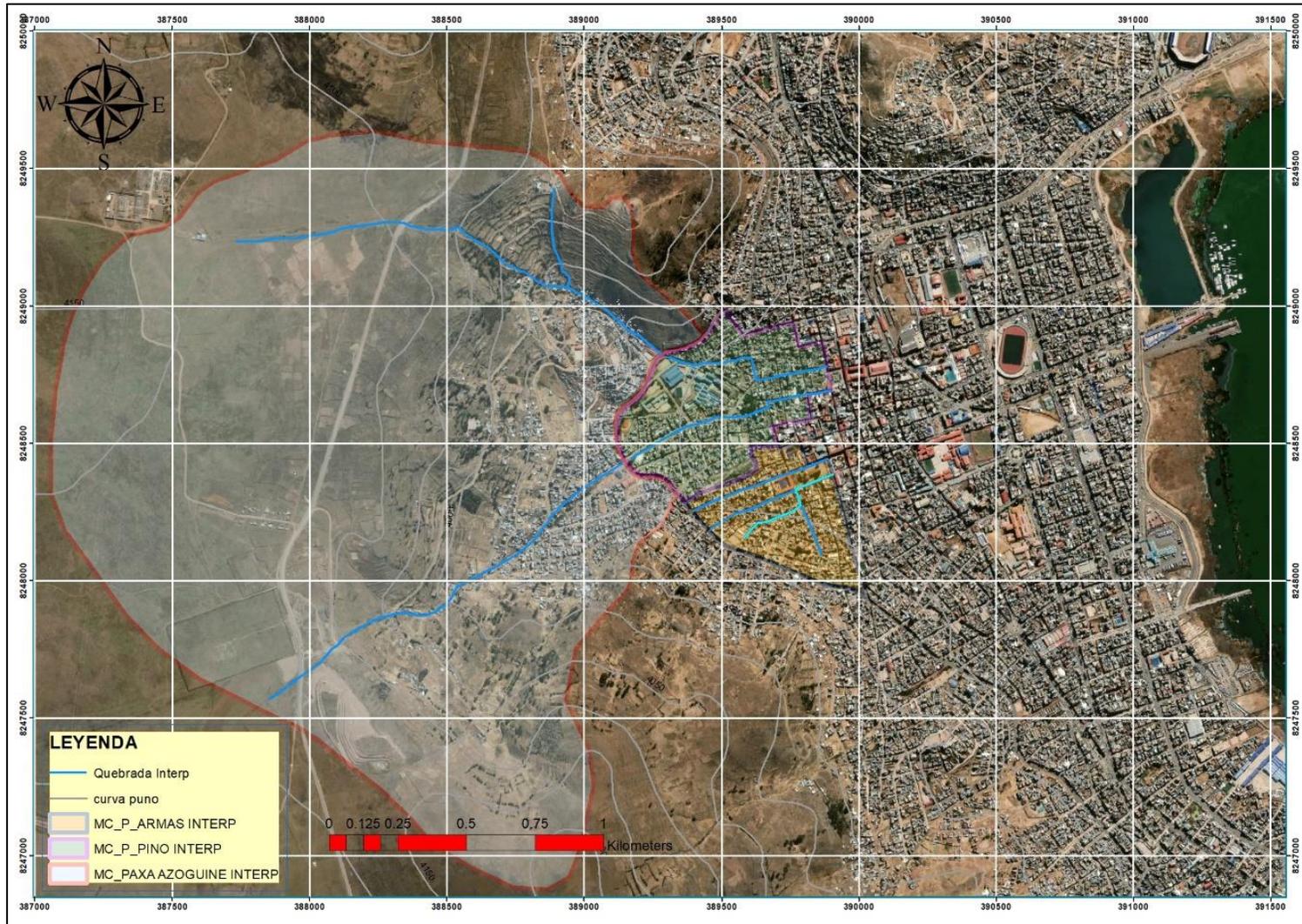


Figura 19. Discretización de las 3 microcuencas para la simulación con HEC HMS

Fuente: Elaboración propia

### c. Escenario de Simulación Hidrológica

Para la generación de caudales de diseño, producto de las tormentas de diseño para diferentes periodos de retorno, se definieron diferentes escenarios, los cuales se describen a continuación:

Por tal razón en este escenario se realiza una generación de caudales de diseño para diferentes periodos de retorno, tomando en cuenta las siguientes consideraciones para la simulación:

- Se usarán los DEM's generados.
- Se usarán las tormentas de diseño generadas.
- Se usará el mapa de número curva generado.
- Se definieron puntos de interés.

Ver **Figura 20, 21 y 22**.

### d. Caudal Máximo Generado

Considerando todas las premisas descritas en el anterior, se procede a la simulación hidrológica en situación actual, para la tormenta de diseño, para diferentes periodos de retorno como son de 10, 20 y 25 años, por consiguiente, los resultados para TR=10 años se tiene lo siguiente (Ver **Gráfico 12, 13 y 14**):

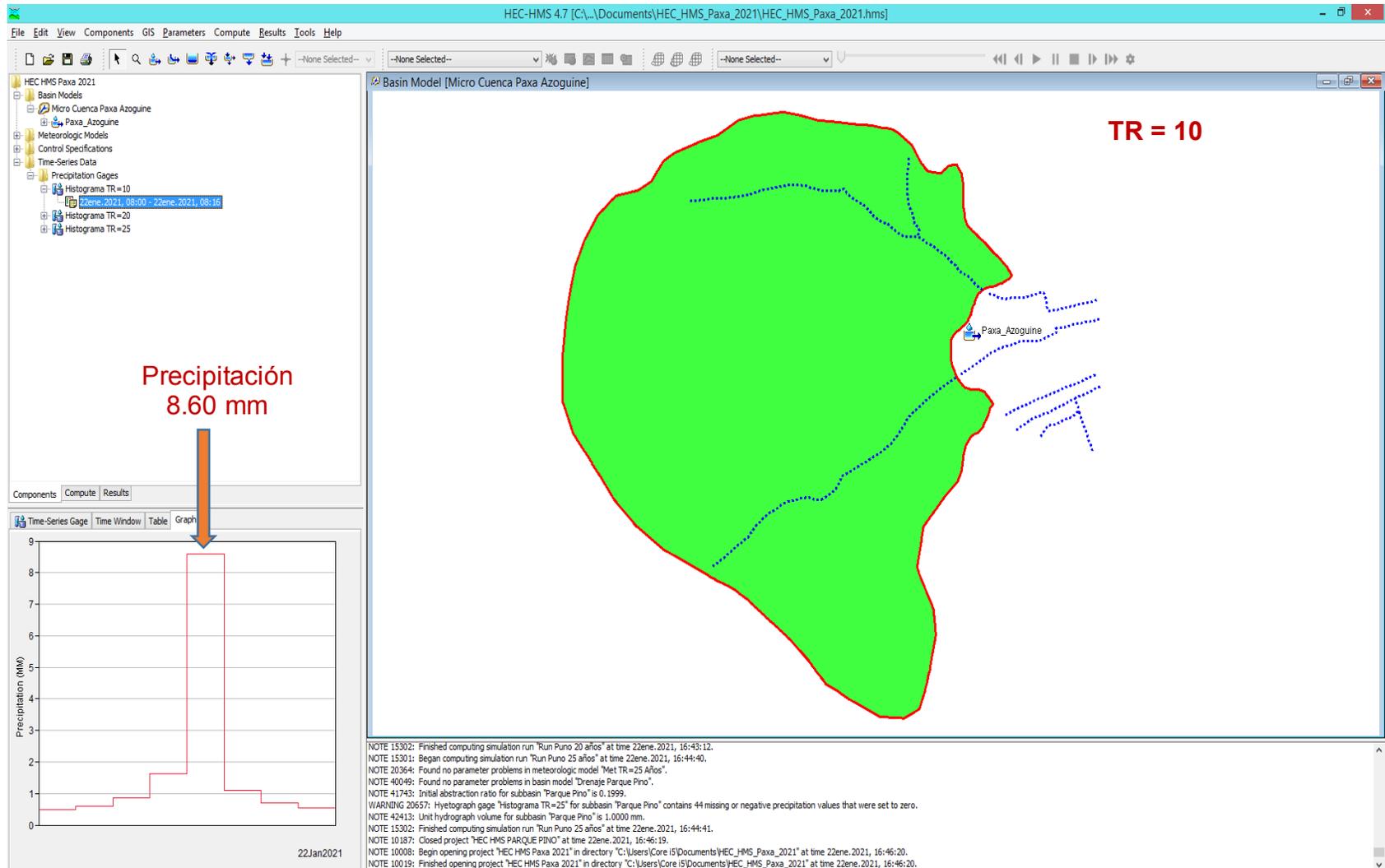


Figura 20. Esquema de Simulación de la Micro Cuenca Paxa Azoguine

Fuente: Elaboración propia

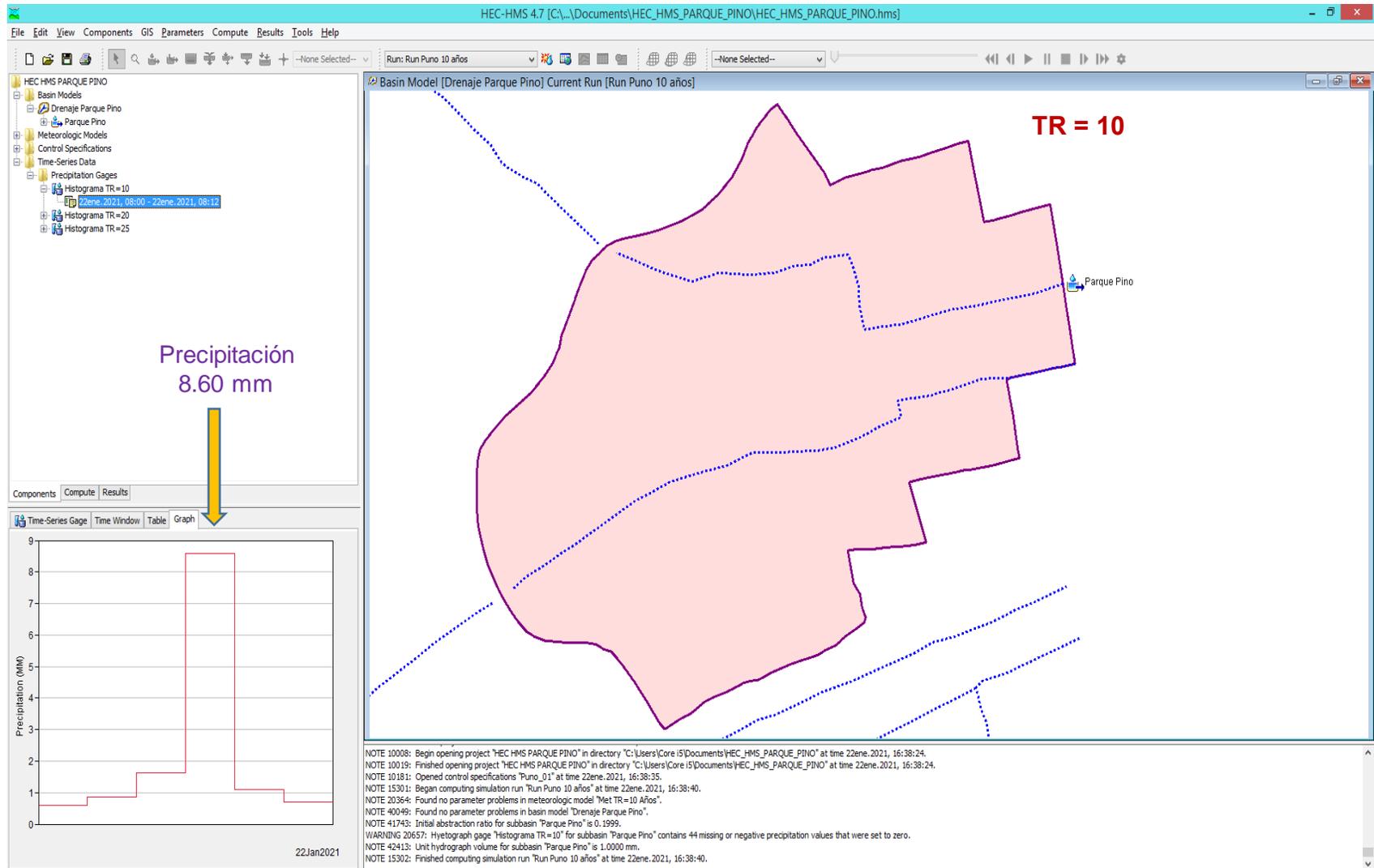


Figura 21. Esquema de Simulación de la Micro Cuenca Parque Pino

Fuente: Elaboración propia

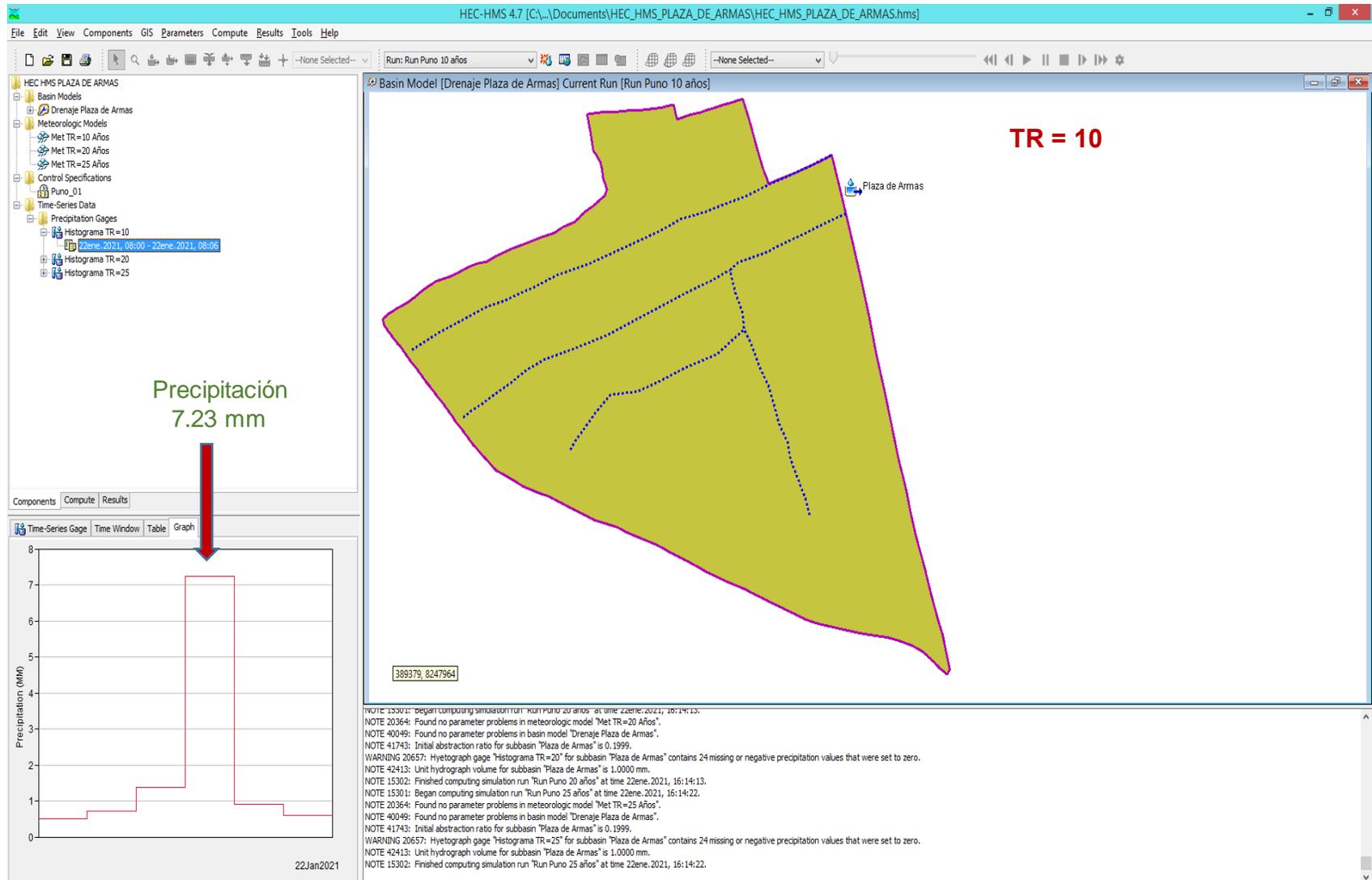


Figura 22. Esquema de Simulación de la Micro Cuenca Plaza de Armas

Fuente: Elaboración propia

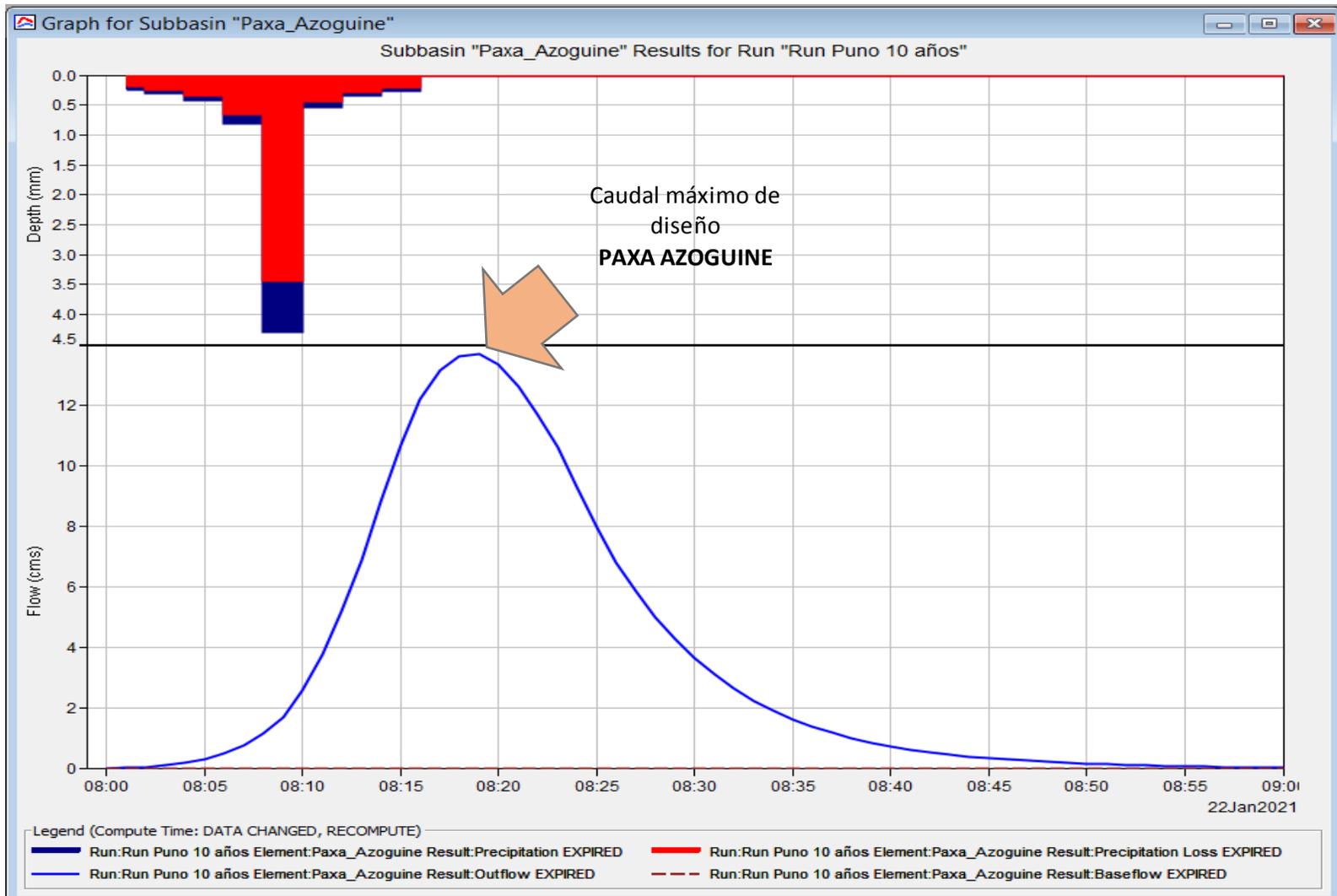


Gráfico 12. Hidrograma de caudal máximo para TR=10 Años – Paxa – Azoguine

Fuente: Elaboración propia, el gráfico presenta la curva y su punto máximo es el caudal máximo 13.7 m<sup>3</sup>/s

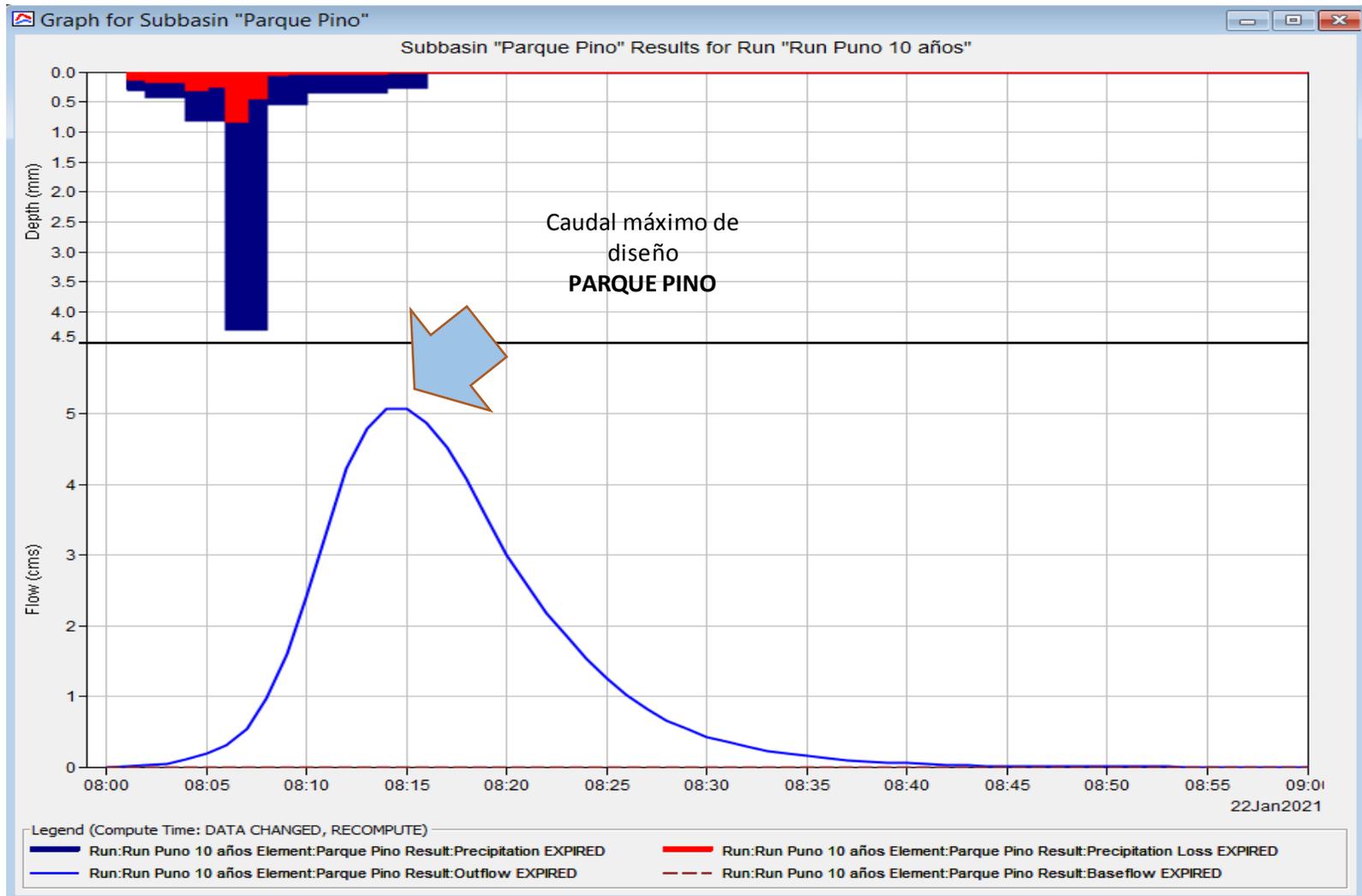


Gráfico 13. Hidrograma de caudal máximo para TR=10 Años – Parque Pino

Fuente: Elaboración propia, el gráfico presenta la curva y su punto máximo es el caudal máximo  $5.1 \text{ m}^3/\text{s}$ , dicho caudal se toma en cuenta para el diseño de obras de drenaje.

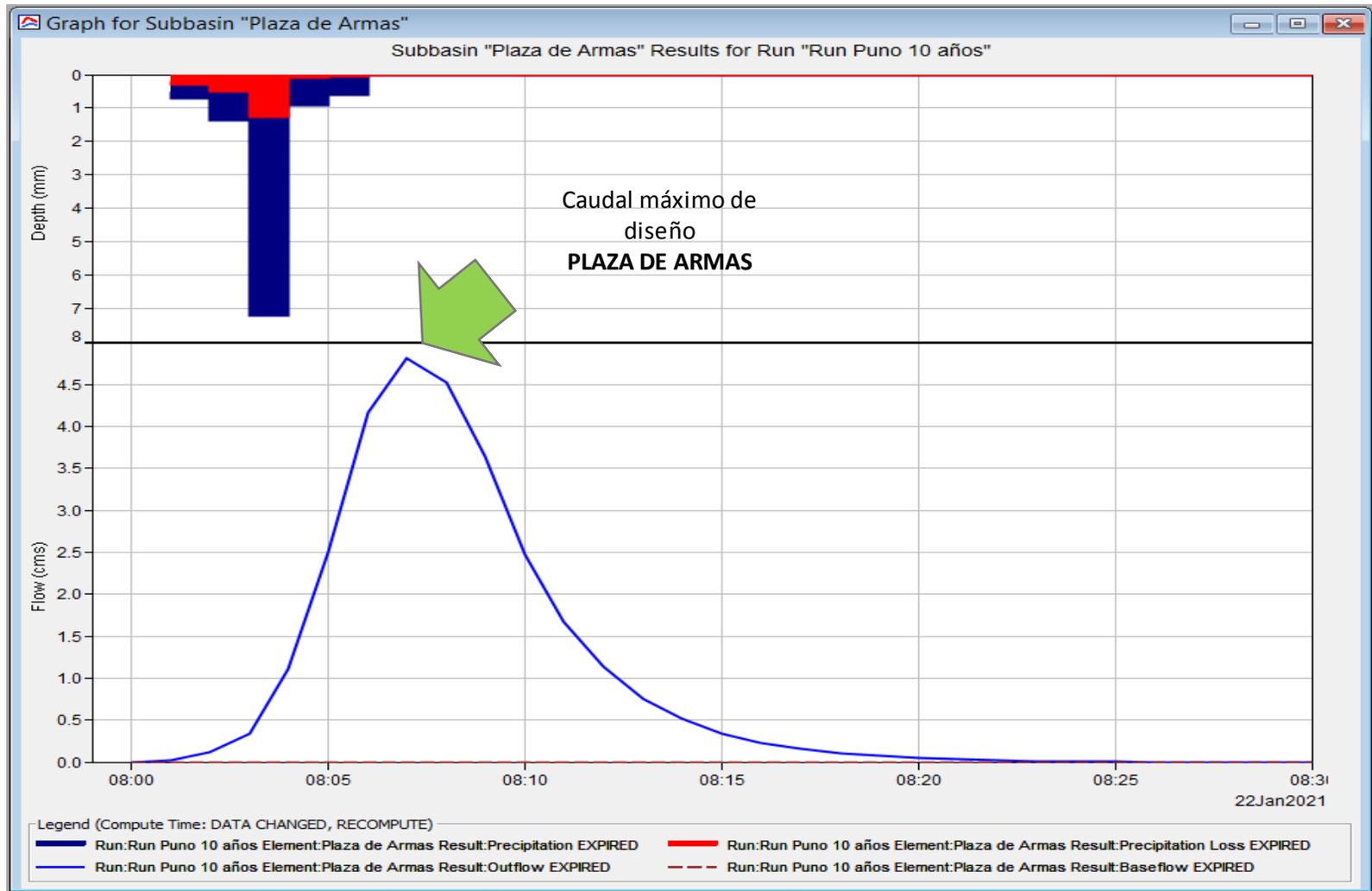


Gráfico 14. Hidrograma de caudal máximo para TR=10 Años – Plaza de Armas

Fuente: Elaboración propia, el gráfico presenta la curva y su punto máximo es el caudal máximo  $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , dicho caudal se toma en cuenta para el diseño de obras de drenaje.

En la tabla 13, se muestra el resumen de los caudales obtenidos para un periodo de retorno de 10 años para las tres microcuencas, con dichos resultados se dimensionan las obras del sistema de drenaje.

*Tabla 13. Resumen de Caudal de las tres microcuencas*

| <b>Microcuenca</b> | <b>Caudal<br/>(<math>m^3/s</math>)</b> |
|--------------------|--|
| Paxa Azoguine      | 13.7                                   |
| Parque Pino        | 5.1                                    |
| Plaza de Armas     | 4.8                                    |

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, por los resultados obtenidos se afirma que el caudal generado en la microcuenca Paxa Azoguine no ingresa y/o no influye a las otras dos microcuencas (Parque Pino y Plaza de Armas), esto debido a que existe un canal trapezoidal en el límite entre de la microcuenca mencionada y las microcuencas Parque Pino y Plaza de Armas, dicho canal conduce el caudal generado en épocas de lluvia a zonas fuera del Centro histórico de la ciudad. Ver Figura 23 y 24.



*Figura 23. Canal trapezoidal entre límite de microcuencas*

Fuente: Elaboración propia

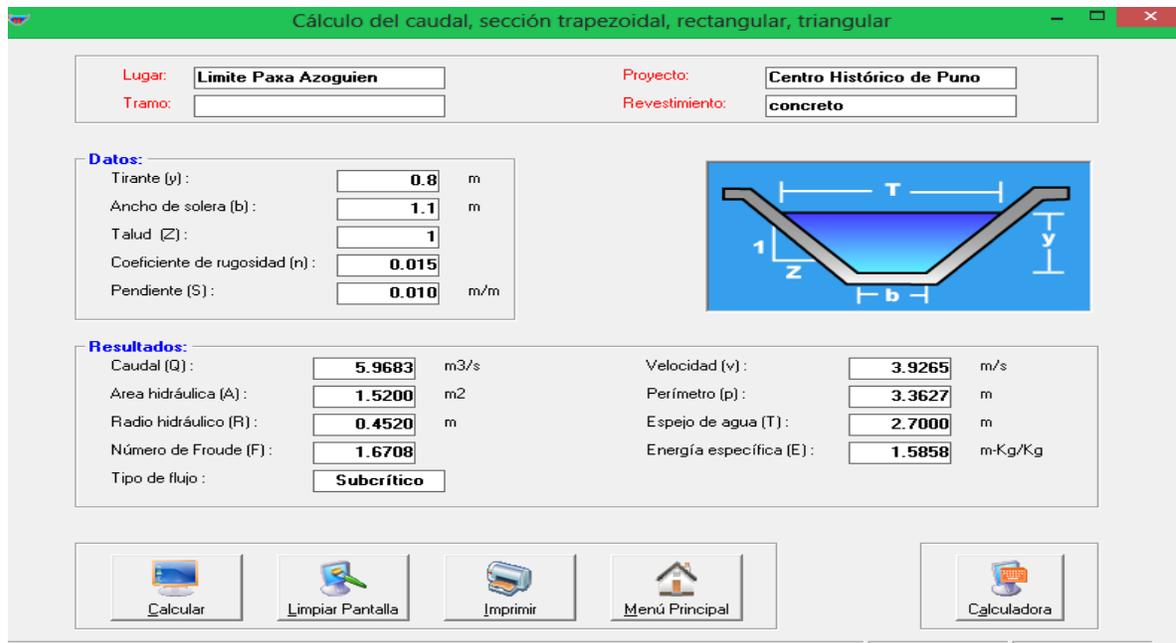


Figura 24. Determinación del caudal del canal trapezoidal – programa Hcanales

Fuente: Elaboración propia, en la sección datos se observan las dimensiones de dicho canal existente,  $Q = 5.96m^3/s$

#### 4.5. Obras de drenaje

El diseño de las obras de drenaje se realizó con el programa HCANALES, pues ya se tiene los datos requerido para el diseño.

##### a. Ubicación de Colectores de Captación

Los sumideros planteados son 04 ubicados en lugares estratégicos (ver Figura 25).

##### b. Consideraciones de Diseño

Cabe indicar que trabajó con las microcuencas Parque Pino y Plaza de Armas. Los caudales a utilizar son  $5.1 m^3/s$  y  $4.8 m^3/s$  respectivamente. (Ver Tabla 14).

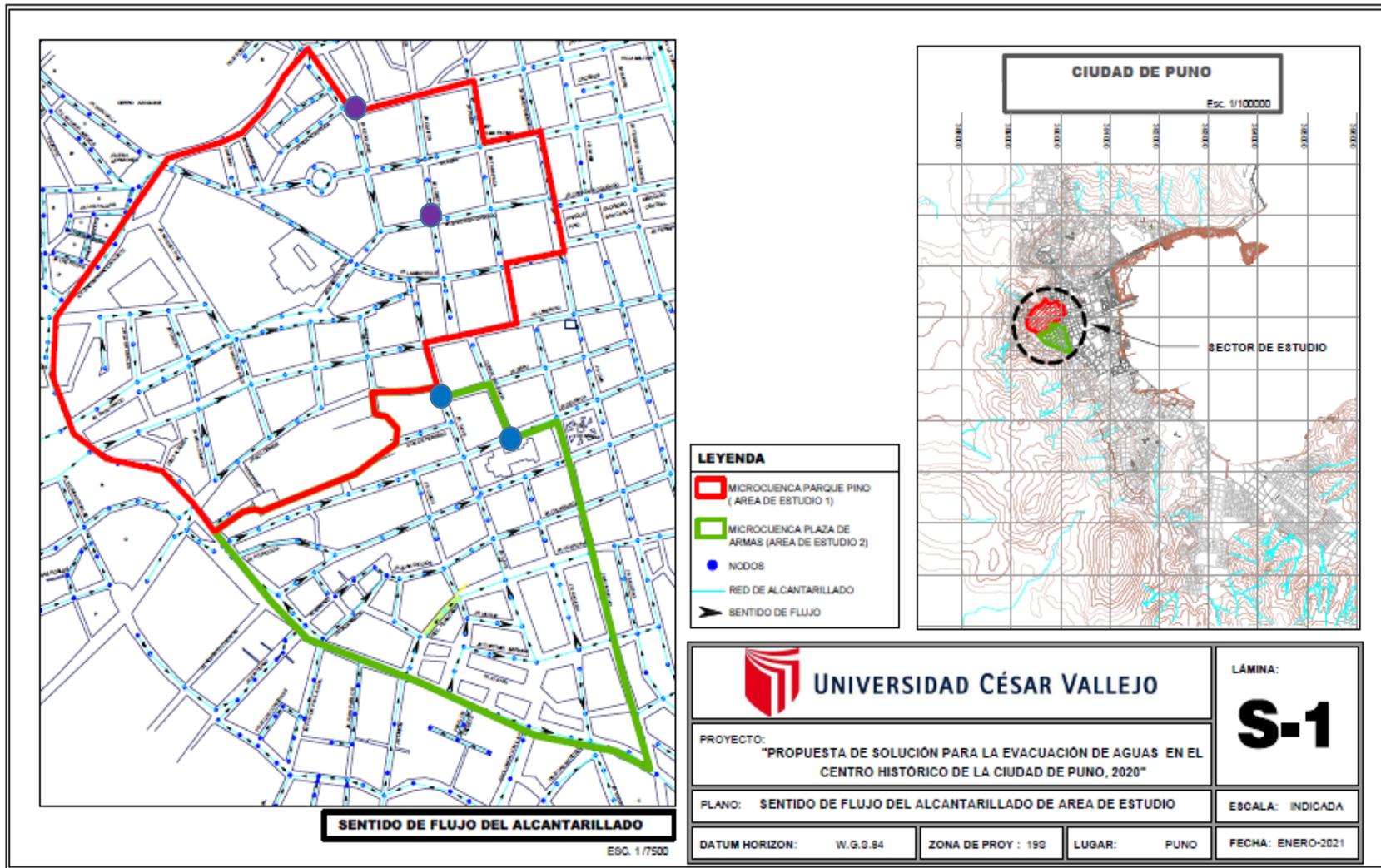


Figura 25. Sentido de Flujo de agua y ubicación de Sumideros

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en las siguientes imágenes se muestran las zonas donde se proponen la instalación de sumideros.



*Figura 26. Vista 1, entre la intersección de Jr. Loreto y Jr. Santiago Giraldo*



*Figura 27. Vista 2, entre la intersección de Jr. Huancavelica, Jr. Calvario y Jr. Azogueine*



*Figura 28. Vista 3, entre la intersección de Jr. Deustua y Jr. Conde de Lemos*



*Figura 29. Vista 4, entre la intersección de Jr. Ancash y Jr. Ilave*

Tabla 14. *Determinación de Caudal en Sumideros*

| Caudal total de cada microcuenca<br>( $m^3/s$ ) | Caudal para cada sumidero (Q/2)<br>( $m^3/s$ ) | Caudal de diseño para sumidero<br>( $m^3/s$ ) |
|---|--|---|
| 5.1<br>(Parque Pino)                            | 2.55   | 2.5   |
| 4.8<br>(Plaza de Armas)                         | 2.4  | 2.5   |

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el caudal para cada sumidero se dividió el caudal de cada microcuenca entre dos, posteriormente se redondeó de acuerdo al criterio de la tesis.

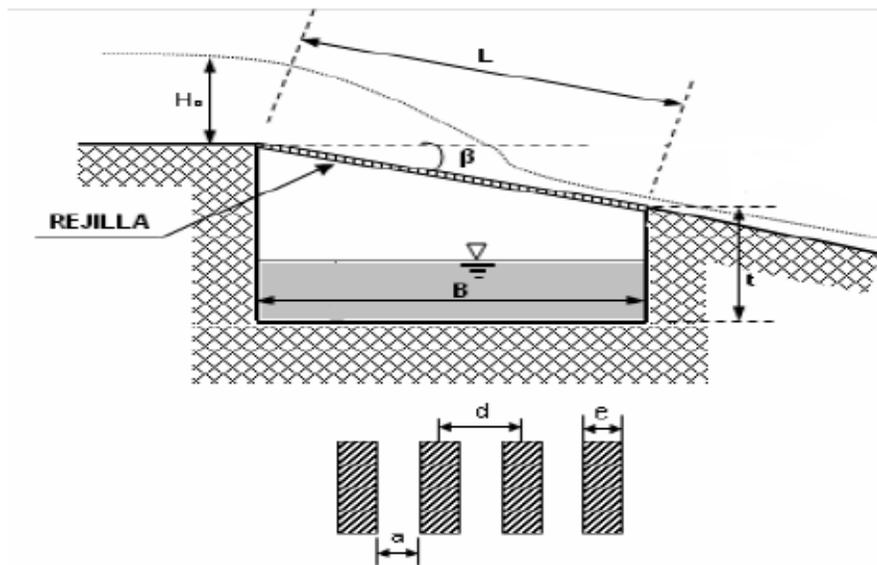
- **Diseño Captación De Fondo Con Rejilla**

Las características hidráulicas de las calles fueron:

Ver Figura 30.



| DATOS                              |                       |         |
|------------------------------------|-----------------------|---------|
| TIRANTE DE ESTIAJE                 | Ho [m]                | = 0.187 |
| ANCHO DE LA CALLE                  | L                     | = 7.6   |
| CAUDAL DE DISEÑO                   | Q [m <sup>3</sup> /s] | = 2.5   |
| SEPARACIÓN ENTRE BARRAS            | a (cm)                | = 7.62  |
| DISTANCIA ENTRE EJES DE LAS BARRAS | d (cm)                | = 10.16 |
| COEFICIENTE DE MANNING             | n                     | = 0.018 |
| ESPESOR DE LAS BARRAS              | e [cm]                | = 2.54  |



**CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA CÁMARA**

$$Q = \frac{2}{3} \times C \times \mu \times b \times L \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Ec. (1)

Donde:

C = Coeficiente que depende de la relación de espaciamiento entre barras y el ángulo  $\beta$  de la rejilla

$\mu$  = Coeficiente de derrame de la rejilla

b = Ancho del vertedero [m]

L = Longitud de la rejilla [m]

h = Altura inicial de agua sobre la rejilla [m]

$$C = 0.6 \times \frac{a}{d} \times \cos^{\frac{1}{2}}(\beta) \quad \text{Ec. (2)}$$

$$h = K \times h_{um} = \frac{2}{3} \times K \times H_o \quad \text{Ec. (3)}$$

El factor de reducción K es dependiente de la pendiente de las condiciones geométricas de la rejilla que para una distribución hidrostática de la presión se tiene la ecuación:

$$2 \times \cos \beta \times K^3 - 3 \times K^2 + 1 = 0 \quad \text{Ec. (4)}$$

Ángulo de inclinación ( $\beta$ ) de la rejilla recomendado esta entre  $5^\circ$  a  $35^\circ$ .

Coeficiente "k" de acuerdo con el ángulo de inclinación

| $\beta$ (grados) | K     | $\beta$ (grados) | K     |
|------------------|-------|------------------|-------|
| 5                | 0.952 | 20               | 0.837 |
| 6                | 0.944 | 22               | 0.825 |
| 8                | 0.927 | 24               | 0.812 |
| 10               | 0.910 | 26               | 0.800 |
| 12               | 0.894 | 28               | 0.789 |
| 14               | 0.879 | 30               | 0.778 |
| 16               | 0.865 | 32               | 0.767 |
| 18               | 0.851 | 35               | 0.752 |

Tomamos un ángulo de inclinación de la rejilla de:

$$\beta \text{ (grados)} = 5$$

Entonces:

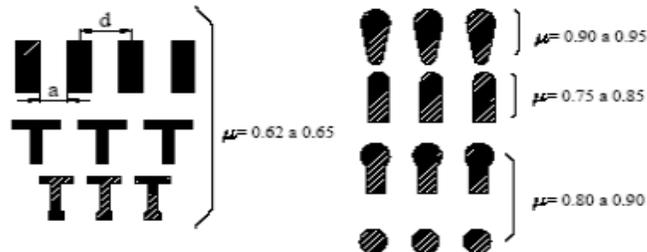
$$K = 0.952$$

Reemplazando valores de  $\beta$  y K, en las ecuaciones: Ec.(2) y Ec.(3), se tiene:

$$C = 0.447$$

$$h \text{ (m)} = 0.119$$

El coeficiente  $\mu$ , depende de la forma de las barras de la rejilla y del tirante, Para rejillas de perfil *rectangular*, las investigaciones de *Nosedá* dan como resultado los siguientes valores.



Donde:

C = Coeficiente que depende de la relación de espaciamiento entre barras y el ángulo  $\beta$  de la rejilla

$\mu$  = Coeficiente de derrame de la rejilla

b = Ancho del vertedero [m]

L = Longitud de la rejilla [m]

h = Altura inicial de agua sobre la rejilla [m]

$$C = 0.6 \times \frac{a}{d} \times \cos^{\frac{1}{2}}(\beta) \quad \text{Ec. (2)}$$

$$h = K \times h_{lim} = \frac{2}{3} \times K \times H_o \quad \text{Ec. (3)}$$

El factor de reducción K es dependiente de la pendiente de las condiciones geométricas de la rejilla que para una distribución hidrostática de la presión se tiene la ecuación:

$$2 \times \cos \beta \times K^3 - 3 \times K^2 + 1 = 0 \quad \text{Ec. (4)}$$

Ángulo de inclinación ( $\beta$ ) de la rejilla recomendado esta entre  $5^\circ$  a  $35^\circ$ .

Coeficiente "k" de acuerdo con el ángulo de inclinación

| $\beta$ (grados) | K     | $\beta$ (grados) | K     |
|------------------|-------|------------------|-------|
| 5                | 0.952 | 20               | 0.837 |
| 6                | 0.944 | 22               | 0.825 |
| 8                | 0.927 | 24               | 0.812 |
| 10               | 0.910 | 26               | 0.800 |
| 12               | 0.894 | 28               | 0.789 |
| 14               | 0.879 | 30               | 0.778 |
| 16               | 0.865 | 32               | 0.767 |
| 18               | 0.851 | 35               | 0.752 |

$\mu = 0.8$  REVISAR

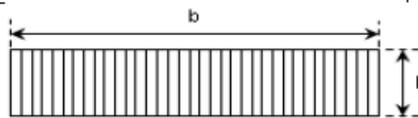
Reemplazando valores de Q, C,  $\mu$  y h, en la ecuación: Ec.(1), se tiene:

$$b \times L = 6.865$$

$$Q = \frac{2}{3} \times C \times \mu \times b \times L \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Buscamos valores de b y L:

|   | b (m) | L (m) |
|---|-------|-------|
| 1 | 0.9   | 7.628 |
| 2 | 2     | 3.433 |
| 3 | 3     | 2.288 |
| 4 | 4     | 1.716 |
| 5 | 5     | 1.373 |



A continuación se analizan las opciones con el fin de determinar cual de ellas se ajusta a las condiciones del terreno.

Se elige la opción:

7.6

Debido a las condiciones que presenta el ancho del cauce.

Ancho de la Calle (m) = 7.6

Lo cual indica que se construirá de H<sup>2</sup>C<sup>2</sup> la longitud faltante para completar el ancho del cauce, y así tener una mayor eficiencia en la estabilidad.

El numero de Barras en la toma de agua es igual a:

$$n = \frac{b}{d}$$

Ec. (5)

Donde:

n = numero de espacios entre los barrotes

a = espaciamento entre ellos

b = ancho de la toma de agua

|            |             |
|------------|-------------|
| n (esp.) = | 8.858267717 |
|------------|-------------|

|            |             |
|------------|-------------|
| n (esp.) = | 8.858267717 |
|------------|-------------|

Lo cual indica que el numero de barras "N", incluida los soportes es de:

|     |    |        |
|-----|----|--------|
| N = | 10 | BARRAS |
|-----|----|--------|

Por lo tanto las dimensiones principales de la rejilla serán:

|         |     |
|---------|-----|
| b (m) = | 0.9 |
| L (m) = | 7.6 |

Durante la operación del vertedero puede ocurrir el caso que, por obstrucciones debido a la acumulación de piedras, hojas, ramas, la rejilla ya no garantice la evacuación del caudal mínimo requerido hacia el canal colector.

La sección del Canal colector es mas o menos cuadrada, entonces:

Donde:

$$t \cong B$$

Ec. (6)

t = Profundidad del canal colector

Dimensiones del Canal Colector

|          |      |
|----------|------|
| Lc (m) = | 7.60 |
| B (m) =  | 0.90 |
| H (m) =  | 0.90 |

La pendiente "min", recomendada para el canal colector de la toma es de 30% a fin de eliminar los sólidos en suspensión que pasan a través de la rejilla

|       |                         |       |
|-------|-------------------------|-------|
|       | I <sub>MN</sub> (%) =   | 10.00 |
|       | I <sub>MN</sub> (m/m) = | 0.10  |
|       | I <sub>MN</sub> (°) =   | 5.73  |
| TOMAR | I <sub>MN</sub> (°) =   | 6.00  |

Se presenta a continuación los detalles del sumidero en planta y sus respectivos cortes.

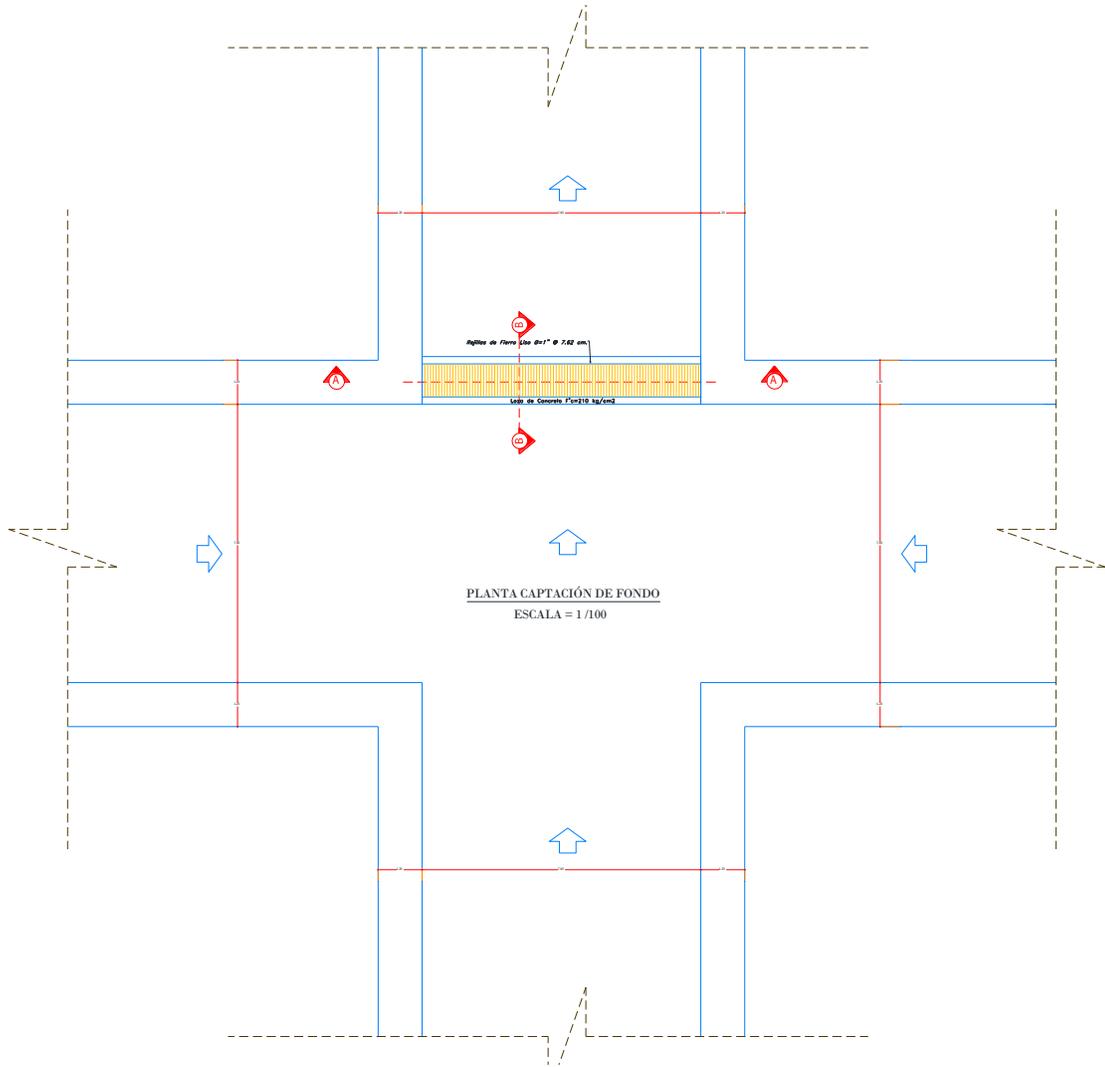


Figura 31. Esquema del Drenaje Tipo en la Calle Principal

Fuente: Elaboración propia

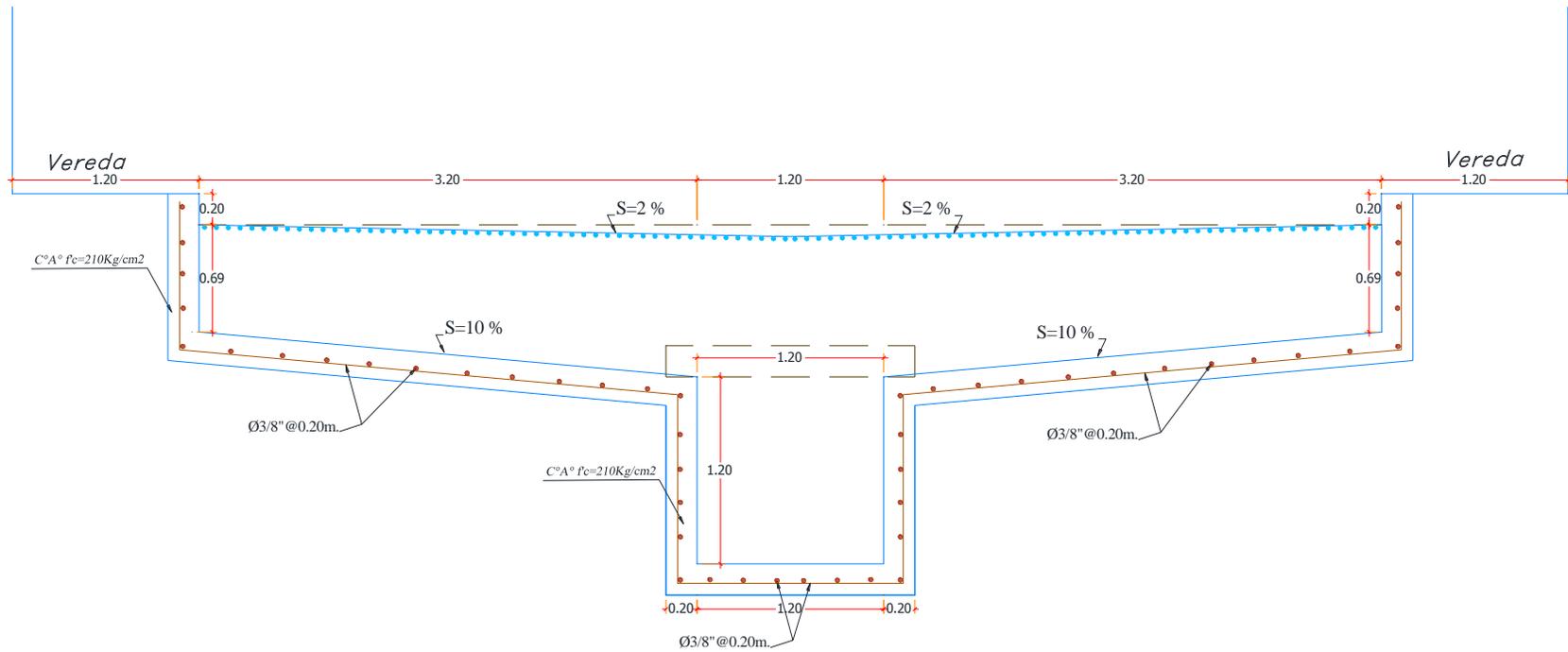


Figura 32. Sección Transversal del drenaje Tipo en la Calle Principal

Fuente: Elaboración propia

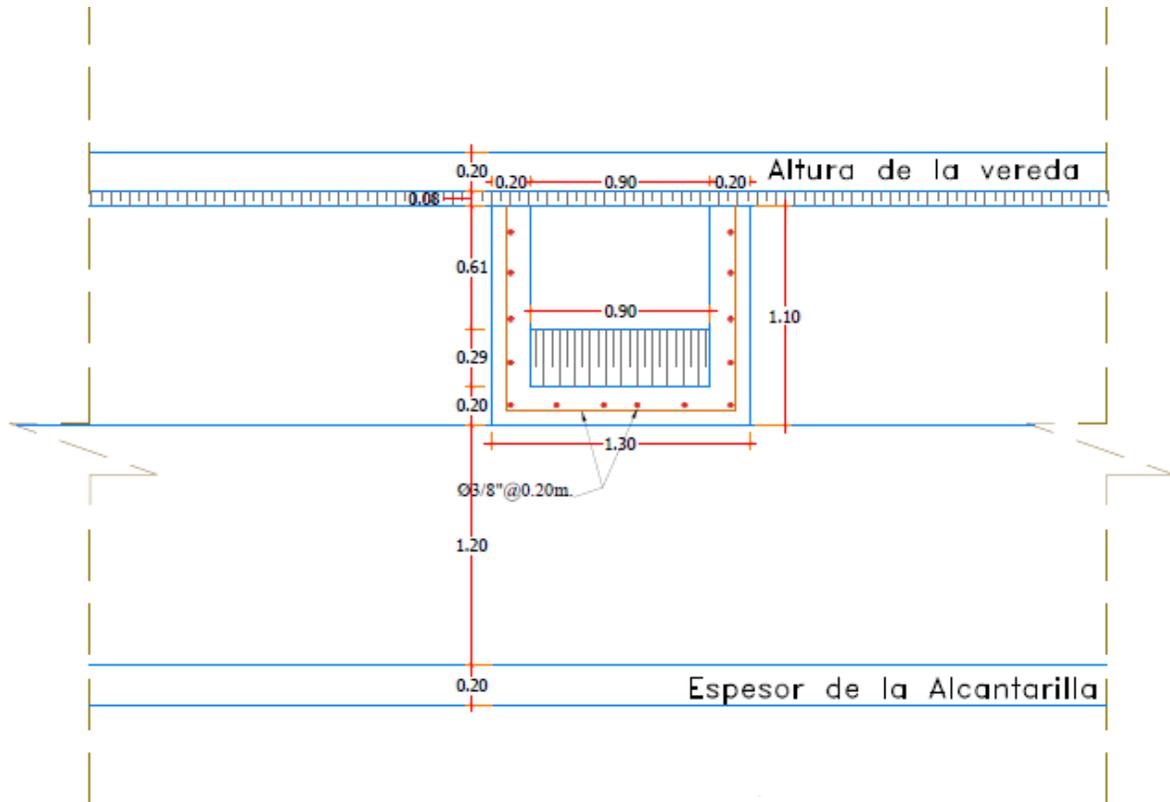


Figura 33. Sección Longitudinal del drenaje Tipo en la Calle Principal

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Como se mencionó en los antecedentes en el ámbito internacional y nacional, los autores dan hincapié al tema del buen manejo, control del drenaje o “lluvias “con el fin de proteger, conservar y prevenir desastres que afecten a los Patrimonios Culturales o propiedad en general que forman parte de su lugar de estudio.

Rosales et al. (2015), en su investigación resalta que se debe prevenir las inundaciones con un buen sistema de drenaje, a pesar que resultaría costoso es necesario.

García (2018), menciona la gran importancia del patrimonio cultural pues es la identidad del pueblo, por eso es importante protegerla frente al agua es por ello que una gestión de riesgo es necesario.

Coahila (2016) resalta la riqueza cultural de su lugar de estudio pues asegura que engrandece su identidad como sociedad, es por ello que plantea programas para proteger los mismos ante el impacto de lluvias. Todas estas conclusiones a opinión de la tesista son correctas pues deben existir programas que las entidades competentes deben fomentar para la protección del patrimonio cultural frente a cualquier riesgo no solo de las lluvias.

Después de realizar la investigación, se observa cuán importante es desarrollar un adecuado sistema de drenaje acorde a la condición que plantea cada realidad. Este caso es muy relevante pues no solo beneficia a la conservación de propiedad declarada Patrimonio Cultural sino también al tránsito de peatones.

Es importante ceñirse a las normas técnicas que facilitan las Entidades de cada lugar; en la presente se tomó en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones específicamente la Norma OS 060. Por el área analizada se considera sistema de drenaje urbano menor (menor a  $13 \text{ km}^2$ ), se estudió con un periodo de retorno de 10, 20 y 25 años.

Para conocer el comportamiento real del drenaje actual en el área de estudio, primeramente, se delimitó tres (03) microcuencas, se denominaron Paxa Azoguine, Parque Pino y Plaza de armas, las cuales son adyacentes.

Estas microcuencas fueron estudiadas para determinar si la microcuenca Paxa Azoguine influye en las demás, después del análisis se determinó que la microcuenca Paxa Azoguine ubicada en la parte superior en época de lluvias no influye, es decir su escorrentía no penetra directamente al Centro Histórico, pues en la Av. Circunvalación (límite entre las microcuencas) existe una cuneta cuya capacidad transporta el flujo fuera de la zona de estudio.

Por tanto, el análisis influyente en el Centro Histórico en su totalidad son aguas pluviales generadas en las microcuencas Plaza de Armas y Parque Pino (Ver Figura 16). Los parámetros geomorfológicos se visualizan en la Tabla 2.

En la presente, se trabajó con los datos históricos del SENAMHI de los años 1964 al 2011 de la Estación Puno (Ubicada en la misma ciudad de Puno), para intervalo faltante 2012 al 2020, se hizo la utilización del programa Hec-4 el cual ayudó al tratamiento y estimación Ver tabla 3.

Lo recomendable es trabajar con el 100% de los datos históricos del SENAMHI, cabe indicar que se debe elegir la estación más cercana para tener datos por lo tanto resultados más exactos.

Después de este procedimiento se estimó la precipitación de diseño, para esto se utilizó el programa Hyfran, se realizó el ajuste de la serie de precipitaciones máximas de 24, mediante el modelo Gumbel (Método de momentos), obteniendo la precipitación de diseño de 44.53 mm, 48.56 mm y 49.84 mm para periodos de retorno de 10, 20 y 25 años respectivamente, se realizó la verificación estadística de la distribución mediante el método de Chi cuadrado, seguidamente se halló las precipitaciones máximas de diseño para las tres microcuencas para una duración de 16 min (Paxa Azoguine), 12 min (Parque Pino), 6 min (Plaza de

armas) para los antes mencionados periodos de retorno. Los resúmenes de las predicciones se muestran en las tablas 7, 8 y 9.

Se determinó la estimación del caudal máximo de diseño (Precipitación – Escorrentía), para ello se realizó el modelamiento hidrológico con el uso del programa Hec-HMS, se calculó el número de Curva de las microcuencas, haciendo uso de tablas sobre grupos de suelos, condiciones de suelo, mapa de uso de suelos, se presentó la discretización de las cuencas (ver figura 19), el esquema de Simulación de las microcuencas se observa en la Figura 20, 21 y 22.

Seguidamente se calculó el caudal máximo a través de una simulación en situación actual, para la tormenta de diseño, para los periodos de retorno de 10 20 y 25 años, tomando en consideración TR=10 años, estos resultados fueron por criterio de la tesista y se muestran en los gráficos 12, 13 y 14.

Obteniendo el caudal de las microcuencas Parque Pino y Plaza de Armas se propuso dos sumideros de rejillas en calzada en cada una de ellas para un caudal de  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , antes que ingresen a las vías donde se encuentran los patrimonios culturales. Para la ubicación de los sumideros se tomó como propuesta las siguientes intersecciones:

- Jr. Loreto con Jr. Santiago Giraldo
- Jr. Huancavelica, Jr. Calvario y Jr. Azogueine
- Jr. Deustua y Jr. Conde de Lemos
- Jr. Ancash y Jr. llave

Las dimensiones de las rejillas de los sumideros son 7.6 m x 0.9 m.

Esta propuesta en opinión de la tesista es la indicada, pues el Centro Histórico de Puno se fundó en el año de 1668, fecha en la que empezó su creciendo no teniendo en cuenta su importancia a futuro y menos las precipitaciones pluviales.

Es por ello que no se propuso otro sistema de drenaje como la inclusión de cunetas en las vías, pues afectaría a la economía y perdería la esencia del diseño arquitectónico que muestra el Centro Histórico al resto del mundo.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1 El centro de la ciudad de Puno, posee un sistema de drenaje inadecuado a la realidad existente, esto se observa a simple vista como inundaciones o desbordes en las vías en los periodos de lluvias (noviembre a marzo). Para la presente investigación se determinó como una posibilidad que las aguas de lluvia que caen en las zonas altas adyacentes a la zona de estudio descenden aguas abajo ingresando por las vías de entrada y así distribuyendo a las demás progresivamente, directamente incrementando el caudal que se desplaza en la zona que finalmente es desembocada al lago Titicaca.
- 6.2 Se tomó en consideración los registros históricos de climatología del año 1964 al año 2020. La estación seleccionada fue la “Estación Puno” de propiedad del SENAMHI, por ser la única ubicada en la ciudad de Puno y la más cercana a la zona de estudio consecuentemente coincidiendo en características y condiciones climatológicas. Datos que fueron tomados para determinar la precipitación de diseño, los cuales fue 44.53mm, 48.56mm y 49.84mm para los periodos de retorno de 10, 20 y 25 años respectivamente, se estimó con ayuda del programa Hyfran.
- 6.3 Inicialmente se identificó y delimitó las microcuencas hidrográficas que influyen y son influidas con aporte de escorrentía en la zona afectada. Esto se realizó con ayuda de programa ArcGis. Las microcuencas se delimitaron y denominaron Paxa – Azoguine, Parque Pino y Plaza de Armas con áreas de influencia de 429.10 ha, 31.38 ha y 19.33ha respectivamente.

Respecto a los parámetros hidrológicos, se consideró un periodo de retorno de 10, 20 y 25 años, optando por el de 10 años para el cálculo del caudal de diseño por criterio de la tesista debido a que el Centro Histórico de la ciudad de Puno no presenta un incremento significativo en población por ser este espacio ya limitado. Por lo que se refiere al caudal de diseño los

valores obtenidos fueron:  $13.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $5.1 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , en las microcuencas Paxa Azogue, Parque Pino y Plaza de Armas respectivamente, dichos valores se determinaron con la ayuda del programa HEC-HMS.

Después de determinar los caudales se concluye que la microcuenca Paxa Azogue (inicialmente de posible influencia) no influye en el caudal de las microcuencas Parque Pino y Plaza de Armas, pues la escorrentía generada en su área es interceptada por una captación (obra hidráulica) ya existente, estas aguas son desviadas a una alcantarilla que transporta las aguas pluviales a un curso que no pertenece a la zona de estudio y que finalmente desemboca en el lago Titicaca.

Se propuso la instalación de 04 sumideros en zonas estratégicas de las microcuencas Parque Pino y Plaza de Armas (ver Figura 25) con ello interceptando las aguas de lluvias antes que ingresen a las vías donde se encuentran los patrimonios culturales que salvaguardar. Se diseñó la captación de fondo con rejilla con el Programa Hcanales, trabajando con el caudal de  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$  para cada sumidero (ver Tabla 14), determinando las dimensiones de las rejillas  $7.6\text{m} \times 0.9\text{m}$ , pues las vías son de características similares.

Cabe indicar que la propuesta empleada cumple con evitar inundaciones y/o desbordes en las vías del Centro Histórico de Puno en épocas de lluvias, generando así condiciones de tránsito adecuadas para los vehículos y peatones. Asimismo, lo más relevante es que se está protegiendo directamente los bienes, muebles e inmuebles declarados patrimonios culturales, los cuales tenemos el deber de preservar y proteger pues es nuestro patrimonio histórico en el presente y de nuestras futuras generaciones como se indicó anteriormente “un país sin pasado difícilmente tiene futuro”.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se recomienda a la Entidad encargada de proteger los Patrimonios Culturales coordinar con la Entidad encargada de la red de drenaje pluvial para realizar mantenimientos periódicos al sistema de drenaje y a la estructura hidráulica propuesta en caso se ejecutara, para así garantizar su correcto funcionamiento en su periodo de diseño y/o en el pasar del tiempo, con el fin de evitar los posibles daños que las aguas pluviales puedan ocasionar al Patrimonio Cultural que alberga el Centro Histórico de la ciudad de Puno. Es de absoluta necesidad proteger el Patrimonio Cultural que es invaluable para la sociedad nacional y mundial. Esto conllevará a que los visitantes tengan a su disposición superficies libres y de fácil tránsito que permita gozar de los atributos turísticos que la historia transmite con el paso de los años.
  
- 7.2 Se recomienda seguir los lineamientos y/o criterios establecidos que indica la Norma de drenaje pluvial urbano OS 060 del RNE, para asegurar un diseño de drenaje de aguas pluviales eficaz y eficiente con una secuencia correcta de recolección, transporte y evacuación hasta su arribo al cuerpo receptor y así evitar errores a futuro.
  
- 7.3 Se recomienda hacer uso de tecnología sofisticada para minimizar errores y obtener datos reales y de software que existe a disposición y de libre acceso para modelar y diseñar el sistema de drenaje con el fin de reducir tiempo, deficiencias y errores en los cálculos de los diseños.

## REFERENCIAS

- Aliaga, S. (1983). *Tratamiento de datos hidrometeorológicos*. Lima, Perú.
- Aparicio, F. (1997). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México.
- Aranda, F. (1987). *Procesos del ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma san Luis de Potosí. México.
- Boj, S. (2018). *Protección y conservación ante catástrofes del patrimonio cultural de la Comunidad de Madrid*. (Tesis doctoral). Madrid, España. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/49618/1/T40413.pdf>
- Carhuamaca, D. (2018). *Rediseño de la red para el control de drenaje pluvial urbano en el distrito de el tambo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Los Andes. Huancayo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/777>
- Chereque, W. (1989). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- Chow, V. (1988). *Hidráulica de canales abiertos*. Bogotá, Colombia. Editorial McGraw Hill.
- Chow, V., Maidment, D., Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL
- Coahila, A. (2016). *Trabajos de protección en los sitios arqueológicos considerados dentro de las acciones de prevención por el fenómeno el niño 2015 en la región Lambayeque*. (Artículo científico). Lima, Perú. UNI. Recuperado de <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/devenir/article/view/289>

De Pierola, J., Aliaga V. (1993). *Análisis de consistencia de series hidrometeorológicas*. Lima, Perú.

García, J. (2012). *Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un Ecobarrio de la CD. De México*. ((Para obtener el grado de maestro en Ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México. México. Recuperado de <https://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/Captacion-lluvia-tesisHiram-Garcia.pdf>

García, L., Cardoza, S. (2016). *Rediseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial para los barrios Villa Libertad y Estelí Municipio de san isidro, departamento de Matagalpa*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Matagalpa, Nicaragua. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/1982/>

Hernández, M. (2018). *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en urb. El Chilcal de la ciudad de Piura*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura. Piura, Perú. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3714>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México

INC. (1999). *Relación de monumentos históricos de Perú*. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.cultura.gob.pe/sites/default/files/pagbasica/tablaarchivos/07/relaciondemonumentoshistoricos.pdf>

- INRENA. (2008). *Evaluación de los recursos hídricos en la cuenca del río llave, Intendencia de Recursos Hídricos*. Puno, Perú.
- Mejía, A. (1991). *Métodos estadísticos en hidrología*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Mejía, A. (2001). *Hidrología Aplicada*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Segunda Edición. Colombia.
- Norma OS 060. (2009). *Drenaje Urbano Pluvial*. Lima, Perú
- Rendón, V. (2013). *Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca (Sector Los Virreyes) – Puno – Perú*. (Para obtener el grado de maestro en Ingeniería Civil). Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/18386?locale-attribute=es>
- Robles, M., SALAS, J., RODRÍGUEZ, A. (2015). *Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimiento superficiales*. México
- Rojas, P., Humberto, V. (2016). *Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Altiplano. Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2975>
- Rojas, S. (2018). *Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho*. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10192>

- Rosales, M., Salas, J., Rodríguez, A. (2015). *Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales*. (Artículo científico). Ciudad Juárez, México. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7129025.pdf>
- SENAMHI. (2020). *Estaciones y datos históricos*. Lima, Perú
- Vásquez, D. (2012). *Proyecto de modificación y diseño colector de aguas lluvias, sector Barrio Estación, Valdivia*. (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/bmfciv335p/doc/bmfciv335p.pdf>
- Villalobos, K. (2018). *Planteamiento de un sistema hidráulico y la influencia en la operación y mantenimiento del drenaje pluvial de la ciudad de Huánuco – 2018*. Tesis de Pregrado). Universidad de Huánuco. Huánuco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1785>
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima, Perú: Editorial Villón
- Yañez, E. (2014). *Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la AV. Angamos y JR. Santa Rosa*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/4916?show=full>

## ANEXOS

### *Operacionalización de la variable*

| <b>Variable de estudio</b>                         | <b>Definición conceptual</b>   | <b>Definición operacional</b>  | <b>Dimensiones</b>   | <b>Indicadores</b>  | <b>Escala de medición</b>   |
|--|--|--|--|---|---|
| Propuesta técnica de evacuación de aguas pluviales | Es el estudio y elaboración de un sistema de drenaje de aguas pluviales para mejorar la red de drenaje pluvial urbano. | Se analiza la topografía para delimitar las microcuencas.<br>La meteorología para tratar los datos hidrológicos.<br>La hidrología para determinar la precipitación de diseño y caudal. | Topografía<br><br><br><br><br><br>Meteorología<br><br>Hidrología | Altitud y cotas<br><br>Jirones y avenidas<br><br>Pendiente<br><br>Precipitación<br><br>Caudal<br><br>Área | Continuo<br><br>Nominal<br><br>Continuo<br><br>Continuo<br><br>Continuo<br><br>Continuo |

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Título:** Propuesta de solución para la evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de Puno, 2020

| PROBLEMA  | OBJETIVO   | HIPÓTESIS  | VARIABLES E INDICADORES   | METODOLOGÍA  |
|---|--|--|---|--|
| <p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cuál es la propuesta que da solución al sistema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno, 2020?</p>  | <p><b>Objetivo General</b></p> <p>Plantear una propuesta adecuada que da solución al sistema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno, 2020.</p>                                   | <p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La propuesta de diseño da solución al problema de evacuación de aguas pluviales en el Centro Histórico de la ciudad de Puno, 2020.</p>  | <p><b>Variable</b></p> <p>Propuesta técnica de evacuación de aguas pluviales.</p>   | <p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Aplicada – enfoque cuantitativo</p>   |
| <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es el diagnóstico del comportamiento de la escorrentía superficial producida por las precipitaciones pluviales en las vías del Centro Histórico de la ciudad de Puno?.</p> | <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Realizar el diagnóstico del comportamiento de la escorrentía superficial producida por las precipitaciones pluviales en las vías del Centro Histórico de la ciudad de Puno.</p> | <p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>El correcto diagnóstico permite conocer el comportamiento real de la escorrentía superficial producida por las precipitaciones pluviales en las vías del Centro Histórico de la ciudad de Puno.</p> | <p><b>Indicadores</b></p> <p>Altitud y cotas</p> <p>Jirones y avenidas</p> <p>Pendiente</p> <p>Precipitación</p> <p>Caudal</p> <p>Área tributaria</p> | <p><b>Diseño de Investigación</b></p> <p>No experimental – transversal - descriptiva</p>   |
| <p>¿Cuáles son los registros históricos de climatología del año 1964 al 2020 de la zona de estudio?.</p>  | <p>Analizar los registros históricos de climatología del año 1964 al 2020 de la zona de estudio.</p>   | <p>Los registros históricos de climatología analizados son del año 1964 al 2020 de la zona de estudio.</p>   |   | <p><b>Población</b></p> <p>Todo el sistema de evacuación de aguas pluviales de la Zona Monumental de Puno, el cual alberga a los siguientes ambientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente Urbano Monumental Parque Pino</li> <li>• Ambiente Urbano Monumental Arco Deustua</li> <li>• Ambiente Urbano Monumental Plaza de Armas</li> <li>• Ambiente Urbano Monumental Parque Alcides Carrión</li> </ul> <p><b>Muestra</b></p> <p>El sistema de evacuación de aguas pluviales de los ambientes que son</p> |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <p>¿Cuál es el diseño hidráulico del sistema de evacuación de aguas pluviales del Centro Histórico de la ciudad de Puno, en función a los parámetros de diseño establecido?.</p> | <p>Realizar el diseño hidráulico del sistema de evacuación de aguas pluviales del Centro Histórico de la ciudad de Puno, en función a los parámetros de diseño establecido.</p> | <p>El diseño hidráulico del sistema de evacuación de aguas pluviales es el adecuado para el Centro Histórico de la ciudad de Puno, en función a los parámetros de diseño establecido.</p> | <p>albergados dentro del Centro Histórico de la ciudad de Puno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente Urbano Monumental Parque Pino</li> <li>• Ambiente Urbano Monumental Plaza de Armas</li> </ul> <p><b>Muestreo</b></p> <p>No probabilístico intencional</p> <p><b>Técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación por medio de inspecciones técnicas oculares in situ.</li> <li>• Recopilación y revisión de datos meteorológicos del SENAMHI.</li> <li>• Para la recolección y determinación de datos se utilizó el análisis documental.</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó la recopilación y obtención de datos meteorológicos de la <b>Estación Puno</b> del año 1964 al año 2020., ubicada en el departamento, provincia y distrito de Puno, de propiedad del SENAMHI.</li> <li>• Se realizó la recolección y análisis de datos topográficos e hidrológicos.</li> </ul> |
|--|---|---|---|

**PANEL FOTOGRÁFICO**  
**SOBRE EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTENTE**



*Fotografía 1. Límite entre microcuencas Paxa Azogueine con Parque Pino y Plaza de Armas*



*Fotografía 2. Vista 1 de la alcantarilla de aguas pluviales (Límite entre microcuenca Paxa Azogueine y Plaza de Armas)*



*Fotografía 3. Vista 2 de la alcantarilla de aguas pluviales (Límite entre microcuenca Paxa Azogueine y Plaza de Armas)*



*Fotografía 4. Vista 3 de la alcantarilla de aguas pluviales  
(Límite entre microcuenca Paxa Azoguine y Parque Pino)*

**CAUDALES MÁXIMOS CON LOS QUE SE TRABAJO**

| Precipitación Máxima de 24 hr (mm): |       |       |       |       |       |       | Micro Cuenca de la Ciudad de Puno |       |       |       |       |       | MAX   |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| AÑO                                 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL                               | AGO   | SET   | OCT   | NOV   | DIC   | TOTAL |
| 1964                                | 27.00 | 40.00 | 20.00 | 24.00 | 8.00  | 0.00  | 0.00                              | 4.00  | 8.00  | 5.00  | 16.00 | 13.00 | 40.00 |
| 1965                                | 23.00 | 34.00 | 7.00  | 6.00  | 1.00  | 0.00  | 1.00                              | 4.00  | 21.00 | 5.00  | 22.00 | 33.00 | 34.00 |
| 1966                                | 13.00 | 20.00 | 49.00 | 8.00  | 16.00 | 0.00  | 1.00                              | 0.00  | 0.00  | 11.00 | 17.00 | 7.00  | 49.00 |
| 1967                                | 29.00 | 13.00 | 34.00 | 5.00  | 8.00  | 0.00  | 5.00                              | 21.00 | 22.00 | 13.00 | 3.00  | 21.00 | 34.00 |
| 1968                                | 28.00 | 13.00 | 19.00 | 14.00 | 6.00  | 9.00  | 4.00                              | 2.00  | 12.00 | 28.00 | 14.00 | 15.00 | 28.00 |
| 1969                                | 16.00 | 27.00 | 14.00 | 6.00  | 0.00  | 0.00  | 2.00                              | 1.00  | 2.00  | 18.00 | 30.00 | 22.00 | 30.00 |
| 1970                                | 24.00 | 10.00 | 30.00 | 7.00  | 4.00  | 0.00  | 0.00                              | 1.00  | 4.00  | 8.00  | 9.00  | 13.00 | 30.00 |
| 1971                                | 30.00 | 45.00 | 7.00  | 6.00  | 0.00  | 1.00  | 0.00                              | 8.00  | 1.00  | 7.00  | 40.00 | 24.00 | 45.00 |
| 1972                                | 25.00 | 37.00 | 36.00 | 15.00 | 0.00  | 6.00  | 0.00                              | 0.00  | 14.00 | 9.00  | 26.00 | 29.00 | 37.00 |
| 1973                                | 30.00 | 24.00 | 41.00 | 22.00 | 8.00  | 0.00  | 1.00                              | 5.00  | 10.00 | 6.00  | 8.00  | 20.00 | 41.00 |
| 1974                                | 40.00 | 39.00 | 16.00 | 11.00 | 0.00  | 3.00  | 0.00                              | 10.00 | 9.00  | 5.00  | 16.00 | 11.00 | 40.00 |
| 1975                                | 24.00 | 29.00 | 26.00 | 14.00 | 17.00 | 1.00  | 0.00                              | 6.00  | 15.00 | 13.00 | 9.00  | 34.00 | 34.00 |
| 1976                                | 27.00 | 30.00 | 33.00 | 15.00 | 5.00  | 0.00  | 1.00                              | 5.00  | 11.00 | 9.00  | 5.00  | 31.00 | 33.00 |
| 1977                                | 12.00 | 37.00 | 32.00 | 2.00  | 9.00  | 0.00  | 2.00                              | 0.00  | 28.00 | 15.00 | 12.00 | 31.00 | 37.00 |
| 1978                                | 35.00 | 30.00 | 26.00 | 7.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00                              | 0.00  | 10.00 | 22.00 | 18.00 | 25.00 | 35.00 |
| 1979                                | 26.00 | 8.00  | 17.00 | 14.00 | 1.00  | 0.00  | 1.00                              | 1.00  | 7.00  | 12.00 | 10.00 | 11.00 | 26.00 |
| 1980                                | 18.00 | 15.00 | 25.00 | 13.00 | 1.00  | 0.00  | 2.00                              | 9.00  | 16.00 | 17.00 | 12.00 | 13.00 | 25.00 |
| 1981                                | 21.00 | 28.00 | 19.00 | 21.00 | 5.00  | 0.00  | 0.00                              | 21.00 | 6.00  | 6.00  | 22.00 | 22.00 | 28.00 |
| 1982                                | 52.00 | 22.00 | 20.00 | 20.00 | 3.00  | 4.00  | 2.00                              | 0.00  | 16.00 | 23.00 | 19.00 | 7.00  | 52.00 |
| 1983                                | 7.00  | 17.00 | 19.00 | 14.00 | 9.00  | 2.00  | 1.00                              | 3.00  | 20.00 | 11.00 | 22.00 | 39.00 | 39.00 |
| 1984                                | 31.00 | 39.00 | 25.00 | 12.00 | 8.00  | 4.00  | 4.00                              | 16.00 | 0.00  | 42.00 | 17.00 | 27.00 | 42.00 |
| 1985                                | 49.00 | 30.00 | 17.00 | 13.00 | 11.00 | 12.00 | 0.00                              | 7.00  | 21.00 | 15.00 | 14.00 | 23.00 | 49.00 |
| 1986                                | 21.00 | 39.00 | 27.00 | 14.00 | 0.00  | 0.00  | 5.00                              | 3.00  | 11.00 | 2.00  | 4.00  | 16.00 | 39.00 |
| 1987                                | 56.00 | 18.00 | 19.00 | 22.00 | 1.00  | 2.00  | 5.00                              | 0.00  | 3.00  | 11.00 | 25.00 | 15.00 | 56.00 |
| 1988                                | 31.00 | 20.00 | 22.00 | 24.00 | 14.00 | 0.00  | 0.00                              | 0.00  | 8.00  | 18.00 | 31.00 | 20.00 | 31.00 |
| 1989                                | 24.00 | 13.00 | 21.00 | 24.00 | 0.00  | 0.00  | 2.00                              | 12.00 | 9.00  | 6.00  | 8.00  | 11.00 | 24.00 |
| 1990                                | 24.00 | 6.00  | 16.00 | 13.00 | 6.00  | 20.00 | 0.00                              | 6.00  | 7.00  | 21.00 | 14.00 | 13.00 | 24.00 |
| 1991                                | 15.00 | 18.00 | 22.00 | 13.00 | 5.00  | 24.00 | 0.00                              | 2.00  | 0.00  | 6.00  | 15.00 | 14.00 | 24.00 |
| 1992                                | 9.00  | 17.00 | 10.00 | 24.00 | 0.00  | 0.00  | 2.00                              | 36.00 | 0.00  | 7.00  | 9.00  | 12.00 | 36.00 |
| 1993                                | 24.00 | 46.00 | 25.00 | 16.00 | 6.00  | 1.00  | 0.00                              | 18.00 | 8.00  | 14.00 | 26.00 | 27.00 | 46.00 |
| 1994                                | 26.00 | 27.00 | 24.00 | 16.00 | 30.00 | 0.00  | 0.00                              | 0.00  | 10.00 | 18.00 | 15.00 | 9.00  | 30.00 |
| 1995                                | 19.00 | 29.00 | 16.00 | 2.00  | 4.00  | 0.00  | 0.00                              | 3.00  | 10.00 | 9.00  | 10.00 | 25.00 | 29.00 |
| 1996                                | 37.00 | 19.00 | 17.00 | 20.00 | 0.00  | 0.00  | 3.00                              | 4.00  | 1.00  | 9.00  | 19.00 | 15.00 | 37.00 |
| 1997                                | 29.00 | 32.00 | 23.00 | 19.00 | 1.00  | 0.00  | 0.00                              | 12.00 | 29.00 | 20.00 | 11.00 | 10.00 | 32.00 |
| 1998                                | 43.00 | 26.00 | 24.00 | 7.00  | 0.00  | 5.00  | 0.00                              | 4.00  | 5.00  | 15.00 | 12.00 | 21.00 | 43.00 |
| AÑO                                 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL                               | AGO   | SET   | OCT   | NOV   | DIC   | TOTAL |
| 1999                                | 36.00 | 27.00 | 36.00 | 33.00 | 8.00  | 0.00  | 1.00                              | 1.00  | 6.00  | 38.00 | 11.00 | 11.00 | 38.00 |

|      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |              |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| 2000 | 19.00 | 32.00 | 14.00 | 22.00 | 0.00  | 1.00  | 3.00  | 8.00  | 6.00  | 31.00 | 7.00  | 15.00 | <b>32.00</b> |
| 2001 | 26.00 | 38.00 | 39.00 | 17.00 | 8.00  | 2.00  | 0.00  | 7.00  | 8.00  | 14.00 | 23.00 | 23.00 | <b>39.00</b> |
| 2002 | 36.00 | 34.00 | 23.00 | 19.00 | 12.00 | 10.00 | 13.00 | 18.00 | 4.00  | 18.00 | 11.00 | 29.00 | <b>36.00</b> |
| 2003 | 36.00 | 23.00 | 12.00 | 28.00 | 13.00 | 5.00  | 0.00  | 4.00  | 25.00 | 11.00 | 6.00  | 26.00 | <b>36.00</b> |
| 2004 | 28.00 | 25.00 | 30.00 | 8.00  | 5.00  | 0.00  | 4.00  | 26.00 | 12.00 | 2.00  | 11.00 | 16.00 | <b>30.00</b> |
| 2005 | 30.00 | 22.00 | 27.00 | 17.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00  | 18.00 | 24.00 | 18.00 | <b>30.00</b> |
| 2006 | 41.00 | 12.00 | 29.00 | 13.00 | 1.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 11.00 | 9.00  | 16.00 | 28.00 | <b>41.00</b> |
| 2007 | 24.00 | 39.00 | 37.00 | 16.00 | 7.00  | 0.00  | 3.00  | 2.00  | 13.00 | 40.00 | 12.00 | 12.00 | <b>40.00</b> |
| 2008 | 38.00 | 18.00 | 27.00 | 3.00  | 6.00  | 1.00  | 0.00  | 1.00  | 1.00  | 35.00 | 9.00  | 17.00 | <b>38.00</b> |
| 2009 | 31.00 | 16.00 | 40.00 | 15.00 | 0.00  | 0.00  | 2.00  | 0.00  | 5.00  | 18.00 | 24.00 | 10.00 | <b>40.00</b> |
| 2010 | 24.00 | 28.00 | 12.00 | 7.00  | 11.00 | 0.00  | 0.00  | 7.00  | 1.00  | 9.00  | 5.00  | 21.00 | <b>28.00</b> |
| 2011 | 25.00 | 28.00 | 15.00 | 13.00 | 3.00  | 0.00  | 5.00  | 4.00  | 5.00  | 9.00  | 20.00 | 15.00 | <b>28.00</b> |
| 2012 | 23.00 | 22.00 | 20.00 | 18.00 | 4.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 5.00  | 12.00 | 12.00 | 20.00 | <b>23.00</b> |
| 2013 | 27.00 | 37.00 | 26.00 | 18.00 | 2.00  | 0.00  | 0.00  | 2.00  | 3.00  | 11.00 | 17.00 | 16.00 | <b>37.00</b> |
| 2014 | 33.00 | 27.00 | 22.00 | 18.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 15.00 | 18.00 | 11.00 | 15.00 | <b>33.00</b> |
| 2015 | 34.00 | 23.00 | 22.00 | 16.00 | 2.00  | 0.00  | 2.00  | 1.00  | 5.00  | 15.00 | 21.00 | 19.00 | <b>34.00</b> |
| 2016 | 36.00 | 29.00 | 23.00 | 13.00 | 5.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 4.00  | 18.00 | 19.00 | 29.00 | <b>36.00</b> |
| 2017 | 30.00 | 23.00 | 21.00 | 15.00 | 1.00  | 0.00  | 1.00  | 3.00  | 3.00  | 9.00  | 15.00 | 16.00 | <b>30.00</b> |
| 2018 | 25.00 | 23.00 | 25.00 | 14.00 | 4.00  | 0.00  | 0.00  | 1.00  | 9.00  | 10.00 | 17.00 | 30.00 | <b>30.00</b> |
| 2019 | 37.00 | 28.00 | 19.00 | 16.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 9.00  | 3.00  | 6.00  | 14.00 | 19.00 | <b>37.00</b> |
| 2020 | 25.00 | 21.00 | 30.00 | 14.00 | 2.00  | 0.00  | 0.00  | 3.00  | 14.00 | 21.00 | 17.00 | 18.00 | <b>30.00</b> |

|                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |              |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| <b>PROM</b>    | 28.23 | 25.82 | 23.63 | 14.67 | 4.95  | 2.00  | 1.44  | 5.70  | 9.04  | 14.53 | 15.47 | 19.33 | <b>35.18</b> |
| <b>STD</b>     | 9.53  | 9.30  | 8.54  | 6.43  | 5.57  | 4.62  | 2.20  | 7.28  | 7.09  | 9.01  | 7.23  | 7.44  | <b>7.11</b>  |
| <b>MIN</b>     | 7.00  | 6.00  | 7.00  | 2.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2.00  | 3.00  | 7.00  | <b>23.00</b> |
| <b>MAX</b>     | 56.00 | 46.00 | 49.00 | 33.00 | 30.00 | 24.00 | 13.00 | 36.00 | 29.00 | 42.00 | 40.00 | 39.00 | <b>56.00</b> |
| <b>MEDIANA</b> | 27.00 | 27.00 | 23.00 | 14.00 | 4.00  | 0.00  | 1.00  | 3.00  | 8.00  | 12.00 | 15.00 | 18.00 | <b>35.00</b> |