



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPONER UN SISTEMA SOSTENIBLE SECTORIZADO DE
DRENAJE PLUVIAL URBANO PARA LOS CENTROS POBLADOS
DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA DE LA CIUDAD DE PUNO-2019.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHON BORIS FORAQUITA CAHUANA

Bach. ANGEL ANDRES ARRIAGA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis padres y amigos Lucio Leónidas Foraquita Yujra y Carmen Rosa Cahuana Mamani quienes supieron orientarme, apoyarme y dedicarme su tiempo, por los consejos y palabras de aliento, muchas gracias los amo mucho.

A Angel por sus buenos valores y empeño en esta aventura.

De: Boris



DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento dedicarles esta tesis:

A mi madre Angela Choque Huallpa y a mi padre Hugo Raúl Arriaga Ortega, por su ejemplo, dedicación y apoyo incondicional en todo momento de mi vida. Por todo el esfuerzo que realizaron para que pueda culminar mis estudios en esta digna profesión, los amo mucho.

A mis hermanas Diana y Andrea, por siempre acompañarme y poder contar con ellas, espero poder brindarles inspiración como hermano mayor para que cumplan sus metas.

A mi amigo Boris por la paciencia y cooperación con el presente proyecto de investigarlo.

De: Angel.



AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a nuestra alma mater “Universidad Nacional del Altiplano” por brindarnos la oportunidad de estudiar y desarrollarnos profesionalmente.

Damos gracias al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y al Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca por brindarnos información que era valiosa para la presente investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por transmitirnos sus conocimientos y experiencias como profesionales.

Damos gracias al Ingeniero Edgar Hurtado Vidal Chávez por ser nuestro guía en esta investigación brindándonos su tiempo y sus conocimientos.

Damos gracias al Jurado calificador por ser justo e imparcial, lo cual dice mucho de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNA-PUNO.

Damos gracias a nuestras familias, por estar ahí presentes en todo momento y ser quienes nos impulsan a ser buenos ciudadanos y profesionales que contribuyan a la sociedad con valores y conocimientos.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN14

ABSTRACT15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA16

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA17

1.2.1. Problema General17

1.2.2. Problema Especifico17

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN17

1.3.1. Hipótesis General17

1.3.2. Hipótesis Especificas17

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO17

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....19

1.5.1. Objetivo General19

1.5.2. Objetivos Específicos19

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO.....20

2.1.1. Antecedentes del proyecto de investigación20

2.2. MARCO CONCEPTUAL.....25

2.2.1. Bases teóricas25

2.2.2. Agua, ciudades y financiamiento72

2.2.3. Gestión integral de aguas urbanas78

2.2.4. El desarrollo de infraestructura verde.....86



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	95
3.1.1. Estudio de las cuencas hidrográficas de Salcedo y Jayllihuaya	95
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	100
3.2.1. Metodología de la Investigación	100
3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL USADO	100
3.3.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos	100
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	102
3.4.1. Población de la investigación.....	102
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	103
3.5.1. Plan de tabulación de datos	103
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	106
3.6.1. Procesamiento y análisis de datos	106
3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	117
3.7.1. Análisis de la precipitación efectuada en las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya	117
3.7.2. Origen de las precipitaciones en las cuencas de estudio.....	117
3.7.3. Determinación de la precipitación en las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya....	119
3.8. CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CUENCA DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA	119
3.8.1. Cálculo y diseño de la red de drenaje pluvial de la cuenca de Salcedo por sectores	120
3.8.2. Cálculo y diseño de la red de drenaje pluvial de la cuenca de Jayllihuaya por sectores	148
3.8.3. Cálculo y Diseño de zanjas de infiltración.....	169
3.8.4. Diseño del canal	174
3.8.5. Metrados, presupuesto y análisis de costos unitarios	175
3.8.6. Presupuesto del drenaje pluvial urbana	180
3.8.7. Análisis de costos unitarios.....	181



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.RESULTADOS	190
4.2. DISCUSIÓN	192
V. CONCLUSIONES	193
VI. RECOMENDACIONES	194
VII. REFERENCIAS.....	195
ANEXOS.....	197
ANEXO A	198
ANEXO B	210
ANEXO C	211

TEMA: Drenaje urbano

ÁREA: Hidráulica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica y medio ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de enero del 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Relación entre el desarrollo humano y los factores económicos, del consumo y los productivos.	25
Figura N° 2: Estrategia mundial para la conservación	26
Figura N° 3: Tendencias actuales que apuntan a la Sustentabilidad del Sistema de Drenaje Urbano	33
Figura N° 4: Digitalización de una cubierta verde.....	34
Figura N° 5: Pavimento adoquinado con drenaje pluvial longitudinal	35
Figura N° 6: Vía entre dos franjas filtrantes con cubierta vegetal.....	35
Figura N° 7: Zanja de infiltración en construcción.....	36
Figura N° 8: Constitución de un dren drenante	36
Figura N° 9: Dren sostenible verde.....	37
Figura N° 10: Depósito artificial.....	37
Figura N° 11: Depósito de detención	38
Figura N° 12: Depósito de detención	38
Figura N° 13: Estanque de retención.....	39
Figura N° 14: Humedal fuera de la zona urbana.....	39
Figura N° 15: Descripción de la cuenta y sus parámetros según su clasificación	42
Figura N° 16: Representación de la curva hipsométrica.	42
Figura N° 17: Representación gráfica de las fases de una cuenca.	43
Figura N° 18: Relación entre la precipitación y el escurrimiento total.....	51
Figura N° 19: Esquemmatización del tiempo de concentración.....	58
Figura N° 20: Esquemmatización de las pendientes para drenaje pluvial.....	62
Figura N° 21: Sistema de distribución de agua potable	76
Figura N° 22: Servicio de saneamiento.....	76
Figura N° 23: Evacuación de aguas pluviales	77
Figura N° 24: Gestión Integral de Aguas Urbanas para Ciudades Verdes.....	78
Figura N° 25: Gestión tradicional del agua para ciudades	85
Figura N° 26: Gestión integral de aguas urbanas para ciudades verdes.....	86
Figura N° 27: Planos de curvas de nivel de las cuencas Salcedo y Jayllihuaya	95
Figura N° 28: Cuenca de Salcedo	97
Figura N° 29: Cuenca de Jayllihuaya.....	98
Figura N° 30: Curva hipsométrica de la cuenca de Salcedo.....	99
Figura N° 31: Curva hipsométrica de la cuenca de Jayllihuaya.	99
Figura N° 32: Localización de la estación meteorológica Puno.....	101
Figura N° 33: Polígono de Thiessen	112
Figura N° 34: Curvas I-D-F.....	114
Figura N° 35: Hietograma para tiempo de retorno 50 años.....	117
Figura N° 36: Nubosidad en la ciudad de Puno Forma de la precipitación en las cuencas de estudio.....	118
Figura N° 37: Probabilidad diaria de precipitación S	119
Figura N° 38: Fotografía satelital del sector-A. S.....	120
Figura N° 39: Fotografía panorámica del sector-A.....	121
Figura N° 40: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-A (ver plano S-02).....	125
Figura N° 41 : Fotografía satelital del sector-B.....	126



Figura N° 42: Fotografía panorámica del sector-B.	126
Figura N° 43: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-B (ver plano S-03).	132
Figura N° 44: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-B' (ver plano S-03).....	132
Figura N° 45: Fotografía satelital del sector-C.	133
Figura N° 46: Fotografía panorámica del sector-C.	133
Figura N° 47: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-C (ver plano S-04)	137
Figura N° 48: Fotografía satelital del sector-D.	138
Figura N° 49: Fotografía panorámica del sector-D.	138
Figura N° 50: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-D (ver plano S-05).	142
Figura N° 51: Fotografía satelital del sector-E.	143
Figura N° 52: Fotografía panorámica del sector-E.	143
Figura N° 53: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-E (ver plano S-06).	147
Figura N° 54: Fotografía satelital del sector-F.	148
Figura N° 55: Fotografía panorámica del sector-F.	148
Figura N° 56: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-F (ver plano J-02).	152
Figura N° 57: Fotografía satelital del sector-G.	153
Figura N° 58: Fotografía panorámica del sector-G.	153
Figura N° 59: Ubicación de colectores y tuberías en el sector G (ver plano J-03).	157
Figura N° 60: Fotografía satelital del sector-H.	158
Figura N° 61: Fotografía panorámica del sector-H.	158
Figura N° 62: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-H (ver plano J-04).	162
Figura N° 63: Fotografía satelital del sector-I.	163
Figura N° 64: Fotografía panorámica del sector-I.	163
Figura N° 65: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-I (ver plano J-05).	168
Figura N° 66: Curva de velocidad de infiltración.	169
Figura N° 67: Velocidad de infiltración.	171
Figura N° 68: Detalle transversal de zanja sector-E.	173
Figura N° 69: Ubicación de las zanjas de infiltración sector-E.	173
Figura N° 70: Detalle transversal de zanja sector-B.	173
Figura N° 71: Ubicación de las zanjas de infiltración sector-B.	174



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Temas analizados por los indicadores de desarrollo sostenible	29
Tabla N° 2: Periodo de retorno de diseño recomendado para estructuras menores.....	55
Tabla N° 3: Valores de “n” de Horton para las fórmulas de Kutter y de Manning	56
Tabla N° 4: Coeficiente de rugosidad n.	63
Tabla N° 5: Diámetros mínimos para tuberías de drenaje pluvial	65
Tabla N° 6: Coeficientes de Manning para tuberías de drenaje pluvial.....	66
Tabla N° 7: Velocidades máximas para tuberías de alcantarillado pluvial.	67
Tabla N° 8: Los diez riesgos globales de mayor preocupación en 2014.....	73
Tabla N° 9: Inversiones requeridas y metas para cerrar la brecha de infraestructura de agua en América Latina para 2030.....	77
Tabla N° 10: Parámetros morfométricos de la cuenca Jayllihuaya.....	96
Tabla N° 11: Parámetros morfométricos de la cuenca Jayllihuaya.....	97
Tabla N° 12: Cálculo de porcentaje acumulado según altitud promedio.	98
Tabla N° 13: Cálculo de porcentaje acumulado según altitud promedio	99
Tabla N° 14: Relación técnica instrumento.	101
Tabla N° 15: Precipitación máxima en 24 horas en mm. Estación Puno.	104
Tabla N° 16: Precipitación máxima en 24 horas en mm. Estación Yanarico.....	104
Tabla N° 17: Precipitación máxima en 24 horas en mm, Estación Laraqueri.....	105
Tabla N° 18: Precipitación máxima en 24 horas en mm, Estación Isla Taquile.....	105
Tabla N° 19: Hoja de Cálculo para la estación de Puno.....	106
Tabla N° 20: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Puno.	107
Tabla N° 21: Hoja de Cálculo para la estación de Yanarico.	107
Tabla N° 22: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Yanarico. ...	108
Tabla N° 23: Hoja de Cálculo para la estación de Laraqueri.....	108
Tabla N° 24: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Laraqueri. .	109
Tabla N° 25: Hoja de Cálculo para la estación de Isla Taquile.	109
Tabla N° 26: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Isla Taquile.	110
Tabla N° 27: Coeficientes para relación de duraciones, en horas.....	110
Tabla N° 28: Precipitación máxima diaria para Puno	110
Tabla N° 29: Precipitación máxima diaria para Yanarico	111
Tabla N° 30: Precipitación máxima diaria para Laraqueri.	111
Tabla N° 31: Precipitación máxima diaria para la Isla Taquile.....	111
Tabla N° 32: Precipitación máxima diaria distribuida por polígonos de thiessen.	112
Tabla N° 33: Intensidad – Duración – Frecuencia por el método de thiessen.....	113
Tabla N° 34: Cálculo de coeficiente de regresión.....	113
Tabla N° 35: Cálculo de regresión potencial para un periodo de retorno de 50 años... 114	114
Tabla N° 36: Tabla Intensidad – Duración - Frecuencia.....	114
Tabla N° 37: Valores de Intensidad para curvas I-D-F.	115
Tabla N° 38: Datos para hietograma periodo de retorno 50 años.....	116
Tabla N° 39: Hoja de cálculo para hietograma con periodo de retorno 50 años.	116
Tabla N° 40: Longitud y pendiente de tramos de tuberías del sector-A.	121
Tabla N° 41: Coeficientes de escorrentía según la tabla 1a.....	122
Tabla N° 42: Área tributaria del sector-A.	122
Tabla N° 43: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias del sector-A.	122



Tabla N° 44: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.....	123
Tabla N° 45: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-A.	125
Tabla N° 46: Longitud y pendientes en los tramos de tuberías del sector-B, ramal 1. .	127
Tabla N° 47: Longitud y pendiente de los tramos de tuberías del sector-B, ramal 2....	128
Tabla N° 48: Área tributaria del sector-B.....	128
Tabla N° 49: Área tributaria del sector-B.....	129
Tabla N° 50: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	129
Tabla N° 51: Cálculo de los diámetros de las tuberías del primer sub sistema de drenaje pluvial del sector-B.	131
Tabla N° 52: Cálculo de los diámetros de las tuberías del segundo sub sistema de drenaje pluvial del sector-B'.....	131
Tabla N° 53: Longitud y pendiente de tramos de las tuberías del sector-C.	134
Tabla N° 54: Áreas tributarias del sector-C.....	135
Tabla N° 55: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias del Sector C.	135
Tabla N° 56: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	135
Tabla N° 57: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-C.....	137
Tabla N° 58: Longitud y pendiente de los tramos de tubería del sector-D.	139
Tabla N° 59: Áreas tributarias del sector-D.	140
Tabla N° 60: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-D.....	140
Tabla N° 61: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	140
Tabla N° 62: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-D.	142
Tabla N° 63: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-E, ramal 1.....	144
Tabla N° 64: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-E, ramal 2.....	144
Tabla N° 65: Áreas tributarias de sector-E.....	145
Tabla N° 66: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-E.	145
Tabla N° 67: Ponderación de los coeficientes de escorrentía sector-E.	145
Tabla N° 68: Cálculo de los diámetros de las tuberías del primer sub sistema de drenaje pluvial del sector-E.....	147
Tabla N° 69: Cálculo de los diámetros de las tuberías del segundo sub sistema de drenaje pluvial del sector-E.	147
Tabla N° 70: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-F.....	149
Tabla N° 71: Áreas tributarias del sector-F.	150
Tabla N° 72: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-F.	150
Tabla N° 73: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	150
Tabla N° 74: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-F.	152
Tabla N° 75: Longitud y Pendiente de tramos de tubería del sector-G.....	154
Tabla N° 76: Áreas tributarias sector-G.	154
Tabla N° 77: Coeficiente de escorrentía para las áreas tributarias Sector G.....	155
Tabla N° 78: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	155
Tabla N° 79: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-G.	157
Tabla N° 80: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-H.....	159
Tabla N° 81: Áreas tributarias del sector-H.	160



Tabla N° 82: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias.	160
Tabla N° 83: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	160
Tabla N° 84: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-H.	162
Tabla N° 85: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-I.	164
Tabla N° 86: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-I'.	164
Tabla N° 87: Áreas tributarias sector-I.	165
Tabla N° 88: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-I.	165
Tabla N° 89: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.	165
Tabla N° 90: Cálculo de los diámetros de las tuberías del primer sub sistema de drenaje pluvial del sector-I.	167
Tabla N° 91: Cálculo de los diámetros de las tuberías del segundo sub sistema de drenaje pluvial del sector-I'.	167
Tabla N° 92: Velocidad de infiltración.	169
Tabla N° 93: Cálculo del volumen de la zona de impluvio.	170
Tabla N° 94: Volumen de zanjas.	170
Tabla N° 95: Volumen de infiltración.	170
Tabla N° 96: Análisis de volúmenes	170
Tabla N° 97: Velocidad de infiltración sector-B	171
Tabla N° 98: Cálculo de volumen en la zona de impluvio	172
Tabla N° 99: Volumen de zanjas.	172
Tabla N° 100: Volumen de infiltración.	172
Tabla N° 101: Análisis de volumen.	172
Tabla N° 102: Hoja de cálculo de parámetros de Manning.	174



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ASTM	: American Society of Testing Materials
AWWA	: American Water Works Association
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo
CAF	: Corporación Andina de Fomento
DIN	: Deutsches Institut für Normung
EIA	: Evaluación de Impacto Ambiental
GIAU	: Gestion integral de aguas urbanas
HU	: Hidrograma Unitario
IWA	: International Water Association
NTP	: Normas Técnicas Peruanas
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONG	: Organizaciones No Gubernamentales
ONU	: organización de las Naciones Unidas
OS	: Obras de Saneamiento
PEBLT	: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca
SCS	: Soil Conservation Service
SUDS	: Sistema Urbano de Drenaje Sostenible
UICN	: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNEP	: United Nations Environment Programme
USD	: United States Dollars
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
WEF	: World Economic Forum



RESUMEN

Los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya por las características de su ubicación en la zona de sierra se ve afecta por fuertes y constantes precipitaciones pluviales desde el mes de septiembre hasta abril, lo que provoca inundaciones en las vías urbanas y en muchos casos originando el colapso de las tuberías del servicio de sistema de desagüe, ocasionando la contaminación de las aguas pluviales en la zona, los cuales escurren en la bahía interior del lago Titicaca y generando por tanto una contaminación a nivel poblacional en su recurso hídrico; por lo cual se desarrolla la propuesta de un sistema sostenible de drenaje pluvial urbano para su posible aplicación a nivel local, ya que en estos centros poblados no existe ninguna red de drenaje pluvial existente. La información brindada fue solicitada de las entidades correspondiente (SENAMHI y PEBLT), lo cual permite la correcta aplicación de los datos meteorológicos en el estudio de microcuencas para un estudio efectivo, adecuado y veraz de las aguas pluviales de los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya. Se analizaron los datos meteorológicos usando un periodo de retorno para 50 años, teniendo una intensidad de 50.17 mm/hr con una duración de tormenta de 180 min; se sectorizo en diez partes, siendo su codificación en letras que empieza desde la A y termina en la letra I, las cuales tienen su propio diseño de tuberías con diferentes caudales y diámetros, donde se tomaron los criterios de la Norma OS. 060; para culminar se diseñaron zanjias de infiltración para las zona donde la evacuación de las aguas pluviales sean de difícil evacuación por gravedad.

Palabras claves: Datos meteorológicos, drenaje pluvial urbano, método racional, zanja de infiltración, Diseño de curvas IDF.



ABSTRACT

The population centers of Salcedo and Jayllihuaya, due to the characteristics of their location in the Sierra area, are affected by strong and constant rainfall from September to April, which causes flooding in urban roads and in many cases causing collapse. of the pipes of the drainage system service, causing the contamination of the rainwater in the area, which run off into the interior bay of Lake Titicaca and therefore generating population-level contamination of its water resource; For this reason, the proposal of a sustainable urban pluvial drainage system is developed for its possible application at the local level, since in these populated centers there is no existing pluvial drainage network. The information provided was requested from the corresponding entities (SENAMHI and PEBLT), which allows the correct application of meteorological data in the study of micro-basins for an effective, adequate and truthful study of the rainwater of the populated centers of Salcedo and Jayllihuaya. Meteorological data were analyzed using a return period of 50 years, having an intensity of 50.17 mm / hr with a storm duration of 180 min; It is divided into ten parts, being its coding in letters that starts from A and ends in letter I, which have their own design of pipes with different flow rates and diameters, where the criteria of the OS Standard were taken. 060; to finish, infiltration ditches were designed for the areas where the drainage of rainwater is difficult to evacuate by gravity.

Keywords: Meteorological data, urban storm drainage, rational method, infiltration ditch, IDF curve design.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El centro poblado de Salcedo fue destinado como área industrial y una parte a viviendas, pero debido a la demanda de hogares muchas personas invadieron e interrumpieron la planificación que venía desarrollándose, y el centro poblado de Jayllihuaya era un centro de producción agropecuario y crianza de animales, pero debido al mismo problema los propietarios de dicha zona lotizaron y vendieron las superficies que les correspondían con el temor que personas inescrupulosas se los arrebaten. Por estos problemas el desarrollo de estos centros poblados fue acelerados y muy poco planificados, después de muchos años las consecuencias resaltaron la realidad, y una de ellas es la inundación de sectores dentro de cada centro poblado a consecuencia de las precipitaciones pluviales, la cual escurre sobre la superficie de vías pavimentadas, lo que genera que aumente el escurrimiento superficial y se inunde en sectores donde las condiciones topográficas no permiten que estas aguas escurran hacia el Lago Titicaca y además de perder la permeabilidad natural de sus suelos. Estos problemas generar una mala calidad de vida en los pobladores porque no pueden circular libremente por los sectores que se inundan asimismo estas aguas pluviales que no fueron drenadas se acumulan (aguas estancadas) y se deterioran lo que causa un peligro de salubridad en los peatones. Para finalizar, se observa que muchos pobladores conectan sus drenajes pluviales de sus hogares al sistema sanitario de la red pública lo que ocasiona el colapso de este.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿La propuesta de un drenaje pluvial urbano para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno será sostenible y sectorizado?

1.2.2. Problema Especifico

- ¿Qué precipitaciones pluviales tendrán incidencia en el análisis de las microcuencas de los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno?
- ¿La sectorización de áreas vulnerables a una inundación en los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno será eficaz?
- ¿El sistema de drenaje pluvial para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno será eficiente y sostenible?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General

- El sistema sostenible sectorizado de drenaje pluvial urbano es efectivo para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno.

1.3.2. Hipótesis Especificas

- Las precipitaciones pluviales tendrán incidencia en el análisis de las microcuencas de los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno.
- La sectorización de áreas vulnerables a una inundación en los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya es eficaz de la ciudad de Puno.
- El sistema sostenible de drenaje pluvial es eficiente para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El incremento de la contaminación de los recursos hídricos a nivel mundial en los últimos años es debido a las actividades del ser humano que llegó a un punto crítico donde



cualquier cambio puede agravarla aún más. En Perú mediante el Ministerio del Ambiente quien asegura el uso sostenible, la conservación de los recursos naturales y la calidad ambiental para el beneficio de sus ciudadanos.

El aumento de la población y el constante crecimiento de las áreas urbanas generan cambios en su medio ambiente, suscitando alteraciones en las estaciones climáticas, específicamente en la temporada de lluvias, variando en sus intensidades y frecuencias, que van a generar inundaciones urbanas y contaminación de aguas pluviales. En los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno no existe un sistema de drenaje pluvial urbano, solamente cuenta con el tratamiento de las microcuencas a nivel de sus ríos principales dentro del área urbana, donde se dan casos en que la población realiza conexiones ilegales de sus descargas de aguas pluviales al sistema de desagüe, lo que ocasiona el cambio del objetivo del sistema de aguas residuales, lo que genera problemas en las partes bajas del centros poblados, que son las inundaciones de vías y la colmatación de las tuberías de desagüe ya que las tapas de buzones no están selladas herméticamente y están al nivel de las vías; lo que afecta la calidad de vida de las personas y agrava la contaminación de los recursos hídricos.

Los elementos actuales de transporte de aguas pluviales son ineficientes, ya que estas no están diseñadas para formar parte de un sistema integrado, además las políticas municipales no se aplican en la actualidad, por lo tanto, los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya están limitados por la carencia de un sistema de drenaje pluvial urbano lo cual dificulta convertirse en zonas urbanas sostenibles.

Ante esta realidad se considera necesario la implementación de un sistema sostenible de drenaje pluvial urbano, lo cual ayudara a reducir y controlar los problemas



causados por el exceso de escorrentía, además de contribuir con proyectos sostenibles y socialmente viables que ayudara a mejorar la calidad de vida.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

- Propuesta de un sistema sostenible sectorizado de drenaje pluvial urbano para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno - 2019.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar los datos de registros pluviales en las cuencas de los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno.
- Sectorizar y analizar las áreas urbanas dentro de las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno.
- Diseñar el sistema sostenible de drenaje pluvial y obras de infiltración necesarias para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes del proyecto de investigación

- Antecedentes a nivel local
 - Sardón Meneses, 2016, realizó el estudio de “Percepción en las organizaciones vecinales de la ciudad de Juliaca sobre la sostenibilidad del sistema de drenaje de aguas pluviales”, Puno, Universidad Nacional del Altiplano, ante la problemática que el único cauce que atraviesa la ciudad de oeste a este es el río Torococha, el mismo que constituye el único sistema de drenaje natural, al cual se han conectado canales construidos artesanalmente desde las pequeñas quebradas, los pobladores han montado un conjunto de canales provisionales en tierra, en otros casos han rellenado sus calles con material de préstamo a fin de levantar la rasante y evitar las inundaciones, tal hecho imposibilitó la pavimentación de sus calles, deterioro de sus vías, obstaculización del normal desarrollo de las actividades públicas, comerciales, productivas lo cual afectó la salud de los pobladores, por ende se plantearon los objetivos de analizar el conocimiento de sus organizaciones, determinar sus actitudes y conocer las expectativas sobre la sostenibilidad del funcionamiento del drenaje de aguas pluviales de la ciudad de Juliaca en el año 2014. Concluyó que 70.10% no conoce el funcionamiento de su sistema de drenaje pluvial, 91.30% está de acuerdo en la realización de un proyecto de drenaje pluvial al mismo tiempo opinan que va a incrementar el nivel de vida y va ser un aporte significativo para el futuro.



- Antecedentes a nivel nacional
 - Lima Apaza & Quispe Chipa, 2018, hicieron la “Evaluación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de alto libertad, Arequipa”, Universidad Nacional de San Agustín, los periodos de precipitación de gran intensidad y corta duración, debido a la forma del relieve que posee, uno de los problemas causados por dichas precipitaciones en el medio urbano son las inundaciones que se dan regularmente en determinadas zonas. Generan problemas de colapso de tuberías debido a que la mayoría de casos las aguas pluviales son evacuadas hacia dichas tuberías lo cual genera que se sobrepase su capacidad por lo que todo su contenido fluya hacia la vía pública. El objetivo es diseñar un sistema de drenaje urbano sostenible aplicando una técnica de drenes filtrantes pertenecientes a la SUDS, para captar el agua proveniente de las precipitaciones. Al utilizar este método de drenes filtrantes se concluyó una reducción en la contaminación de las aguas en un 88%, es muy importante a considerar su eficiencia y capacidad, además de solo considerar el agua de lluvia como un problema a resolver cada año y en estos tiempos de cambio climático no es una buena idea desecharlo sin darle uso.
 - Cuti Merma, 2018, realiza el estudio del “Drenaje pluvial urbano en la localidad de Espinar, provincia de Espinar, región Cusco”, Arequipa, Universidad Nacional de San Agustín. En la última década la ciudad de Espinar ha experimentado un acelerado desarrollo, esto ha propiciado que se modifique el uso y destino del suelo, así mismo el crecimiento desorganizado presenta graves perjuicios durante las épocas de lluvias. La urbanización de los campos ha originado la disminución de la infiltración natural de agua pluvial al subsuelo y ha generado un aumento significativo de caudales de escurrimiento pluviales, con los problemas de



inundaciones en algunas zonas de uso habitacional e industrial. La sobrecarga pluvial propicia inundaciones generalmente en zonas topográficamente bajas y ocasiona la frecuente interrupción de servicios públicos. Durante los meses de alta precipitación pluvial los pobladores viven en condiciones inadecuadas, ya que la transitabilidad vehicular se torna desfavorable y propensos a constantes accidentes, además la circulación peatonal es imposible. Se propone como objetivo optimizar el manejo racional del agua de lluvia en la ciudad de Espinar para evitar daños en las edificaciones y obras públicas, tales como pistas, redes de aguas y desagüe entre otras.

- Vásquez Berrios, 2016, elaboró el “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial urbano para la urbanización nueve de abril y sector Los Jardines, distrito de Tarapoto, provincia y región de San Martín”, Tarapoto, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, En el año 2016 la área de influencia del proyecto en mención no contaba con un buen sistema de drenaje ni pavimentación de la vía, y que el sistema de drenaje superficial se encuentra en condiciones inadecuadas tal que en algunos tramos presenta zanjas profundas y en otros tramos las cunetas y alcantarillas existentes se encuentran lleno de malezas y basura, generando malos olores que afecta la salud y tranquilidad de los pobladores. Ante el considerable crecimiento urbano que se está viviendo y el aumento de área techada y la disminución de áreas verdes, a consecuencia de esto urge la necesidad de implementar un sistema de drenaje adecuado para las calles de la ciudad. El objetivo es el diseño hidráulico y estructural del sistema de alcantarillado pluvial urbano. Se concluye que la topografía es uno de los factores importantes para el dimensionamiento de las estructuras proyectadas, el comportamiento del suelo sirvió para proyectar la profundidad de las alcantarillas, además de evaluar entre



dos alternativas se seleccionó la que tenga mejores condiciones técnicas de geometría y funcionamiento hidráulico.

- Morales Cabello, 2014, estudio las “Estructuras de drenaje sustentable para elaborar proyectos de drenaje pluvial urbano – aplicando al barrio de Sumbre – Angola”, Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, el desarrollo urbano altera el ciclo hidrológico preexistente en la zona donde se desarrolla la urbanización, se modifica el proceso de transformación lluvia-escorrentía, porque la actividad urbanística incrementa las áreas impermeables, generándose inundaciones dentro de la ciudad. Por lo cual se planteó como objetivo principal analizar el reglamento de drenaje pluvial urbano con referente a las estructuras de drenaje sustentable de Porto Alegre y compararlas con la norma peruana. Se concluyó que las normativas peruanas aún son deficientes para este tipo de proyectos.
- Antecedentes a nivel internacional
 - García Hernández, Montoya López, & Rodríguez Hernández, 2013 , elaboraron el “Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de la Concepción-Masaya”, Managua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, observaron que la problemática en época de invierno es afectado por las constantes inundaciones que se produce por falta de un buen sistema de drenaje pluvial que evacue las aguas hacia una zona segura de descarga, sobresaltando la inundación de la calle principal que es de una longitud de 1 022 km, este escurrimiento excedente es aportado por cuatro barrios, es debido a la topografía, las pendientes de los tramos de las calles son muy pronunciadas los cuales alcanzan grandes velocidades lo cual genera daños en las calles y atraso en los peatones. Se propusieron diseñar un sistema de drenaje, tomando en cuenta el diagnostico físico-estructural del drenaje pluvial. Llegaron a la conclusión de que el financiamiento y



la construcción traerá beneficios a los diferentes sectores además de mejorar la calidad de vida y generando el desarrollo de la comunidad.

- Martínez Candelo, 2013, desarrollo los “Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) como alternativa de control y regulación de las aguas lluvias en la ciudad de Palmira”, Bogotá D.C., Universidad Militar de Nueva Granada, debido a los procesos de crecimiento y expansión de las ciudades traen consigo una serie de cambios y alteraciones de las condiciones naturales al aumentar las superficies impermeables lo cual genera problemas con el drenaje y la gestión de las aguas lluvias debido al aumento en los caudales de escorrentía, que se agudizan con la limitada capacidad de los colectores existentes, y el aumento en las intensidades de lluvias, traducido en inundaciones y pérdidas económicas para las comunidades. Plantea su objetivo de una alternativa para el control y regulación basados en conceptos y filosofías de los sistemas urbanos de drenaje sostenible. En conclusión, las técnicas no convencionales dieron respuesta a los problemas asociados.
- Gálvez Álvarez, 2004, desarrollo la “Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa”, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, observo que las aguas pluviales se conducen a través de las calles hasta desfogar en pequeños zanjones que se han formado en la periferia del lugar, debido a esto algunas calles tienen pendientes muy pronunciadas y las aguas adquieren grande velocidades, erosionándolas y esto causa problemas para el tránsito de vehículos así como para los peatones. Se planteó la planificación y diseño de un sistema de drenaje pluvial, el cual satisfaga las necesidades de su población. Tenemos por conclusión que el drenaje pluvial ayudara a evitar la erosión de las calles del pueblo, además de brindar a los habitantes oportunidades laborales.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Bases teóricas

- Sistema sostenible
 - Definición de sostenibilidad

Según Mokate (2001), la palabra sostener, significa sustentar, mantener firme una cosa, que viene del latín sub, que significa desde abajo, y tenere, que significa tener elevado. La definición más amplia de la sostenibilidad resulta tautológica: la sostenibilidad es la capacidad de mantenerse o sostenerse. Una iniciativa es sostenible si persiste en el tiempo (p.40).

- Discusión entre sostenibilidad y sustentabilidad

Las tendencias ecológicas orillan a mencionar una de las dos definiciones, pero los autores López Ricalde, López Hernández , & Ancona Peniche (2005), investigaron que en los años setenta podría decirse que comenzó este debate, partiendo en principio del concepto de desarrollo humano y su relación con los aspectos económicos, productivos y de consumo, y sobre todo esta vinculación antagónica de crecimiento económico y el uso de los recursos naturales discutidas en las reuniones preparatorias a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (UNEP), realizada en Estocolmo, Suecia en 1972 (p.4).

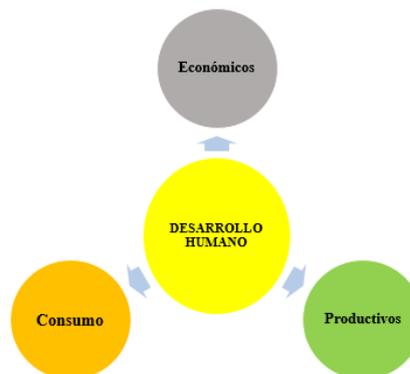


Figura N° 1: Relación entre el desarrollo humano y los factores económicos, del consumo y los productivos.

FUENTE: Conferencia de Naciones Unidas, 1972, p.4

Posteriormente en 1980, la Estrategia Mundial para la Conservación preparada por la UICN, en la sección “Hacia el desarrollo Sustentable” identifica las principales causas de la pobreza y destrucción de los hábitats, presión demográfica inequidad social y los términos del comercio. Y convoca a una nueva Estrategia Internacional de Desarrollo con objetivos para reajustar las inequidades, aplicando una economía más dinámica y estable a nivel mundial, estimulando el crecimiento económico y oponiéndose a los peores impactos de pobreza, esta Estrategia Mundial de Conservación, puntualizaba la sustentabilidad en términos ecológicos, pero con muy poco énfasis en el desarrollo económico y contemplaba tres prioridades: el mantenimiento de los procesos ecológicos, el uso sostenible de los recursos y el mantenimiento de la diversidad genética (López et al., 2005,p.4).

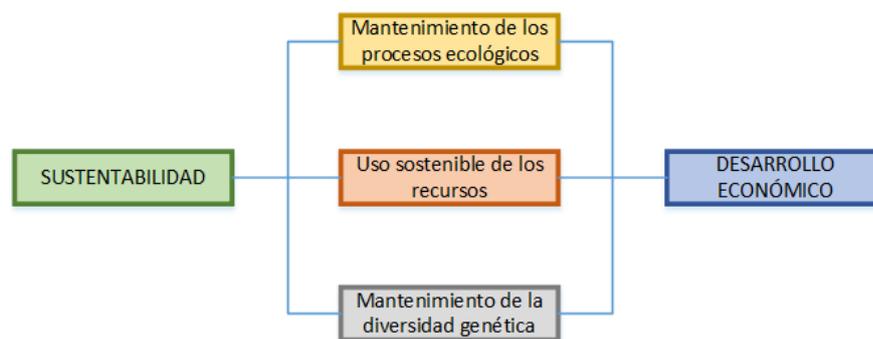


Figura N° 2: Estrategia mundial para la conservación

FUENTE: UICN

López et al. (2005), comenta que posteriormente en 1983 la ONU estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, liderada por la señora Gro Brundtland, quien fuera Primera Ministra Noruega. Del grupo de trabajo, conocido como Comisión Brundtland, inició diversos estudios, debates y audiencias públicas en los cinco continentes durante casi tres años, los cuales culminaron en abril de 1987, con la publicación del documento llamado “Nuestro Futuro Común” o “Informe Brundtland” (p.4).



En este documento se advertía que la humanidad debía cambiar las modalidades de vida y de interacción comercial, si no deseaba el advenimiento de una era con niveles de sufrimiento humano y degradación ecológica inaceptables, habrá que aclarar que el informe es un documento político básico, que refleja, la opinión de 21 políticos, científicos y ecologistas prominentes (Boada & Toledo, 2003).

Entonces los investigadores López et al. (2005), describen que en el año 1987, se desarrolló el concepto de “Desarrollo sostenible” que se convirtió en una aspiración internacional, ya que en el informe Brundtland (o Nuestro futuro común) plantea el concepto quizás más difundido y aceptado sobre el desarrollo sostenible, como: “... aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer las opciones de las necesidades futuras... ”, es decir, no agotar, ni desperdiciar los recursos naturales, y tampoco lesionar el medio ambiente, ni a los seres humanos. Como se desprende de dicho concepto, no se pretende la no utilización de recursos, sino un uso coherente de los mismos. Esta coherencia consiste en compatibilizar el progreso económico con las necesidades sociales y medioambientales que configuran el bienestar de los ciudadanos. (p.4)

Debió al informe Brundtland, López et al. (2005), explica que la definición de desarrollo sostenible se ha ido ajustando gradualmente al irse incrementando condiciones sociales en donde el ser humano es parte de un sistema y no dueño del mismo, en un proceso que armonice el crecimiento económico, la preservación de los recursos naturales, la reducción del deterioro ambiental, la equidad social todo en un contexto de gobernabilidad política en todos los niveles, local, regional, nacional y global (p.4).

Entonces podemos deducir que el Desarrollo Sostenible se enfoca desde tres puntos, que son: el social, el económico y el ecológico y se considera que para que sea



sostenible debe continuar indefinidamente por lo que se propone mecanismos para elevar la calidad de vida de la población además de conservar y restaurar los recursos naturales, mantener los procesos ecológicos, la diversidad biológica, la equidad de género, de raza, de credo, la distribución responsable de los recursos, etc., lo que implica cambio de actitudes, aspectos éticos, educativos, conciencia, responsabilidad y un compromiso de todos los grupos sociales que habitan el planeta (López et al., 2005, p.6).

- Dimensiones de desarrollo sostenible
- Dimensión social

Según Redclift, 1996 (como se citó en Artaraz,2002), la gestión y los conflictos ambientales están relacionados con dos procesos:

- La forma en que las personas dominan la naturaleza y
- La dominación ejercida por algunas personas sobre otras.

Entonces Artaraz (2002) da a entender que la dominación que ejercen los seres humanos sobre el medio ambiente, es algo muy evidente. En cuanto al poder que ejercen los países desarrollados sobre los países en vías de desarrollo debido a las exportaciones de recursos naturales, existe por parte de los primeros sobre los segundos lo que se conoce como deuda ecológica, ya que, si no se consideran las externalidades ni los costos sociales, los precios que pagan los países desarrollados no reflejan el valor real del recurso y su extracción. Además, si se aplica la valoración ambiental en términos de costos y beneficios, es decir, cuantificar la disposición a pagar por la mejora de la calidad ambiental, la diferencia entre países es enorme, ya que "el sustento básico en los países subdesarrollados requiere el sacrificio de la calidad ambiental a favor de la ganancia económica a corto plazo" (p.3).

- Dimensión económica

Artaraz (2002), menciona que la crisis económica internacional de 1973 puso en duda, el modelo económico de crecimiento, que consideraba que la naturaleza ofrecería de forma ilimitada los recursos físicos (materias primas, energía, agua), y, por otro lado, su compatibilidad con la conservación del medio ambiente. Según Redclift 1996 (como se citó en Artaraz,2002), "los efectos externos, entre los que destaca el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono, no son consecuencia de la escasez, sino de la imprudencia e insostenibilidad características de los sistemas de producción" (p.2).

Tabla N° 1: Temas analizados por los indicadores de desarrollo sostenible

	SOCIALES	MEDIO AMBIENTALES	ECONÓMICOS	INSTITUCIONALES
TEMAS	Equidad	Atmósfera	Estructura económica	Sistema institucional
	Salud	Tierra	Sistema institucional	Capacidad institucional
	Educación	Océanos, mares y costas		
	Alojamiento	Agua dulce		
	Crimen	Biodiversidad		
	Población			

FUENTE: Indicator of Sustainable Development: Framework and Methodologies, 2001 (Como se referencio en Artaraz,2002)

- Dimensión ecológica

Artaraz (2002) indica que la sostenibilidad en términos ecológicos supone que la economía sea circular, que se produzca un cierre de los ciclos, tratando de imitar a la naturaleza. Es decir, hay que diseñar sistemas productivos que sean capaces de utilizar únicamente recursos y energías renovables, y no producir residuos, ya que éstos vuelven a la naturaleza (p.4).

En el Sexto Programa Marco Comunitario se cita por primera vez el término Política de Productos Integrada, y según se analiza en el Libro Verde sobre Política de Productos Integrada que elaboró la Comisión de las Comunidades Europeas en 2001,



tiene como objetivo reducir los efectos ambientales de los productos durante su ciclo de vida. Se considera el ciclo vital del producto completo, desde su extracción hasta la gestión final del residuo cuando su vida termina. Esta política se centra en las tres etapas que condicionan el impacto ambiental del ciclo de vida de los productos. Por un lado, la aplicación del principio de "quien contamina paga" a la hora de fijar los precios, para que el productor asuma su responsabilidad integrando en los precios el coste ecológico (Artaraz, 2002, p.4).

- Drenaje pluvial urbano
 - Sistema de Drenaje urbano

Castro Fresco (como se citó en Vásquez Berrios, 2016), indica que se entenderá por sistema de drenaje pluvial urbano un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana; es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos (p.16).

Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente las originadas de las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas, pero discurren a través de la ciudad bien sea por cauces naturales, conductos artificiales simplemente a lo largo de su superficie (Vásquez Berrios, 2016, p.17).

- Drenaje urbano convencional

Morales Cabello (2104), explica que los drenajes urbanos denominado convencionales, se enfocan en plantear únicamente medidas estructurales que busquen la evacuación rápida de las aguas pluviales a un cuerpo receptor, mediante la utilización de



sumideros y redes colectoras. Sin embargo, este enfoque no actúa sobre el origen del problema, la pérdida de la capacidad de infiltración del suelo, las medidas convencionales si bien son efectivas para mitigar las inundaciones, resultan tener elevados costos de implementación, además se debe tener en consideración que las medidas estructurales convencionales como son las cunetas, sumideros, colectores y buzones de registro que generan mayores caudales en los puntos de descarga, causando en algunos casos que estas estructuras no sean capaces de soportar este caudal adicional (p.18).

- Escenario actual de los sistemas de drenaje

La Presidencia de la Nación, 2003 (como se citó en Sardón Meneses, 2016), manifestó que “el proceso de urbanización de las ciudades no sólo produce el impacto de un aumento de los caudales máximos y su frecuencia, provocando inundaciones debido fundamentalmente a la impermeabilización del uso del suelo y a la superación de la capacidad de escurrimiento de conductos y/o canales que integran el Sistema de Drenaje, sino también a un deterioro de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (p.35).

A ello se suman las conexiones ilegales a la red pluvial de líquidos cloacales y/o residuales, desbordes de cámaras sépticas, vertidos al cordón cuneta de residuales de actividades higiénicas en el interior de viviendas, etc. (Sardón Meneses, E., 2016, p.36).

En los países en desarrollo, es común que aún “en tiempo seco” el sistema de drenaje pluvial funcione como vehículo de transporte de líquidos con diferentes niveles y características contaminantes, como las descritas y que pueden ser calificadas como exógenas a los excedentes hídricos generados por las precipitaciones climáticas (Sardón Meneses, E., 2016, p.36).



Dichos aportes pueden tener el carácter de “continuos” o “intermitentes”, según su procedencia, correspondiendo consignar que esta situación se registra, aun cuando los efluentes pluviales y cloacales sean conducidos por sistemas separados, como ocurre en la mayor parte de las localidades, conforme a las regulaciones que rigen para el desarrollo de planes de saneamiento urbano (Sardón Meneses, E., 2016, p.36).

Esta carga contaminante generada en la cuenca de aporte en tiempo “seco” se adiciona la correspondiente al lavado por escorrentía superficial, durante la ocurrencia de las precipitaciones pluviales, hecho que modifica los conceptos de carga contaminante que terminan impactando a los cuerpos receptores (Sardón Meneses, E., 2016, p.36).

En los países desarrollados, si bien el impacto de conexiones clandestinas o vertidos ilegales de residuos y sedimentos en el Sistema de Drenaje, se encuentra mucho más rígidamente controlado, y la gestión de los servicios de saneamiento y de residuos sólidos alcanza un grado de cobertura y eficiencia que reduce la probabilidad de ocurrencia de aportes contaminantes al Sistema originados en dichas fuentes, el tratamiento de la contaminación transportada a los cursos receptores, originadas en fuentes “difusas” constituye una preocupación de nuestros tiempos. Estas fuentes de contaminación “no puntual” pueden contribuir en algunos casos con mayores niveles de aporte que las denominada “fuentes puntuales”, por otra parte, mucho más fáciles de identificar. Es decir que, en ciertas situaciones la carga contaminante puede superar la aportada por un efluente cloacal tratado convencionalmente (Sardón Meneses, E., 2016, p.37).

El problema del drenaje urbano en los países en desarrollo resulta, en general, aún más crítico, en cuánto a las carencias que se detectan para el control de las fuentes de

contaminación que inciden en la tendencia a una mayor sustentabilidad del sistema (Sardón Meneses, E., 2016, p.37).

Acorde con lo expresado precedentemente, la concepción moderna a que deben apuntar los estudios ambientales asociados al drenaje urbano se señala en la figura 3 (Sardón Meneses, E., 2016, p.37).

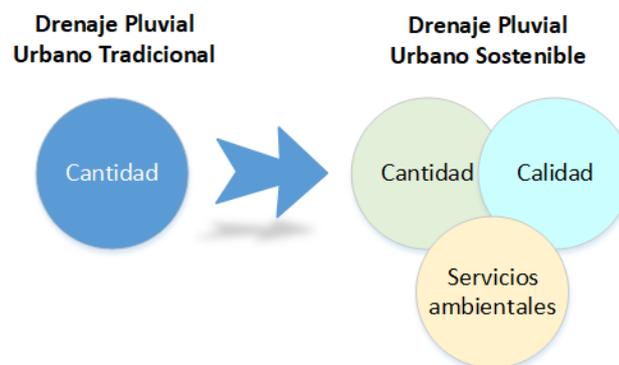


Figura N° 3: Tendencias actuales que apuntan a la Sustentabilidad del Sistema de Drenaje Urbano

FUENTE: Citado en Sardón Meneses,2006

- Clasificación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible

Según los investigadores Perales Momparler, Andrés Domenech, & Fernández Escalante (2008), nos comenta que aún no existe un consenso universal para la clasificación de las diferentes tipologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (ni menos aún para su denominación en castellano), una de las más recurrentes en la literatura es la que se van a mencionar a continuación.

- Medidas estructurales

Para Perales et al. (2008), consideraron como medidas estructurales aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contengan en mayor o

menor grado algún elemento constructivo o supongan la adopción de criterios urbanísticos ad hoc. Las más utilizadas son:

- Cubiertas vegetales (Green-roofs)

Sistemas multicapa con cubierta vegetal que recubren tejados y terrazas de todo tipo. Están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el caudal pico. Además, retienen contaminantes, actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades (Perales et al., 2008, p.6).



Figura N° 4: Digitalización de una cubierta verde

FUENTE: <https://espaciosustentable.com/wp-content/uploads/2016/04/techo-verde-1.jpg>

- Superficies permeables (Porous/Permeable paving)

Pavimentos que permiten el paso del agua a su través, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno o bien sea captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior reutilización o evacuación. Existen diversas tipologías, entre ellas: césped o gravas (con o sin refuerzo), bloques impermeables con juntas permeables, bloques y baldosas porosos, pavimentos continuos porosos (Perales et al., 2008, p.6).



Figura N° 5: Pavimento adoquinado con drenaje pluvial longitudinal

FUENTE:<https://i.pining.com/originals/5e/c7/d6/5ec7d6747ee20a99bf9b3399085e358f.jpg>

- Franjas filtrantes (filter strips)

Franjas de suelo vegetado, ancho y con poca pendiente, localizadas entre una superficie dura y el medio receptor de la escorrentía (curso de agua o sistema de captación, tratamiento, y/o evacuación o infiltración). Propician la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración y disminución de la escorrentía (Perales et al., 2008, p.7).



Figura N° 6: Vía entre dos franjas filtrantes con cubierta vegetal

FUENTE:https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwi88szntYjkAhVEw1kKHdYgARYQjRx6BAgBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.vulka.es%2Fempresa%2Fatlantis-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible_141417.html&psig=AOvVaw09PDsTElkvPAJNdxvSOFZT&ust=1566079631803902

- Pozos y zanjas de infiltración (Soakaways and infiltration trenches)

Pozos y zanjas poco profundos (1 a 3 m) rellenos de material drenante (granular o sintético), a los que vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se conciben como estructuras de infiltración capaces de absorber totalmente la escorrentía

generada por la tormenta de diseño para la que han sido diseñadas (Perales et al., 2008, p.7).



Figura N° 7: Zanja de infiltración en construcción

FUENTE: <https://www.arqhys.com/arquitectura/fotos/arquitectura/Zanjas-drenantes.jpeg>

- Drenes filtrantes o franceses (Filter Drains)

Zanjas poco profundas rellenos de material filtrante (granular o sintético), con o sin conducto inferior de transporte, concebidas para captar y filtrar la escorrentía de superficies impermeables contiguas para transportarlas hacia aguas abajo. Además, pueden permitir la infiltración y la laminación de la escorrentía (Perales et al., 2008, p.7).



Figura N° 8: Constitución de un dren drenante

FUENTE: <http://i2.wp.com/sudsostenible.com/wp-content/uploads/2013/10/2-1.jpg?fit=300%2C263>

- Cunetas verdes (Swales)

Estructuras lineales vegetadas de base ancha ($> 0,5$ m) y talud tendido ($< 1V:3H$) Diseñadas para almacenar y transportar superficialmente la escorrentía. Deben generar bajas velocidades ($< 1-2$ m/s) que permitan la sedimentación de las partículas para una

eliminación eficaz de contaminantes. Adicionalmente pueden permitir la infiltración a capas inferiores (Perales et al., 2008, p.7).



Figura N° 9: Dren sostenible verde

FUENTE: <http://drenajeurbanosostenible.org/wp-content/uploads/2014/05/cuneta-humeda-10.jpg>

- Depósitos de infiltración (Infiltration Basins)

Depresiones del terreno vegetadas diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas. Se promueve así la transformación de un flujo superficial en subterráneo, consiguiendo adicionalmente la eliminación de contaminantes mediante filtración, adsorción y transformaciones biológicas (Perales et al., 2008, p.7).



Figura N° 10: Depósito artificial

FUENTE: <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjNwvvvYjkAhXQqFkKHcz4BEwQjRx6BAgBEAQ&url=http%3A%2F%2Fsudsostenible.com%2Ftipologias-de-las-tecnicas-de-drenaje-urbano-sostenible%2F&psig=AOvVaw0CqnS0qBISVcOrslerqjdA&ust=1566084576066132>

- Depósitos de detención (Detention Basins) en superficie

Depósitos superficiales diseñados para almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía generados aguas arriba, laminando los caudales punta. Favorecen la

sedimentación y con ello la reducción de la contaminación. Pueden emplazarse en “zonas muertas” o ser compaginados con otros usos, como los recreacionales, en parques e instalaciones deportivas (Perales et al., 2008, p.7).



Figura N° 11: Depósito de detención

FUENTE: <http://i1.wp.com/sudsostenible.com/wp-content/uploads/2013/10/Retention-Pond-Seattle-High-Point-Neighborhood-fuente-Clean-Water-America-Alliance.jpg?fit=640%2C360>

- Depósitos de detención (Detention Basins) enterrados

Cuando no se dispone de terrenos en superficie, o en los casos en que las condiciones del entorno no recomiendan una infraestructura a cielo abierto, estos depósitos se construyen en el subsuelo. Se fabrican con materiales diversos, siendo los de hormigón armado y los de materiales plásticos los más habituales (Perales et al., 2008, p.8).



Figura N° 12: Depósito de detención

FUENTE: http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/55873-3178249.jpg

- Estanques de retención (Retention Ponds)

Lagunas artificiales con lámina permanente de agua (de profundidad entre 1,2 y 2 m) con vegetación acuática, tanto emergente como sumergida. Están diseñadas para garantizar largos periodos de retención de la escorrentía (2-3 semanas). Contienen un volumen de almacenamiento adicional para laminar caudales punta (Perales et al., 2008, p.8).



Figura N° 13: Estanque de retención

FUENTE: <https://docplayer.es/docs-images/65/53938130/images/65-0.jpg>

- Humedales (Wetlands)

Similares a los anteriores, pero de menor profundidad y con mayor densidad de vegetación emergente. Aportan un gran potencial ecológico, estético, educacional y recreativo (Perales et al., 2008, p.8).



Figura N° 14: Humedal fuera de la zona urbana

FUENTE: https://cartelurbano.com/sites/default/files/editores/humedal_cordoba.jpg

- Medidas no estructurales

Perales et al. (2008), dice que las medidas no estructurales previenen, por una parte, la contaminación del agua, reduciendo las fuentes potenciales que contaminan, y



por otra, evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes. Estas medidas serían:

- Educación y programas de participación ciudadana.
- Planificar y diseñar minimizando las superficies impermeables.
- Limpieza frecuente de superficies impermeables para reducir la acumulación de contaminantes.
- Controlar la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines.
- Controlar las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos.
- Asegurar la existencia de procedimientos de actuación y equipamiento adecuado para tratar episodios de vertidos accidentales rápidamente y con técnicas secas.
- Limitar el riesgo de que la escorrentía entre en contacto con contaminantes, etc.
- Fundamentos teóricos para el diseño de drenajes pluviales

La teoría es fundamental para el diseño de obras civiles, los conceptos primarios que dan a lugar a ideas generales del funcionamiento, desarrollo y comprensión de la naturaleza, así como se da a entender el Ing. Agrícola Máximo Villón Bejar, en su libro de título Hidrología (2002), del cual se extrajeron los conceptos básicos para entender mejor sobre el ciclo del agua.

- Cuenca hidrológica

Para Villón Bejar (2002) la cuenca hidrológica es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de recorrido (p.21).

También logra definir las características de la cuenca que son muy importantes para identificar las cualidades propias de una cuenca y esto va a servir para diseñar obras



hidráulicas, además de comprender la naturaleza y su funcionamiento, las cuales se mencionan a continuación:

- Delimitación

La delimitación empieza con un plano de curvas de nivel del área de la cuenca a estudiar, según la Norma OS.060 “Drenaje pluvial urbano” nos recomienda que el plano general de la zona tenga una escala variable entre 1:500 a 1:1000 con curvas de nivel equidistante de 1m o 0.50m según sea el caso. Posteriormente se identifican los puntos de mayor nivel topográfico, y se une con una línea que es el *divortium acuarum* (parteaguas), esta línea es imaginaria que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, el parteaguas se une en los puntos de salida, llamado estación de aforo (Villón, 2002, p.21).

Una cuenca se puede clasificar atendiendo a su tamaño, en cuenca grande y cuenca pequeña, Villón nos explica lo siguiente:

La cuenca grande, es aquella cuenca en la que predominan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Entonces una cuenca se considera grande cuando el área es mayor de 250 Km², para casos prácticos. La cuenca pequeña, es aquella cuenca que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración, y en la cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importantes que las del cauce. Se considera cuenca pequeña aquella a cuya área es menor a 250 Km², para casos prácticos (Villón, 2002, pp.22-23).

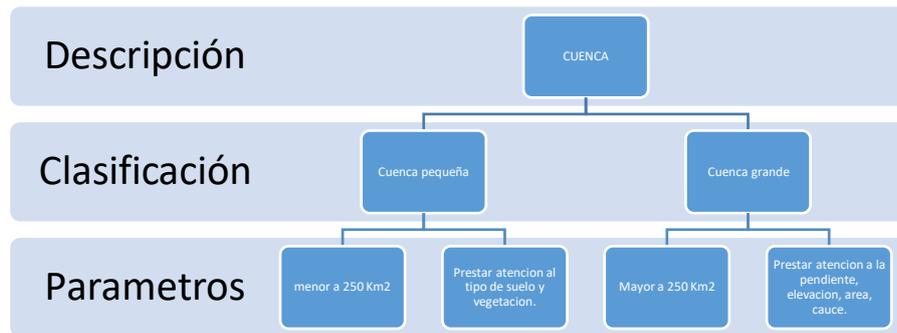


Figura N° 15: Descripción de la cuenta y sus parámetros según su clasificación

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación

- Curvas características de una cuenca

Máximo Villón, los caracteriza por dos, la curva hipsométrica y la curva de frecuencia y altitudes, en donde explica que:

La curva hipsométrica es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud (p.34).

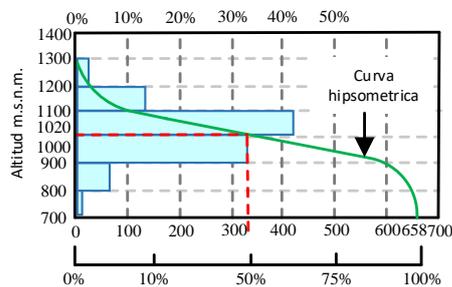


Figura N° 16: Representación de la curva hipsométrica.

FUENTE: Villón m., p.37

La curva de frecuencia y altitudes es la representación gráfica, de la distribución en porcentajes, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes (p.37).

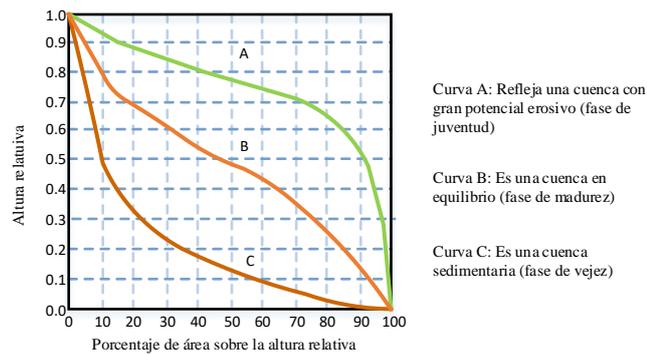


Figura N° 17: Representación gráfica de las fases de una cuenca.

FUENTE: <https://ingeciv.com/que-es-una-curva-hipsometrica/>

- Pendiente de la cuenca

La pendiente de una cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de a toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia en la relación a la magnitud de las crecidas (Villón, 2002, p.49).

Existen diversos criterios para evaluar la pendiente de una cuenca, entre las que se pueden citar y se utilizan los criterios de Alvord, Horton, Nash o del rectángulo equivalente.

- Perfil longitudinal

La importancia de conocer el perfil longitudinal del curso principal radica en que nos proporciona una idea de las pendientes que tiene el cauce, en diferentes tramos de su recorrido, y que es un factor de importancia para ciertos trabajos, como control de las aguas, puntos de captación y ubicación de posibles centrales eléctricas (Villón, 2002, p.53).

- Precipitación



Para Villón (2002), la precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo. Entonces se puede precisar que la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua (p.79), también nos explica los siguientes:

- Origen de la precipitación

Una nube está constituida por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son:

- Diámetro aproximado de las gotitas 0.02 mm
- Espaciamiento entre gotitas 1 mm
- Masa 0.5 a 1gr/m³

Por el contrario, las gotas de lluvia, tienen un diámetro de 0.5 a 2 mm, es decir, un aumento en el volumen de las gotitas de las nubes de 100 000 a 1 000 000 de veces.

En este sorprendente aumento, está el origen de las precipitaciones y se asume principalmente gracias a dos fenómenos:

- Unión entre sí de numerosas gotitas
 - Engrosamiento de una gota por la fusión y condensación de otras
- Formas de precipitación
 - Llovizna: Pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 a 0.5 mm, las cuales tienen velocidad de caída muy bajas.
 - Lluvia: Gotas de agua con diámetro mayor a 0.5 mm.



- Escarcha: Capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire.
- Nieve: Compuesta por cristales de hielo blanco translúcido, principalmente de la forma compleja.
- Granizo: Precipitación en forma de bolas o formar irregulares de hielo, que se producen por las nubes convectivas, pueden ser esféricos, cónicos o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 a 125 mm (p.70).
- Clasificación de la precipitación

La forma de la precipitación, requiere la elevación de una masa de agua en la atmosfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmosfera, la precipitación se clasifica en (Villon, 2002, p.70):

- Precipitación de convección

Son precipitaciones propias de las regiones tropicales, donde en las mañanas son muy calurosas, el viento es calmado y hay una predominancia de movimiento vertical del aire. En tiempos calurosos, se produce una abundante evaporación a partir de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua, que, por estar más caliente, se elevan, sufriendo un enfriamiento. Las masas de vapor se acumulan en los puntos llamados células de convección (Villon, 2002, p.71).

- Precipitación orográfica

Se producen cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación (Villon, 2002, p.72).



- Precipitación ciclónica

Se produce cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión (Villon, 2002, p.72)

- Medición de la precipitación

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularían en una superficie horizontal, si la precipitación permanecería en donde cayó (Villon,2002, p.73).

- Pluviómetro: Consiste en un recipiente cilíndrico, de aproximadamente 20cm de diámetro y de 60cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces que la de la tapa (p.73). Esto permite medir la altura en la probeta, con una aproximación hasta decimos de milímetros, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia (p.74). Para proteger el agua de la congelación, se usa cloruro de calcio u otro anticongelante, y para protegerla de la evaporación, se usa una capa de aceite (Villón, 2002, p.74).
- Fluviógrafo: Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas (Villón, 2002).



- Cálculo de la precipitación media sobre una zona

En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos.

Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual (Villón,2002, p.77), y se detalla sus características a continuación:

- Altura de precipitación diaria: Es la suma de las lecturas observadas en un día.
- Altura de precipitaciones media diaria: Es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.
- Altura de precipitación mensual: Es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.
- Altura de precipitación media mensual: Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.
- Altura de precipitación anual: Es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.
- Altura de precipitación media anual: Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

Para su cálculo existen tres métodos para calcular la precipitación media o la precipitación media anual de una tormenta, que según Villon (2002) son:



- Promedio aritmético: Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitación registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona, y se representa con la siguiente formula:

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

P_{med} = Precipitación media de la zona o cuenca
 P_i = Precipitación de la estación i
 n = Número de estaciones dentro de la cuenca

- Estudio de una tormenta

Se entiende por tormenta o borrasca, al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a esta definición, una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aun días, y puede abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas, hasta vastas regiones (Villon, 2002, p.86)

Villón (2002) explica que es importancia del análisis de las tormentas, porque, está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos, al diseño de obras de ingeniería hidráulica. Y las dimensiones de estas obras, depende principalmente de la magnitud que las tormentas tengan, y de la frecuencia o periodo de retorno, esto a su vez determina el coeficiente de seguridad que se da a la obra, o los años de vida probable de la misma (p.86).

Además, Villon (2002) recomienda que lo mejor sería diseñar una obra para la tormenta de máxima intensidad y de duración indefinida, pero que esto significa grandes dimensiones de la misma y lógicamente hay un límite, después del cual, los gastos ya no compensan el riesgo que se pretende cubrir. Entonces, lo que quiere decir, es que no se busca una protección absoluta, sino la defensa contra una tormenta de características bien definidas, o de una determinada probabilidad de ocurrencia (p.86).

- Elementos fundamentales del análisis de las tormentas



La intensidad: Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, y se representa según la relación siguiente (Villón, 2002, p.87):

$$i_{max} = \frac{P}{t}$$

i_{max}	= Intensidad máxima, en mm/hora
P	= Precipitación en altura de agua, en mm
t	= Tiempo en horas

La duración: Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el periodo de duración, que es un determinado periodo de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas, ambos parámetros se obtienen de un pluviógrafo (Villón, 2002, p.87).

La frecuencia: Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años (Villón, 2002, p.87).

Periodo de retorno: Es el intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud cualquiera, puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia (Villón, 2002, p.88).

- El hietograma y la curva de masa de precipitación

La intensidad de la precipitación, varía en cada instante durante el curso de una misma tormenta, de acuerdo a las características de estas. Es absolutamente indispensable, cuando se hace el análisis de las tormentas, determinar estas variaciones, porque de ellas depende, muchas de las condiciones, que hay que fijar para las obras de ingeniería hidráulica, para las que se hacen principalmente esta clase de estudios. Esto se consigue mediante dos gráficos: el hietograma y la curva masa de precipitación (Villón, 2002, p.88).

Hietograma: Representa la variación de la intensidad expresada en mm/hora de la tormenta, en el transcurso de la misma expresada en minutos u horas. Mediante este hietograma es muy fácil decir a qué hora, la precipitación adquirió su máxima intensidad y cuál fue el valor de esta (Villón, 2002, p.88).

Curva masa de precipitación: Es la representación de la precipitación acumulada versus el tiempo. Es una curva no decreciente, la pendiente de la tangente en cualquier punto representa la intensidad instantánea en ese tiempo (Villon, 2002, p.88).

- Esgurrimiento

Villón (2002), define al esgurrimiento como el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca, denominado estación de aforo (p.135). Se clasifica en tres tipos:

- Esgurrimiento superficial (Q): Se denomina precipitación en exceso (h_p) y es aquella que proviene de la precipitación no infiltrada y que esgurre sobre la superficie del suelo.
- Esgurrimiento sub-superficial (Q_s): Es aquella que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el esgurrimiento total, puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que el esgurrimiento superficial, en caso contrario, como esgurrimiento subterráneo (Villón,2002, p.136).
- Esgurrimiento subterráneo (Q_g): Es aquella que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado.

Además, Villón (2002) ilustra cómo la precipitación total llega a ser el esgurrimiento total en un mapa conceptual para mejorar la comprensión del tema.

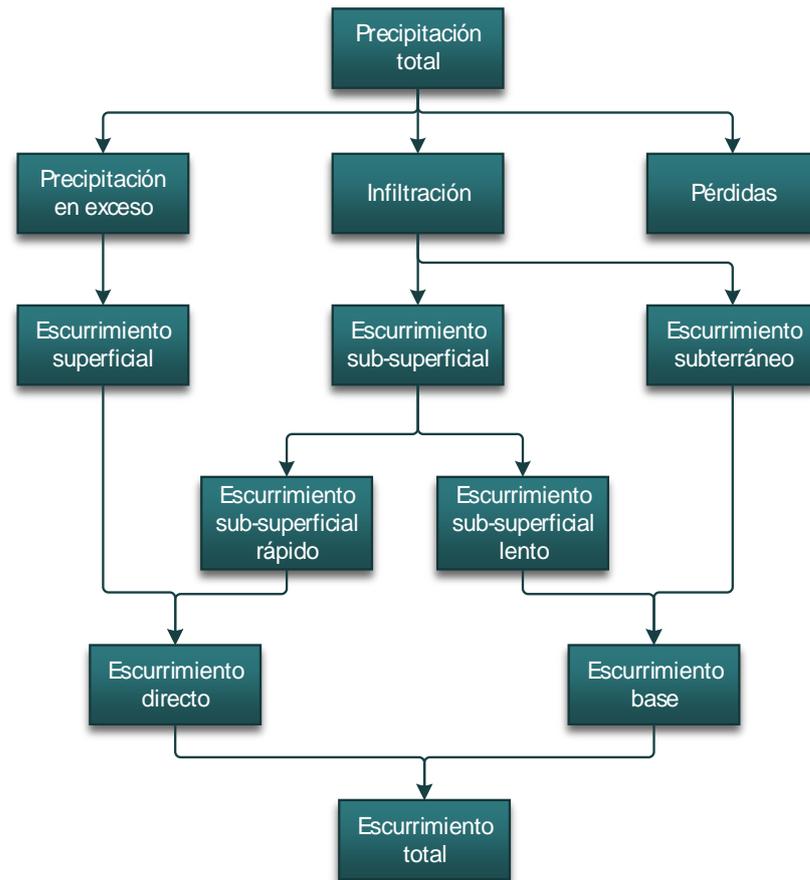


Figura N° 18: Relación entre la precipitación y el escurrimiento total.

FUENTE: Villon Bejar, M., 2002, Hidrología, p.137)

- Factores que afectan el escurrimiento superficial

Villón (2002), expone dos factores que afectan el escurrimiento superficial que son los factores meteorológicos (forma, tipo, duración y la intensidad de la precipitación, dirección y la velocidad de la tormenta por último la distribución de la lluvia en la cuenca) y los factores fisiográficos (características físicas de la cuenca, tipo y uso del suelo, humedad), y detalla cada uno de ellos:

- Factores meteorológicos

Forma y tipo de la precipitación, la manera de cómo se origina la precipitación, y la forma que adopta la misma, tiene gran influencia en la distribución de los escurrimientos en la cuenca. Por ejemplo, si la precipitación es de origen orográfico,



seguramente ocurrirá en las zonas montañosas en la parte alta de la cuenca, por lo que los escurrimientos se regularizarán durante su recorrido, y se tendrán valores relativamente bajos del caudal en la descarga (Villón,2002, p.138).

El efecto de la forma de la precipitación, se manifiesta principalmente en el tiempo de concentración de los escurrimientos. Por ejemplo, si la precipitación cae en forma de lluvia, con intensidad y duración suficiente, el escurrimiento, pero si la precipitación es en forma de nieve, donde la respuesta se la cuenca, será más lenta debido al tiempo necesario para que se produzca el deshielo (Villón,2002, p.138).

Intensidad de precipitación, cuando la intensidad de lluvia excede a la capacidad de infiltración del suelo, se presenta el escurrimiento superficial, observándose para incrementos posteriores en la intensidad de lluvia, aumento el caudal transportado por el río. Esta respuesta, sin embargo, no es inmediata, pues existe un retardo debido al tamaño de la cuenca, al almacenamiento en las depresiones y al efecto regulador de los cauces (Villón,2002, p.138).

Duración de la precipitación, la capacidad de infiltración del suelo disminuye durante la precipitación por lo que puede darse el caso, que tormentas con intensidad de lluvia relativamente baja, produzcan escurrimiento superficial considerable, si su duración es extensa. En algunos casos, particularmente en las zonas bajas de la cuenca, para las lluvias de mucha duración el nivel freático puede ascender hasta la superficie del suelo, llegando a nulificar la infiltración, aumentado, por lo tanto, la magnitud del escurrimiento (Villón,2002, p.139).

Distribución de la lluvia en la cuenca, el escurrimiento resultante de cualquier lluvia, depende de la distribución en tiempo y espacio de esta. Si la precipitación se concentra en la parte baja de la cuenca, producirá caudales mayores, que los que se tendría si tuviera lugar en la parte alta, donde el efecto regulador de los caudales y el retardo en



la concentración, se manifiesta es una disminución del caudal máximo de descarga (Villón,2002, p.139).

Dirección y velocidad de la tormenta, la dirección y velocidad con que se desplaza la tormenta, respecto a la dirección general del escurrimiento, en el sistema hidrográfico de la cuenca, tiene una influencia notable en el caudal máximo resultante y en la duración del escurrimiento superficial (Villón,2002, p.140).

- Factores fisiográficos

Superficie de la cuenca, se ha observado que la relación entre el tamaño del área y el caudal de descarga no es lineal. Entonces se comprende que para cuencas mayores se observa una disminución relativa en el caudal máximo de descarga, debido a que son mayores, el efecto de almacenaje, la distancia recorrida por las aguas y, por lo tanto, el tiempo de regulación en los cauces naturales (Villón,2002, p.140).

Otro factor importante, que afecta la relación entre el caudal y la superficie de la cuenca, es que la máxima intensidad de lluvia, que puede ocurrir con cualquier frecuencia, decrece conforme aumenta la superficie que cubre a tormenta, por lo que, para cuencas mayores, se tendrán intensidades de precipitación (referidas a la superficie de la cuenca), y caudales específicos de descarga menores (Villón,2002, p.141).

Elevación de la cuenca, la elevación media de la cuenca, así como la diferencia entre sus elevaciones extremas, influye en las características meteorológicas, que determinan las formas de la precipitación, cuyo efecto en la distribución es, a mayor elevación la precipitación es también mayor (Villón,2002, p.142).

Pendiente, factor que mayor influencia tiene en la duración del escurrimiento, sobre el suelo y los cauces naturales, afectando de manera notable, la magnitud de las descargas; influye así mismo, en la infiltración, a humedad de suelo y la probable aparición de aguas subterránea al escurrimiento superficial, aunque es difícil estimación



cuantitativa, del efecto que tiene la pendiente sobre el escurrimiento par estos casos (Villón,2002, p.142).

Tipo y uso del suelo, el tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y comparación, su contenido de materia orgánica, etc., son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo, predominante en la cuenca, así como su uso influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos (Villón,2002, p.142).

- Caudales máximos

Para Villón (2002), explica que el cálculo de caudales máximos sirve para diseñar varias obras hidráulicas como son: el dimensionamiento de cauces, sistemas de drenaje, muros de encauzamiento, alcantarillas, vertederos, luz de puentes, etc. Pero para esto se debe de calcular o estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos. Y es recomendable recordar que la magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de esta (p.241).

- Período de retorno de una avenida

Villón (2002), lo define como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud Q , puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio.

Entonces la probabilidad de que el evento, ocurra al menos una vez en “n” años sucesivos, es conocida como riesgo o falla R , y se representa por:

$$R = 1 - \bar{P}^n$$

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

R = Riesgo o falla

\bar{P} = Probabilidad de ocurrencia

n = No ocurra en años sucesivos

T = Años

Tabla N° 2: Periodo de retorno de diseño recomendado para estructuras menores

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Puentes sobre carretera importante	50 - 100
Puentes sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarilla sobre camino secundario	5 - 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 - 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje agrícola	5 - 10
Muros de encauzamiento	2 - 50*
* Puede aumentar si estas obras protegen poblados de importancia	

FUENTE: Villon Bejar, M., 2002, *Hidrología*, p.137

- Métodos para el cálculo del caudal máximo
 - Método directo

Este es un método hidráulico, llamado de sección y pendiente, en el cual el caudal máximo se estima después del paso de la avenida, con base en datos específicos obtenidos en el campo. Los trabajos de campo incluyen:

- Selección de un tramo del río representativo, suficientemente profundo, que tenga al nivel de las aguas máximas.
- Levantamiento de secciones transversales en cada extremo del tramo elegido, y determinar:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{A_1}{P_1} & A_1, A_2 &= \text{Áreas hidráulicas} \\ A &= \frac{A_1 + A_2}{2} & P_1 &= \text{Perímetros mojados} \\ R &= \frac{R_1 + R_2}{2} & R_1, R_2 &= \text{Radios hidráulicos} \end{aligned}$$

- Determinar la pendiente S, de la superficie libre de agua con las huellas de la avenida máxima en análisis.
- Elegir el coeficiente de rugosidad “n” de Manning de acuerdo a las condiciones físicas del cauce. Estos fueron proporcionados por U.S.

Geological Survey y presentado por Barnes en su libro Roughness Characteristics of Natural Channels.

- Aplicar la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Q = Caudal máximo, m³/s
 n = Coeficiente de rugosidad
 A = Área hidráulica promedio, m²
 R = Radio hidráulico promedio, m
 S = Pendiente, m/m

Tabla N° 3: Valores de “n” de Horton para las fórmulas de Kutter y de Manning

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería de hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería de fierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.090	0.010	0.011	0.013
Tubería de acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de cuela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón:				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014*	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018



Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueductos semicirculares metálicos corrugados	0.0225	0.025	0.028	0.030
Canales y zanjas:				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.02	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035
Corrientes naturales:				
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendeduras ni charcos profundos.	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
(3) Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente	0.040	0.045	0.050	0.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060

(7) Ríos con tramos lentos, cauces enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy enyerbadas	0.075	0.100	0.125	0.150
(*) Valores de uso común en proyectos				

FUENTE: Villon Bejar, M., 2002, Hidrología, p.246)

- Métodos empíricos

Debido a su sencillez los métodos empíricos tienen gran difusión, pero pueden involucrar grandes errores, ya que el proceso de escurrimiento, es muy completo (Villon, 2002, p.250).

Método racional: El uso de este método, tiene una antigüedad de más de 100 años, se ha generalizado en todo el mundo. En mayo de 1989, la universidad de Virginia, realizo una Conferencia Internacional, en conmemoración del Centenario de la Formula Racional (p.250).

Este método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje agrícolas, aproximadamente si no exceden a 1300 has o 12 km². En el método racional, se supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de esta es igual al tiempo de concentración (t_c). Cuando así ocurre, toda la cuenca contribuye con el caudal en el punto de salida (p.250).

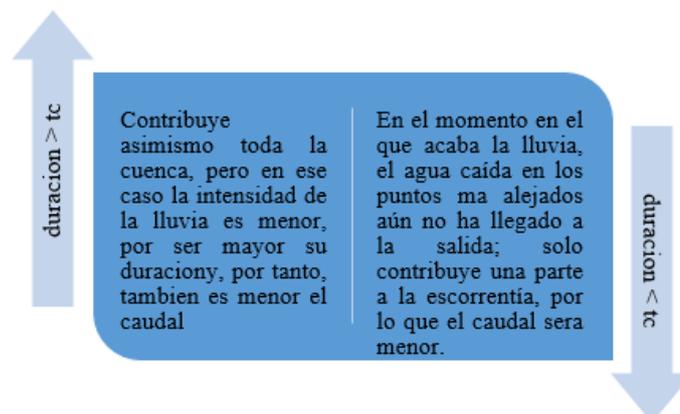


Figura N° 19: Esquematización del tiempo de concentración

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación



Aceptando este planteamiento, el caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, que representa la fórmula racional:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Q = Caudal máximo, en m³/s
 C = Coeficiente de escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensión
 I = Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un período de retorno dado en mm/hr
 A = Área de la cuenca, en km²

- Normativa peruana para el diseño del drenaje pluvial

La norma fue establecida el 23 de mayo del 2006 y publicada en el diario El Peruano. Las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) son elaboradas por comités técnicos especializados, que están conformados por diferentes representantes de las universidades, institutos de investigación y consultores de idoneidad en el país.

- Criterios para el diseño del drenaje

Información básica: Según la Norma O.S. 060, indica que todo proyecto de alcantarillado pluvial deberá contar con la información básica indicada en la norma, la misma que deberá obtenerse de las instituciones oficiales como el SENAMHI, Municipalidades, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial: Toda nueva habilitación urbana ubicada en la localidad en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá contar en forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial.

- Presentación del proyecto
 - Planos topográficos
 - Plano general de la zona, a escala variable entre 1:500 a 1:1000 con curvas de nivel equidistanciadas 1m o 0.50 m según sea el caso.



- Plano del área específica donde se proyecta la ubicación de estructuras especiales, a escala entre 1:500 a 1:250.
- Perfil longitudinal del eje de las tuberías y/o ductos de conducción y descarga. La relación de la escala horizontal a la escala vertical de este esquema será de 10:1.
- Se deberá contar con información topográfica del Instituto Geográfico Nacional para la elaboración de planos a mayor escala de zonas urbanas-rurales.
- Esquema de las secciones de ejes de tubería a cada 25 m a una escala no mayor de 1:100.
- Deberá obtenerse los datos aerofotográficos existentes sobre la población que se estudie, así como la cuenca hidrográfica, de los ríos y quebradas que afectan.

Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje urbanístico menor captación de aguas se pluviales en zonas urbanas.

- Consideraciones del caudal de diseño

Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados, por el método racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km²; o por el método de hidrograma unitario o modelos de simulación para áreas de cuencas mayores a 13 km². Además, el periodo de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años.

- Captación de aguas pluviales en edificaciones

Las precipitaciones pluviales sobre las azoteas causarán su almacenamiento; mas con la finalidad de garantizar la estabilidad de las estructuras de la edificación, estas aguas



deberán ser evacuadas a los jardines o suelos sin revestir a fin de poder garantizar su infiltración al subsuelo. Si esta condición no es posible deberá realizarse su evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada.

- Criterios para evacuación de las aguas almacenadas en azoteas

Para la evacuación de las aguas pluviales almacenadas en azoteas se utilizarán montantes de 0.05m de diámetro como mínimo y una ubicación que permita el drenaje inmediato y eficaz con descarga a jardines o patios sin revestimiento.

- Criterios para evacuación de las aguas pluviales de las viviendas

Si en últimas instancias y luego de considerar lo indicado en los párrafos 6.2.1 y 6.2.2 de la norma O.S. 060 y no ser posible la infiltración de las aguas pluviales, estas deberán ser evacuadas hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada para lo cual, se debe prever la colocación de ductos o canaleras de descargas sin tener efectos erosivos en las cunetas que corren a lo largo de las calles.

Para los casos donde ocurre las intersecciones entre el desagüe pluvial y sanitario se presenta el esquema adjuntado en el anexo D-01.

- Captación en zona vehicular - pista

Para la evacuación de las aguas pluviales en calzadas, veredas y las provenientes de las viviendas se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Orientación del flujo

En el diseño de pista se deberá prever pendientes longitudinales (S_l) y transversales (S_t) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada. Estas pendientes son:

Pendiente longitudinal (S_l)	Mayor a 0.5%
Pendiente transversal (S_t)	2% a 4%

Figura N° 20: Esquematización de las pendientes para drenaje pluvial.

Fuente: NTP OS 060

- Captación y transporte de aguas pluviales de calzada y aceras

La evaluación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras se realizarán mediante cunetas, las que conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirlo en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

- Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales: Sección circular, sección triangular, sección trapezoidal, sección compuesta o sección en V.
- La determinación de la capacidad de la cuenda va a depender de su sección transversal, pendiente y rugosidad del material con que se construyan y se calculará utilizando la ecuación de Manning.

Tabla N° 4: Coeficiente de rugosidad n.

Cunetas de la calle	Coeficiente de rugosidad (N)
a. Cuneta de concreto con acabado paleteado	0.012
b. Pavimento asfáltico	
1) Textura lisa	0.013
2) Textura rugosa	0.016
c. Cuneta de concreto con pavimentos asfálticos	
1) Liso	0.013
2) Rugoso	0.015
d. Pavimento de concreto	
1) Acabado con llano de madera	0.014
2) Acabado escobillado	0.016
e. Ladrillo	0.016
f. Para cunetas con pendientes pequeñas, donde el sedimento puede acumularse, se incrementaran los valores arriba indicados de n, en:	0.002

FUENTE: NTP OS 060.

- La evacuación de las aguas transportadas por las cunetas deberá preverse las entradas o sumideros de acuerdo a la pendiente de las cunetas y condiciones de flujo.
- La elección de los sumideros dependerá de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación y puede ser: Sumideros laterales en sardineles o solera (para pendientes longitudinales menores de 3%), sumideros de fondo (para pendientes longitudinales mayores del 3%), sumideros mixtos o combinados (los tubos de descarga al buzón de reunión serán de 10") y sumideros de rejillas en calzada (canalización transversal la calzada y a todo lo ancho).

La ubicación de los sumideros dependerá del caudal, pendiente, la ubicación y geometría de enlaces e intersecciones, ancho de flujo permisible del sumidero, volumen



de residuos sólidos, acceso vehicular y de peatones. Los sumideros deben ponerse en los puntos bajos.

Cuando el flujo de la cuneta es pequeño y el tránsito de vehículos y de peatones es de poca consideración, la corriente puede conducirse a través de la intersección mediante una cuneta, hasta un sumidero ubicado aguas abajo del cruce.

Cuando las condiciones determinan la necesidad de una instalación múltiple o serie de sumideros, el espaciamiento mínimo será de 6m, además se tendrá en cuenta la permeabilidad del suelo y su erosionabilidad.

Las rejillas se adaptan a la geometría y pueden ser enmarcadas en figuras: rectangulares, cuadradas y circulares. Generalmente se adoptan rejillas de dimensiones rectangulares y por proceso de fabricación industrial se fabrican en dimensiones de 60 mm x 100 mm y 45 mm x 100 mm (24"x40" y 18"x40"). La separación de las barras en las rejillas varía entre 20 mm – 35 mm – 50 mm (3/4" – 1 3/8" – 2") dependiendo si los sumideros se van a utilizar en zonas urbanas o en carreteras.

- Los colectores de aguas pluviales

El alcantarillado de aguas pluviales está conformado por un conjunto de colectores subterráneos y canales necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por las lluvias a un curso de agua.

El agua es captada a través de los sumideros en las calles y las conexiones domiciliarias y llevada a una red de conductos subterráneos que van aumentando su diámetro a medida que aumenta el área de drenaje y descargan directamente al punto más cercano de un curso de agua: por esta razón los colectores pluviales no requieren de tuberías de gran longitud. Para el diseño de las tuberías a ser utilizadas en los colectores pluviales se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Para el drenaje de la plataforma se deberá evitar la instalación de colectores bajo las calzadas y bermas. Sin embargo, cuando la ubicación bajo la calzada es inevitable, deberá considerarse la instalación de registros provistos de accesos ubicados fuera de los límites determinados por las bermas. Los quiebres debidos a deflexiones deberán tomarse con curvas circulares y las deflexiones de alineamiento en los puntos de quiebre no excederán de 10r, en caso contrario deberá emplearse una cámara de registro en ese punto.

Los diámetros máximos de las tuberías están limitados según el material con que se fabrican y la norma O.S. 060 recomienda los diámetros mínimos que se debería tomar en consideración, en la siguiente tabla:

Tabla N° 5: Diámetros mínimos para tuberías de drenaje pluvial

Tipo de colector	Diámetro mínimo (m)
Colector troncal	0.5
Lateral troncal	0.4
Conductor Lateral	0.4

FUENTE: NTP. OS 060.

Además, estas deberán cumplir con las especificaciones de resistencia específicas en las Normas Técnicas Peruanas vigentes o las normas ASTM, AWWA o DIN.

La profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1m. Serán aplicables la recomendación establecida en la NTP o las establecidas en las normas ASTM o DIM.

Para el diseño hidráulico de los colectores de agua de lluvia, se podrán utilizar los criterios de diseño de conductos cerrados y para el cálculo de los caudales se usará la fórmula de Manning con los coeficientes de rugosidad para cada tipo de material, según el cuadro siguiente:



Tabla N° 6: Coeficientes de Manning para tuberías de drenaje pluvial.

Tubería	Coefficiente de rugosidad "n" de Manning
Asbesto cemento	0.010
Hierro fundido dúctil	0.010
Cloruro de polivinilo	0.010
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla vitrificada	0.010

FUENTE: NTP, OS. 060.

Cabe precisar que el colector debe estar en capacidad de evacuar un caudal a tubo lleno igual o mayor que el caudal de diseño.

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

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

Tabla N° 7: Velocidades máximas para tuberías de alcantarillado pluvial.

Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)	
Material de la tubería	Agua con fragmentos de arena y grava
Asbesto cemento	3.0
Hierro fundido dúctil	3.0
Cloruro de polivinilo	6.0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.0
Arcilla vitrificada	3.5
Concreto armado de:	
140 Kg/cm²	2.0
210 Kg/cm²	3.3
250 Kg/cm²	4.0
280 Kg/cm²	4.3
315 Kg/cm²	5.0
Concreto armado de curado al vapor	
> 280 Kg/cm²	6.6

FUENTE: NTP, OS. 060.

Las pendientes mínimas de diseño de acuerdo a los diámetros, serán aquellas que satisfagan la velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo a tubo lleno. Por este propósito, la pendiente de la tubería algunas veces incrementa en exceso la pendiente de la superficie del terreno.

Para el registro el diámetro mínimo para los colectores será de 1.20m, pero si las dimensiones son suficientes para el desplazamiento de un operario no será necesario instalar un registro.

Para tuberías de diámetro igual o mayor a 1.20m, o conductos de secciones transversal equivalente, el espaciamiento del registro será de 200 a 350m. Para diámetros menores de 1.20m el espaciamiento de los registros será de 100 a 200m, pero en el caso de conductos pequeños, cuando no sea posible lograr velocidades de auto limpieza, deberá colocarse registros cada 100m.



Para el caso de los buzones los colectores de diámetro menor de 1.20m el buzón de acceso estará centrado sobre el eje longitudinal del colector. Pero cuando el diámetro del conductor sea superior al diámetro del buzón, este se desplazará hasta ser tangente a uno de los lados del tubo para mejor ubicación de los escalines del registro. Tal caso si el colector de diámetro superior a 1.20m con llegadas de laterales por ambos lados del registro, el desplazamiento se efectuara hacia el lado del lateral menor.

En su disposición de los laterales o subcolectores, nos indica que los laterales que llegan a un punto deberán converger formando un ángulo favorable con la dirección del flujo principal y si la conservación de la carga es crítica, se deberá proveer canales de encauzamiento en el radier de la cámara. Se utilizará solo cuando el colector troncal sea de diámetro mayor a 1m.

- Depresiones para drenaje

La finalidad de la depresión está diseñada para concentrar e inducir el flujo dentro de la abertura de entrada del sumidero de tal manera que este desarrolle su plena capacidad. Y se le define como una concavidad revestida, dispuesta en el fondo de un conducto de aguas de lluvia.

- Normas Especiales

Las depresiones para drenaje deberán tener dimensiones no menores a 1.50m, y por ningún motivo deberán invadir el área de a berma. En pendientes iguales o mayores al 2%, la profundidad de la depresión será de 15cm, y se reducirá a 10cm cuando la pendiente sea menor al 2%.

- Ensanches de cuneta



Estos ensanches pavimentos de cuneta unen el borde exterior de la berma con las bocas de entrada de vertederos y bajadas de aguas. Estas depresiones permiten el desarrollo de una plena capacidad de admisión en la entrada de las instalaciones mencionadas, evitando una inundación excesiva de la calzada.

La línea de flujo en la entrada deberá deprimirse como mínimo en 15cm bajo nivel de la berma, cuidando de no introducir modificaciones que pudieran implicar una depresión en la berma. El ensanchamiento debe ser de 3m de longitud medido aguas arriba de la bajada de aguas, a excepción de zonas de pendiente fuerte en las que se puede exceder este valor.

- En cunetas y canales laterales

Cualquiera que sea el tipo de admisión, los sumideros de tubo instalados en una cuneta o canal exterior a la calzada, tendrán una abertura de entrada ubicada de 10 a 15cm bajo la línea de flujo del cauce afluente y la transición pavimentada del mismo se extenderá en una longitud de 1m aguas arriba de la entrada.

- En cunetas con solera

Serán cuidadosamente dimensionadas (longitud ancho profundidad y forma). Deberá construirse de concreto u otro material resistente a la abrasión de acuerdo a las especificaciones del pavimento de la calzada.

- Tipo de pavimento

Las depresiones locales exteriores a la calzada se revestirán con pavimento asfáltico de 5 cm de espesor o un revestimiento de piedras con mortero de 10cm de espesor.

- Diseño



Salvo por razones de seguridad de tráfico todo sumidero deberá estar provisto de una depresión en la entrada, aun cuando el canal afluente no este pavimento. Si el tamaño de la abertura de entrada está en discusión, se deberá optar por una depresión de mayor profundidad antes de incrementar la sección de la abertura.

- Evacuación de las aguas recolectadas

Las aguas recolectadas por los sistemas de drenaje pluvial urbano, deberán ser evacuadas hacia depósitos naturales (mar, ríos, lagos, quebradas depresiones, etc.) o artificiales. Esta evacuación se realizará en condiciones tales que se considere los aspectos técnicos, económicos y de seguridad del sistema.

- Sistema de evacuación

La norma O.S. 060, clasifica en dos los sistemas de evacuación de aguas pluviales que son por gravedad o por bombeo. Para comprobar que el tirante de las tuberías sea menor que el diámetro propuesto, se utilizó las formulas descritas en [canalonlinea0.6php](#) que utilizan las fórmulas de Manning (<http://ponce.sdsu.edu/canalonlinea06.php>).

- Sistema de evacuación por gravedad
 - El caso de descarga al mar, el nivel de agua en la entrega (tubería o canal) debe estar 1.50m sobre el nivel medio del mar
 - En caso de descarga a un río, el nivel de agua en la descarga (tubería o canal) deberá estar por lo menos a 1m sobre el máximo nivel del agua esperando para un periodo de retorno de 50 años.
 - En el caso de un lago, el nivel de evacuación del pelo de agua del evacuador o dren principal estará a 1m, por encima del nivel del agua que alcanzará el lago para un periodo de 50 años.



- En general el sistema de evacuación debe descargar libremente (> de 1m sobre los máximos niveles esperados), para evitar la obstrucción y destrucción del sistema de drenaje pluvial.

- Consideraciones hidráulicas en sistema de drenaje mayor

Los sistemas de drenaje mayor y menor instalados en centros urbanos deberán tener la capacidad suficiente para prevenir inundaciones por lluvias de poca frecuencia.

- Consideraciones básicas de diseño

- El periodo de retorno no debe ser menor de 25 años.
- El caudal que no pueda ser absorbido por el sistema menor, deberá fluir por calles y superficies del terreno.
- La determinación de la escorrentía superficial dentro del área de drenaje urbano o residencial producida por la precipitación generada por una tormenta referida a un cierto periodo de retorno nos permitirá utilizando la ecuación de Manning determinar la capacidad de la tubería capaz de conducir dicho caudal fluyendo a tubo lleno.

$$v = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \Rightarrow Q = v \times A \Rightarrow Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

v = Velocidad media de desplazamiento (m/s)

R = Radio medio hidráulico (m)

S = Pendiente de la canalización

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

A = Sección transversal de la canalización (m²)

Q = Caudal (Escorrentía superficial pico) (m³/s)

- La evacuación del sistema mayor. Las vías (calles), de acuerdo a su área de influencia, descargarán, por acción de la gravedad, hacia la parte más baja, en donde se preverá la ubicación de una calle de gran capacidad de drenaje,



denominada calle principal o evacuador principal. El sistema de evacue será por gravedad o bombeo.

- Materiales

La calidad de los materiales a usarse en los sistemas de drenaje pluvial urbano deberá cumplir con las recomendaciones establecidas en las Normas Técnicas Peruanas vigentes.

2.2.2. Agua, ciudades y financiamiento

- Contexto

Barajas (2018), sostiene que el camino hacia un desarrollo sostenible implica abordar la incertidumbre climatológica y la gestión de riesgos, presenta desafíos y recomendaciones sobre políticas públicas para una gestión integrada del agua urbana, lo que incluye la necesidad de realizar más trabajos empíricos y de disponer de mejor información estadística (p. 13-27).

- Reconociendo la importancia de los nexos entre el agua y las ciudades

El informe sobre Perspectivas ambientales para el 2050 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) considera al agua como una de las cuatro áreas principales de preocupación (Gurria, 2012). Las otras tres están vinculadas al agua, cambio climático, la biodiversidad y los impactos de la contaminación ambiental en la salud.

En las conclusiones de la Semana Mundial del Agua en 2011, se reconocía que la magnitud de la urbanización plantea enormes oportunidades y desafíos en el camino hacia un futuro próspero y sostenible (SIWI, 2011, pp. 4-6).

- Vincular el agua con la planificación y el diseño urbano
- Integrar e invertir en los asentamientos informales

- Ampliar y financiar servicios de agua y saneamiento sostenible
- Crear sinergias entre los sectores de agua, la energía y la alimentación

El agua está cobrando mayor relevancia a medida que aumentan los riesgos asociados a su gestión. El informe Global Risks (2014), publicado por el Foro Económico Mundial, advierte de riesgos que tienen una gran importancia para la gestión urbana y del agua (WEF, 2014).

Tabla N° 8: Los diez riesgos globales de mayor preocupación en 2014.

N°	Riesgo Global
1	Crisis fiscales en economías clave
2	Desempleo estructural o subempleo alto
3	Crisis por falta de agua
4	Disparidad de ingresos extrema
5	Falta de mitigación y adaptación al cambio climático
6	Mayor incidencia de los eventos meteorológicos extremos
7	Fracaso en la gobernanza mundial
8	Crisis alimentarias
9	Falla de un mecanismo o institución financiera importante

FUENTE: WEF, 2014, cuadro 1, p.9, basado en la encuesta sobre percepción de riesgos globales 2013-2014.

Cabe destacar que tres de los diez riesgos que generan mayor preocupación están relacionados con el agua. La mayoría de los otros riesgos que aparecen entre los diez



principales tiene lazos con la política del agua y la gestión urbana; por ejemplo, las crisis fiscales (que reducen la inversión en infraestructura), la extrema disparidad de ingresos (que tiene vínculos con las políticas económicas y sociales que reviste una importancia especial en América Latina) y las crisis alimentarias (en las que influye numerosos factores, entre ellos la crisis del agua) (p.15).

Como afirma el Foro Económico Mundial (WEF, 2014, P.22): Si bien la urbanización proporciona beneficios económicos y sociales importantes, también incrementa sustancialmente los riesgos relacionados con los trastornos ecológicos, la contaminación, el cambio climático y los desastres ambientales... Las inundaciones urbanas se han convertido ya en la principal forma de desastre en el mundo.

En su comentario sobre los 30 años del informe sobre el Desarrollo Mundial, Stiglitz (2009) apunta a la urbanización como una de los cinco temas de desarrollo más importantes. Al finalizar el siglo XX, en el Informe sobre el Desarrollo Mundial 1999-2000 se centró en la urbanización como una de las megatendencias que requería atención (Stiglitz, 2009). En esa misma línea, La Comisión para el Crecimiento y el Desarrollo presentó el libro *Urbanización y Crecimiento*, argumentando que la urbanización es central para el crecimiento y el desarrollo (Spencer, 2009). La urbanización de ciudades mal planificadas tendría un alto índice en agravar el deterioro ambiental y la salud humana.

Pero las áreas urbanas, especialmente las áreas urbanas de países en desarrollo que no han sido planificadas o están mal gestionadas, también conllevan costos. Millones de personas viven en ciudades en condiciones inadecuadas. La expansión urbana descontrolada considera la presión sobre los recursos como el agua y la energía como por



ejemplo la provisión de agua, saneamiento, drenaje y recolección de residuos sólidos (Satterwhaite, 2014b).

- El agua urbana

Con frecuencia, los modelos de urbanización están en conflicto con sus entornos y, en gran medida, los problemas derivados de las presiones sobre los recursos hídricos son un reflejo directo de la localización geográfica de las ciudades y los propios patrones de urbanización (Barajas, 2018, p.21). Para tales problemas se propone la actividad de crecimiento urbano verde que busca fomentar el crecimiento económico y el desarrollo mediante actividades que reduzcan el impacto sobre el ambiente (OCDE, 2013, P.22).

Se podría tener una comprensión más integral de los temas del agua si estos se enmarcan dentro de una perspectiva de desarrollo (Biswas, 2009). Conforme a este punto de vista, se debe ver el agua en relación con otros sectores del desarrollo, como la vivienda, la agricultura, la salud, la energía, la infraestructura, el medio ambiente y por supuesto, las ciudades. Las políticas de agua deberían ir de la mano con la planificación territorial (Barajas, 2018, p.23).

- La gestión del ciclo urbano del agua

Mejía A., 2018 (se mencionó en Aguilar Barajas, Mahlkecht, Kaledin, Kjellén, & Mejía Betancourt, 2015), expone que los servicios urbanos son multidimensionales que deben de tomarse en cuenta los problemas como la “ocupación informal” del suelo y la baja calidad de las viviendas; la mala calidad y administración de los servicios públicos urbanos, particularmente los de agua y saneamiento, la degradación del medio ambiente urbano especialmente con la contaminación del agua, y la gestión deficiente de los residuos sólidos. La relación de los servicios urbanos de agua con estos temas es, unas

veces directa y obviada, y otras veces indirecta y velada. Es por ello que la gestión urbana del agua es compleja y además se organiza de una manera segmentada, separando los servicios del agua en tres componentes: el suministro de agua potable, el saneamiento y el drenaje. Por supuesto, los sistemas hidrológicos naturales no hacen esa distinción. El ciclo natural del agua está íntimamente vinculado con los bosques, las montañas y los acuíferos que regulan y suministran el agua; con la tierra y el suelo, donde tiene lugar el escurrimiento y la infiltración del agua en el subsuelo. Esta incluso conectada con otros procesos urbanos y con los sedimentos generados por la actividad humana y los procesos naturales. (pp. 35-36).

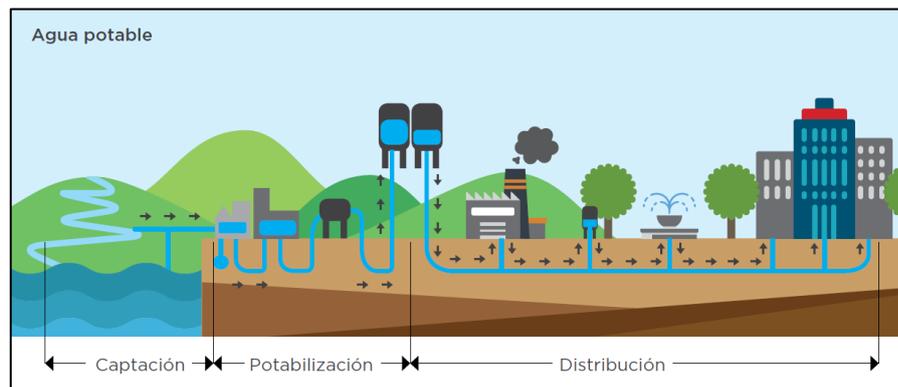


Figura N° 21: Sistema de distribución de agua potable

FUENTE: CAF, 2012, p.36

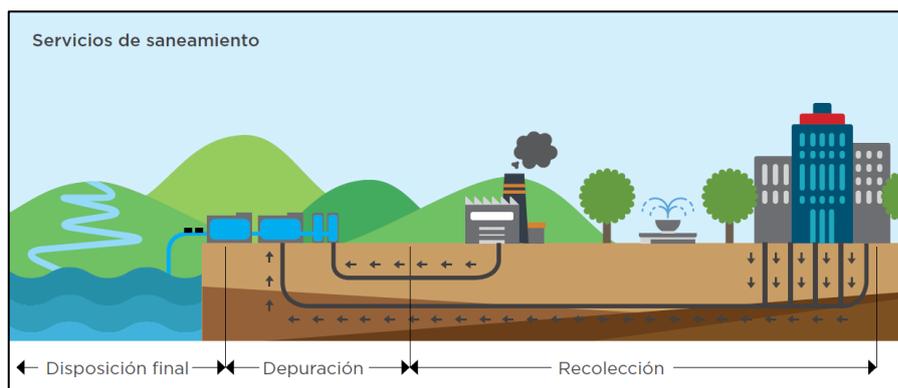


Figura N° 22: Servicio de saneamiento

FUENTE: CAF, 2013, p.36

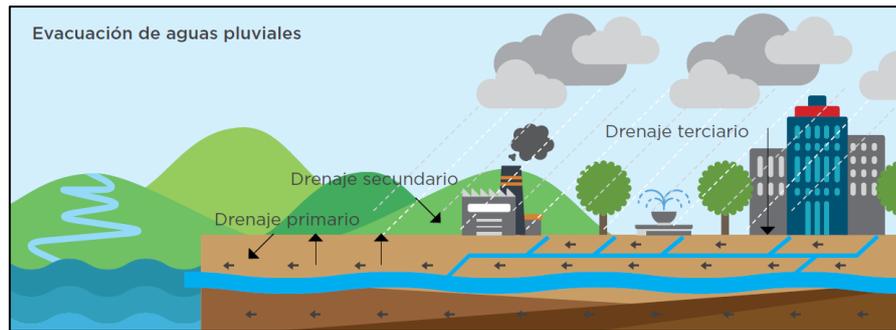


Figura N° 23: Evacuación de aguas pluviales

FUENTE: CAF, 2013, p.36

El drenaje para la gestión de la lluvia e inundaciones urbanas se refiere a la infraestructura natural y de ingeniería que es necesaria para manejar eventos pluviales con una frecuencia relacionada con el riesgo e impacto económico de la inundación, generalmente estimada para periodos entre 5 - 25 años. El drenaje implica gestionar la retención del agua de lluvia en su origen, y controlar la impermeabilidad del suelo en las ciudades, además de disponer de la infraestructura para la colecta y conducción de descargas máximas de agua que podrían comprometer la vida de las personas y afectar las actividades sociales y económicas menciona Tucci y Bertoni, 2003 (se mencionó en Aguilar et al., 2015).

Tabla N° 9: Inversiones requeridas y metas para cerrar la brecha de infraestructura de agua en América Latina para 2030.

Servicio	Miles de millones de USD 2010-2030	Miles de millones de USD promedio	Meta para 2030
Agua potable	45.4	2.27	100% de cobertura
Alcantarillado	79.4	3.97	94% de cobertura
Depuración	33.2	1.66	64% de cobertura
Drenaje	33.6	1.68	85% del área urbana
Fuentes de agua	27.1	1.35	100% de la demanda incremental

FUENTE: CAF, 2011b, p.28.

2.2.3. Gestión integral de aguas urbanas

- Gestión integral de aguas urbanas – un enfoque para ciudades del mañana
 - Gestión integral de aguas urbanas

La gestión integral de aguas es un proceso flexible, participativo e iterativo que integra los elementos del ciclo de aguas urbanas (suministro de agua, gestión de aguas pluviales, y manejo de residuos) con el desarrollo urbano de la ciudad y la gestión de la cuenca fluvial para maximizar los beneficios económicos, sociales y medioambientales de manera equitativa.



Figura N° 24: Gestión Integral de Aguas Urbanas para Ciudades Verdes

FUENTE: Autores basados en Tucci, 2010

Según la figura 30, la gestión integral de aguas urbanas tiene a finalidad de coordinar tres dimensiones frecuentemente distintas (y las instituciones relacionadas, instrumentos de planificación y mecanismos de financiamiento) en un enfoque integral:

- Servicio de aguas urbanas (suministro de agua, gestión de aguas pluviales, gestión de alcantarillado y aguas residuales, y manejo de residuos sólidos). En el contexto de “Gestión Integral de Aguas Urbanas”, las conexiones entre estos servicios también se consideran como una dimensión importante.
- Desarrollo urbano. La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” no se limita a lograr la planificación coordinada para el desarrollo de la ciudad y los servicios de aguas: el desarrollo urbano puede y debe ser un instrumento para una mejor gestión de



aguas urbanas, ya que el modo en que las ciudades se desarrollan está influenciado por el suministro de servicio de agua y a la vez tiene un impacto sobre el mismo.

- Gestión de cuencas. La intención de “Gestión Integral de Aguas Urbanas” no es remplazar sus enfoques tradicionales, sino asegurar que la gestión a nivel de cuenca tenga una eficiente coordinación con las especificidades de las realidades del nivel de ciudad, en especial en el caso de cuencas con importante uso de aguas urbanas.
- Porque la gestión integral de aguas urbanas tiene sentido

En una era de mayores riesgos medioambientales y condiciones financieras más difíciles, adoptar un enfoque integral de la gestión de aguas urbanas no solamente es esencial para mejorar la sustentabilidad medioambiental de las ciudades, sino que también puede significar importantes ahorros en el costo al mejorar la calidad de vida y reducir la vulnerabilidad de residentes urbanos a sufrir desastres, al incrementar la eficiencia de los servicios de agua, y en general al reducir el costo económico de una mala gestión del agua, mejorando el camino de esta manera para obtener un crecimiento urbano ecológico e inclusivo.

De manera frecuente, la planificación urbana se desvincula de los servicios de agua urbana y no toma en cuenta los objetivos relacionados con la salud y medioambientales. Esta situación se exagera con la fragmentación en el desarrollo y la gestión de servicios de aguas urbanas, de modo que las intervenciones del suministro de agua, saneamiento y drenaje sean asumidas sin objetivo común, y a menudo con impactos contradictorios. Diversos factores explican la razón por la que no es común la gestión integral de las aguas urbanas.



- En primer lugar, tradicionalmente diferentes instituciones suministran estos servicios y es difícil cambiar y crear una institución integrada nuevamente, o hacer que actores institucionales se den cuenta de los beneficios de trabajar juntos como resultado de agendas opuestas.
- En segundo lugar, las percepciones del público sobre la importancia de ciertos servicios relacionados con las aguas urbanas tienden a ser malas, en especial en el caso de las aguas pluviales y los residuos sólidos. Como resultado, existe una buena voluntad de pagar por la operación, mantenimiento o recuperación de costos de inversión, comprometiendo la factibilidad de cobrar por estos servicios.

Los servicios urbanos deficientes que generan prácticas deficientes de gestión de aguas urbanas generan a su vez una importante carga económica. Por ejemplo, en Tegucigalpa el costo anual de servicios deficientes asciende a 160 millones de dólares o 2.4% del PBI nacional (Banco Mundial 2012). El suministro de agua no confiable y la falta de saneamiento básico en las ciudades representa grandes costos en términos de pérdida de tiempo productivo en costos por enfermedades, de salud y de pacientes incurridos en el tratamiento de enfermedades diarreicas, costo de muertes evitables, y costos de tiempo como consecuencia del limitado acceso a las instalaciones (OMS 2004). Los beneficios económicos totales a causa del mayor acceso a una mejor calidad de agua y saneamiento para todos durante un año generarían un beneficio económico combinado de 3.33 mil millones de dólares en la región de América; además brindar suministro regulado de agua potable y conexión a alcantarillado para todos durante un año generaría beneficios de 9 mil millones de dólares (OMS 2004). Se podría obtener ahorros adicionales de costo por medio de menores costos de transacción y economías de escala relacionadas con la integración de diferentes aspectos de suministro de servicio de agua a nivel de ciudad.



Además, existe un crecimiento reconocimiento de la estrecha relación entre las estructuras urbanas de una ciudad y el patrón de crecimiento, y el suministro de servicios relacionados con el agua. Por ejemplo, a pesar de tener poblaciones más o menos similares, las ciudades de Atlanta y Barcelona se diferencian de manera absoluta en su modelo de desarrollo. Barcelona solamente ocupa 1/20 de terreno, lo cual hace que el suministro de servicio tenga costos mucho más efectivos, y que también, de manera potencial, cree diferentes perfiles de riesgo en términos de inundaciones. El crecimiento de poblaciones informales alrededor de los principales reservorios de ciudades como Sao Paulo o Tegucigalpa, conlleva a una menor calidad de agua y mayores costos potenciales de tratamiento. La decisión de la ciudad de Las Vegas en el año de regular el paisajismo en espacios públicos y privados, y de fomentar financieramente entre los propietarios el abandono del césped y su remplazo con especie autóctonas, hizo que se ahorran alrededor de 17 millones de m³ por año, una reducción del 20% a pesar del medio millón de nuevos habitantes en el mismo periodo de tiempo. De manera similar, la ciudad brasileña de Porto Alegre adoptó en el año 2006 un plan de drenaje pluvial que creó la regulación para que los desarrolladores urbanos minimicen la escorrentía de nuevas construcciones y a su vez fomentar la filtración o retención en el sitio; la ciudad estima que al promover dichas medidas se ahorran alrededor de 90 millones de USD en medida de protección contra inundaciones agua abajo, con un costo de alrededor de 15 millones de USD para desarrolladores urbanos. Las ciudades como Bogotá o Buenos Aires tienen la oportunidad de mitigar inundaciones a gran escala y de realizar esfuerzos de limpieza de ríos, con la finalidad de crear nuevas áreas públicas de recreación y mejorar tanto la calidad de vida de los residentes urbanos como los valores medioambientales de estos cuerpos de agua.

Un reto adicional en muchas grandes áreas metropolitanas en América Latina es la presencia de diversas jurisdicciones administrativas y la ausencia de mecanismos



efectivos de gobierno metropolitano. Por ejemplo, en caso de la Región Metropolitana de Sao Pablo, existen 39 municipalidades diferentes, cada una con su propia visión de uso de tierras y planeamiento urbano, institución y reglamentos; algunas han otorgado la concesión del servicio de suministro de agua y saneamiento a la empresa de agua estatal, pero no todos. Se puede decir lo mismo del área metropolitana y la Ciudad de México, que abarca varios Estados, un distrito federal, más de 70 municipalidades y un gobierno federal que gestiona gran parte del suministro principal de agua, infraestructura de tratamiento de aguas residuales y aguas pluviales.

Finalmente, la relación entre una ciudad y su cuenca, especialmente en el caso de un área metropolitana grande, es una característica definitiva de la gestión de aguas urbanas. Varias metrópolis latinoamericanas abren nuevos caminos con las mejores prácticas ejemplares en esta área. En Brasil, el programa de “Gestión de Aguas Urbanas” totales del estado de Sao Paulo sincroniza el mejoramiento urbano con las políticas de gestión de recursos hídricos, metas de calidad del agua y regulación de uso de captación de agua; promueve interconexiones entre regiones metropolitanas con estrés hídrico para solucionar conflictos (Gobierno del Estado de Sao Paulo, 2010). Otros precursores incluyen el área metropolitana de Medellín, Colombia, donde la “Gestión Integral de Aguas Urbanas” trata los riesgos de derrumbes y erosión a casusa de aguas pluviales en el densamente urbanizado valle de Aburrá – Medellín, y las ciudades de Monterrey en México y Vitória en Brasil. Estos modelos de efectiva “Gestión Integral de Aguas Urbanas” están transformando rápidamente los retos de urbanización y cambio climático en oportunidades de gestión de recursos y crecimiento.

- Buenas prácticas para un exitoso enfoque de gestión integral de aguas urbanas



Ciertas características centrales son comunes para las exitosas estrategias de “Gestión Integral de Aguas Urbanas” en la mayoría de escenarios, y los principios que se exponen en la siguiente lista reflejan buenas practicas generalmente aceptadas (Banco Mundial, 2012).

- La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” tiene que ser adaptada a los retos específicos y dinámicos de cada área urbana: Los enfoques de la GIAU pueden variar en gran medida según los acuerdos institucionales de gestión urbana y del agua en un área urbana en particular, así como los retos específicos del agua. El alcance de la GIAU en un caso particular también puede variar dependiendo del tipo de influencia en el área urbana dentro de la cuenca fluvial (una ciudad podría: superponerse en una cuenca, representar una parte dentro de una cuenca, fluvial, e incluso influenciar más de una cuenca). Los retos multifacéticos y el alcance para a GIAU resaltan la importancia de una mejor evaluación para comprender mejor los retos locales de ciudades.
- La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” implica varios enfoques participativos e instrumentos para ayudar a que las partes interesadas institucionales y no institucionales relevantes desarrollen un diagnostico consensuado de retos de áreas urbanas, así como una visión compartida de desarrollo futuro en el área de influencia urbana.
- La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” trata tanto sobre instituciones y procesos como sobre infraestructura e inversiones. La gestión integral del agua en un escenario urbano tiende a construir un desafío ya que implica una serie de sistemas e instituciones tanto dentro de la ciudad y a nivel de cuenca fluvial. Esta condición puede crear retos en la gestión de asuntos comunes como descargas de aguas



residuales y aguas pluviales que contaminan la fuente de suministro de agua, o el impacto del crecimiento urbano desorganizado en el drenaje (Porto y Tucci, 2010)

- La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” debe ser informada por una ciencia sólida y un análisis técnico. A pesar de que la GIAU es altamente política por naturaleza, la toma de decisiones por las partes interesadas claves debe ser informadas por análisis técnicos sólidos.
- La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” requiere dejar atrás el pensamiento segmentado y lineal. Uno de los objetivos claves de la GIAU es avanzar de un metabolismo lineal de aguas urbanas, que confía en la disponibilidad ilimitada de recursos y energía y no es capaz de abordar impactos adversos de residuos y otros impactos en el medio ambiente y la sociedad de residuos y otros impactos en el ambiente y la sociedad (Kennedy et al, 2007), a un metabolismo cíclico con la finalidad de evitar, minimizar, ciclar y transformar insumos dentro de la ciudad con la finalidad de reducir o eliminar estos resultados, es decir, impactos negativos en la calidad de vida de residentes urbanos y el medio ambiente (Novotny, 2010).
- La “Gestión Integral de Aguas Urbanas” intenta abordar los retos de hoy sin perder a visión de los retos de mañana. Muchas ciudades en América Latina están lejos de realizar la visión ideal de una ciudad del futuro, término acuñado para ciudades ecológicas (IWA, 2011). Sin embargo, es importante que los retos hídricos de hoy se aborden de tal manera que se refleje un enfoque integral y se recuerde que la visión a largo plazo con respecto a la ciudad debe avanzar.

- Prácticas de la gestión integral de aguas urbanas

Se compara el resultado esperado de las respuestas tradicionales y aisladas a los retos de agua urbana con los esperados desde la perspectiva de la GIAU en la que todas las partes interesadas comprenden y abordan los retos de manera coordinada.

La figura 25 y la figura 26 muestran ejemplos adicionales sobre el modo en el que el enfoque tradicional que se muestra en la Figura 25 sería centrarse en un grupo de opciones de infraestructuras físicas para satisfacer las necesidades hídricas de la ciudad. Con la finalidad de satisfacer las crecientes necesidades de agua, una ciudad invertiría más para construir infraestructura más costosa en un esfuerzo por obtener suministros de agua más distantes y/o incrementar la capacidad. A veces, las aguas residuales se recolectarían, tratarían y descargarían, y a veces retornarían al cuerpo de agua receptor.

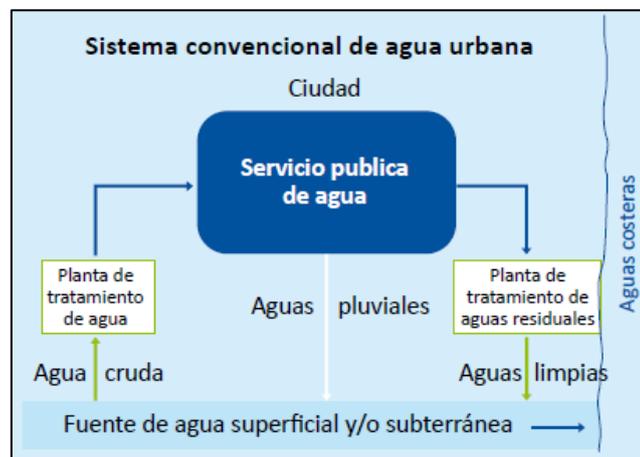


Figura N° 25: Gestión tradicional del agua para ciudades

FUENTE :CAF,2013

Las aguas pluviales, en cantidades en constante crecimiento debido a la urbanización, se recolectarían y transportarían con tuberías más grandes y estaciones de bombeo. Se tomarían decisiones de inversión y gestión del agua mediante servicios básicos del agua bajo el control de una sola municipalidad, sin tener en cuenta el contexto regional más amplio, objetivos medioambientales, o planificación urbana y procesos de gestión. Este enfoque tradicional en servicios de aguas urbanas ya no es viable debido a las crecientes limitaciones financieras y medioambientales que vienen con este proceso inherente ineficiente.

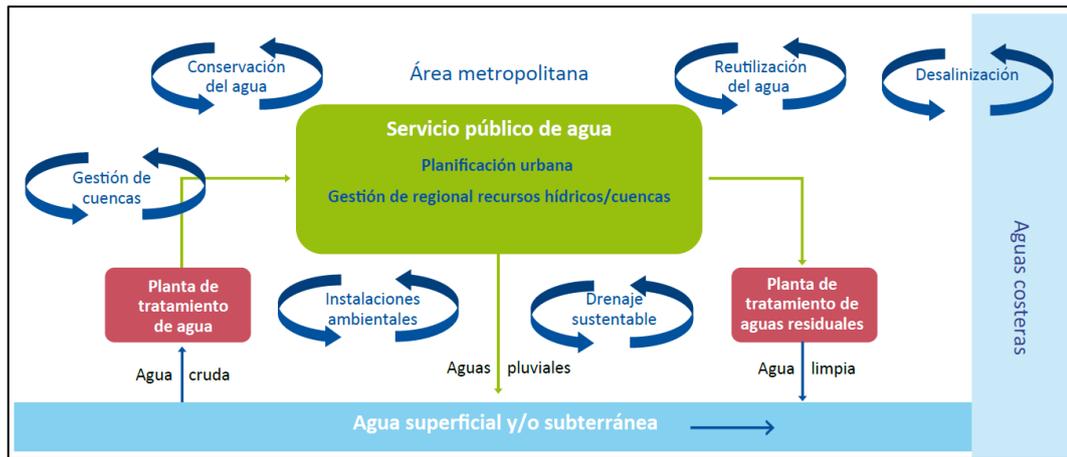


Figura N° 26: Gestión integral de aguas urbanas para ciudades verdes

FUENTE: CAF,2013

En contraposición, la figura 26 representa de manera gráfica el concepto de GIAU. No solo se brindan soluciones por medio de inversiones en infraestructura, sino también mediante nuevas prácticas de gestión y planificación. La caja de herramientas de posibles intervenciones se extiende considerablemente, y en lugar de solo contar con infraestructuras tradicionales para aumentar el suministro, existen nuevas prácticas como la conservación del agua, recuperación y reutilización de aguas residuales, y desalinización para incrementar la disponibilidad del agua; se emplea el drenaje urbano para reducir la cantidad de escorrentía y mejorar la calidad; y se mejora la gestión de cuencas para proteger la disponibilidad y calidad del agua. De manera más importante, los servicios básicos de agua no trabajan de manera independiente, sino que están incluidos en un proceso de gestión y planificación de cuencas y áreas metropolitanas en el que se coordinan acciones para reducir costos y mejorar los resultados.

2.2.4. El desarrollo de infraestructura verde

Estas ciudades también comprenden que los sistemas de agua deben adoptar ideas y enfoques adaptables, y que, algunas veces, no se puede incorporar la flexibilidad en soluciones de gran infraestructura de tuberías y concreto. Los límites a la flexibilidad



existen para todas las formas de infraestructura, ya sea verde o convencional, pero, en general, los sistemas más pequeños y menos centralizados proporcionan un mayor grado de flexibilidad, dejando abierta la puerta para lo que depara el futuro. Una nueva generación de evaluación analítica se está centrando en los beneficios cuantificables que aportan los enfoques de infraestructura verde en los sistemas de agua y las comparaciones de costos entre los enfoques convencionales y verdes para la infraestructura hídrica (Bolger et al., 2009). Ahora que se pueden realizar análisis rigurosos comparando los costos de ambos y los costos-beneficios, se sabe que los beneficios de la infraestructura verde son mucho más que anecdóticos (van Ast et al., 2013). A menudo, los ahorros y las eficiencias de los enfoques verdes para los sistemas de agua son percibidos como extremadamente atractivos.

- Protección de cuencas hidrográficas

Mucho antes de que maduraran los principios del crecimiento verde y de que surgiera el término de infraestructura verde, algunas ciudades habían buscado activamente la adquisición o control de las tierras en torno a los cuerpos de agua utilizados para el abastecimiento de agua y para otros fines cruciales. Esta protección de las cuencas hidrográficas, aunque no es un concepto nuevo o tecnológicamente avanzado, ha probado ser bastante exitoso. Si bien la mayoría de las superficies acuáticas utilizadas para el abastecimiento de agua. Las ciudades que han emprendido actividades integrales para proteger la cuenca han evitado, en algunos casos, la necesidad de construir plantas menos sofisticadas de lo que se habría necesitado. Si se considera que las plantas de purificación de agua son extremadamente caras, la protección exitosa de la cuenca es invariable una buena manera de asegurar la integridad futura del abastecimiento de agua. Los siguientes estudios de caso sobre protección de cuencas hidrológicas muestran que varias ciudades



estadounidenses han tenido bastante éxito en la preservación de la cuenca como parte de la infraestructura del sistema de agua.

- La ciudad de Nueva York

La ciudad de Nueva York es el ejemplo más conocido, y quizás el mejor de todos, de la ciudad estadounidense que ha buscado la protección de las tierras de la cuenca hidrológica como el principal medio para mantener la calidad de su abastecimiento de agua. El sistema de suministro de agua de Nueva York fue construido hace unos 150 años, comenzando con la porción oriental del río Hudson, conocido como el sistema Croton. Con el crecimiento de Nueva York a finales del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX, se sumaron a su cartera de abastecimiento de agua los sistemas de Catskills y Delaware, en el lado oeste del río Hudson. Los tramos más altos del sistema se encuentran a aproximadamente 240 kilómetros de la ciudad. Casi todo el sistema utiliza la gravedad (en circunstancias normales) para entregar el agua a la ciudad, consumiendo, por tanto, muy poca energía.

El sistema de abastecimiento de agua de Nueva York es el mayor sistema predominantemente sin filtros de los Estados Unidos (Osborne, 2007). La gran calidad del agua se debe a dos factores: primero, procede de áreas que están lejos de las áreas urbanizadas y de actividades que podrían potencialmente degradarla; y segundo, la ciudad de Nueva York ha adoptado medidas durante años para proteger las tierras de la cuenca que rodean sus embalses, construidos desde la mitad del siglo XIX hasta la década de 1960. Actualmente, hay 19 embalses y tres lagos controlados dentro de los sistemas Croton, Catskills y Delaware, que dan servicio a 9 millones de personas. El agua transita alrededor y dentro de los tres sistemas para dar a la ciudad una flexibilidad máxima en cuanto al lugar de donde extraer el agua y permitir al sistema maximizar la calidad de sus fuentes de agua no filtrada.



En las últimas décadas, cuando la SDWA hizo más rigurosos los estándares de agua potable en los EE.UU., se exigió a Nueva York que cumpliera los estándares de filtrado. Sin embargo, en 2007, la ciudad solicitó y obtuvo su segundo certificado de eliminación del filtrado (Filtration Avoidance Determination). La regulación federal estadounidense sobre abastecimiento de agua en su Código de Regulación Federal 40. Para evitar la construcción de instalaciones de purificación de agua, un proveedor público de agua como el de Nueva York debe cumplir las estrictas condiciones establecidas por esa normativa.

Nueva York evitó costos en infraestructura de purificación de agua de 8000 millones de dólares al cumplir los requisitos para evitar el filtrado en 2007. Una condición para recibir el certificado que exime del filtrado era que Nueva York implementara un programa integral de protección de la cuenca hidrográfica. El programa identificó primero las tierras más importantes que necesitaban protección para preservar la calidad del agua de los embalses dentro de los sistemas Delaware, Catskills y Croton y después implementó metódicamente actividades energéticas de protección.

Dado que invertir en la preservación de las cuencas que rodean sus embalses ha sido bastante más barato que construir plantas de filtrado de agua, Nueva York ha invertido de manera entusiasta en esas actividades mediante lo que se conoce como Programa de Adquisición de Tierras (Lands Acquisition Programme).

Un aspecto importante de su enfoque de protección del suelo es que la ciudad ha obtenido de la Asamblea Legislativa del estado de Nueva York una amplia autoridad para vigilar sus embalses y cuencas. Dado que estas tierras y cuerpos de agua se encuentran fuera de los límites jurisdiccionales de la ciudad, sin esa ley habría confusión y algunos desafíos a la capacidad de la ciudad de controlar las actividades que se producen en ellas.



Actualmente, las tierras y los cuerpos de agua están cerrados al público, aunque ahora se debate si permitir ciertas actividades.

- Boston

Boston es otra ciudad que, gracias a su precisión y la protección bastante agresiva del suelo que rodea sus fuentes de abastecimiento de agua, puede cumplir los rigurosos requisitos sanitarios para el agua potable impuestos por la SDWA con un filtrado mínimo. Al igual que Nueva York, Boston se alimenta de un suministro de agua localizado a cierta distancia, aproximadamente a 150 kilómetros al oeste de su área metropolitana. El embalse Quabbin fue construido en las décadas de 1930 y 1940, y llegó a ser la mayor reserva de ingeniería para abastecimiento de agua en el mundo. Su construcción implicó desviar dos ríos, el Swift y el Ware, y la toma de tierras por el Gobierno y posterior sumersión de cuatro localidades rurales de Massachusetts. El objetivo de crear el gran embalse Quabbin, que todavía da servicio a más 3 millones de personas, era crear un sistema de abastecimiento de agua para la zona metropolitana de Boston. El embalse Wachusett actúa como un tanque de almacenamiento temporal o área de reposo para el agua que se dirige hacia Boston para su consumo.

Al mantener las tierras protegidas en su condición natural, Massachusetts y la autoridad responsable de agua garantizan que el agua suministrada a la zona metropolitana de Boston sigue estando limpia y necesita menos filtrado de lo que hubiera sido necesario en otras circunstancias (Barten et al.,1998). Tanto el estado como la autoridad del agua también patrullan las tierras que son propiedad del estado y aplican limitaciones al uso de la tierra bastante estrictas de manera que los usos permitidos no degraden la calidad del agua.

- Seattle



Seattle ha dado también pasos importantes, durante un periodo que se extiende varias décadas, para proteger las tierras de las cuencas a fin de salvaguardar su suministro de agua; la ciudad tiene mucho que ofrecer al resto del mundo sobre cómo hacerlo. El abastecimiento de agua de Seattle viene a dos fuentes: la cuenca del río Cedar y la del río Tolt. Seattle empezó a proteger la cuenca del río Cedar en la década de 1920, cuando buena parte de la misma ya había sido desforestada. Desde entonces, una gestión ribereña y forestal cuidadosa ha dado lugar a un bosque secundario sano y maduro que funciona bien para proteger la calidad de la cuenca (Barten et al., 1998).

- Infraestructura verde dentro de los límites de la ciudad
 - Filadelfia

Filadelfia, que tiene una población metropolitana de 6 millones de personas (Bureau of Census, 2014), es una de las más grandes ciudades de los Estados Unidos. La ciudad ha emprendido un programa de infraestructura verde ambicioso y progresivo que, cuando este implementado, transformara la manera en la que se abordan los problemas de agua residual y pluvial, y que concienciara a los habitantes de la ciudad sobre como la naturaleza puede resolver problemas de agua urbana. En el 2011, el Departamento de Agua (Water Department) de Filadelfia recibió la autorización del Departamento de Protección Ambiental (Department of Environmental Protection) del estado de Pensilvania para usar un amplio abanico de técnicas de infraestructura verde en el ámbito local para reducir sustancialmente las descargas de los aliviaderos. En los 20-25 que siguen a esa fecha, Filadelfia invertirá hasta 2000 millones de dólares en infraestructura verde y tradicional para ayudar a mantener sus cauces sin contaminación a través del Programa Ciudad Verde/Aguas Limpias (Green City/Clean Water Programme) (Philadelphia Water Department, 2011a; 2011b; Nutter, 2012).



Los aliviaderos combinados (Combined Sewers Overflows, CSO) son una fuente de contaminación del agua que aqueja a muchas ciudades de los Estados Unidos, especialmente las más antiguas del noreste y medio oeste del país (US EPA, 2001). Estas ciudades más antiguas tienen tuberías que combinan el agua de lluvia con las aguas residuales en un mismo sistema de conducción (US EPA, 2001). El problema es que, durante las tormentas, grandes volúmenes de agua de lluvia hacen que funcionen al límite de su capacidad; es entonces cuando se desbordan y descargan y liberan tanto las aguas residuales sin tratar como el agua pluvial, contaminada en los cuerpos de agua locales. Cabe destacar que es probable que se produzcan más frecuentemente tormentas severas en muchas partes de los Estados Unidos como resultado del cambio climático, de manera que aumentarían los problemas de contaminación del agua (Bolger et al., 2009).

Hay algunas soluciones convencionales para el desbordamiento de los aliviaderos (Moffa, 1997). Uno de ellos es sustituir el sistema de canalizaciones que transportan la mezcla de aguas por dos sistemas de tuberías paralelos, uno para el agua residual y otro para el agua pluvial, pero esto supone levantar las calles y los vecindarios para instalar las nuevas conducciones. Otra solución convencional es construir enormes túneles subterráneos y conectarlos a los CSO. Cuando se producen tormentas severas, estos sistemas descargan por la parte inferior hacia los túneles, en lugares de hacerlo por su parte superior hacia el exterior de los CSO. En los periodos de tiempo seco, la mezcla de aguas residuales y pluviales es bombeada al exterior de los túneles y enviada a instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Chicago es un ejemplo de ciudad estadounidense que ha aplicado esta solución a los CSO.

Las soluciones de infraestructura convencionales para el desbordamiento de los CSO pueden ser extremadamente caras y disruptivas, lo que explica en parte porque los CSO siguen siendo una fuente de contaminación significativa y porque el problema



todavía debe ser abordado en muchos lugares (US EPA, 20011). Históricamente, las ciudades estadounidenses, cuando se las ha confrontado con el análisis de costos-beneficios puros, han decidido que los beneficios sanitarios y ambientales obtenidos no merecen las decenas o incluso los cientos de millones de dólares que cuesta el diseño y construcción de soluciones convencionales de infraestructura para las descargas de los CSO que contaminan los cuerpos de agua.

Para ayudar a resolver los problemas de contaminación por CSO en Filadelfia, el Programa Ciudad Verde/Aguas Limpias busca transformar el paisaje urbano de la ciudad de manera que deje de estar constituido casi exclusivamente de superficies construidas por el ser humano, que empujan y centralizan el agua de lluvia en el sistema de conducciones cambiando de la ciudad, para convertirlo en un paisaje verde que capta naturalmente, en la medida de lo posible, tanta agua de lluvia como recibe, la absorbe y almacena por medios naturales. Estos dispositivos técnicos de infraestructura verde incluyen zanjas arboladas de infiltración, aceras ajardinadas, pavimentos permeables, jardines de lluvia y canchales de infiltración que absorberán la lluvia como antes lo hacía la naturaleza (Nutter, 2012). En los próximos 20-25 años, Filadelfia espera ver transformada una parte importante de su paisaje urbano (Philadelphia Water Department, 2011b).

Una cuestión crítica para Filadelfia y las entidades gubernamentales que garantizan que la ciudad cumple completamente los controles de contaminación del agua federal y estatal. El avance logrado hasta ahora es alentador. Antes de anunciar el programa ciudad verde/aguas limpias. El departamento de aguas de Filadelfia desarrolló intensamente proyectos demostrativos de infraestructura verde que contribuían al paisaje urbano y ofrecieron a la ciudad y sus colaboradores la oportunidad no solo de monitorear la eficiencia de los planteamientos de infraestructura verde, sino también mejorar esos



proyectos después de evaluar su desempeño inicial. Los proyectos después de evaluar su desempeño inicial. Los proyectos también contribuyeron a reforzar la concienciación ciudadana.

Del trabajo inicial de Filadelfia en la realización del programa ciudad verde/aguas limpias se desprende claramente que la infraestructura verde tiene beneficios en múltiples aspectos. El placer estético de una ciudad verde, incluso si el propósito fundamental es controlar el agua de lluvia, atrae nuevos residentes a la ciudad y los anima a reinvertir emocionalmente en ella. La mayoría de las veces, los espacios verdes al aire libre construidos para controlar el agua de lluvia pueden ser usados para otros fines, para practicar deportes, comidas campestres y conciertos al aire libre. Además, a los niños en edad escolar les gusta construir cosas y, si bien no pueden participar en el cultivo de árboles el diseño y cultivo de jardines y muchas otras actividades para crear infraestructura verde. Todos estos factores influyeron en que el departamento de agua de Filadelfia, determinara que un enfoque basado en la infraestructura verde para el agua de lluvia proporciona un máximo retorno en beneficios ambientales, económicos y sociales en el plazo más eficiente, haciendo que sea el mejor planteamiento para la ciudad de Filadelfia (Philadelphia Water Department, 2011a).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1 Estudio de las cuencas hidrográficas de Salcedo y Jayllihuaya

La presente sección está compuesta por las características, la precipitación y el coeficiente escurrimiento de las cuencas en estudio. Además, se debe de aclarar que las cuencas debido a su proximidad (cuencas que se encuentran una al lado de la otra) y su reducido tamaño, agregando a esto la ausencia de estaciones meteorológicas y la falta de datos, solo se logró obtener datos desde 1999 hasta 2018, por ende, el estudio de las tormentas (precipitaciones, intensidad y duración) en esas zonas serán consideradas como iguales.

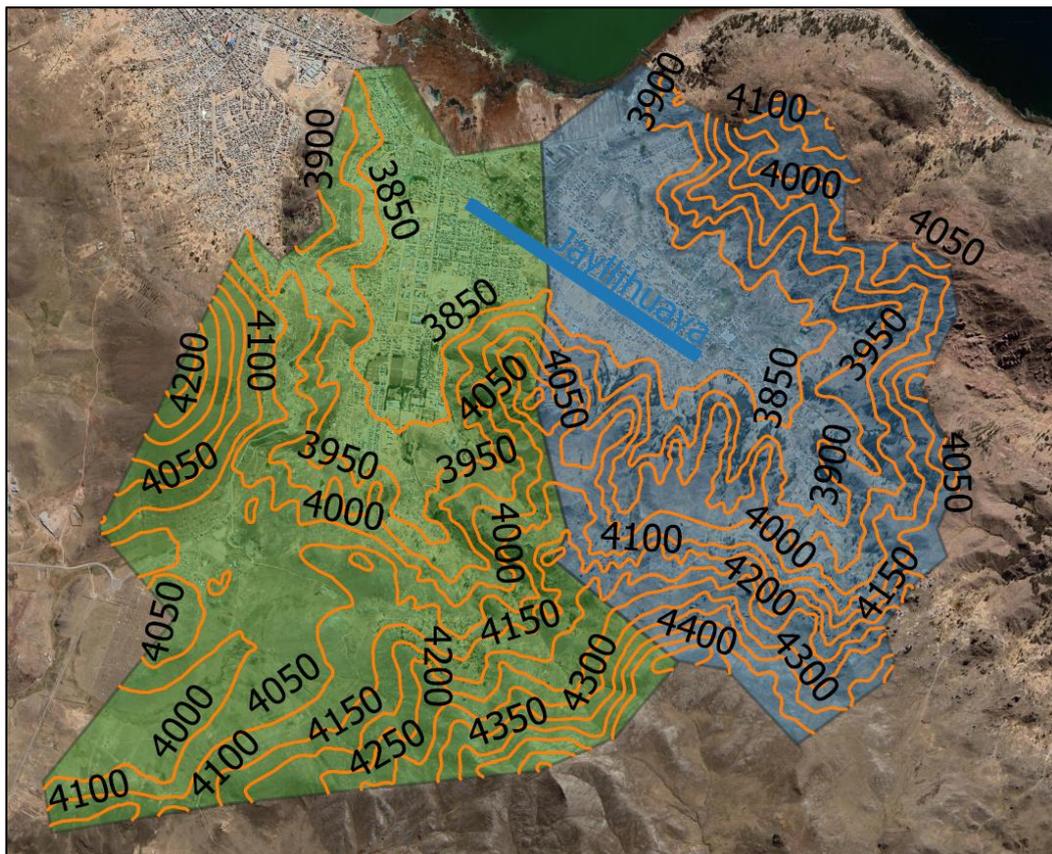


Figura N° 27: Planos de curvas de nivel de las cuencas Salcedo y Jayllihuaya

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Características morfométricas y fisiográficas de la cuenca en estudio

Las cuencas en estudio son dos, se denominaron según el centro poblado donde pertenece como son el Centro poblado de Salcedo y Jayllihuaya, de la ciudad de Puno.

- Características morfométricas de las cuencas en estudio

- Cuenca Salcedo

La cuenca de salcedo está conformada por la urbanización Parque Industrial, Urbanización Flor de Sankayo, Asociación San Juan de Dios y Urbanización Salcedo, cuenta con un área total de 19.48 km², y su perímetro total es de 21.12 km. Fase de las cuencas de estudio. Los datos morfométricos presentados en la siguiente tabla se obtuvieron mediante el software Qgis 3.4.

Tabla N° 10: Parámetros morfométricos de la cuenca Jayllihuaya.

	SALCEDO
ÁREA DE LA CUENCA (A)	19.48 KM ²
PERÍMETRO DE LA CUENCA(P)	21.12 KM
LONGITUD DE LA CUENCA (Lc)	5.52 KM
LONGITUD DE LA CUENCA PRINCIPAL (Lcp)	6.70 KM
LONGITUD MÁXIMA DEL CAUCE (Lm)	1.70KM
ANCHO DE LA CUENCA $W= A/Lc$	3.528985507
ANCHO MÁXIMO DE LA CUENCA (a)	4.30 KM
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)	1.34942436
Factor de Forma (Kf)	7.057971014
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO (Ia)	1.28372093
PENDIENTE	0.082 m/m

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

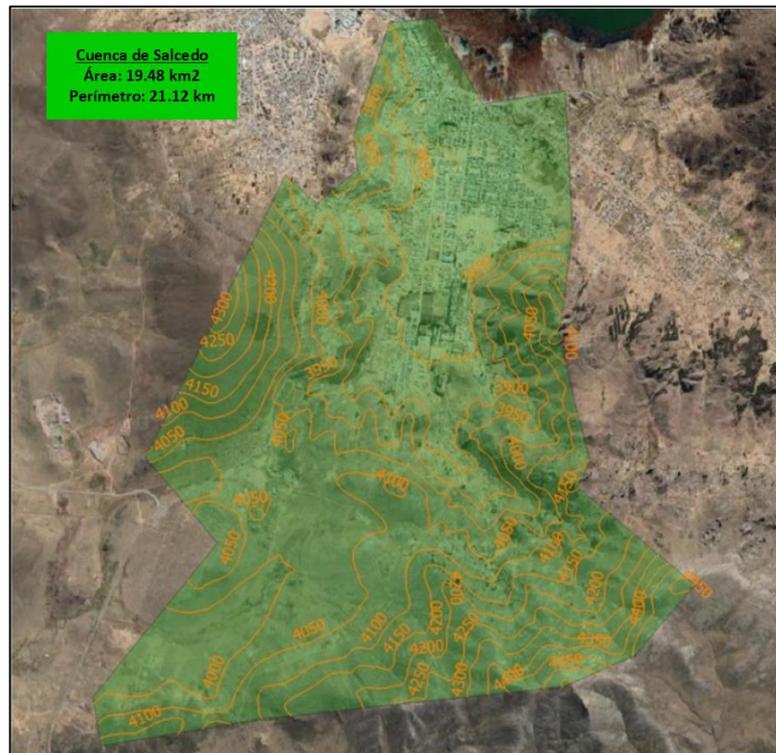


Figura N° 28: Cuenca de Salcedo

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- La cuenca de Jayllihuaya

Está conformada por la Urbanización Coñiri, Urbanización Aziruni etapa uno (01), dos (02) y tres (03); cuenta con un área total de 14.86 km², y su perímetro total es de 16.60 km. Los datos morfométricos presentados en la siguiente tabla se obtuvieron mediante el software Qgis 3.4.

Tabla N° 11: Parámetros morfométricos de la cuenca Jayllihuaya.

	JAYLLIHUAYA
ÁREA DE LA CUENCA (A)	14.86 KM ²
PERÍMETRO DE LA CUENCA(P)	16.60 KM
LONGITUD DE LA CUENCA (Lc)	4.65 KM
LONGITUD DE LA CUENCA PRINCIPAL (Lcp)	5.80 KM
LONGITUD MÁXIMA DEL CAUCE (Lm)	2.30 KM
ANCHO DE LA CUENCA $W= A/Lc$	3.195698925
ANCHO MÁXIMO DE LA CUENCA (a)	3.65 KM
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)	1.214360946
Factor de Forma (Kf)	6.391397849
ÍNDICE DE ALARGAMIENTO (Ia)	1.273972603
PENDIENTE	0.094 m/m

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

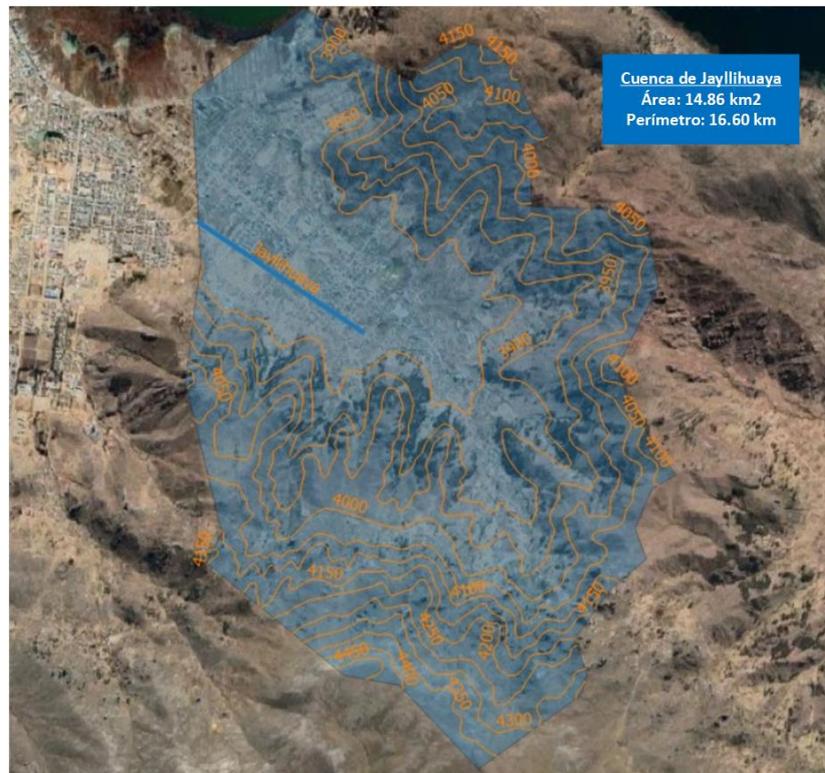


Figura N° 29: Cuenca de Jayllihuaya

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Características fisiográficas de las cuencas en estudio
 - Cuenca Salcedo

Tabla N° 12: Cálculo de porcentaje acumulado según altitud promedio.

Área	Altitud	Cotas		Promedio	Acumulado	% Acumulado
		Min	Max			
4819729.976	3915	3915	4010	3964.5	103634085.712	100%
9025304.061	4015	4015	4114	4064.5	98814355.736	95%
15100321.92	4115	4115	4214	4164.5	89789051.676	87%
17347431.1	4215	4215	4314	4264.5	74688729.758	72%
18633291.89	4315	4315	4414	4364.5	57341298.659	55%
19240254.16	4415	4415	4514	4464.5	38708006.765	37%
19467752.61	4515	4515		4515.0	19467752.607	19%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

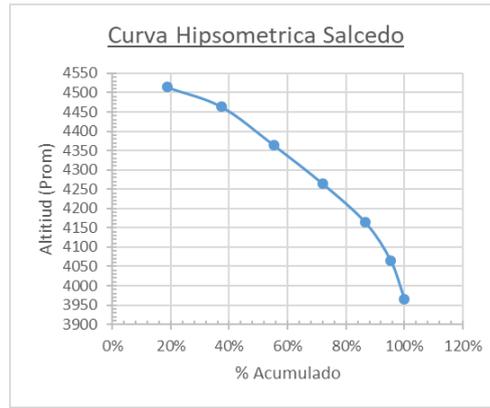


Figura N° 30: Curva hipsométrica de la cuenca de Salcedo.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

La cuenca de Salcedo se encuentra en la fase A, entonces refleja que la cuenca tiene un gran potencial erosivo (fase de juventud).

- Cuenca Jayllihuaya

Tabla N° 13: Cálculo de porcentaje acumulado según altitud promedio

Área	Altitud	Cotas		Promedio	Acumulado	% Acumulado
		Min	Max			
5588548.843	3917	3917	4016	3966.5	84731032.811	100%
9673629.679	4017	4017	4116	4066.5	79142483.968	93%
12352356.469	4117	4117	4216	4166.5	69468854.290	82%
13369355.462	4217	4217	4316	4266.5	57116497.821	67%
14151662.380	4317	4317	4416	4366.5	43747142.359	52%
14740640.576	4417	4417	4516	4466.5	29595479.979	35%
14854839.402	4517	4517		4517.0	14854839.402	18%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

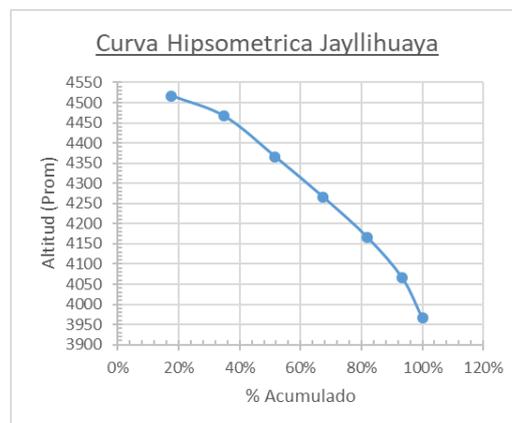


Figura N° 31: Curva hipsométrica de la cuenca de Jayllihuaya.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.



Por otra parte, la cuenca de Jayllihuaya se encuentra en la fase A, entonces refleja que la cuenca tiene un gran potencial erosivo (fase de juventud).

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

3.2.1. Metodología de la Investigación

- Nivel de la investigación

La investigación según su finalidad tiene un nivel aplicativo, porque, se pretende mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno, según la secuencia temporal es temporal, según la manipulación de las variables es observacional, según tiempo en que ocurren los hechos es retrospectiva y según su profundidad es descriptiva.

3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL USADO

3.3.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos

- Clase de técnica

Según Tamayo, 1994 (como se menciona en Palomino et. al., 2015) la recolección de los datos sería con técnicas métricas, ya que se emplean para definir las clases de mediciones que debe usarse y efectuar esas mediciones.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología es la encargada de la recolección de datos de precipitación con instrumentos especializados para dicha actividad llamados pluviómetros, así como también el PEBLT se encarga de monitorear las actividades relacionadas al Lago Titicaca por lo cual cuenta con equipamiento para realizar las mediciones de precipitación.

- Instrumentos según la técnica de recolección de datos

Los instrumentos a usar para la presente investigación, se relaciona en el siguiente cuadro:

Tabla N° 14: Relación técnica instrumento.

Técnica	Instrumento
Experimento	Material experimental
Mediciones convencionales	Unidades de medida
Bibliografía	Fichas

FUENTE: Palomino et. al., 2015.

Para los ensayos in situ se aplicará técnicas experimentales, ya que es una recopilación de datos que no se tiene bibliografía disponible y específica, pero si bibliografía de ensayos y sus respectivos procedimientos.

Para la recolección de datos de precipitación se realiza en estaciones meteorológicas, para esta investigación la estación se ubica en el departamento de Puno, provincia de Puno y distrito de Puno, a una latitud de $15^{\circ} 49' 34.5''$, longitud de $70^{\circ} 0' 43.5''$, a 3812 m.s.n.m., es de tipo automática con código 472DD33A.

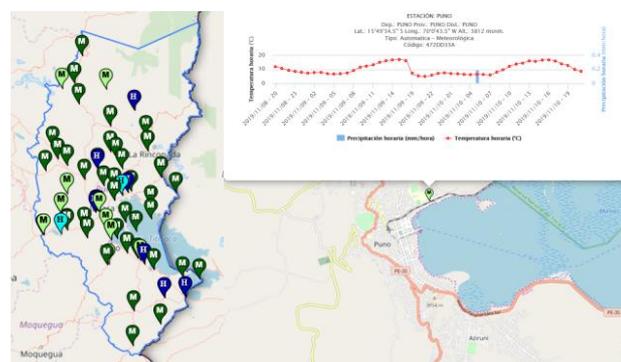


Figura N° 32: Localización de la estación meteorológica Puno.

FUENTE: Senamhi.gob.pe



3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población de la investigación

Según Cadenas, 1974 (se mencionó en Palomino Orizano, Peña Corahua, Zevallos Ypanaqué, & Orizano Quedo, 2015), la población es el conjunto de todos los elementos que hemos estudiado, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones; bajo esta premisa la presente investigación tiene como población a las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya donde se estudiara sus características físicas y precipitaciones para diseñar un sistema de drenaje pluvial sostenible que drene todas las aguas de lluvia sin afectar a las personas ni viviendas de la zona.

- Las características de la población en estudio

Las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya son homogéneas porque comprenden las mismas características según las variables en estudio que se va a tomar en las cuencas, se ubica en el tiempo porque se podrá determinar si la población en estudio es del presente o es una población de tiempo atrás, comprende un espacio porque se especifica una superficie y la cantidad porque afecta y determina los datos que vamos a necesitar por ejemplo los datos pluviométricos de las cuencas, así se entendió según los criterios dados por Palomino et. al. (2015).

- Las características de la población en estudio

Según las cuencas de estudio que son dos (cuenca de Salcedo y Jayllihuaya), entonces el tipo de muestreo será probabilístico, esta premisa le da un carácter aleatorio a la elección de las unidades de la población para integrar la muestra, es decir, la muestra está determinada por el azar. Y según su tipo se utiliza el muestreo conglomerado porque consiste en dividir a la población en subgrupos de características parecidas entre ellos y



luego se analizan completamente algunos grupos, descartando los demás nos indica Palomino et. al. (2015).

3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1 Plan de tabulación de datos

Planificar la tabulación de datos comprenderá determinar qué resultados de las variables se presentará y que relaciones entre las variables de estudio necesitan ser analizados, a fin de dar respuesta a los problemas y objetivos de estudio Palomino et. al. (2015).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología brinda datos de temperatura, precipitación, humedad, evaporación, velocidad de viento y dirección de vientos, pero de esta lista solo se necesita para esta investigación datos de precipitación que se da en la zona de estudio y el PEBLT monitorea las actividades concernientes al Lago Titicaca por lo cual está vinculada al estudio del presente trabajo.

Se tabulará en ascendente (desde años pasados al año más actual) y según el tiempo en que ocurrieron estos fenómenos meteorológicos (meses en que cayo precipitación en las zonas de estudio).

Tabla N° 15: Precipitación máxima en 24 horas en mm. Estación Puno.

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA												
Estación:	PUNO		Coordenadas UTM Huso 19 (m)					X = 15°49'34,5"		Cota =		3812
								Y = 70°00'43,5"				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	65.00	65.00	66.00	54.00	45.00	40.00	42.00	41.00	48.00	45.00	45.00	56.00
2000	65.00	65.00	66.00	54.00	45.00	40.00	41.00	42.00	47.00	45.00	45.00	56.00
2001	66.00	66.00	65.00	64.00	57.00	56.00	57.00	48.00	57.00	58.00	58.00	63.00
2002	67.00	68.00	61.00	53.00	50.00	43.00	58.00	59.00	61.00	65.00	61.00	66.00
2003	71.00	71.00	73.00	63.00	58.00	57.00	59.00	59.00	60.00	53.00	59.00	64.00
2004	79.00	71.00	67.00	67.00	51.00	53.00	56.00	63.00	59.00	52.00	58.00	62.00
2005	66.00	69.00	67.00	63.00	52.00	50.00	48.00	46.00	49.00	55.00	56.00	63.00
2006	77.00	71.00	74.00	67.00	56.00	56.00	51.00	55.00	53.00	55.00	62.00	65.00
2007	69.00	70.00	75.00	70.00	58.00	56.00	52.00	50.00	64.00	58.00	63.00	66.00
2008	78.00	70.00	70.00	59.00	50.00	44.00	48.00	47.00	47.00	54.00	53.00	62.00
2009	65.00	69.00	65.00	61.00	50.00	44.00	44.00	40.00	46.00	53.00	50.00	59.00
2010	64.00	68.00	64.00	59.00	56.00	53.00	45.00	47.00	49.00	53.00	46.00	66.00
2011	69.00	80.00	78.00	69.00	62.00	56.00	56.00	66.00	58.00	54.00	48.00	66.00
2012	70.00	78.00	71.00	70.00	56.00	51.00	50.00	49.00	54.00	55.00	61.00	73.00
2013	79.00	81.00	73.00	60.00	59.00	60.00	56.00	51.00	60.00	74.00	69.00	64.00
2014	71.00	73.00	76.00	70.00	58.00	55.00	53.00	60.00	66.00	64.00	61.00	68.00
2015	78.00	72.00	73.00	78.00	71.00	59.00	60.00	60.00	62.00	66.00	64.00	69.00
2016	69.00	80.00	72.00	72.00	64.00	54.00	60.00	58.00	64.00	66.00	66.00	68.00
2017	71.00	67.00	76.00	69.00	60.00	53.00	52.00	51.00	63.00	57.00	53.00	61.00
2018	69.00	73.00	72.00	60.00	54.00	60.00	63.00	59.00	54.00	61.00	5.50	60.00

FUENTE: SENAMHI-Puno.

Tabla N° 16: Precipitación máxima en 24 horas en mm. Estación Yanarico.

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA												
Estación:	YANARICO		Coordenadas UTM Huso 19 (m)					X = 15°45'16"		Cota =		3836
								Y = 70°17'44"				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	149.52	105.59	109.60	92.01	10.84	0.00	2.32	1.99	7.48	72.80	24.89	47.33
2000	196.30	162.20	122.90	9.00	2.30	4.00	0.00	22.10	7.90	45.10	15.21	61.87
2001	106.44	149.09	119.96	46.69	12.15	2.62	0.00	9.27	11.22	26.68	53.01	96.75
2002	102.60	162.60	151.60	63.10	13.70	10.20	18.20	9.40	13.90	77.50	61.90	63.80
2003	141.70	103.40	79.70	42.60	29.90	2.00	0.00	4.10	25.50	8.10	40.80	89.70
2004	172.10	96.80	60.70	17.20	2.10	0.00	11.40	25.00	7.80	12.00	29.30	33.20
2005	66.00	167.70	94.90	41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	25.20	73.20	72.00
2006	163.90	27.80	94.80	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.10	31.70	34.10	33.60
2007	68.40	64.80	94.20	31.40	7.50	0.00	1.70	0.00	39.10	37.70	41.70	39.90
2008	171.20	79.20	59.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	25.10	31.20	107.90
2009	112.90	115.75	80.10	19.10	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	24.20	49.60	88.72
2010	99.70	122.60	81.10	14.40	17.30	0.00	0.00	0.00	0.00	23.90	8.80	163.76
2011	42.50	144.60	66.80	4.00	6.20	0.00	4.30	0.00	2.20	19.20	32.10	126.00
2012	74.50	164.90	96.20	62.30	0.00	0.00	4.30	7.10	0.50	2.10	15.80	84.70
2013	111.50	110.90	59.00	62.30	10.10	4.50	2.70	9.90	8.00	17.10	27.40	97.50
2014	97.50	49.40	20.40	0.00	0.00	0.00	3.30	36.40	31.00	86.50	24.70	66.43
2015	132.20	120.20	75.50	146.00	0.00	0.00	6.00	7.70	37.50	40.40	36.30	66.10
2016	93.30	161.90	14.60	63.97	0.00	4.10	5.80	0.00	4.30	78.40	63.97	67.90
2017	148.80	156.60	107.80	46.00	20.00	0.60	5.10	0.60	40.20	50.90	25.35	103.80
2018	94.33	120.25	47.34	50.01	4.28	0.41	3.78	5.64	19.75	40.20	32.19	98.37

FUENTE: SENAMHI-Puno.

Tabla N° 17: Precipitación máxima en 24 horas en mm, Estación Laraqueri.

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA												
Estación:	Laraqueri		Coordenadas UTM Huso 19 (m)						X = 16°09'16.9"		Cota =	3900
									Y = 70°03'59.7"			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	121.63	86.95	86.36	105.68	23.66	0.00	2.34	0.41	9.69	65.18	19.52	20.60
2000	64.01	102.91	32.39	70.04	1.26	1.07	4.85	2.16	10.73	53.58	11.93	26.93
2001	86.59	122.77	94.52	53.63	26.50	1.68	0.00	1.89	14.54	23.89	41.56	42.11
2002	121.63	109.75	54.70	58.99	37.86	7.33	20.01	4.97	7.27	31.06	19.88	52.41
2003	119.94	75.55	29.03	88.33	40.38	3.67	0.31	1.08	42.93	18.94	10.30	47.35
2004	34.24	142.40	8.02	24.25	0.00	0.00	0.00	9.90	10.30	10.54	16.05	47.40
2005	67.05	117.30	50.30	30.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	31.05	24.40	72.10
2006	148.05	34.80	81.20	53.05	5.70	0.00	0.00	0.00	12.70	15.50	32.30	48.00
2007	50.90	47.30	97.00	30.50	0.00	0.00	0.00	2.50	25.80	20.30	53.20	46.00
2008	157.10	54.85	48.10	18.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	27.70	4.60	57.95
2009	67.85	69.85	96.20	21.75	0.50	0.00	1.20	0.00	4.90	26.80	32.85	25.90
2010	62.40	87.90	28.90	7.85	11.70	0.00	0.00	0.00	10.75	17.70	10.50	73.65
2011	50.12	129.65	75.80	17.25	3.70	0.00	5.00	0.00	29.45	0.00	45.20	91.40
2012	80.05	127.30	106.90	49.65	0.00	0.00	5.00	0.00	15.20	6.05	26.30	36.87
2013	104.10	85.30	104.10	7.40	10.10	4.20	16.10	1.90	3.90	18.20	30.35	69.65
2014	93.62	61.20	28.50	32.80	0.00	0.00	0.00	1.07	34.50	15.35	15.20	28.91
2015	75.14	78.22	91.50	137.00	7.00	0.00	0.00	0.00	33.50	89.00	68.00	41.50
2016	51.21	205.00	26.50	49.80	3.00	0.00	11.00	1.50	7.00	121.00	58.50	77.00
2017	275.50	127.00	112.00	62.50	37.00	0.00	0.00	0.00	48.00	39.00	19.88	45.18
2018	143.86	74.25	53.98	59.62	22.40	8.09	29.23	0.00	4.50	41.46	16.99	45.18

FUENTE: SENAMHI-Puno.

Tabla N° 18: Precipitación máxima en 24 horas en mm, Estación Isla Taquile.

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA												
Estación:	Isla Taquile		Coordenadas UTM Huso 19 (m)						X = 15°46'00"		Cota =	3850
									Y = 69°41'00"			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	249.35	175.97	190.88	148.25	43.12	0.00	7.02	2.41	17.46	85.04	30.36	102.64
2000	131.24	208.26	71.58	98.25	2.30	13.13	14.50	12.83	19.33	69.90	18.55	134.16
2001	177.51	248.46	208.90	75.23	48.29	20.63	0.00	11.22	26.19	31.17	64.65	209.79
2002	232.50	365.80	257.50	169.10	62.30	8.10	44.60	28.40	44.50	139.40	92.00	110.60
2003	279.85	162.40	174.90	52.20	38.10	7.65	8.10	1.30	61.40	52.40	16.20	150.10
2004	327.93	189.40	123.95	78.40	4.60	0.00	7.50	36.80	51.00	8.70	51.20	85.95
2005	217.95	189.01	70.90	29.90	0.00	0.00	0.00	4.60	24.65	60.10	45.73	106.39
2006	349.33	123.20	187.25	92.75	1.70	125.50	0.00	2.78	22.85	21.10	112.45	85.95
2007	204.50	132.30	363.70	114.10	8.20	0.00	3.40	13.00	58.70	17.80	81.00	127.00
2008	158.45	106.10	136.29	26.80	11.20	3.30	0.00	0.00	0.00	57.25	8.20	169.10
2009	78.15	149.50	95.97	29.70	0.00	0.00	8.10	0.00	18.35	24.00	93.65	108.50
2010	250.80	212.60	60.00	35.75	24.80	4.50	4.50	6.50	15.75	17.50	0.00	189.50
2011	137.20	374.20	248.90	31.40	3.50	0.00	18.00	0.00	72.65	13.70	38.40	236.75
2012	154.70	273.30	172.75	55.00	3.50	0.00	18.00	10.25	0.00	11.70	51.60	183.68
2013	129.30	333.80	28.30	7.51	30.51	16.62	18.00	0.00	1.98	53.75	21.95	184.25
2014	299.80	162.60	56.00	27.00	5.70	0.00	1.75	13.84	11.46	26.70	0.23	144.06
2015	201.60	153.80	174.30	108.20	58.70	0.00	13.50	18.50	29.00	65.80	49.00	114.00
2016	43.70	132.25	29.60	66.60	0.00	0.00	10.00	0.00	3.00	40.00	34.60	609.00
2017	130.20	83.40	115.50	43.00	191.00	20.90	20.00	0.00	110.60	27.00	30.92	225.10
2018	294.94	150.26	119.30	83.64	40.82	99.38	87.49	0.00	8.10	54.10	26.42	225.10

FUENTE: SENAMHI-Puno.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 Procesamiento y análisis de datos

Comprende resumir, organizar y comunicar la información. El procesamiento se puede realizar al mismo tiempo que se recolecta los datos y no necesariamente cuando se concluya la recolección, indica Alvarado y Pineda (como se mencionó en Palomino, 2015)

Los datos del SENAMHI y PEBLT fueron analizados por regresión potencial y el método de Gumbel.

- Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel
 - Para la estación Puno

Tabla N° 19: Hoja de Cálculo para la estación de Puno.

N°	Año	Mes	Precipitación (mm)		Cálculo variables probabilísticas
		Max. Precip.	x_i	$(x_i - \bar{x})^2$	
1	1999	66	66.00	60.84	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 73.80 \text{ mm}$
2	2000	66	66.00	60.84	
3	2001	66	66.00	60.84	
4	2002	68	68.00	33.64	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 5.27 \text{ mm}$
5	2003	73	73.00	0.64	
6	2004	79	79.00	27.04	
7	2005	69	69.00	23.04	$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 4.11 \text{ mm}$
8	2006	77	77.00	10.24	
9	2007	75	75.00	1.44	
10	2008	78	78.00	17.64	$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 71.43 \text{ mm}$
11	2009	69	69.00	23.04	
12	2010	68	68.00	33.64	
13	2011	80	80.00	38.44	
14	2012	78	78.00	17.64	
15	2013	81	81.00	51.84	
16	2014	76	76.00	4.84	
17	2015	78	78.00	17.64	
18	2016	80	80.00	38.44	
19	2017	76	76.00	4.84	
20	2018	73	73.00	0.64	
20		Suma	1476.0	527.2	

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 20: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Puno.

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno Años	Variable Reducida YT	Precip. (mm) XT'(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	72.9347	0.5000	82.4162
5	1.4999	77.5898	0.8000	87.6765
10	2.2504	80.6719	0.9000	91.1592
25	3.1985	84.5661	0.9600	95.5597
50	3.9019	87.4551	0.9800	98.8242
100	4.6001	90.3227	0.9900	102.0647
500	6.2136	96.9494	0.9980	109.5528

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

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Para la estación Yanarico

Tabla N° 21: Hoja de Cálculo para la estación de Yanarico.

Nº	Año	Mes		Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	xi	(xi - x)²	
1	1999	66	149.52	5733.31	
2	2000	66	196.30	15006.25	
3	2001	66	149.52	5733.31	
4	2002	68	162.60	7885.44	
5	2003	73	141.70	4610.41	
6	2004	79	172.10	9662.89	
7	2005	69	167.70	8817.21	
8	2006	77	163.90	8118.01	
9	2007	75	94.20	416.16	
10	2008	78	171.20	9486.76	
11	2009	69	115.75	1759.80	
12	2010	68	163.76	8092.80	
13	2011	80	144.60	5012.64	
14	2012	78	164.90	8299.21	
15	2013	81	111.50	1421.29	
16	2014	76	97.50	561.69	
17	2015	78	146.00	5212.84	
18	2016	80	161.90	7761.61	
19	2017	76	156.60	6855.84	
20	2018	73	120.25	2158.00	
20		Suma	2951.5	122605.5	

Cálculo variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 147.58 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 80.33 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = 62.63 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 111.42 \text{ mm}$$

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 22: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Yanarico.

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno Años	Variable Reducida YT	Precip. (mm) XT'(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	134.3791	0.5000	151.8484
5	1.4999	205.3691	0.8000	232.0671
10	2.2504	252.3707	0.9000	285.1789
25	3.1985	311.7574	0.9600	352.2858
50	3.9019	355.8137	0.9800	402.0695
100	4.6001	399.5448	0.9900	451.4857
500	6.2136	500.6007	0.9980	565.6788

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

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Para la estación Laraqueri

Tabla N° 23: Hoja de Cálculo para la estación de Laraqueri.

N°	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm) xi	(xi - x)^2
1	1999	66	121.63	2287.25
2	2000	66	102.91	847.19
3	2001	66	122.77	2398.19
4	2002	68	121.63	2287.25
5	2003	73	119.94	2128.96
6	2004	79	142.40	4705.96
7	2005	69	117.30	1892.25
8	2006	77	148.05	5513.06
9	2007	75	97.00	538.24
10	2008	78	157.10	6938.89
11	2009	69	96.20	501.76
12	2010	68	87.90	198.81
13	2011	80	129.65	3119.22
14	2012	78	127.30	2862.25
15	2013	81	104.10	918.09
16	2014	76	93.62	392.83
17	2015	78	137.00	3994.24
18	2016	80	205.00	17213.44
19	2017	76	275.50	40682.89
20	2018	73	143.86	4908.60
20		Suma	2650.9	104329.4

Cálculo variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 132.54 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 74.10 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 57.78 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 99.19 \text{ mm}$$

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla N° 24: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Laraqueri.

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno Años	Variable Reducida YT	Precip. (mm) XT'(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	120.3697	0.5000	136.0178
5	1.4999	185.8553	0.8000	210.0165
10	2.2504	229.2125	0.9000	259.0101
25	3.1985	283.9944	0.9600	320.9137
50	3.9019	324.6347	0.9800	366.8372
100	4.6001	364.9750	0.9900	412.4217
500	6.2136	458.1952	0.9980	517.7605

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

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Para la estación Isla Taquile

Tabla N° 25: Hoja de Cálculo para la estación de Isla Taquile.

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm) xi	(xi - x)²
1	1999	66	249.35	30817.73
2	2000	66	208.26	18079.20
3	2001	66	248.46	30506.39
4	2002	68	365.80	85264.00
5	2003	73	279.85	42456.60
6	2004	79	327.93	64582.06
7	2005	69	217.95	20779.22
8	2006	77	349.33	75916.78
9	2007	75	363.70	84042.01
10	2008	78	169.10	9082.09
11	2009	69	149.50	5730.49
12	2010	68	250.80	31329.00
13	2011	80	374.20	90240.16
14	2012	78	273.30	39800.25
15	2013	81	333.80	67600.00
16	2014	76	299.80	51076.00
17	2015	78	201.60	16332.84
18	2016	80	609.00	286439.04
19	2017	76	225.10	22891.04
20	2018	73	294.94	48901.71
20		Suma	5791.8	1121866.6

Cálculo variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 289.59 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 242.99 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = 189.46 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 180.23 \text{ mm}$$

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 26: Precipitaciones diarias máximas y periodos de retorno para Isla Taquile.

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno Años	Variable Reducida YT	Precip. (mm) XT'(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	249.6713	0.5000	282.1285
5	1.4999	464.4114	0.8000	524.7848
10	2.2504	606.5880	0.9000	685.4444
25	3.1985	786.2285	0.9600	888.4383
50	3.9019	919.4962	0.9800	1039.0307
100	4.6001	1051.7798	0.9900	1188.5111
500	6.2136	1357.4669	0.9980	1533.9377

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

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de la precipitación máxima diaria
 - Coeficiente para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Tabla N° 27: Coeficientes para relación de duraciones, en horas.

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

FUENTE: D. F. Campos A. 1978.

- Precipitación máxima para diferentes tiempos de duración de lluvias

De la estación: Puno

Tabla N° 28: Precipitación máxima diaria para Puno

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	82.4162	87.6765	91.1592	95.5597	98.8242	102.0647	109.5528
18 hr	X18 = 91%	74.9987	79.7856	82.9549	86.9593	89.9301	92.8788	99.6930
12 hr	X12 = 80%	65.9330	70.1412	72.9274	76.4478	79.0594	81.6517	87.6422
8 hr	X8 = 68%	56.0430	59.6200	61.9883	64.9806	67.2005	69.4040	74.4959
6 hr	X6 = 61%	50.2739	53.4826	55.6071	58.2914	60.2828	62.2594	66.8272
5 hr	X5 = 57%	46.9772	49.9756	51.9608	54.4690	56.3298	58.1769	62.4451
4 hr	X4 = 52%	42.8564	45.5918	47.4028	49.6910	51.3886	53.0736	56.9674
3 hr	X3 = 46%	37.9114	40.3312	41.9332	43.9575	45.4591	46.9497	50.3943
2 hr	X2 = 39%	32.1423	34.1938	35.5521	37.2683	38.5415	39.8052	42.7256
1 hr	X1 = 30%	24.7249	26.3029	27.3478	28.6679	29.6473	30.6194	32.8658

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

De la estación: Yanarico

Tabla N° 29: Precipitación máxima diaria para Yanarico

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	151.8484	232.0671	285.1789	352.2858	352.2858	402.0695	451.4857
18 hr	X18 = 91%	138.1820	211.1811	259.5128	320.5801	320.5801	365.8833	410.8520
12 hr	X12 = 80%	121.4787	185.6537	228.1431	281.8286	281.8286	321.6556	361.1885
8 hr	X8 = 68%	103.2569	157.8056	193.9217	239.5543	239.5543	273.4073	307.0103
6 hr	X6 = 61%	92.6275	141.5609	173.9591	214.8943	214.8943	245.2624	275.4063
5 hr	X5 = 57%	86.5536	132.2783	162.5520	200.8029	200.8029	229.1796	257.3468
4 hr	X4 = 52%	78.9612	120.6749	148.2930	183.1886	183.1886	209.0762	234.7725
3 hr	X3 = 46%	69.8503	106.7509	131.1823	162.0515	162.0515	184.9520	207.6834
2 hr	X2 = 39%	59.2209	90.5062	111.2198	137.3915	137.3915	156.8071	176.0794
1 hr	X1 = 30%	45.5545	69.6201	85.5537	105.6857	105.6857	120.6209	135.4457

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

De la estación: Laraqueri

Tabla N° 30: Precipitación máxima diaria para Laraqueri.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	136.0178	210.0165	259.0101	259.0101	320.9137	366.8372	412.4217
18 hr	X18 = 91%	123.7762	191.1150	235.6992	235.6992	292.0314	333.8219	375.3038
12 hr	X12 = 80%	108.8142	168.0132	207.2081	207.2081	256.7309	293.4698	329.9374
8 hr	X8 = 68%	92.4921	142.8112	176.1269	176.1269	218.2213	249.4493	280.4468
6 hr	X6 = 61%	82.9708	128.1101	157.9962	157.9962	195.7573	223.7707	251.5773
5 hr	X5 = 57%	77.5301	119.7094	147.6358	147.6358	182.9208	209.0972	235.0804
4 hr	X4 = 52%	70.7292	109.2086	134.6853	134.6853	166.8751	190.7554	214.4593
3 hr	X3 = 46%	62.5682	96.6076	119.1447	119.1447	147.6203	168.7451	189.7140
2 hr	X2 = 39%	53.0469	81.9064	101.0139	101.0139	125.1563	143.0665	160.8445
1 hr	X1 = 30%	40.8053	63.0050	77.7030	77.7030	96.2741	110.0512	123.7265

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

De la estación: Isla Taquile

Tabla N° 31: Precipitación máxima diaria para la Isla Taquile.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	282.1285	524.7848	685.4444	888.4383	1039.0307	1188.5111	1533.9377
18 hr	X18 = 91%	256.7370	477.5542	623.7544	808.4788	945.5179	1081.5451	1395.8833
12 hr	X12 = 80%	225.7028	419.8279	548.3556	710.7506	831.2245	950.8089	1227.1501
8 hr	X8 = 68%	191.8474	356.8537	466.1022	604.1380	706.5409	808.1876	1043.0776
6 hr	X6 = 61%	172.0984	320.1188	418.1211	541.9473	633.8087	724.9918	935.7020
5 hr	X5 = 57%	160.8133	299.1274	390.7033	506.4098	592.2475	677.4513	874.3445
4 hr	X4 = 52%	146.7068	272.8881	356.4311	461.9879	540.2959	618.0258	797.6476
3 hr	X3 = 46%	129.7791	241.4010	315.3044	408.6816	477.9541	546.7151	705.6113
2 hr	X2 = 39%	110.0301	204.6661	267.3233	346.4909	405.2220	463.5193	598.2357
1 hr	X1 = 30%	84.6386	157.4355	205.6333	266.5315	311.7092	356.5533	460.1813

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de la precipitación máxima diaria por duración de lluvia y frecuencia de la misma distribuida por polígonos de Thiessen.

$$I = \frac{P[mm]}{t_{duracion}[hr.]}$$

Tabla N° 32: Precipitación máxima diaria distribuida por polígonos de Thiessen.

Precipitación Máxima Diaria por Duración de lluvia y Frecuencia de la misma Distribuida por polígonos de Thiessen							
Tiempo de Duración	Precipitación máxima Pd (mm)						
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	137.4395	207.2159	253.4140	293.9929	326.5552	369.7493	431.9507
18 hr	125.0699	188.5665	230.6068	267.5335	297.1652	336.4719	393.0752
12 hr	109.9516	165.7728	202.7312	235.1943	261.2441	295.7995	345.5606
8 hr	93.4589	140.9068	172.3215	199.9151	222.0575	251.4296	293.7265
6 hr	83.8381	126.4017	154.5826	179.3356	199.1986	225.5471	263.4899
5 hr	78.3405	118.1131	144.4460	167.5759	186.1364	210.7571	246.2119
4 hr	71.4685	107.7523	131.7753	152.8763	169.8087	192.2697	224.6144
3 hr	63.2222	95.3193	116.5705	135.2367	150.2154	170.0847	198.6973
2 hr	53.6014	80.8142	98.8315	114.6572	127.3565	144.2022	168.4608
1 hr	41.2318	62.1648	76.0242	88.1979	97.9665	110.9248	129.5852

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

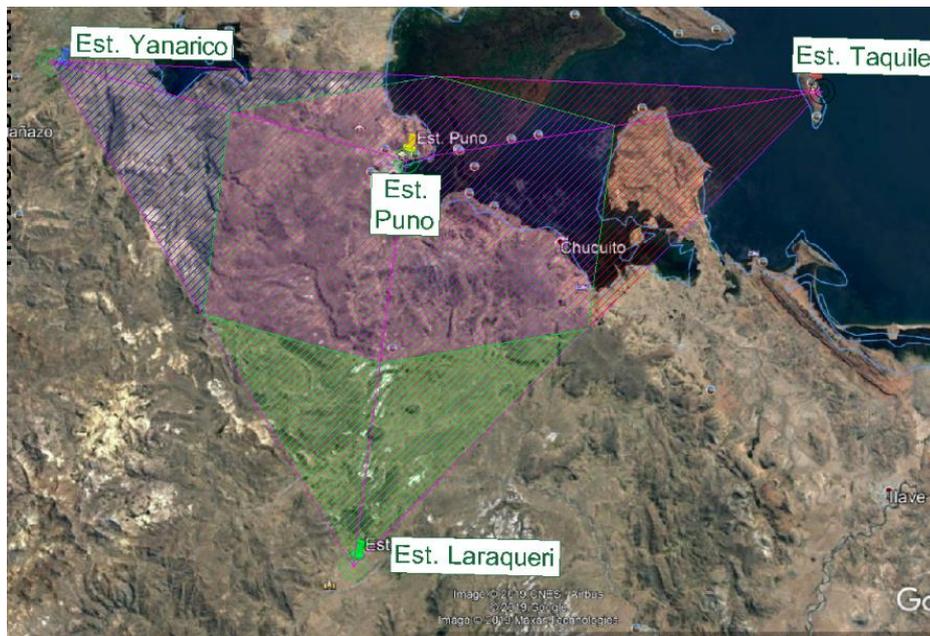


Figura N° 33: Polígono de Thiessen

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Intensidad de precipitación por duración de lluvia y frecuencia de la misma distribuida por polígonos de Thiessen.

Tabla N° 33: Intensidad – Duración – Frecuencia por el método de thiessen.

Intensidad de precipitación por Duración de lluvia y Frecuencia de la misma distribuida por polígonos de Thiessen								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm/hr) por Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	5.7266	8.6340	10.5589	12.2497	13.6065	15.4062	17.9979
18 hr	1080	6.9483	10.4759	12.8115	14.8630	16.5092	18.6929	21.8375
12 hr	720	9.1626	13.8144	16.8943	19.5995	21.7703	24.6500	28.7967
8 hr	480	11.6824	17.6134	21.5402	24.9894	27.7572	31.4287	36.7158
6 hr	360	13.9730	21.0670	25.7638	29.8893	33.1998	37.5912	43.9150
5 hr	300	15.6681	23.6226	28.8892	33.5152	37.2273	42.1514	49.2424
4 hr	240	17.8671	26.9381	32.9438	38.2191	42.4522	48.0674	56.1536
3 hr	180	21.0741	31.7731	38.8568	45.0789	50.0718	56.6949	66.2324
2 hr	120	26.8007	40.4071	49.4157	57.3286	63.6783	72.1011	84.2304
1 hr	60	41.2318	62.1648	76.0242	88.1979	97.9665	110.9248	129.5852

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de la constante de regresión de la cuenca.

Tabla N° 34: Cálculo de coeficiente de regresión.

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	519.59349462808	-0.61638608809
5	783.38512600960	-0.61638608809
10	958.03813925140	-0.61638608809
25	1111.44740282425	-0.61638608809
50	1234.55001897027	-0.61638608809
100	1397.84670870642	-0.61638608809
500	1633.00065798892	-0.61638608809
Promedio =	1091.12307833985	-0.61638608809

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En función del cambio de variables realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para

obtener valores de la ecuación: $d = K \cdot T^m$

Tabla N° 35: Cálculo de regresión potencial para un periodo de retorno de 50 años.

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	519.5935	0.6931	6.2530	4.3343	0.4805
2	5	783.3851	1.6094	6.6636	10.7247	2.5903
3	10	958.0381	2.3026	6.8649	15.8070	5.3019
4	25	1111.4474	3.2189	7.0134	22.5753	10.3612
5	50	1234.5500	3.9120	7.1185	27.8476	15.3039
6	100	1397.8467	4.6052	7.2427	33.3538	21.2076
7	500	1633.0007	6.2146	7.3982	45.9768	38.6214
7	692	7637.8615	22.5558	48.5543	160.6194	93.8667
Ln (K) = 6.3029		K = 546.1546		m = 0.1966		

Termino constante de regresión (K) = 546.1546

Coef. de regresión (m) = 0.196578

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Elaboración de las curvas IDF de la cuenca

De la expresión de intensidad de precipitación, lo cual relaciona el periodo de retorno y el tiempo de duración de la precipitación obtenemos la siguiente tabla:

$I = \frac{274.7979 \cdot T^{0.074252}}{t^{0.61104}}$	I = intensidad de precipitación (mm/hr)
	T = Periodo de Retorno (años)
	t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla N° 36: Tabla Intensidad – Duración - Frecuencia

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	232.09	151.39	117.91	98.75	86.06	76.92	69.94	64.42	59.91	56.14	52.94	50.17
5	277.90	181.27	141.19	118.24	103.05	92.10	83.75	77.13	71.73	67.22	63.38	60.07
10	318.46	207.73	161.80	135.51	118.09	105.54	95.97	88.39	82.20	77.03	72.64	68.84
25	381.32	248.73	193.73	162.25	141.40	126.37	114.92	105.84	98.42	92.24	86.97	82.43
50	436.98	285.04	222.01	185.93	162.04	144.82	131.69	121.29	112.79	105.70	99.67	94.46
100	500.77	326.65	254.42	213.08	185.70	165.96	150.91	138.99	129.26	121.13	114.22	108.25
500	687.13	448.22	349.10	292.37	254.80	227.72	207.08	190.72	177.36	166.21	156.73	148.54

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

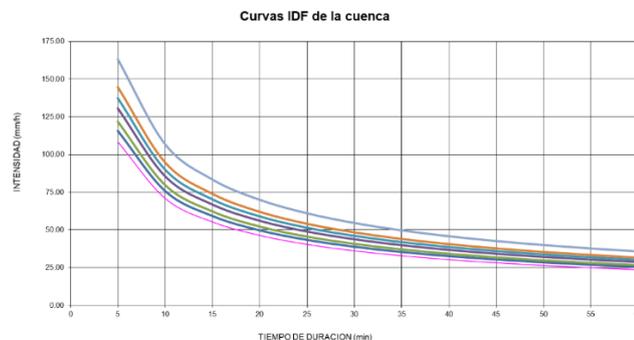


Figura N° 34: Curvas I-D-F.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo del tiempo de concentración de la cuenca (Formula California)

Tomando los datos de partida siguientes y efectuando la formula, tenemos:

L cauce principal = 1.7 km

Pendiente= 0.082 m/m

Tiempo concentración= 0.26011852 h

$$T_c = 0.066 \cdot \left(\frac{L}{J^{0.55}} \right)^{0.77}$$

Tabla N° 37: Valores de Intensidad para curvas I-D-F.

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
5	232.09	277.90	318.46	381.32	436.98	500.77	687.13
10	151.39	181.27	207.73	248.73	285.04	326.65	448.22
15	117.91	141.19	161.80	193.73	222.01	254.42	349.10
20	98.75	118.24	135.51	162.25	185.93	213.08	292.37
25	86.06	103.05	118.09	141.40	162.04	185.70	254.80
30	76.92	92.10	105.54	126.37	144.82	165.96	227.72
35	69.94	83.75	95.97	114.92	131.69	150.91	207.08
40	64.42	77.13	88.39	105.84	121.29	138.99	190.72
45	59.91	71.73	82.20	98.42	112.79	129.26	177.36
50	56.14	67.22	77.03	92.24	105.70	121.13	166.21
55	52.94	63.38	72.64	86.97	99.67	114.22	156.73
60	50.17	60.07	68.84	82.43	94.46	108.25	148.54
65	47.76	57.18	65.53	78.46	89.92	103.04	141.39
70	45.62	54.63	62.60	74.96	85.90	98.44	135.08
75	43.73	52.35	60.00	71.84	82.33	94.34	129.45
80	42.02	50.31	57.66	69.04	79.11	90.66	124.40
85	40.48	48.47	55.54	66.50	76.21	87.34	119.84
90	39.08	46.79	53.62	64.20	73.57	84.31	115.69
95	37.80	45.26	51.86	62.10	71.16	81.55	111.90
100	36.62	43.85	50.25	60.17	68.95	79.01	108.42
105	35.54	42.55	48.76	58.38	66.91	76.67	105.21
110	34.53	41.35	47.38	56.73	65.01	74.51	102.23
115	33.60	40.23	46.10	55.20	63.26	72.49	99.47
120	32.73	39.19	44.91	53.77	61.62	70.61	96.89
125	31.91	38.21	43.79	52.43	60.09	68.86	94.49
130	31.15	37.30	42.75	51.18	58.65	67.22	92.23
135	30.44	36.44	41.76	50.00	57.30	65.67	90.11
140	29.76	35.63	40.84	48.90	56.03	64.21	88.11
145	29.12	34.87	39.96	47.85	54.84	62.84	86.23
150	28.52	34.15	39.14	46.86	53.70	61.54	84.44
155	27.95	33.47	38.35	45.92	52.63	60.31	82.75
160	27.41	32.82	37.61	45.03	51.61	59.14	81.15
165	26.89	32.20	36.90	44.19	50.64	58.03	79.62
170	26.40	31.62	36.23	43.38	49.71	56.97	78.17
175	25.94	31.06	35.59	42.61	48.83	55.96	76.79
180	25.49	30.52	34.98	41.88	47.99	55.00	75.47

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Elaboración del hietograma para un periodo de retorno de 50 años

Tabla N° 38: Datos para hietograma periodo de retorno 50 años.

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 50 AÑOS	
Duración de la tormenta (h)	3
Intesidad de lluvia (mm/h)	50.17
Precipitación en 24 horas (mm)	150.51
Intervalos de tiempo (min)	5

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 39: Hoja de cálculo para hietograma con periodo de retorno 50 años.

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	436.98	36.41	36.41	436.98	1.58	18.90
10	285.04	47.51	11.09	133.11	1.63	19.61
15	222.01	55.50	8.00	95.94	1.70	20.39
20	185.93	61.98	6.48	77.71	1.77	21.26
25	162.04	67.52	5.54	66.47	1.85	22.24
30	144.82	72.41	4.89	58.70	1.95	23.34
35	131.69	76.82	4.41	52.93	2.05	24.60
40	121.29	80.86	4.04	48.45	2.17	26.05
45	112.79	84.59	3.74	44.85	2.31	27.75
50	105.70	88.08	3.49	41.87	2.48	29.78
55	99.67	91.36	3.28	39.36	2.69	32.25
60	94.46	94.46	3.10	37.21	2.95	35.35
65	89.92	97.41	2.95	35.35	3.28	39.36
70	85.90	100.22	2.81	33.71	3.74	44.85
75	82.33	102.91	2.69	32.25	4.41	52.93
80	79.11	105.49	2.58	30.95	5.54	66.47
85	76.21	107.97	2.48	29.78	8.00	95.94
90	73.57	110.36	2.39	28.72	36.41	436.98
95	71.16	112.67	2.31	27.75	11.09	133.11
100	68.95	114.91	2.24	26.87	6.48	77.71
105	66.91	117.08	2.17	26.05	4.89	58.70
110	65.01	119.19	2.11	25.30	4.04	48.45
115	63.26	121.24	2.05	24.60	3.49	41.87
120	61.62	123.24	2.00	23.95	3.10	37.21
125	60.09	125.18	1.95	23.34	2.81	33.71
130	58.65	127.08	1.90	22.77	2.58	30.95
135	57.30	128.93	1.85	22.24	2.39	28.72
140	56.03	130.75	1.81	21.74	2.24	26.87
145	54.84	132.52	1.77	21.26	2.11	25.30
150	53.70	134.25	1.73	20.82	2.00	23.95
155	52.63	135.95	1.70	20.39	1.90	22.77
160	51.61	137.62	1.67	19.99	1.81	21.74
165	50.64	139.25	1.63	19.61	1.73	20.82
170	49.71	140.86	1.60	19.25	1.67	19.99
175	48.83	142.43	1.58	18.90	1.60	19.25
180	47.99	143.98	1.55	18.57	1.55	18.57

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

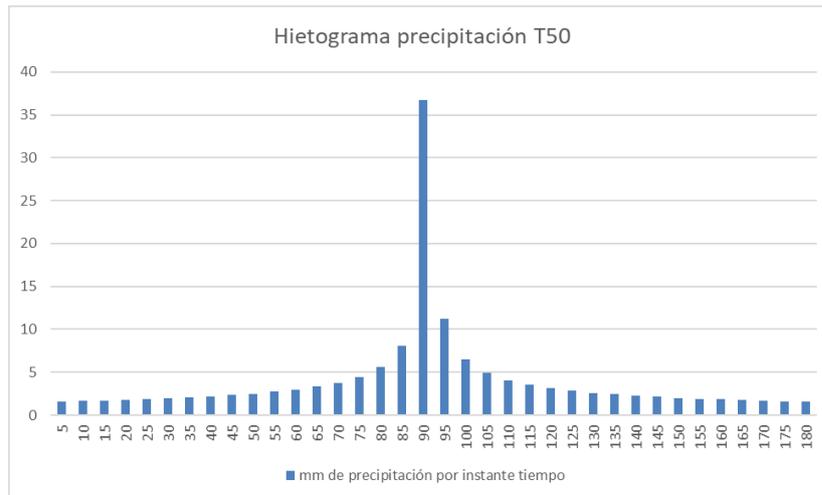


Figura N° 35: Hietograma para tiempo de retorno 50 años.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

3.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.7.1 Análisis de la precipitación efectuada en las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya

Los datos proporcionados por el SENANHI que es la institución autorizada en Perú, solo fueron recopilados desde 1999 hasta 2018, por otro lado, El Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PEBLT) también se encarga de monitorear la actividad en el Lago Titicaca, donde se recolecto datos desde 2000 hasta el 2017.

3.7.2 Origen de las precipitaciones en las cuencas de estudio

En el sitio Web de nombre Weather Spark, menciona que varía en el transcurso del año el porcentaje del cielo cubierto por nubes. La parte más despejada del año en Puno comienza aproximadamente el 22 de abril; dura 5.2 meses y se termina aproximadamente el 28 de septiembre. El 22 de Julio, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 71% del tiempo y nublado o mayormente nublado el 29% del tiempo.

Según el sitio web Weather Spark, el periodo de tiempo más nublado del año comienza aproximadamente el 28 de septiembre; dura 6.8 meses y se termina aproximadamente el 22 de abril. El 16 de enero, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 84% del tiempo, y mayormente despejado o parcialmente nublado el 16% del tiempo.

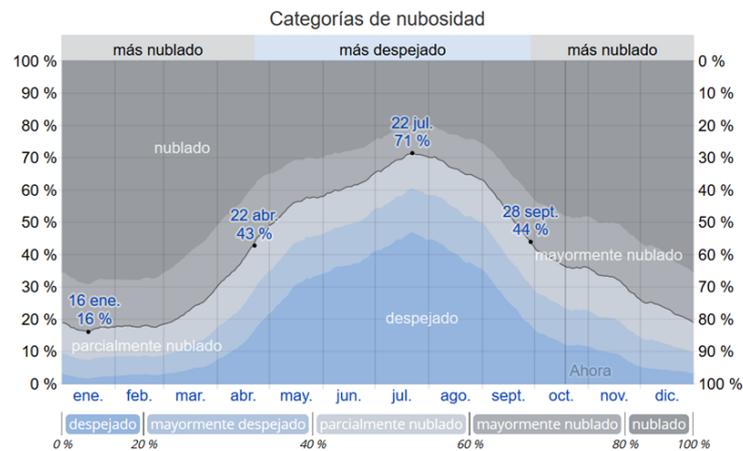


Figura N° 36: Nubosidad en la ciudad de Puno Forma de la precipitación en las cuencas de estudio

FUENTE: www.Weather Spark.com

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Puno varía considerablemente durante el año, señala el sitio web Weather Spark.

Además, el sitio web Weather Spark afirma que, la temporada más mojada dura 3.4 meses, del 15 de diciembre a 26 de marzo, con una probabilidad de más del 19% de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 38% el 14 de enero. Y que la temporada más seca dura 8.6 meses, del 26 de marzo al 15 de diciembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 0% el 19 de julio.

Para terminar el sitio web Weather Spark, comenta que, entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación

de las dos. En base a esta categorización, el tipo as común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima de 38% el 14 de enero.

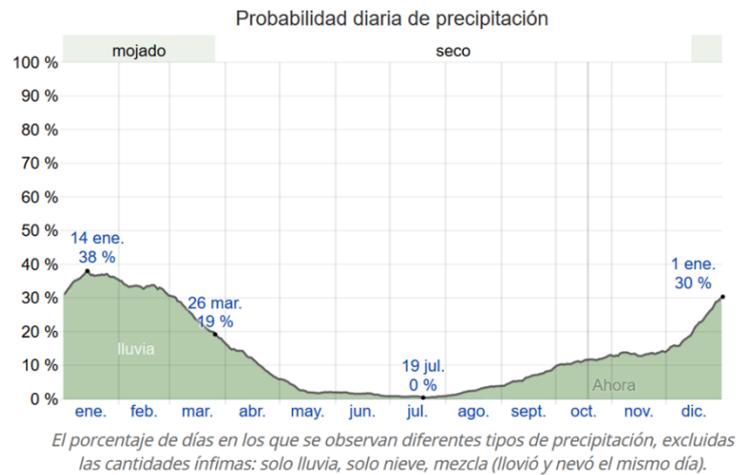


Figura N° 37: Probabilidad diaria de precipitación S

FUENTE: www.Weather Spark.com

3.7.3 Determinación de la precipitación en las cuencas de Salcedo y Jayllihuaya

- Registros de pluviómetros

Aunque en la ciudad universitaria de la UNA Puno existen estaciones meteorológicas, gestionadas por diferentes facultades estas no se encuentran en correcta operación ya que no están recolectando datos o tienen series de datos menores a 10 años seguidos. Por lo tanto, solo se tomó en cuenta a las estaciones que recolectaron una serie de datos por más de 10 años seguidos las cuales son las del SENAMHI Puno y del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.

3.8 CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CUENCA DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA

En esta sección de calcularan los diámetros de las tuberías que drenaran las aguas pluviales de los sectores urbanos con vías de concreto y área libre de tierra, además de planificar la ubicación de los colectores y la trayectoria de las tuberías.

3.8.1 Cálculo y diseño de la red de drenaje pluvial de la cuenca de Salcedo por sectores

La cuenca de Salcedo fue dividida en cinco (05) sectores, donde cada sector está compuesto por áreas urbanas pavimentadas de concreto y áreas de tierra paja silvestre (pastizales), los correspondientes sectores se describen a continuación:

- Sector A: Desvío Salcedo

El sector-A, consta aproximadamente de 11.84 hectáreas y está comprendida entre las urbanizaciones Urb. Barrio Santiago Chejoña y la Urb. ENACE; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de pastizales.



Figura N° 38: Fotografía satelital del sector-A. S

FUENTE: Google Maps, 2019.

El área del desvío Salcedo (sector-A) se encuentra incluida en la cuenca de drenaje de Salcedo que drena sus aguas al colector-a1, este a su vez se encarga de dirigir las al lago Titicaca.



Figura N° 39: Fotografía panorámica del sector-A

FUENTE: Google Maps, 2019.

- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-A

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-A se planteó 3 colectores y un punto de descarga final, el cual fue distribuido tomando el criterio de sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

Tabla N° 40: Longitud y pendiente de tramos de tuberías del sector-A.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
a1-a2	89.78	3809.15	3808.85	-0.334%
a2-a3	125.61	3808.85	3808.60	-0.199%
a3-a4	180.00	3808.60	3808.00	-0.333%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca). Los coeficientes de escorrentía utilizados en el Método Racional.

Tabla N° 41: Coeficientes de escorrentía según la tabla 1a.

Características de la superficie	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS URBANAS							
Asfalta	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
PASTIZALES							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6

FUENTE: Norma OS. 060.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-A:

Tabla N° 42: Área tributaria del sector-A.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	5.08
Zona de pastizales con pendiente Superior 7 %	6.76
Área parcial total del Sector A	11.84

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 43: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias del sector-A.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente Superior a 7%	0.49

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:



Tabla N° 44: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	5.08	0.92	4.6736
Zona de pastizales con pendiente mayor a 7%	6.76	0.49	3.3124
Área parcial total del Sector A	11.84		7.986

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{7.986}{11.84} = 0.67$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 67 litros (67%) van a escurrir por la superficie, y 33 litros (33%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de Aguas Pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{173.53}{0.90} = 192.81 \text{ seg}$$

$$t_e = 3.21 \text{ min}$$



Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 3.21 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 45: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-A.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adim.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumulado	D m	D comercial pulgadas y cm	V m/s	Tv min	Tv horas	tv min	Tirante y	
a1-a2	89.78	0.00334	3.61	2.43	25.04	50.17	0.3393	0.3393	0.6	24	1.20	74.808	1.25	tv3	21.83	0.597
a2-a3	125.61	0.00199	1.47	0.99	42.79	50.17	0.1382	0.4775	0.6	24	1.69	74.376	1.24	tv4	39.58	0.512
a3-a4	180	0.00333	0	0.00	47.04	50.17	0.0000	0.4775	0.6	24	1.69	106.582	1.78	tv5	43.83	0.555

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

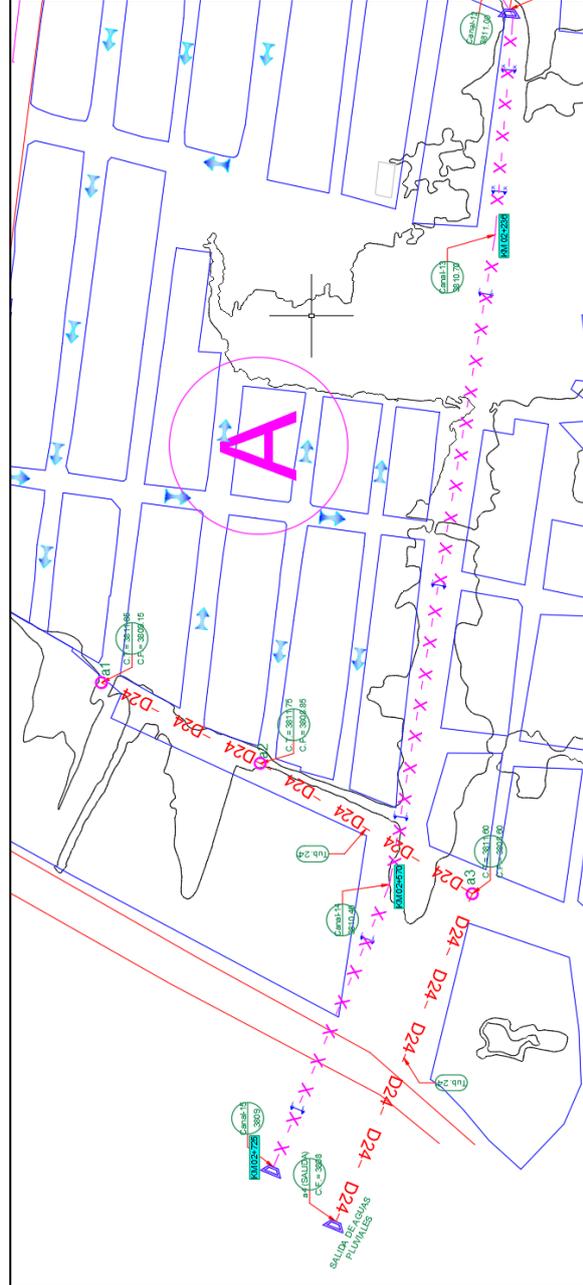


Figura N° 40: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-A (ver plano S-02).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector-B: Urbanización ENACE

El sector-B, consta aproximadamente de 71.95 hectáreas y está comprendida entre el desvío Salcedo, la carretera panamericana sur y la Urb. Parque Industrial; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de pastizales.



Figura N° 41 : Fotografía satelital del sector-B

FUENTE: Google Maps, 2019.



Figura N° 42: Fotografía panorámica del sector-B.

FUENTE: Google Maps, 2019.



- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-B

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-B se planteó dos sub sistemas, por la presencia del rio Jayllihuaya que tiene una trayectoria secante a la superficie de estudio. En su primer sub sistema consta de 17 colectores y un punto de descarga final y el segundo sub sistema consta de 3 colectores y un punto de descarga final; los cuales fueron distribuidos tomando el criterio de sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo
- Sub sistema – b

Tabla N° 46: Longitud y pendientes en los tramos de tuberías del sector-B, ramal 1.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
b1-b3	76.9	3813.94	3813.43	-0.663%
b2-b3	123.39	3815.28	3813.43	-1.499%
b3-b4	113.2	3813.43	3811.85	-1.396%
b4-b5	104.71	3811.85	3811.7	-0.143%
b5-b8	232.58	3811.7	3811.25	-0.193%
b6-b7	221.16	3813.3	3812.39	-0.411%
b7-b8	46.7	3812.39	3811.25	-2.441%
b8-b9	90.95	3811.25	3811	-0.275%
b9-b11	95.48	3811	3810.6	-0.419%
b10-b11	150.72	3810.85	3810.6	-0.166%
b11-b12	85.91	3810.6	3810.4	-0.233%
b12-b13	183.44	3810.4	3809.7	-0.382%
b13-b14	76.33	3809.7	3809.6	-0.131%
b14-b15	38.85	3809.6	3809.5	-0.257%
b15-b16	74.98	3809.5	3809.18	-0.427%
b16-b17	72.03	3809.18	3809	-0.250%
b17-b18	161.44	3809	3808.9	-0.062%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sub sistema - b'

Tabla N° 47: Longitud y pendiente de los tramos de tuberías del sector-B, ramal 2.

Tramo	Longitud	cota inicio	cota final	pendiente
b1'-b2'	344.05	3817.73	3813.2	-1.317%
b2'-b3'	190.16	3813.2	3811.2	-1.052%
b3'-b4'	542.6	3811.2	3808.09	-0.573%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene suelos arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).

Los coeficientes de escorrentía utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-B:

Tabla N° 48: Área tributaria del sector-B.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Area urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	34.22
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	37.73
Área parcial total del Sector B	71.95

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 49: Área tributaria del sector-B.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 50: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	34.22	0.92	31.4824
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	37.73	0.37	13.9601
Área parcial total del Sector B	71.95		45.4425

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{45.4425}{71.95} = 0.63$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 63 litros (63%) van a escurrir por la superficie, y 37 litros (37%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

$$T_c = t_e + \sum t_v$$



Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{453.13}{0.90} = 503.48 \text{ seg}$$

$$t_e = 8.39 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 8.39 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 51: Cálculo de los diámetros de las tuberías del primer sub sistema de drenaje pluvial del sector-B.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adim.	Area Tributaria (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumulado m ³ /pulg	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	Tv Horas	tv min	Tirante y	
b1-b3	76.9	0.00663	6.45	4.07372	21.67	50.17	0.568	0.568	0.6	24	2.01	38.299	0.638	tv2	13.27	0.577
b2-b3	123.39	0.01499	3.48	2.19791	22.56	50.17	0.306	0.306	0.6	24	1.08	113.899	1.898	tv3	14.17	0.277
b3-b4	113.2	0.01396	3.57	2.25476	21.86	50.17	0.314	1.188	0.6	24	4.20	26.936	0.449	tv4	13.47	0.524
b4-b5	104.71	0.00143	2.59	1.63580	38.07	50.17	0.228	1.416	0.9	36	2.23	47.036	0.784	tv5	29.68	0.716
b5-b9	232.58	0.00193	0.65	0.41053	65.11	50.17	0.057	1.473	0.9	36	2.32	100.420	1.674	tv6	56.72	0.751
b7-b8	221.16	0.00411	3.28	2.07160	56.86	50.17	0.289	0.289	0.6	24	1.02	216.597	3.610	tv10	48.47	0.402
b8-b9	46.7	0.02441	3.43	2.16633	12.59	50.17	0.302	0.289	0.6	24	1.02	45.736	0.762	tv11	4.20	0.235
b9-b10	90.95	0.00275	0.17	0.10737	32.78	50.17	0.015	1.777	0.9	36	2.79	32.559	0.543	tv12	24.39	0.748
b10-b12	95.48	0.00419	1.1	0.69474	24.22	50.17	0.097	1.874	0.9	36	2.95	32.414	0.540	tv13	15.82	0.792
b11-b12	150.72	0.00166	3.24	2.04633	60.41	50.17	0.285	0.285	0.6	24	1.01	149.433	2.491	tv15	52.02	0.557
b12-b13	85.91	0.00233	0.26	0.16421	27.49	50.17	0.023	2.182	0.9	36	3.43	25.048	0.417	tv16	19.10	0.648
b13-b14	183.44	0.00382	1.12	0.70737	40.25	50.17	0.099	2.281	0.9	36	3.58	51.172	0.853	tv17	31.86	0.721
b14-b15	76.33	0.00131	2.96	1.86949	31.01	50.17	0.261	2.541	0.9	36	3.99	19.110	0.318	tv19	22.62	0.426
b15-b16	38.85	0.00257	0.94	0.59369	15.17	50.17	0.083	2.624	1.2	48	2.32	16.746	0.279	tv20	6.78	1.114
b16-b17	74.98	0.00427	0.98	0.61895	18.56	50.17	0.086	2.710	1.2	48	2.40	31.291	0.522	tv21	10.16	1.171
b17-b18	72.03	0.00250	0	0.00000	21.15	50.17	0.000	2.710	1.2	48	2.40	30.060	0.501	tv22	12.76	1.101
b18-b19	161.44	0.00062	0	0.00000	65.83	50.17	0.000	2.710	1.2	48	2.40	67.372	1.123	tv23	57.44	0.801

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 52: Cálculo de los diámetros de las tuberías del segundo sub sistema de drenaje pluvial del sector-B'.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adim.	Area Tributaria (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumulado m ³ /pulg	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	Tv Horas	tv min	Tirante y	
b1'-b2'	344.05	0.01317	4.67	2.94950	51.56	50.17	0.411	0.411	0.6	24	1.45	236.660	3.944	tv1'	42.15	0.344
b2'-b3'	190.16	0.01052	4.7	2.96845	35.48	50.17	0.414	0.825	0.6	24	2.92	65.193	1.087	tv2'	26.07	0.372
b3'-b4'	542.6	0.00573	0.69	0.43579	110.16	50.17	0.061	0.885	0.6	24	3.13	173.261	2.888	tv3'	100.75	0.152

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

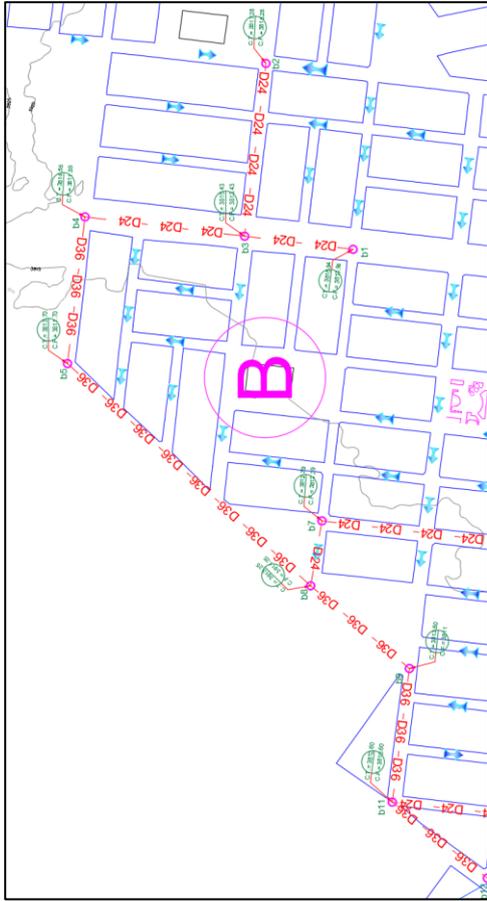


Figura N° 43: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-B (ver plano S-03).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

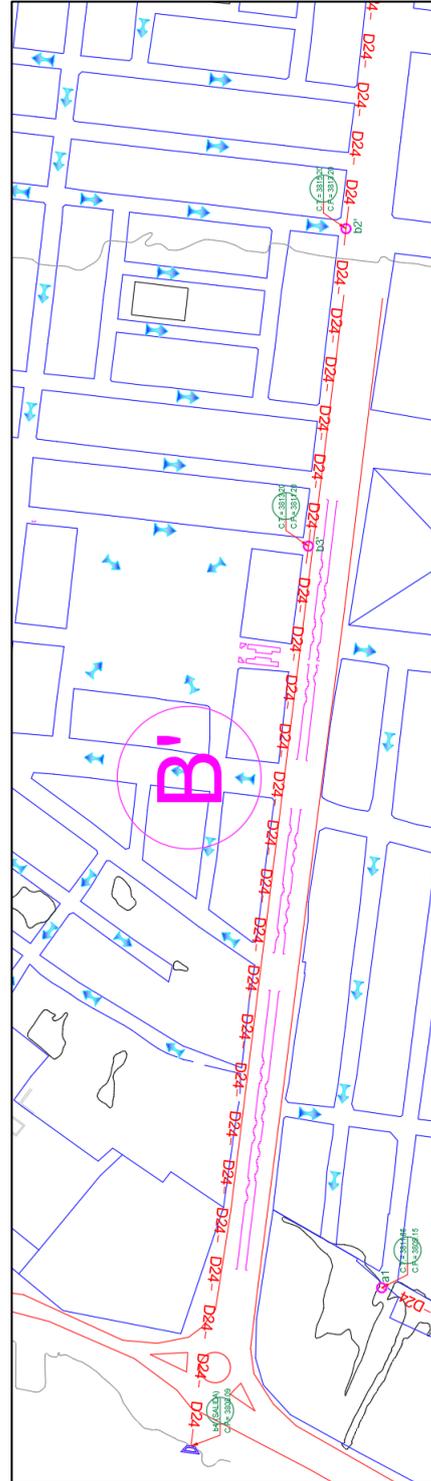


Figura N° 44: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-B' (ver plano S-03).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector-C: Urbanización parque industrial

El sector-C, consta de un área aproximada de 39.44 hectáreas y está comprendida entre la Urbanización ENACE y la Asociación Agricultura; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de cultivos y pastizales.



Figura N° 45: Fotografía satelital del sector-C.

FUENTE: Google Maps, 2019



Figura N° 46: Fotografía panorámica del sector-C.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-C

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-C se planteó 7 colectores y un punto de descarga final, el cual fue distribuido tomando el criterio de sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

Tabla N° 53: Longitud y pendiente de tramos de las tuberías del sector-C.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
C1-C2	84.74	3822.6	3821.67	-1.097%
C2-C3	81.7	3821.67	3820.6	-1.310%
C3-C4	91.08	3820.6	3819.5	-1.208%
C4-C5	141.53	3819.5	3818.23	-0.897%
C5-C6	111.24	3818.23	3814.73	-3.146%
C6-C7	123.23	3814.73	3813.01	-1.396%
C7-C8	134.75	3813.01	3809	-2.976%

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).

Los coeficientes de escorrentía utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector C:

Tabla N° 54: Áreas tributarias del sector-C.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	14.49
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	24.95
Área parcial total del Sector C	39.44

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 55: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias del Sector C.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 56: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	14.49	0.92	13.3308
Zona de pastizales con pendiente mayor a 7%	24.95	0.37	9.2315
Área parcial total del Sector C	39.44		22.5623

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{22.5623}{39.44} = 0.57$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 57 litros (57%) van a escurrir por la superficie, y 43 litros (43%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que



toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

$$T_c = t_e + \sum t_v$$

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que

es igual a:

$$t_e = \frac{328.93}{0.90} = 365.48 \text{ seg}$$

$$t_e = 6.09 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 6.09 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 57: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-C.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	ΣC x A	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y
C1-C2	84.74	0.01097	4.42	2.52853	17.46	50.17	0.352	0.352	0.6	24	1.25	67.99	1.13	11.37	0.331
C2-C3	8.17	0.01010	1.23	0.70364	16.13	50.17	0.098	0.450	0.6	24	1.59	11.28	0.85	10.04	0.366
C3-C4	91.08	0.01208	1.19	0.68076	17.74	50.17	0.095	0.545	0.6	24	1.93	47.22	0.79	11.65	0.432
C4-C5	111.11	0.00897	1.3	0.74369	27.09	50.17	0.101	0.649	0.6	24	2.30	99.19	1.03	21.00	0.579
C5-C6	123.23	0.03146	2	1.44413	14.91	50.17	0.159	0.808	0.6	24	2.86	38.91	0.65	8.82	0.405
C6-C7	123.23	0.01396	1.81	1.03544	20.75	50.17	0.144	0.953	0.6	24	3.37	36.57	0.91	14.66	0.558
C7-C8	134.75	0.02976	1.51	0.86382	17.07	50.17	0.120	1.073	0.6	39	3.80	35.50	0.59	10.98	0.590

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

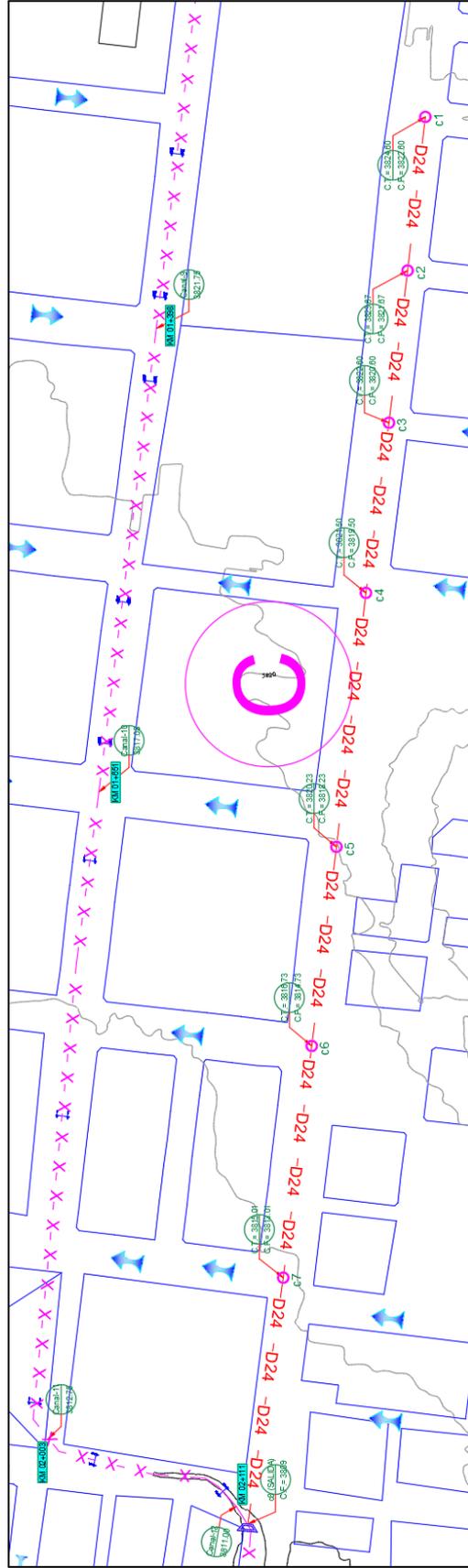


Figura N° 47: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-C (ver plano S-04)

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector D: Asociación agricultura

El sector-D, consta de un área aproximada de 16.40 hectáreas y está comprendida entre la Urb. Parque Industrial y la Asociación San Juan de Dios; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de cultivos y pastizales.

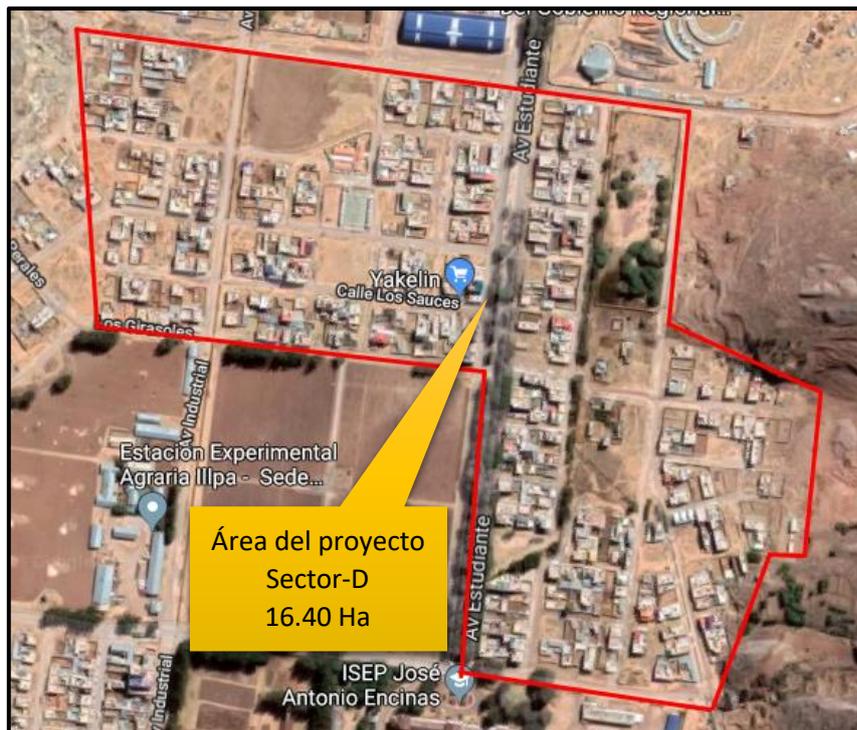


Figura N° 48: Fotografía satelital del sector-D.

FUENTE: Google Maps, 2019



Figura N° 49: Fotografía panorámica del sector-D.

FUENTE: Google Maps, 2019



- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-D

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-D se planteó 5 colectores y un punto de descarga final, el cual fue distribuido tomando el criterio de sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

Tabla N° 58: Longitud y pendiente de los tramos de tubería del sector-D.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
d1-d2	267.7	3838.26	3831.39	-2.566%
d2-d3	257.76	3831.39	3826.34	-1.959%
d3-d5	132.49	3826.34	3826.02	-0.242%
d4-d5	105.06	3828.58	3826.02	-2.437%
d5-d6	217.54	3826.02	3821.85	-1.917%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).

Los coeficientes de escurrimiento utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-D:

Tabla N° 59: Áreas tributarias del sector-D.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	12.97
Zona de pastizales con pendiente plano 0 - 2%	3.43
Área parcial total del Sector D	16.40

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 60: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-D.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 - 2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 61: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	12.97	0.92	11.93
Zona de pastizales con pendiente plana 0 - 2 %	3.43	0.37	1.27
Área parcial total del Sector D	16.40		13.20

FUENTE: Norma OS. 060.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{13.2015}{16.4} = 0.80$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 80 litros (80%) van a escurrir por la superficie, y 20 litros (20%) se van a infiltrar en el suelo.



- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

$$T_c = t_e + \sum t_v$$

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{425.59}{0.90} = 472.88 \text{ seg}$$

$$t_e = 7.88 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 7.88 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 62: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-D.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adim.	Area Total (A) ha	ΣC x A	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y	
d1-d2	267.7	0.02566	4.09	3.29233	31.37	50.17	0.459	0.459	0.6	24	1.62	164.97	2.75	tv1	23.49	0.300
d2-d3	257.76	0.01959	2.03	2.63409	33.77	50.17	0.228	0.687	0.9	24	2.43	106.15	1.77	tv2	25.89	0.429
d3-d5	132.49	0.00242	3.45	2.77747	45.78	50.17	0.387	1.074	0.9	24	3.80	34.89	0.58	tv3	37.90	0.318
d4-d5	105.06	0.02437	3.4	2.73690	17.34	50.17	0.387	0.387	0.6	24	1.35	77.88	1.30	tv4	9.46	0.274
d5-d6	217.54	0.01917	0	0.00000	24.74	50.17	0.000	1.455	0.9	36	2.29	95.12	1.59	tv6	16.86	0.516

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

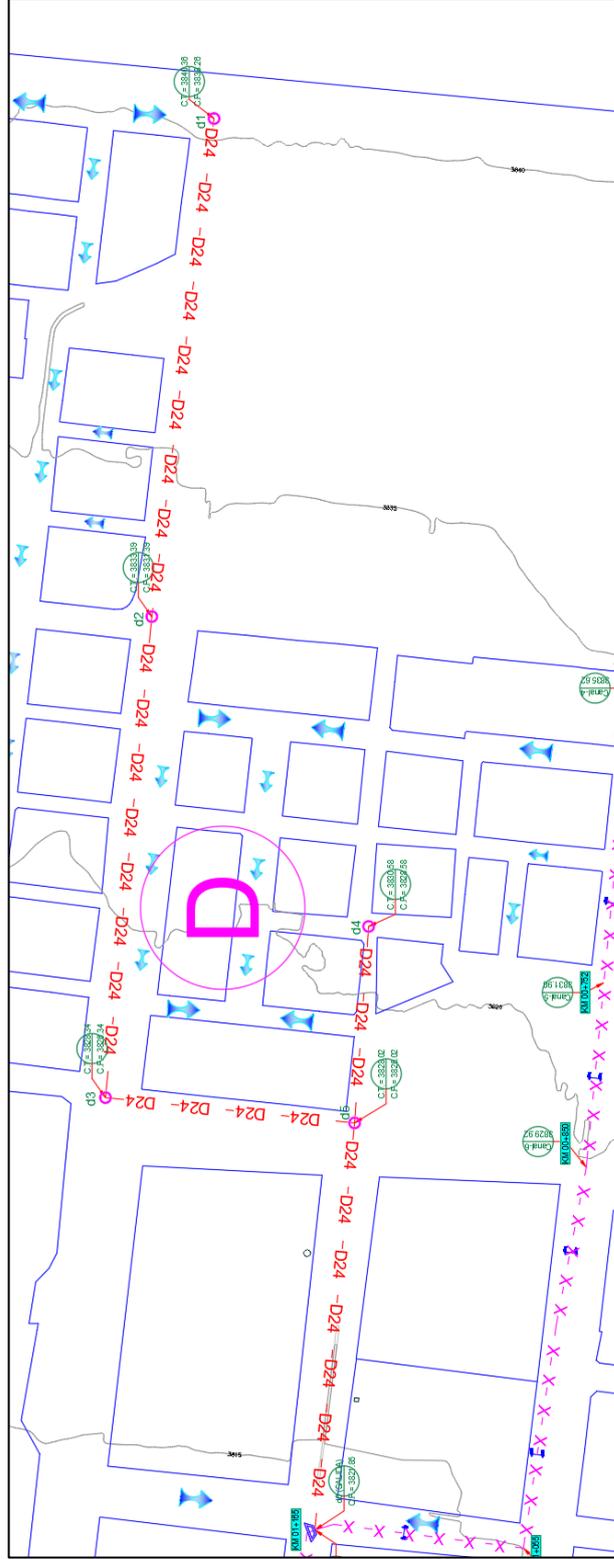


Figura N° 50: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-D (ver plano S-05).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector-E: Asociación San Juan de Dios

El sector-E, consta aproximadamente de 14.12 hectáreas y está comprendida entre el desvío Salcedo, la carretera panamericana sur y la Urb. Parque Industrial; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de pastizales



Figura N° 51: Fotografía satelital del sector-E.

FUENTE: Google Maps, 2019



Figura N° 52: Fotografía panorámica del sector-E.

FUENTE: Google Maps, 2019

- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-E.

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-E se planteó dos sub sistemas, por la presencia del canal que tiene una trayectoria secante a la superficie de estudio. En su primer sub sistema consta de 1 colector y un punto de descarga final y el segundo sub sistema consta de 2 colectores y un punto de descarga final; los cuales fueron distribuidos tomando el criterio de sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo
 - Primer sub sistema

Tabla N° 63: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-E, ramal 1.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
e1-e2	134.06	3847.74	3844.50	-2.417%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Segundo sub sistema

Tabla N° 64: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-E, ramal 2.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
e1'-e2'	104.14	3846.5	3842.67	-3.678%
e2'-e3'	115.59	3842.67	3839.80	-2.483%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene suelos arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).

Los coeficientes de escurrimiento utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-E:

Tabla N° 65: Áreas tributarias de sector-E.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	4.26
Zona de pastizales con pendiente plano 0 - 2%	9.86
Área parcial total del Sector E	14.12

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 66: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-E.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 - 2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 67: Ponderación de los coeficientes de escorrentía sector-E.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	4.26	0.92	3.9192
Zona de pastizales con pendiente plana 0 - 2 %	9.86	0.37	3.6482
Área parcial total del Sector E	14.12		7.5674

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{7.5674}{14.12} = 0.54$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 54 litros (54%) van a escurrir por la superficie, y 46 litros (46%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

$$T_c = t_e + \sum t_v$$

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{349.12}{0.90} = 387.91 \text{ seg}$$

$$t_e = 6.47 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 6.47 min ,y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 68: Cálculo de los diámetros de las tuberías del primer sub sistema de drenaje pluvial del sector-E.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y
e1-e2	134.06	0.02417	4.26	2.28308	18.59	50.17	0.318	0.318	0.6	24	1.13	119.132	1.986	12.12	0.248

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 69: Cálculo de los diámetros de las tuberías del segundo sub sistema de drenaje pluvial del sector-E.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y
e1'-e2'	104.14	0.03678	3.4	1.82218	18.87	50.17	0.254	0.254	0.6	24	0.90	115.952	1.933	12.12	0.196
e2'-e3'	115.59	0.02483	2.13	1.14154	12.49	50.17	0.159	0.413	0.6	24	1.46	79.129	1.319	12.49	0.285

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

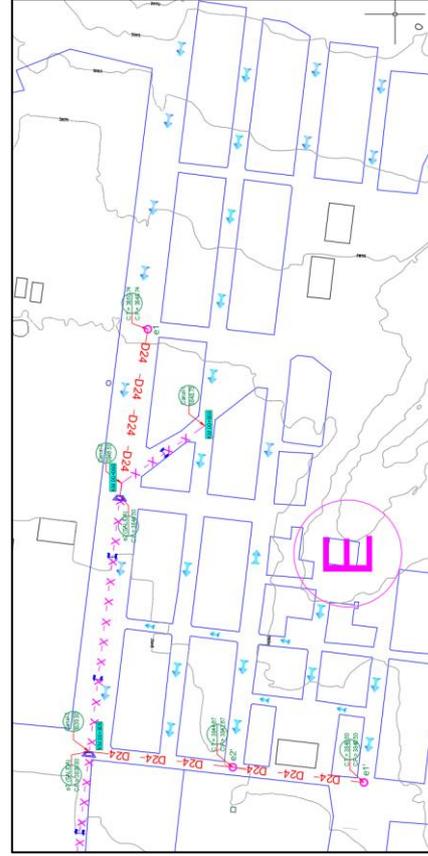


Figura N° 53: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-E (ver plano S-06).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

3.8.2 Cálculo y diseño de la red de drenaje pluvial de la cuenca de Jayllihuaya por sectores

- Sector-F: Urbanización Aziruni etapa 1

El sector-F, consta de un área aproximada de 50.96 hectáreas y está comprendida entre la carretera panamericana sur y la Urb. Aziruni, etapa 2; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de cultivos y pastizales.



Figura N° 54: Fotografía satelital del sector-F.

FUENTE :Google Maps, 2019



Figura N° 55: Fotografía panorámica del sector-F.

FUENTE :Google Maps, 2019



- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-F

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-F se planteó 12 colectores y un punto de descarga final, el cual fue distribuido tomando el criterio de las sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

Tabla N° 70: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-F.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
f1-f3	240.51	3820.81	3817.41	-1.414%
f2-f3	196.91	3817.63	3817.41	-0.112%
f3-f4	221.96	3817.41	3814.12	-1.482%
f4-f5	239.09	3814.12	3811.8	-0.970%
f5-f10	195.49	3811.8	3810.23	-0.803%
f10-f11	158.75	3810.23	3809.13	-0.693%
f11-f12	78.93	3809.13	3808.88	-0.317%
f6-f8	173.21	3811.25	3810.05	-0.693%
f7-f8	121.32	3810.28	3810.05	-0.190%
f8-f9	199.52	3810.05	3809.55	-0.251%
f9-f12	161.31	3809.55	3808.88	-0.415%
f12-f13	138.33	3808.88	3807.77	-0.802%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).



Los coeficientes de escorrentía utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-F:

Tabla N° 71: Áreas tributarias del sector-F.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	50.73
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.23
Área parcial total del Sector F	50.96

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 72: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-F.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.37

FUENTE: *Norma OS. 060.*

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 73: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	50.73	0.92	46.6716
Zona de pastizales con pendiente plano 0-2%	0.23	0.37	0.0851
Área parcial total del Sector F	50.96		46.7567

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:



$$C_{ponderado} = \frac{46.7567}{50.49} = 0.92$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 92 litros (92%) van a escurrir por la superficie, y 8 litros (8%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que

es igual a:

$$t_e = \frac{328.93}{0.90} = 365.48 \text{ seg}$$

$$t_e = 6.09 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 6.09 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 74: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-F.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adim.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y	
f1-f3	240.51	0.01414	4.07	3.73430	34.53	50.17	0.520	0.520	0.6	24	1.84	130.670	2.178	iv1	28.44	0.393
f2-f3	196.91	0.00112	5.49	5.03717	88.90	50.17	0.702	0.702	0.6	24	2.48	79.311	1.322	iv2	82.81	0.333
f3-f4	221.96	0.01482	8.32	7.63375	25.65	50.17	1.064	2.286	0.9	36	3.59	61.763	1.029	iv3	19.56	0.460
f4-f5	239.09	0.00970	9.12	8.36776	27.58	50.17	1.166	3.452	1.2	48	3.05	78.324	1.305	iv4	21.49	0.950
f5-f10	195.49	0.00803	4.12	3.78017	25.41	50.17	0.527	3.979	1.2	48	3.52	55.562	0.926	iv5	19.32	1.154
f10-f11	158.75	0.00693	3.34	3.06451	22.98	50.17	0.427	4.406	1.2	48	3.90	40.747	0.679	iv6	16.89	1.108
f11-f12	78.93	0.00317	2.22	2.03689	18.51	50.17	0.284	4.690	1.2	48	4.15	19.033	0.317	iv7	12.42	0.941
f6-f8	173.21	0.00693	6.08	5.57851	35.34	50.17	0.777	0.777	0.6	24	2.75	62.995	1.050	iv8	29.25	0.536
f7-f8	121.32	0.00190	2.37	2.17452	45.26	50.17	0.303	0.303	0.6	24	1.07	113.193	1.887	iv9	39.17	0.578
f8-f9	199.52	0.00251	2.13	1.95431	48.85	50.17	0.272	1.353	0.9	36	2.13	93.825	1.564	iv10	42.76	0.809
f9-f12	161.31	0.00415	3.47	3.18379	32.94	50.17	0.444	1.797	0.9	36	2.82	57.122	0.952	iv11	26.85	0.801
f12-f13	138.33	0.00802	0	0.00000	19.77	50.17	0.000	6.487	1.2	48	5.74	24.118	0.402	iv12	13.67	1.001

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

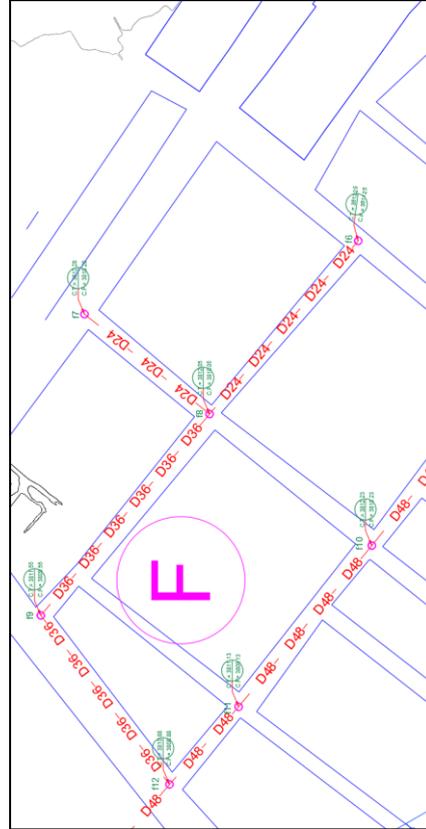


Figura N° 56: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-F (ver plano J-02).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector-G: Urbanización Aziruni etapa 3

El sector-G, consta de un área aproximada de 23.24 hectáreas y está comprendida entre Urb. Aziruni Etapa 1 y al frente de la Urb. Aziruni etapa 2; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de cultivos y pastizales.



Figura N° 57: Fotografía satelital del sector-G.

Fuente: Google Maps, 2019



Figura N° 58: Fotografía panorámica del sector-G.

Fuente: Google Maps, 2019

- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-G

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-G se planteó 4 colectores y un punto de descarga final, el cual fue distribuido tomando el criterio de las sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

Tabla N° 75: Longitud y Pendiente de tramos de tubería del sector-G.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
g1-g2	186.22	3815.13	3813.3	-0.983%
g2-g4	154.85	3813.3	3813.22	-0.052%
g3-g4	181.78	3815.15	3813.22	-1.062%
g4-g5	120.32	3813.22	3813	-0.183%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).

Los coeficientes de escurrimiento utilizados en el Método Racional, ver tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escurrimiento ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-G:

Tabla N° 76: Áreas tributarias sector-G.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	9.67
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	13.57
Área parcial total del Sector G	23.24

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 77: Coeficiente de escorrentía para las áreas tributarias Sector G.

Descripción	Coeficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 78: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	9.67	0.92	8.8964
Zona de pastizales con pendiente mayor a 7%	13.57	0.37	5.0209
Área parcial total del Sector G	23.24		13.9173

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{13.9173}{23.24} = 0.60$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 60 litros (60%) van a escurrir por la superficie, y 40 litros (40%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).



Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas

pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{300.35}{0.90} = 333.72 \text{ seg}$$

$$t_e = 5.56 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda (2010), nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 5.56 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 79: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-G.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y	
g1-g2	186.22	0.00983	5.84	3.49729	31.97	50.17	0.487	0.487	0.6	24	1.72	108.030	1.801	tv2	26.41	0.429
g2-g4	154.85	0.00052	3.23	1.93429	78.65	50.17	0.270	0.757	0.9	36	1.19	130.142	2.169	tv3	73.08	0.416
g3-g4	181.78	0.01062	8.14	4.87465	24.49	50.17	0.679	0.679	0.9	36	1.07	170.230	2.837	tv9	18.93	0.213
g4-g5	120.32	0.00183	6.42	3.84462	35.75	50.17	0.536	1.972	0.9	36	3.10	38.814	0.647	tv10	30.19	0.640

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

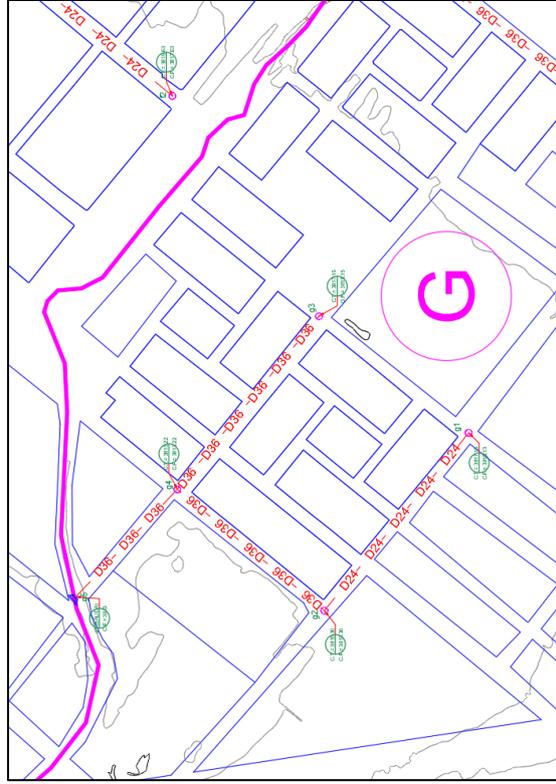


Figura N° 59: Ubicación de colectores y tuberías en el sector G (ver plano J-03).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector-H: Urbanización Aziruni etapa 2

El sector-H, consta de un área aproximada de 39.44 hectáreas y está comprendida en la parte superior de la Urb. Aziruni Etapa 2; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de cultivos y pastizales.



Figura N° 60: Fotografía satelital del sector-H.

FUENTE: Google Maps, 2019



Figura N° 61: Fotografía panorámica del sector-H.

FUENTE: Google Maps, 2019

- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-H

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.

- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-H se planteó 13 colectores y un punto de descarga final, el cual fue distribuido tomando el criterio de las sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía.

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

Tabla N° 80: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-H.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
h1-h5	88.13	3830.38	3826.37	-4.550%
h2-h3	47.17	3828.98	3828.92	-0.127%
h3-h4	92.04	3828.92	3826.44	-2.694%
h4-h5	129.78	3826.44	3826.37	-0.054%
h5-h6	96.47	3826.37	3825.84	-0.549%
h6-h7	157.56	3825.84	3822.85	-1.898%
h7-h8	83.7	3822.85	3821.28	-1.876%
h8-h13	70.49	3821.28	3820.23	-1.490%
h09-h10	95.3	3828.31	3825.51	-2.938%
h10-h11	93.36	3825.51	3823.44	-2.217%
h11-h12	85.6	3823.44	3820.6	-3.318%
h12-h13	258.94	3820.6	3820.23	-0.143%
h13-h14	46.79	3820.23	3820.05	-0.385%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).

Los coeficientes de escorrentía utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-H:

Tabla N° 81: Áreas tributarias del sector-H.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	23.28
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	16.16
Área parcial total del Sector H	39.44

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

En este estudio tendremos que determinar dos coeficientes de escorrentía parciales:

Tabla N° 82: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias.

Descripción	Coefficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 83: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	23.28	0.92	21.4176
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	16.16	0.37	5.9792
Área parcial total del Sector H	39.44		27.3968

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{27.3968}{39.44} = 0.69$$

Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 69 litros (69%) van a escurrir por la superficie, y 32 litros (31%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

$$T_c = t_e + \sum t_v$$

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{457.14}{0.90} = 507.93 \text{ seg}$$

$$t_e = 8.47 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 8.47 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 84: Cálculo de los diámetros de las tuberías del sistema de drenaje pluvial del sector-H.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula c/d	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y	
h1-h5	88.13	0.04550	3.33	2.31317	14.27	50.17	0.322	0.322	0.6	24	1.14	77.298	1.288	tv2	5.81	0.210
h2-h3	87.57	0.00127	9.85	6.84225	34.81	50.17	0.954	0.954	0.9	36	1.50	58.424	0.974	tv3	26.34	0.811
h3-h4	92.04	0.02694	0.59	0.40984	14.48	50.17	0.057	1.011	0.9	36	1.59	57.936	0.966	tv4	6.02	0.376
h4-h5	129.78	0.00054	0.68	0.47236	68.41	50.17	0.066	1.076	0.9	36	1.69	76.696	1.278	tv5	59.95	0.638
h5-h6	96.47	0.00549	2.12	1.47265	22.43	50.17	0.205	1.604	0.9	36	2.52	38.260	0.638	tv6	13.96	0.857
h6-h7	157.56	0.01898	2.75	1.91027	20.74	50.17	0.266	1.870	0.9	36	2.94	53.593	0.893	tv7	12.27	0.613
h7-h8	83.7	0.01876	2.08	1.44486	15.02	50.17	0.201	2.072	0.9	36	3.26	25.703	0.428	tv10	6.56	0.667
h8-h13	70.49	0.01490	2.33	1.61852	14.66	50.17	0.226	2.297	0.9	36	3.61	19.521	0.325	tv11	6.20	0.882
h09-h10	95.3	0.02938	4.22	2.93140	16.28	50.17	0.409	0.409	0.6	24	1.44	65.958	1.099	tv13	7.82	0.270
h10-h11	93.36	0.02217	1.7	1.18090	17.28	50.17	0.165	0.573	0.9	36	0.90	103.636	1.727	tv14	8.81	0.292
h11-h12	85.6	0.03318	1.67	1.16006	13.51	50.17	0.162	0.735	0.9	36	1.15	74.114	1.235	tv15	5.04	0.300
h12-h13	258.94	0.00143	1.73	1.20174	81.95	50.17	0.167	0.902	0.9	36	1.42	182.580	3.043	tv16	73.49	0.837
h13-h14	46.79	0.00385	0.67	0.46541	15.15	50.17	0.065	3.264	1.2	48	2.89	16.211	0.270	tv17	6.68	1.109

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

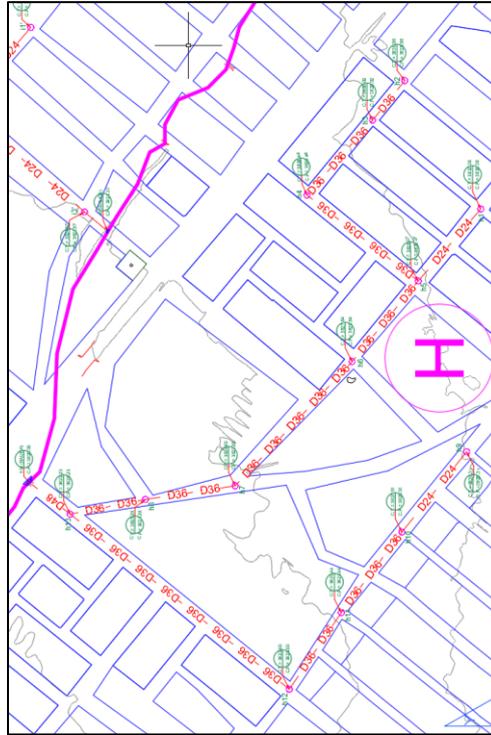


Figura N° 62: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-H (ver plano J-04).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Sector I: Urbanización Aziruni etapa 2

El sector-I, consta de un área aproximada de 19.98 hectáreas y está comprendida entre Urb. Aziruni Etapa 1 y al frente de la Urb. Aziruni etapa 3; la superficie está destinada a viviendas, pero se aprecia áreas de cultivos y pastizales.

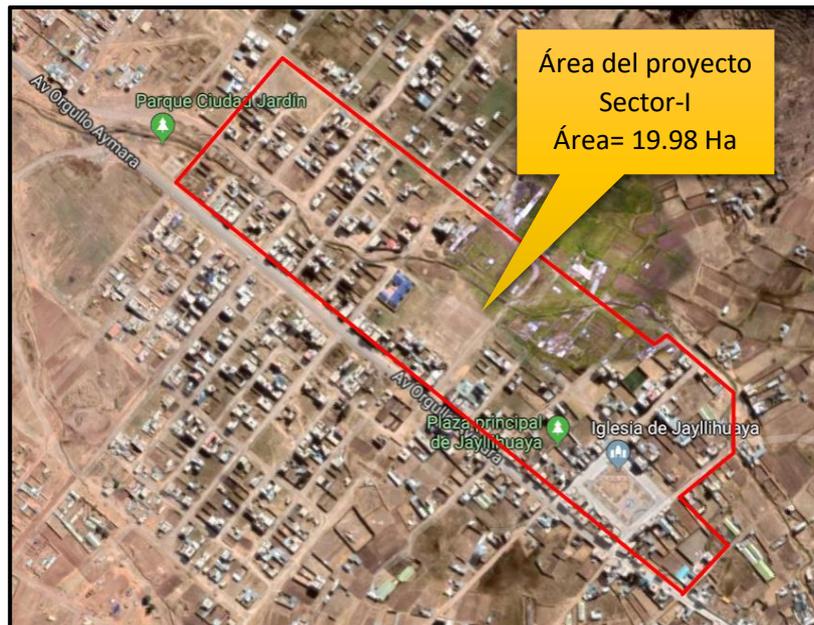


Figura N° 63: Fotografía satelital del sector-I.

FUENTE: Google Maps, 2019



Figura N° 64: Fotografía panorámica del sector-I.

FUENTE: Google Maps, 2019

- Diseño del sistema de drenaje sectorizado del sector-I

El cálculo del sistema de drenaje pluvial se efectuó bajo el método racional por el tamaño de la superficie a diseñar.



- Ubicación de colectores y trazado de tuberías para el sistema de drenaje de aguas pluviales.

Para el sector-I se planteó dos sub sistemas, por la presencia del rio Jayllihuaya que tiene una trayectoria secante a la superficie de estudio. En su primer sub sistema consta de 3 colectores y un punto de descarga final y el segundo sub sistema consta de 3 colectores y un punto de descarga final; los cuales fueron distribuidos tomando el criterio de las sus áreas tributarias por tramo, estas áreas tributarias se dan por la pendiente transversal y longitudinal de la vía

- Determinación de longitud de tubería y pendiente por tramo

- Primer sub sistema

Tabla N° 85: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-I.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
i1-i2	92.11	3832.42	3830.93	-1.618%
i2-i3	94.24	3830.93	3828.9	-2.154%
i3-i4	174.88	3828.90	3826.8	-1.201%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Segundo sub sistema

Tabla N° 86: Longitud y pendiente de tramos de tubería del sector-I'.

Tramo	Longitud	Cota Inicio	Cota Final	Pendiente
i1'-i2'	97.97	3824.71	3823.49	-1.245%
i2'-i3'	148.37	3823.49	3822.97	-0.350%
i3'-i4'	29.29	3822.97	3821.31	-5.667%

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Coeficiente de escurrimiento

La cuenca de Salcedo presenta dos tipos de suelos muy característicos, el primero es un suelo arcilloso (que es la gran parte del centro poblado de Salcedo), y el segundo grupo contiene arcillosos, limosos y arenosos (que es en la bahía del Lago Titicaca).



Los coeficientes de escorrentía utilizados en el Método Racional, ver Tabla N°41.

- Coeficiente de escurrimiento (Zonas urbanas) : 0.92
- Coeficiente de escurrimiento (Zonas de pastizales) : 0.37

Determinar el coeficiente de escorrentía ponderado, según la zonificación en función de los siguientes usos o características del sector-I:

Tabla N° 87: Áreas tributarias sector-I.

Descripción	Área Parcial (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	10.65
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	8.33
Área parcial total del Sector I	18.98

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 88: Coeficientes de escorrentía para las áreas tributarias sector-I.

Descripción	Coeficiente de Escorrentía Parcial (Ci)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	0.92
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	0.37

FUENTE: Norma OS. 060.

Ponderación de cada uno de los coeficientes de escorrentía con las áreas respectivas:

Tabla N° 89: Ponderación de los coeficientes de escorrentía.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Área urbana de concreto para periodo de retorno de 50 años	10.65	0.92	9.798
Zona de pastizales con pendiente plana 0 -2 %	8.33	0.37	3.0821
Área parcial total del Sector I	18.98		12.8801

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Aplicando la ecuación del coeficiente de escorrentía ponderado tendremos:

$$C_{ponderado} = \frac{12.8801}{18.98} = 0.68$$



Esto quiere decir que, si precipita 100 litros (100%), 68 litros (69%) van a escurrir por la superficie, y 32 litros (32%) se van a infiltrar en el suelo.

- Estimación del tiempo recorrido de concentración (T_c)

Aranda, 2010 indica que cuando existen diversas trayectorias factibles para el flujo en un sistema de drenaje se debe buscar el T_c máximo, con lo cual se asegura que toda la sub cuenca analizada este contribuyendo al gasto máximo y que el T_c de cualquier punto de una red de colectores sea la suma del tiempo de entrada (t_e) y el tiempo de viaje de flujo (t_v).

Según el análisis del plano la longitud de entrada más desfavorable es de: 173.53m y la velocidad mínima según la norma OS. 060 en la sección de colectores de aguas pluviales en el inciso f7 indica que la velocidad mínima a tubería llena es de 0.90 m/s. Para determinar t_e es la división de la longitud desfavorable y la velocidad mínima que es igual a:

$$t_e = \frac{137.11}{0.90} = 152.34 \text{ seg}$$

$$t_e = 2.44 \text{ min}$$

Para el cálculo del t_v que está en minutos, Aranda, 2010 nos indica que es la relación entre la longitud de tuberías entre tuberías, n que es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente y R el radio hidráulico.

$$t_v = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

Esto significa que t_e es el tiempo que tarda en recolectar el agua pluvial de las cunetas hacia rejillas es de 8.47 min y el t_v es el tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno. Cabe mencionar que este parámetro está indicado para canales revestidos, tuberías o alcantarillados y cunetas de calles.

- Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla N° 90: Cálculo de los diámetros de las tuberías del primer sub sistema de drenaje pluvial del sector-I.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y	
i1-i2	92.11	0.01618	3.78	2.56516	12.72	50.17	0.357	0.357	0.6	24	1.26	72.852	1.214	tv1	10.18	0.297
i2-i3	94.24	0.02154	2.58	1.75082	11.57	50.17	0.244	0.601	0.9	36	0.95	99.676	1.661	tv2	9.03	0.302
i3-i4	174.88	0.01201	2.13	1.44545	24.97	50.17	0.201	0.803	0.9	36	1.26	138.562	2.309	tv4	22.43	0.415

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla N° 91: Cálculo de los diámetros de las tuberías del segundo sub sistema de drenaje pluvial del sector-I'.

Tramo	Longitud (L) metros	Pendiente (So) adm.	Area Total (A) ha	$\Sigma C \times A$	Tc minutos	i mm/h	Q m ³ /s	Q acumula do	D m/pulg	D comercial pulgadas	V m/s	Tv min	TV horas	tv min	Tirante y	
i1-i2'	97.97	0.01245	3.94	2.67374	14.95	50.17	0.373	0.373	0.6	24	1.32	74.340	1.239	tv1'	14.95	0.330
i2-i3'	148.37	0.00350	0	0.00000	42.68	50.17	0.000	0.373	0.6	24	1.32	112.584	1.876	tv1'	42.68	0.589
i3-i4'	29.29	0.05667	0.26	0.17644	2.10	50.17	0.025	0.397	0.6	24	1.40	20.850	0.347	tv1'	2.10	0.222

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

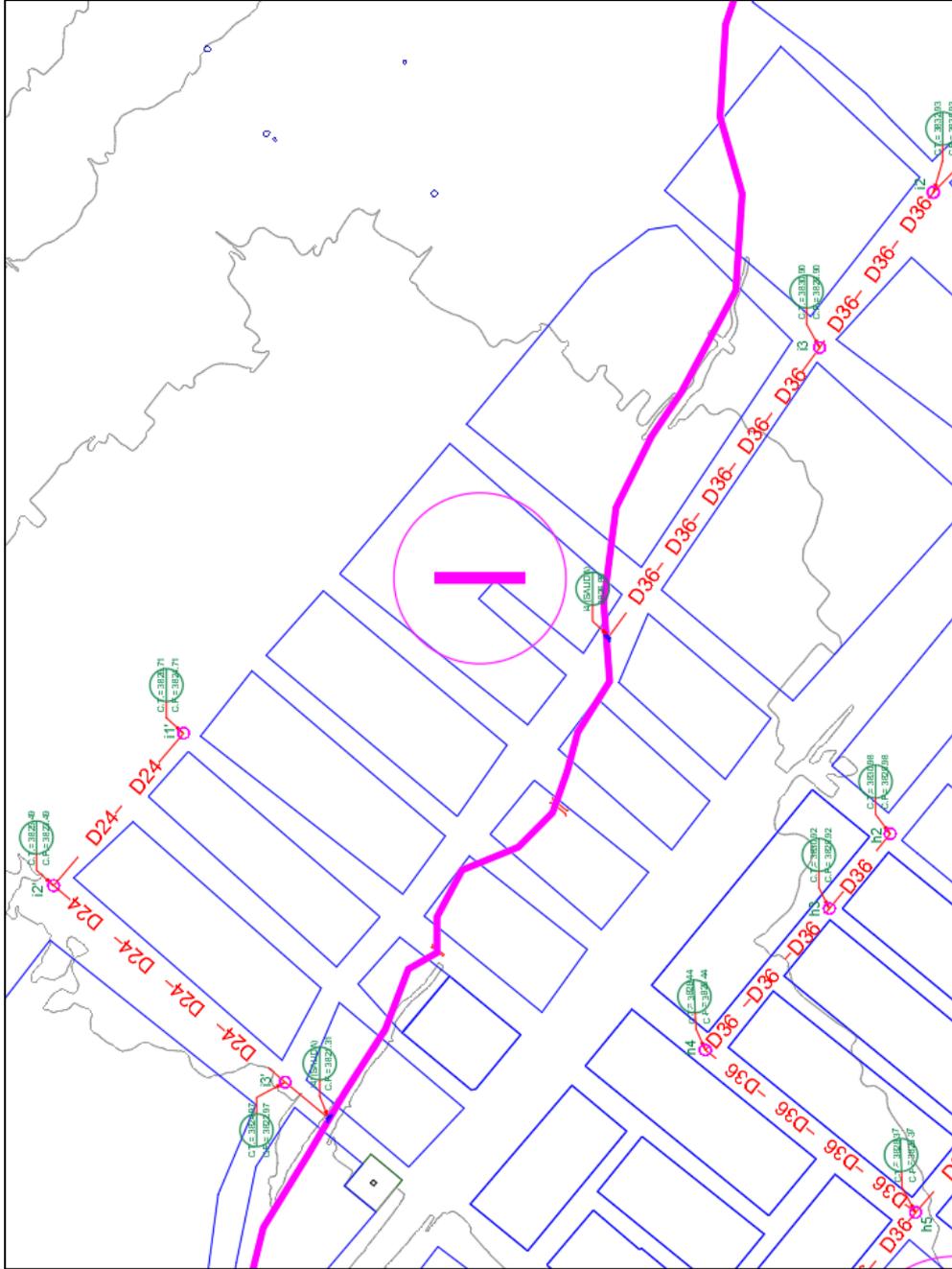


Figura N° 65: Ubicación de colectores y tuberías en el sector-I (ver plano J-05).

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

3.8.3 Cálculo y Diseño de zanjas de infiltración

- Ensayo 1: Asociación San Juna de Dios sector-E
- Cálculo de la velocidad de infiltración

Tabla N° 92: Velocidad de infiltración.

Cronómetro			Tiempo (hr)	Diferencial Tiempo	Altura (mm)	Diferencial (mm)	Infiltración (mm/hr)
h	m	s					
0	0	0	0		210	0	
0	1	25	0.02	0.02	190	20	847.06
0	3	57	0.07	0.04	180	10	236.84
0	5	0	0.08	0.02	175	5	285.71
0	6	28	0.11	0.02	170	5	204.55
0	8	10	0.14	0.03	160	10	352.94
0	9	39	0.16	0.02	150	10	404.49
0	10	57	0.18	0.02	140	10	461.54
0	12	42	0.21	0.03	130	10	342.86
0	14	48	0.25	0.04	120	10	285.71
0	17	14	0.29	0.04	110	10	246.58
0	19	38	0.33	0.04	100	10	250.00
0	22	52	0.38	0.05	90	10	185.57
0	26	26	0.44	0.06	80	10	168.22
0	30	43	0.51	0.07	70	10	140.08
0	34	3	0.57	0.06	60	10	180.00
0	38	10	0.64	0.07	50	10	145.75

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

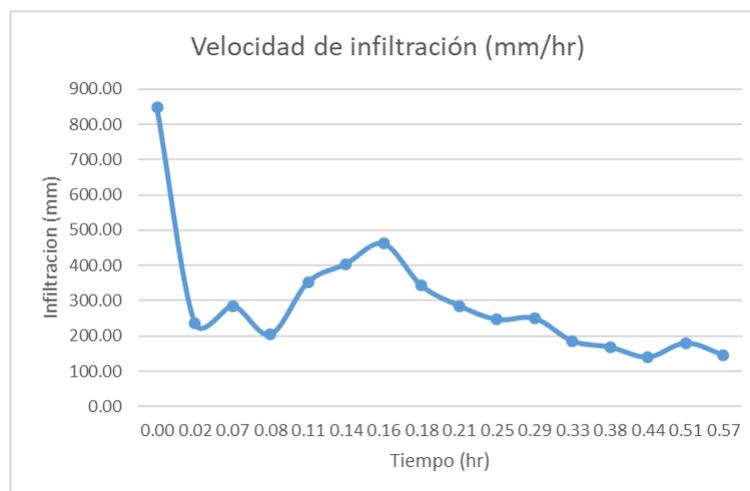


Figura N° 66: Curva de velocidad de infiltración.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.



El promedio de la velocidad de infiltración es: 296.12 mm/hr

- Cálculo de aportación en zona de impluvio

Tabla N° 93: Cálculo del volumen de la zona de impluvio.

P(max 1 hora)	S	e	Vai
0.02877	2046.72	0.92	54.17

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de volumen de las zanjas

Tabla N° 94: Volumen de zanjas.

b	h	l	Vcz
1.15	1	15	22.5

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de volumen de infiltración

Tabla N° 95: Volumen de infiltración.

b	v	l	Vin
1.5	0.30	15	6.66

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Análisis de volúmenes

Tabla N° 96: Análisis de volúmenes

Vai	dos zanjas	Vcz	Vin
54.17	<	58.33	

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Ensayo 2: Urbanización ENACE, sector-B

- Cálculo de la velocidad de infiltración

Tabla N° 97: Velocidad de infiltración sector-B

Cronómetro			Tiempo (hr)	Diferencial Tiempo	Altura (mm)	Diferencial (mm)	Infiltración (mm/hr)
h	m	s					
0	0	0	0		150	0	
0	2	17	0.04	0.04	140	10	847.06
0	5	3	0.08	0.05	130	10	236.84
0	10	38	0.18	0.09	120	10	285.71
0	14	32	0.24	0.07	110	10	204.55
0	21	52	0.36	0.12	100	10	352.94
0	29	47	0.5	0.13	90	10	404.49
0	37	53	0.63	0.14	80	10	461.54
0	48	50	0.81	0.18	70	10	342.86
1	1	0	1.02	0.2	60	10	285.71
1	24	9	1.4	0.39	50	10	246.58

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

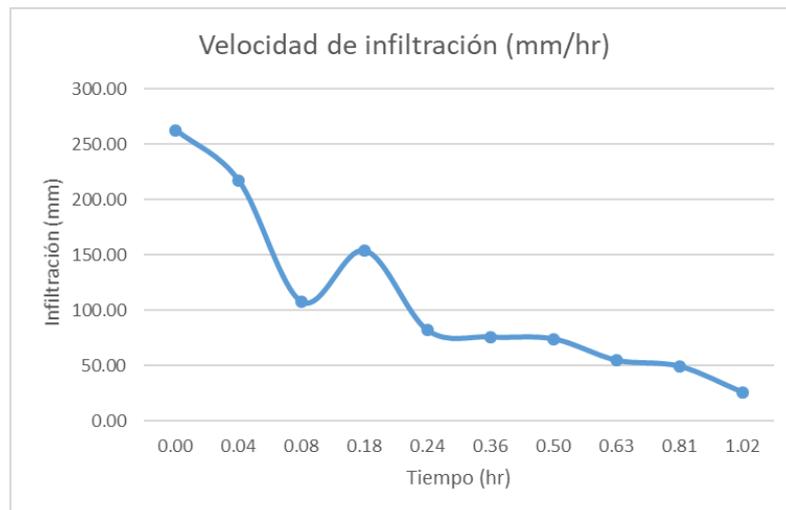


Figura N° 67: Velocidad de infiltración.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

El promedio de la velocidad de infiltración es: 296.12 mm/hr

- Cálculo de aportación en zona de impluvio

Tabla N° 98: Cálculo de volumen en la zona de impluvio

P(max 1 hora)	S	e	Vai
0.02877	9929.73	0.92	262.82

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de volumen de las zanjas

Tabla N° 99: Volumen de zanjas.

b	h	l	Vcz
2	1	20	40

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Cálculo de volumen de infiltración

Tabla N° 100: Volumen de infiltración.

b	v	l	Vin
2	0.11	20	4.411

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

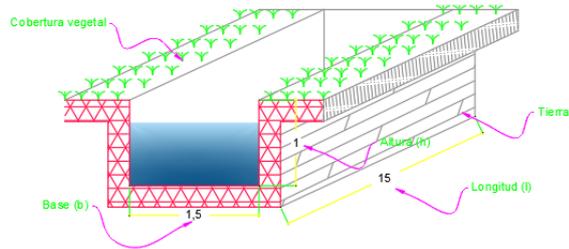
- Análisis de volúmenes

Tabla N° 101: Análisis de volumen.

Vai	dos zanjas	Vcz	Vin
262.82	<	310.87	

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

- Plano de detalles de zanja de infiltración



ZANJA DE INFILTRACION Z-1
escala: 1/50

Figura N° 68: Detalle transversal de zanja sector-E.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

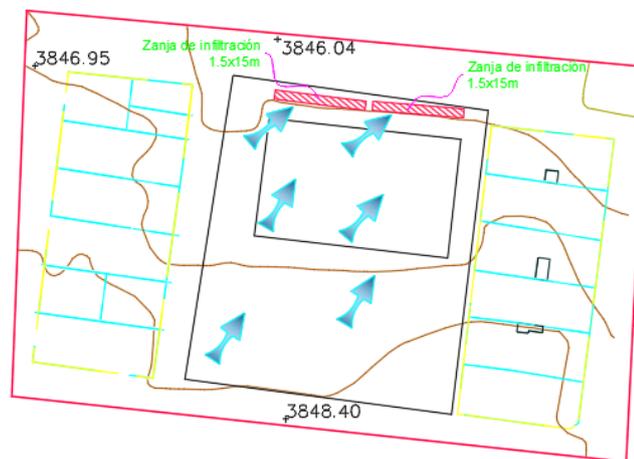
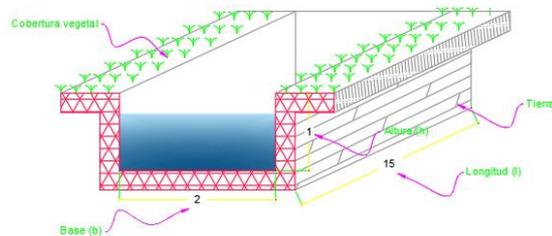


Figura N° 69: Ubicación de las zanjas de infiltración sector-E.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.



ZANJA DE INFILTRACION Z-2
escala: 1/50

Figura N° 70: Detalle transversal de zanja sector-B.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

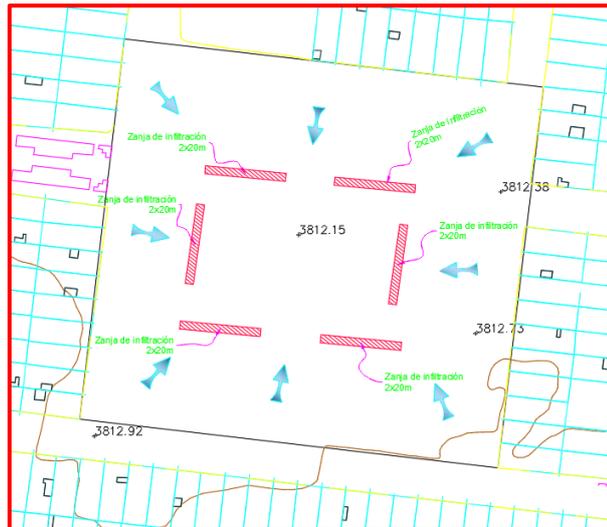


Figura N° 71: Ubicación de las zanjas de infiltración sector-B.

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

3.8.4 Diseño del canal

- Cálculo de parámetros de Manning

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Tabla N° 102: Hoja de cálculo de parámetros de Manning.

PUNTO	Cota inicial	Cota final	L	Pendiente	Q (m3/s)	Q acumulado (m3/s)	y	A	R	v
1-2	3848.73	3846.5	90.03	0.025	0.494	0.494	0.386	0.618	0.260	0.06
2-3	3846.5	3841.8	215.23	2.184	0.318	0.812	0.635	1.016	0.354	0.74
3-4	3841.8	3835.62	274.95	2.248	0.413	1.225	0.957	1.532	0.436	0.86
4-5	3835.62	3831.9	171.63	2.167	0.000	1.225	0.957	1.532	0.436	0.85
5-6	3831.9	3829.92	98.22	2.016	0.000	1.225	0.957	1.532	0.436	0.82
6-7	3829.92	3825.45	205.14	2.179	0.000	1.225	0.957	1.532	0.436	0.85
7-8	3825.45	3823.85	109.95	1.455	0.000	1.225	0.511	1.532	0.381	0.63
8-9	3823.85	3821.21	232.85	1.134	1.455	2.680	0.838	3.351	0.590	0.75
9-10	3821.21	3817.08	253	1.632	0.000	2.680	0.838	3.351	0.590	0.90
10-11	3817.08	3812.75	351.9	1.230	0.000	2.680	0.838	3.351	0.590	0.78
11-12	3812.75	3811	108.11	1.619	0.000	2.680	0.838	3.351	0.590	0.90
12-13	3811	3810.3	125.45	0.558	1.073	3.753	1.173	4.692	0.739	0.61
13-14	3810.3	3808.5	334	0.539	0.000	3.753	1.173	4.692	0.739	0.60
14-15	3808.5	3807	154.87	0.969	0.000	3.753	1.173	4.692	0.739	0.80

FUENTE: Elaborado por el equipo de investigación.

Los criterios de diseño y el coeficiente de rugosidad fueron recomendados en el Manual: Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales de afianzamiento hídrico (ANA; 2010).



3.8.5 Metrados, presupuesto y análisis de costos unitarios

- Metrado del drenaje pluvial urbano

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL
				LARGO	ANCHO	ALTO		
01.00.00.00	DRENAJE PLUVIAL URBANO							
01.01.00.00	Trabajos preliminares							
01.01.01.00	Limpieza manual de terreno para r	m						9,588.29
01.01.01.01	Limpieza manual de terreno para tubería de 24"							4,607.50
	Sector A	m	1	305.60	-	-	305.60	
	Sector B	m	1	732.00	-	-	732.00	
	Sector C	m	1	768.30	-	-	768.30	
	Sector D	m	1	981.20	-	-	981.20	
	Sector E	m	1	352.20	-	-	352.20	
	Sector F	m	1	732.00	-	-	732.00	
	Sector G	m	1	186.20	-	-	186.20	
	Sector H	m	1	183.40	-	-	183.40	
	Sector I	m	1	366.60	-	-	366.60	
01.01.01.02	Limpieza manual de terreno para tubería de 36"						-	3,900.00
	Sector B	m	1	1,217.00	-	-	1,217.00	
	Sector F	m	1	582.80	-	-	582.80	
	Sector G	m	1	457.10	-	-	457.10	
	Sector H	m	1	1,374.00	-	-	1,374.00	
	Sector I	m	1	269.10	-	-	269.10	
01.01.01.03	Limpieza manual de terreno para tubería de 48"						-	1,080.79
	Sector F	m	1	1,034.00	-	-	1,034.00	
	Sector H	m	1	46.79	-	-	46.79	
01.01.02.00	Trazo, nivel y replanteo de tubería	m						9,588.29
01.01.02.01	Trazo, nivel y replanteo para tubería de 24"							4,607.50
	Sector A	m	1	305.60	-	-	305.60	
	Sector B	m	1	732.00	-	-	732.00	
	Sector C	m	1	768.30	-	-	768.30	
	Sector D	m	1	981.20	-	-	981.20	
	Sector E	m	1	352.20	-	-	352.20	
	Sector F	m	1	732.00	-	-	732.00	
	Sector G	m	1	186.20	-	-	186.20	
	Sector H	m	1	183.40	-	-	183.40	
	Sector I	m	1	366.60	-	-	366.60	
01.01.02.02	Trazo, nivel y replanteo para tubería de 36"							3,900.00
	Sector B	m	1	1,217.00	-	-	1,217.00	
	Sector F	m	1	582.80	-	-	582.80	
	Sector G	m	1	457.10	-	-	457.10	
	Sector H	m	1	1,374.00	-	-	1,374.00	
	Sector I	m	1	269.10	-	-	269.10	
01.01.02.03	Trazo, nivel y replanteo para tubería de 48"							1,080.79
	Sector F	m	1	1,034.00	-	-	1,034.00	
	Sector H	m	1	46.79	-	-	46.79	
01.02.00.00	Movimiento de tierras							
01.02.01.00	Excavación manual de terreno natural							
01.02.01.01	Excavación manual en terreno natural DN24" (A=0.96 y H=2.05)							4,607.50
	Sector A	m	1	305.60	-	-	305.60	
	Sector B	m	1	732.00	-	-	732.00	

...continuación



	Sector C	m	1	768.30	-	-	768.30		
	Sector D	m	1	981.20	-	-	981.20		
	Sector E	m	1	352.20	-	-	352.20		
	Sector F	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector G	m	1	186.20	-	-	186.20		
	Sector H	m	1	183.40	-	-	183.40		
	Sector I	m	1	366.60	-	-	366.60		
01.02.01.02	Excavacion manual en terreno natural DN36" (A=1.44 y H=2.05)								3,900.00
	Sector B	m	1	1,217.00	-	-	1,217.00		
	Sector F	m	1	582.80	-	-	582.80		
	Sector G	m	1	457.10	-	-	457.10		
	Sector H	m	1	1,374.00	-	-	1,374.00		
	Sector I	m	1	269.10	-	-	269.10		
01.02.01.03	Excavacion manual en terreno natural DN48" (A=1.92 y H=2.05)								1,080.79
	Sector F	m	1	1,034.00	-	-	1,034.00		
	Sector H	m	1	46.79	-	-	46.79		
01.02.02.00	Cama de apoyo c/mat. Selecc. en terreno excavado p/tub								
01.02.02.01	Cama de apoyo c/mat. Selecc. en terreno excavado p/tub DN24", e=0.10m								4,607.50
	Sector A	m	1	305.60	-	-	305.60		
	Sector B	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector C	m	1	768.30	-	-	768.30		
	Sector D	m	1	981.20	-	-	981.20		
	Sector E	m	1	352.20	-	-	352.20		
	Sector F	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector G	m	1	186.20	-	-	186.20		
	Sector H	m	1	183.40	-	-	183.40		
	Sector I	m	1	366.60	-	-	366.60		
01.02.02.02	Cama de apoyo c/mat. Selecc. en terreno excavado p/tub DN36", e=0.10m								3,900.00
	Sector B	m	1	1,217.00	-	-	1,217.00		
	Sector F	m	1	582.80	-	-	582.80		
	Sector G	m	1	457.10	-	-	457.10		
	Sector H	m	1	1,374.00	-	-	1,374.00		
	Sector I	m	1	269.10	-	-	269.10		
01.02.02.03	Cama de apoyo c/mat. Selecc. en terreno excavado p/tub DN48", e=0.12m								1,080.79
	Sector F	m	1	1,034.00	-	-	1,034.00		
	Sector H	m	1	46.79	-	-	46.79		
01.02.03.00	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado								
01.02.03.01	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado p/tub DN24"								4,607.50
	Sector A	m	1	305.60	-	-	305.60		
	Sector B	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector C	m	1	768.30	-	-	768.30		
	Sector D	m	1	981.20	-	-	981.20		
	Sector E	m	1	352.20	-	-	352.20		
	Sector F	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector G	m	1	186.20	-	-	186.20		
	Sector H	m	1	183.40	-	-	183.40		
	Sector I	m	1	366.60	-	-	366.60		
01.02.03.02	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado p/tub DN36"								3,900.00
	Sector B	m	1	1,217.00	-	-	1,217.00		
	Sector F	m	1	582.80	-	-	582.80		

...continuación



	Sector G	m	1	457.10	-	-	457.10		
	Sector H	m	1	1,374.00	-	-	1,374.00		
	Sector I	m	1	269.10	-	-	269.10		
01.02.03.03	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado p/tub DN48"								1,080.79
	Sector F	m	1	1,034.00	-	-	1,034.00		
	Sector H	m	1	46.79	-	-	46.79		
01.02.04.00	Relleno y compactado con material propio								
01.02.04.01	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado p/tub DN24"								4,607.50
	Sector A	m	1	305.60	-	-	305.60		
	Sector B	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector C	m	1	768.30	-	-	768.30		
	Sector D	m	1	981.20	-	-	981.20		
	Sector E	m	1	352.20	-	-	352.20		
	Sector F	m	1	732.00	-	-	732.00		
	Sector G	m	1	186.20	-	-	186.20		
	Sector H	m	1	183.40	-	-	183.40		
	Sector I	m	1	366.60	-	-	366.60		
01.02.04.02	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado p/tub DN36"								3,900.00
	Sector B	m	1	1,217.00	-	-	1,217.00		
	Sector F	m	1	582.80	-	-	582.80		
	Sector G	m	1	457.10	-	-	457.10		
	Sector H	m	1	1,374.00	-	-	1,374.00		
	Sector I	m	1	269.10	-	-	269.10		
01.02.04.03	Relleno con material propio seleccionado, zarandeado p/tub DN48"								1,080.79
	Sector F	m	1	1,034.00	-	-	1,034.00		
	Sector H	m	1	46.79	-	-	46.79		
01.03.00.00	Suministro e instalacion de tuberias								
01.03.01.00	Instalacion de tuberia PVC HDPE corrugada de 24"								4,607.50
01.03.01.01	Tuberia PVC HDPE corrugada de 24"	m	1	4,607.50	-	-	4,607.50		
01.03.02.00	Instalacion de tuberia PVC HDPE corrugada de 36"								3,900.00
01.03.02.01	Tuberia PVC HDPE corrugada de 36"	m	1	3,900.00	-	-	3,900.00		
01.03.03.00	Instalacion de tuberia PVC HDPE corrugada de 48"								1,080.79
01.03.03.01	Tuberia PVC HDPE corrugada de 48"	m	1	1,080.79	-	-	1,080.79		
01.04.00.00	Colectores								
01.04.01.00	Colector de 2.00m profundidad (Encof. Exter. E Inte.)								69
01.04.01.01	Sector A	und.	2	-	-	-	2		
01.04.01.02	Sector B	und.	17	-	-	-	17		
01.04.01.03	Sector C	und.	7	-	-	-	7		
01.04.01.04	Sector D	und.	5	-	-	-	5		
01.04.01.05	Sector E	und.	3	-	-	-	3		
01.04.01.06	Sector F	und.	12	-	-	-	12		
01.04.01.07	Sector G	und.	4	-	-	-	4		
01.04.01.08	Sector H	und.	13	-	-	-	13		
01.04.01.09	Sector I	und.	6	-	-	-	6		
02.00.00.00	CANAL DE DERIVACION DE AGUAS PLUVIALES								
02.01.00.00	Trabajos preliminares								
02.01.01.00	Limpieza manual de terreno								7,572.00
	Limpieza manual de terreno seccion 3.60 x 2.25								
	Seccion G-G	m2		110	3.6		396.00		

...continuación



	Limpieza manual de terreno seccion 4.60 x 2.90							
	Seccion H-H	m2		233	4.6		1,071.80	
	Seccion I-I	m2		253	4.6		1,163.80	
	Seccion J-J	m2		352	4.6		1,619.20	
	Seccion K-K	m2		108	4.6		496.80	
	Limpieza manual de terreno seccion 4.60 x 3.50							
	Seccion L-L	m2		125	4.6		575.00	
	Seccion M-M	m2		334	4.6		1,536.40	
	Seccion N-N	m2		155	4.6		713.00	
02.01.02.00	Trazo, nivel y replanteo de canal	m2						7,572.00
	Trazo, nivel y replanteo de canal se	m2		110	3.6		396	
	Trazo, nivel y replanteo de canal se	m2		946	4.6		4351.6	
	Trazo, nivel y replanteo de canal se	m2		614	4.6		2824.4	
02.02.00.00	Movimiento de tierras							
02.02.01.00	Excavacion manual en terreno nat	m3						23396.04
02.02.01.01	Excavacion manual en terreno natural A=3.60 y H=2.25							891
	Seccion G-G	m3		110	3.6	2.25	891	
02.02.01.02	Excavacion manual en terreno natural A=4.60 y H=2.90							12619.64
	Seccion H-H	m3		233	4.6	2.9	3108.22	
	Seccion I-I	m3		253	4.6	2.9	3375.02	
	Seccion J-J	m3		352	4.6	2.9	4695.68	
	Seccion K-K	m3		108	4.6	2.9	1440.72	
02.02.01.03	Excavacion manual en terreno natural A=4.60 y H=3.50							9885.4
	Seccion L-L	m3		125	4.6	3.5	2012.5	
	Seccion M-M	m3		334	4.6	3.5	5377.4	
	Seccion N-N	m3		155	4.6	3.5	2495.5	
02.02.02.00	Eliminacion de material excedente	m3						23396.04
02.02.02.01	Eliminacion de material excedente A=3.60 y H=2.25							891
	Seccion G-G	m3		110	3.6	2.25	891	
02.02.02.02	Eliminacion de material excedente A=4.60 y H=2.90							12619.64
	Seccion H-H	m3		233	4.6	2.9	3108.22	
	Seccion I-I	m3		253	4.6	2.9	3375.02	
	Seccion J-J	m3		352	4.6	2.9	4695.68	
	Seccion K-K	m3		108	4.6	2.9	1440.72	
02.02.02.03	Eliminacion de material excedente A=4.60 y H=3.50							9885.4
	Seccion L-L	m3		125	4.6	3.5	2012.5	
	Seccion M-M	m3		334	4.6	3.5	5377.4	
	Seccion N-N	m3		155	4.6	3.5	2495.5	
02.03.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE							
02.03.01.00	CONCRETO CICLOPEO	m3						
02.03.01.01	concreto ciclopeo en solera con piedra menor de 12"							3894
	Seccion G-G solera con piedra men	m3		110	3	0.6	198	
	Seccion H-H solera con piedra men	m3	1	233	4	0.6	559.2	
	Seccion H-H solera con piedra men	m3	1	233	4	0.6	559.2	
	Seccion J-J solera con piedra men	m3	1	352	4	0.6	844.8	
	Seccion k-k solera con piedra men	m3	1	108	4	0.6	259.2	
	Seccion L-L solera con piedra men	m3	1	125	4	0.6	300	
	Seccion M-M solera con piedra me	m3	1	334	4	0.6	801.6	
	Seccion N-N solera con piedra men	m3	1	155	4	0.6	372	
02.03.01.02	concreto ciclopeo en pared con pi	m3						3083.94

...continuación



	Seccion G-G paredes con piedra me	m3	2	110	0.3	2.25	148.5	
	Seccion H-H paredes con piedra me	m3	2	233	0.3	2.9	405.42	
	Seccion I-I paredes con piedra men	m3	2	253	0.3	2.9	440.22	
	Seccion J-J paredes con piedra men	m3	2	352	0.3	2.9	612.48	
	Seccion k-k paredes con piedra mer	m3	2	108	0.3	2.9	187.92	
	Seccion L-L paredes con piedra mer	m3	2	125	0.3	3.5	262.5	
	Seccion M-M paredes con piedra m	m3	2	334	0.3	3.5	701.4	
	Seccion N-N paredes con piedra me	m3	2	155	0.3	3.5	325.5	
02.03.02.00	Encofrado y desencofrado para c	m2						8275.8
02.03.02.01	Encofrado y desencofrado de pa	m2						8275.8
	Seccion G-G encofrado para pared	m2	2	110		1.65	363	
	Seccion H-H encofrado para pared	m2	2	233		2.3	1071.8	
	Seccion I-I encofrado para paredes	m2	2	253		2.3	1163.8	
	Seccion J-J encofrado para paredes	m2	2	352		2.3	1619.2	
	Seccion k-k encofrado para pared	m2	2	108		2.3	496.8	
	Seccion L-L encofrado para pared	m2	2	125		2.9	725	
	Seccion M-M encofrado para pared	m2	2	334		2.9	1937.2	
	Seccion N-N encofrado para pared	m2	2	155		2.9	899	



3.8.6 Presupuesto del drenaje pluvial urbana

Presupuesto

Presupuesto	Subpresupuesto	Código	Descripción	Costo al	Fecha
		1102001	DRENAJE PLUVIAL PARA LOS CENTROS POBLADOS DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA		
		001	DRENAJE PLUVIAL PARA LOS CENTROS POBLADOS DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA		
			CENTROS POBLADOS DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA	Costo al	08/01/2020
			PUNO - PUNO - PUNO		
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	DRENAJE PLUVIAL URBANO				478,030.53
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				34,230.20
01.01.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE DRENAJE PLUVIAL				5,944.74
01.01.01.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE 24"	m	4,607.50	0.62	2,856.65
01.01.01.02	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE 36"	m	3,900.00	0.62	2,418.00
01.01.01.03	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE 48"	m	1,080.79	0.62	670.09
01.01.02	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO				28,285.46
01.01.02.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE 24"	m	4,607.50	2.95	13,592.13
01.01.02.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE 36"	m	3,900.00	2.95	11,505.00
01.01.02.03	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE 48"	m	1,080.79	2.95	3,188.33
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				246,020.99
01.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO NATURAL				128,660.39
01.02.01.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIA DE D=24" (A=0.96 Y H=2.05)	m	4,607.50	11.58	53,354.85
01.02.01.02	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIA DE D=36" (A=1.44 Y H=2.05)	m	3,900.00	14.21	55,419.00
01.02.01.03	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIA DE D=48" (A=1.92 Y H=2.05)	m	1,080.79	18.40	19,886.54
01.02.02	CAMA DE APOYO C/MAT. SELECC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB.				50,987.68
01.02.02.01	CAMA DE APOYO C/MAT. SELECC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB D=24"	m	4,607.50	5.15	23,728.63
01.02.02.02	CAMA DE APOYO C/MAT. SELECC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB D=36"	m	3,900.00	5.36	20,904.00
01.02.02.03	CAMA DE APOYO C/MAT. SELECC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB D=48"	m	1,080.79	5.88	6,355.05
01.02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO				46,370.36
01.02.03.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE	m	4,607.50	4.71	21,701.33
01.02.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE	m	3,900.00	4.84	18,876.00
01.02.03.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE	m	1,080.79	5.36	5,793.03
01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO				20,002.56
01.02.04.01	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=24"	m	4,607.50	1.96	9,030.70
01.02.04.02	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=36"	m	3,900.00	2.09	8,151.00
01.02.04.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=48"	m	1,080.79	2.61	2,820.86
01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				98,985.14
01.03.01	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC HDPE CORRUGADA DE 24"				38,885.19
01.03.01.01	INSTALACION DE TUBERIA PVC CORRUGADA DE 24"	m	4,607.25	8.44	38,885.19
01.03.02	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC HDPE CORRUGADA DE 36"				44,850.00
01.03.02.01	INSTALACION DE TUBERIA PVC CORRUGADA DE 36"	m	3,900.00	11.50	44,850.00
01.03.03	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC HDPE CORRUGADA DE 48"				15,249.95
01.03.03.01	INSTALACION DE TUBERIA PVC CORRUGADA DE 48"	m	1,080.79	14.11	15,249.95
01.04	COLECTORES				98,794.20
01.04.01	COLECTOR DE 2.00M PROFUNDIDAD (ENCOF. EXTER E INTER)				98,794.20
01.04.01.01	INSTALACION DE COLECTOR DE 2.00 DE PROFUNDIDAD (ENCOF. EXTER. E	und	69.00	1,431.80	98,794.20
02	CANAL DE DERIVACION DE AGUAS PLUVIALES				3,628,036.79
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				52,473.96
02.01.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO				30,136.56
02.01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	7,572.00	3.98	30,136.56
02.01.02	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DE CANAL				22,337.40
02.01.02.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA CANAL	m2	7,572.00	2.95	22,337.40
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,506,949.64
02.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO NATURAL				1,431,901.60
02.02.01.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (A=3.60 Y H=2.25)	m3	891.00	46.40	41,342.40
02.02.01.02	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (A=4.60 Y H=2.90)	m3	12,619.64	55.67	702,535.36
02.02.01.03	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (A=4.60 Y H=3.50)	m3	9,885.40	69.60	688,023.84
02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				1,075,048.04
02.02.02.01	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE R=20 KM C/MAQUINARIA (A=3.60 Y	m3	891.00	45.95	40,941.45



02.02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE R=20 KM C/MAQUINARIA (A=4.60 Y	m3	12,619.64	45.95	579,872.46
02.02.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE R=20 KM C/MAQUINARIA (A=4.60 Y	m3	9,885.40	45.95	454,234.13
02.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				1,068,613.19
02.03.01	CONCRETO CICLOPEO				859,566.48
02.03.01.01	CONCRETO CICLOPEO PARA SOLERA MEZCLA 1:12 + 30% P.M. (MENOR DE	m3	3,894.00	200.93	782,421.42
02.03.01.02	CONCRETO CICLOPEO PARA PARED MEZCLA 1:12 + 30% P.M. (MENOR DE 6")	m3	383.94	200.93	77,145.06
02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA CONCRETO CICLOPEO				209,046.71
02.03.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAREDES CANAL	m2	8,275.80	25.26	209,046.71
	Costo Directo				4,106,067.32

SON : CUATRO MILLONES CIENTO SEIS MIL SESENTISIETE Y 32/100 NUEVOS SOLES

3.8.7 Análisis de costos unitarios

S10						Página :	1
Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	1102001	DRENAJE PLUVIAL PARA LOS CENTROS POBLADOS DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA					
Subpresupuesto	001	DRENAJE PLUVIAL PARA LOS CENTROS POBLADOS DE SALCEDO Y JAYLLIHUAYA				Fecha presupuesto	08/01/2020
Partida	01.01.01.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE 24"					
Rendimiento	m/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m			0.62
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	23.15		0.07
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0320	16.66		0.53
							0.60
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.60		0.02
							0.02
Partida	01.01.01.02	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE 36"					
Rendimiento	m/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m			0.62
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	23.15		0.07
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0320	16.66		0.53
							0.60
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.60		0.02
							0.02
Partida	01.01.01.03	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO PARA TUBERIA DE 48"					
Rendimiento	m/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m			0.62
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	23.15		0.07
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0320	16.66		0.53
							0.60
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	0.60		0.02
							0.02
Partida	01.01.02.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE 24"					
Rendimiento	m/DIA	750.0000	EQ. 750.0000	Costo unitario directo por : m			2.95
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0107	23.15		0.25
0101010005	PEON	hh	0.1000	0.0011	16.66		0.02
0101030000	TOPOGRAFO	hh	3.0000	0.0320	19.95		0.64
							0.91
	Materiales						
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	9.18		0.09
0231040002	ESTACAS DE MADERA	p2		0.0400	5.50		0.22



0240020001	PINTURA ESMALTE		gal		0.0005	60.00	0.03
0292010001	CORDEL		m		0.5000	0.12	0.06
		Equipos					0.40
0301000020	ESTACION TOTAL		he	1.0000	0.0107	150.00	1.61
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.91	0.03
							1.64
Partida	01.01.02.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE 36"					
Rendimieb	m/DIA	750.0000	EQ.	750.0000	Costo unitario directo por : m		2.95
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S./.
	Mano de Obra						Parcial S./.
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0107	23.15	0.25
0101010005	PEON		hh	0.1000	0.0011	16.66	0.02
0101030000	TOPOGRAFO		hh	3.0000	0.0320	19.95	0.64
							0.91
	Materiales						
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg		bol		0.0100	9.18	0.09
0231040002	ESTACAS DE MADERA		p2		0.0400	5.50	0.22
0240020001	PINTURA ESMALTE		gal		0.0005	60.00	0.03
0292010001	CORDEL		m		0.5000	0.12	0.06
		Equipos					0.40
0301000020	ESTACION TOTAL		he	1.0000	0.0107	150.00	1.61
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.91	0.03
							1.64
Partida	01.01.02.03	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PARA TUBERIA DE 48"					
Rendimieb	m/DIA	750.0000	EQ.	750.0000	Costo unitario directo por : m		2.95
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S./.
	Mano de Obra						Parcial S./.
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0107	23.15	0.25
0101010005	PEON		hh	0.1000	0.0011	16.66	0.02
0101030000	TOPOGRAFO		hh	3.0000	0.0320	19.95	0.64
							0.91
	Materiales						
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg		bol		0.0100	9.18	0.09
0231040002	ESTACAS DE MADERA		p2		0.0400	5.50	0.22
0240020001	PINTURA ESMALTE		gal		0.0005	60.00	0.03
0292010001	CORDEL		m		0.5000	0.12	0.06
		Equipos					0.40
0301000020	ESTACION TOTAL		he	1.0000	0.0107	150.00	1.61
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.91	0.03
							1.64
Partida	01.02.01.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIA DE D=24" (A=0.96 Y H=2.05)					
Rendimieb	m/DIA	13.5000	EQ.	13.5000	Costo unitario directo por : m		11.58
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S./.
	Mano de Obra						Parcial S./.
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0593	23.15	1.37
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.5926	16.66	9.87
							11.24
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	11.24	0.34



								0.34
Partida	01.02.01.02	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIA DE D=36" (A=1.44 Y H=2.05)						
Rendimieb	m/DIA	11.0000	EQ.	11.0000	Costo unitario directo por : m		14.21	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0727	23.15	1.68	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.7273	16.66	12.12	
							13.80	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	13.80	0.41	
							0.41	
Partida	01.02.01.03	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIA DE D=48" (A=1.92 Y H=2.05)						
Rendimieb	m/DIA	8.5000	EQ.	8.5000	Costo unitario directo por : m		18.40	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0941	23.15	2.18	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.9412	16.66	15.68	
							17.86	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	17.86	0.54	
							0.54	
Partida	01.02.02.01	CAMA DE APOYO C/MAT. SELEC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB D=24" (e=0.10)						
Rendimieb	m/DIA	65.0000	EQ.	65.0000	Costo unitario directo por : m		5.15	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0123	23.15	0.28	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1231	16.66	2.05	
							2.33	
	Materiales							
0207040002	MATERIAL PROPIO ZARANDEADO		m3		0.0500	55.00	2.75	
							2.75	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.33	0.07	
							0.07	
Partida	01.02.02.02	CAMA DE APOYO C/MAT. SELEC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB D=36" (e=0.10)						
Rendimieb	m/DIA	60.0000	EQ.	60.0000	Costo unitario directo por : m		5.36	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0133	23.15	0.31	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1333	16.66	2.22	
							2.53	
	Materiales							
0207040002	MATERIAL PROPIO ZARANDEADO		m3		0.0500	55.00	2.75	
							2.75	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.53	0.08	
							0.08	
Partida	01.02.02.03	CAMA DE APOYO C/MAT. SELEC. EN TERRENO EXCAVADO P/TUB D=48" (e=0.12)						



Rendimiento	m/DIA	50.0000	EQ.	50.0000	Costo unitario directo por : m	5.88	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0160	23.15	0.37
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1600	16.66	2.67
							3.04
	Materiales						
0207040002	MATERIAL PROPIO ZARANDEADO		m3		0.0500	55.00	2.75
							2.75
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	3.04	0.09
							0.09
Partida	01.02.03.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=24"					
Rendimiento	m/DIA	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : m	4.71	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0100	23.15	0.23
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1000	16.66	1.67
							1.90
	Materiales						
0207040002	MATERIAL PROPIO ZARANDEADO		m3		0.0500	55.00	2.75
							2.75
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.90	0.06
							0.06
Partida	01.02.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=36"					
Rendimiento	m/DIA	75.0000	EQ.	75.0000	Costo unitario directo por : m	4.84	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0107	23.15	0.25
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1067	16.66	1.78
							2.03
	Materiales						
0207040002	MATERIAL PROPIO ZARANDEADO		m3		0.0500	55.00	2.75
							2.75
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.03	0.06
							0.06
Partida	01.02.03.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=48"					
Rendimiento	m/DIA	60.0000	EQ.	60.0000	Costo unitario directo por : m	5.36	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0133	23.15	0.31
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1333	16.66	2.22
							2.53
	Materiales						
0207040002	MATERIAL PROPIO ZARANDEADO		m3		0.0500	55.00	2.75
							2.75
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.53	0.08



								0.08
Partida	01.02.04.01	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=24"						
Rendimiento	m/DIA	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : m		1.96	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0100	23.15	0.23	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1000	16.66	1.67	
							1.90	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.90	0.06	
							0.06	
Partida	01.02.04.02	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=36"						
Rendimiento	m/DIA	75.0000	EQ.	75.0000	Costo unitario directo por : m		2.09	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0107	23.15	0.25	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1067	16.66	1.78	
							2.03	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.03	0.06	
							0.06	
Partida	01.02.04.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO, ZARANDEADO P/TUB DE D=48"						
Rendimiento	m/DIA	60.0000	EQ.	60.0000	Costo unitario directo por : m		2.61	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0133	23.15	0.31	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.1333	16.66	2.22	
							2.53	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	2.53	0.08	
							0.08	
Partida	01.03.01.01	INSTALACION DE TUBERIA PVC CORRUGADA DE 24"						
Rendimiento	m/DIA	200.0000	EQ.	200.0000	Costo unitario directo por : m		8.44	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0040	23.15	0.09	
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0400	22.96	0.92	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0800	16.66	1.33	
							2.34	
		Materiales						
02050700020024	TUBERIA PVC HDPE CORRUGADA DE 24" (L=6.10m)		m		0.0980	62.20	6.10	
							6.10	
Partida	01.03.02.01	INSTALACION DE TUBERIA PVC CORRUGADA DE 36"						
Rendimiento	m/DIA	200.0000	EQ.	200.0000	Costo unitario directo por : m		11.50	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		Mano de Obra						



030100020	ESTACION TOTAL		he		1.0000	0.0107	150.00	1.61
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	0.91	0.03
								1.64
Partida	02.02.01.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (A=3.60 Y H=2.25)						
Rendimientb	m3/DIA	30.0000	EQ.	30.0000		Costo unitario directo por : m3	46.40	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	0.0267	23.15	0.62
0101010005	PEON		hh		10.0000	2.6667	16.66	44.43
								45.05
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	45.05	1.35
								1.35
Partida	02.02.01.02	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (A=4.60 Y H=2.90)						
Rendimientb	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.0000		Costo unitario directo por : m3	55.67	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	0.0320	23.15	0.74
0101010005	PEON		hh		10.0000	3.2000	16.66	53.31
								54.05
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	54.05	1.62
								1.62
Partida	02.02.01.03	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (A=4.60 Y H=3.50)						
Rendimientb	m3/DIA	20.0000	EQ.	20.0000		Costo unitario directo por : m3	69.60	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	0.0400	23.15	0.93
0101010005	PEON		hh		10.0000	4.0000	16.66	66.64
								67.57
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	67.57	2.03
								2.03
Partida	02.02.02.01	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE R=20 KM C/MAQUINARIA (A=3.60 Y H=2.25)						
Rendimientb	m3/DIA	280.0000	EQ.	280.0000		Costo unitario directo por : m3	45.95	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	0.0029	23.15	0.07
0101010005	PEON		hh		2.0000	0.0571	16.66	0.95
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh		8.0000	0.2286	20.12	4.60
								5.62
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	5.62	0.17
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 80-95 HP 1.5-1.75 yd3		hm		1.0000	0.0286	124.95	3.57
03012200040005	CAMION VOLQUETE DE 8 m3 (210-280 HP)		hm		7.0000	0.2000	182.94	36.59
								40.33
Partida	02.02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE R=20 KM C/MAQUINARIA (A=4.60 Y H=2.90)						



Rendimiento	m3/DIA	280.0000	EQ. 280.0000	Costo unitario directo por : m3		45.95	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0029	23.15	0.07
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0571	16.66	0.95
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	8.0000	0.2286	20.12	4.60
							5.62
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	5.62	0.17
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 80-95 HP 1.5-1.75 yd3		hm	1.0000	0.0286	124.95	3.57
03012200040005	CAMION VOLQUETE DE 8 m3 (210-280 HP)		hm	7.0000	0.2000	182.94	36.59
							40.33
Partida	02.02.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE R=20 KM C/MAQUINARIA (A=4.60 Y H=3.50)					
Rendimiento	m3/DIA	280.0000	EQ. 280.0000	Costo unitario directo por : m3		45.95	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0029	23.15	0.07
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0571	16.66	0.95
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	8.0000	0.2286	20.12	4.60
							5.62
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	5.62	0.17
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 80-95 HP 1.5-1.75 yd3		hm	1.0000	0.0286	124.95	3.57
03012200040005	CAMION VOLQUETE DE 8 m3 (210-280 HP)		hm	7.0000	0.2000	182.94	36.59
							40.33
Partida	02.03.01.01	CONCRETO CICLOPEO PARA SOLERA MEZCLA 1:12 + 30% P.M. (MENOR DE 12")					
Rendimiento	m3/DIA	30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m3		200.93	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.5333	22.96	12.24
0101010004	OFICIAL		hh	1.5000	0.4000	18.46	7.38
0101010005	PEON		hh	11.5000	3.0667	16.66	51.09
							70.71
	Materiales						
0201040001	PETROLEO D-2		gal		0.2286	12.20	2.79
0207010011	PIEDRA MEDIANA MENOR A 12"		m3		0.4765	55.00	26.21
0207030001	HORMIGON		m3		0.8563	42.00	35.96
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0860	5.00	0.43
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		2.5000	23.20	58.00
							123.39
	Equipos						
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO		hm	1.0000	0.2667	25.60	6.83
							6.83
Partida	02.03.01.02	CONCRETO CICLOPEO PARA PARED MEZCLA 1:12 + 30% P.M. (MENOR DE 6")					
Rendimiento	m3/DIA	30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m3		200.93	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.5333	22.96	12.24
0101010004	OFICIAL		hh	1.5000	0.4000	18.46	7.38
0101010005	PEON		hh	11.5000	3.0667	16.66	51.09
							70.71



		Materiales						
0201040001	PETROLEO D-2		gal		0.2286	12.20	2.79	
0207010012	PIEDRA MEDIANA MENOR A 6"		m3		0.4765	55.00	26.21	
0207030001	HORMIGON		m3		0.8563	42.00	35.96	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0860	5.00	0.43	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		2.5000	23.20	58.00	
							123.39	
		Equipos						
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO		hm	1.0000	0.2667	25.60	6.83	
							6.83	
Partida	02.03.02.01	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE PAREDES CANAL						
Rendimieb	m2/DIA	14.0000	EQ.	14.0000	Costo unitario directo por : m2		25.26	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.5714	22.96	13.12	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.5714	18.46	10.55	
							23.67	
		Materiales						
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		0.0750	5.50	0.41	
							0.41	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	23.67	1.18	
							1.18	



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

De los cálculos realizados en la investigación desarrollada, se llegó a los siguientes resultados:

- Punto de descarga “a5”

El drenaje pluvial del sector A culmina en el punto a5, el cual está ubicado en el lago Titicaca (a un costado de la carretera Panamericana Sur) a una cota de 3808.60 m.s.n.m., el cual se encargará de drenar un caudal de 0.5016 m³/s, y tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 101.462 min toda la escorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “b20 y b4”

El drenaje pluvial del sector B culmina en los puntos b20y b4’, los cuales están ubicados en el borde del rio Jayllihuaya, a una cota de 3808.90 y 3807.42 m.s.n.m respectivamente, los cuales se encargan de drenar los caudales de 3.852 m³/s y 1.186 m³/s, y tiene una tubería de 48 y 24 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 185.25 y 202.41 min, respectivamente toda la escorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “c9”

El drenaje pluvial del sector C culmina en el punto C9, el cual está ubicado en el borde del canal a una cota de 3809.00 m.s.n.m., el cual se encargada de drenar un caudal de 1.255 m³/s, y tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 131.91 min toda la escorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “d7”



El drenaje pluvial del sector D culmina en el punto d7, el cual está ubicado en el borde del canal a una cota de 3821.85 m.s.n.m., el cual se encargada de drenar un caudal de 1.701 m³/s, y tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 141.09 min toda la esorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “e3 y e3’

El drenaje pluvial del sector E culmina en los puntos e3 y b3’, los cuales están ubicados en el borde del rio Jayllihuaya, a una cota de 3844.50 y 3839.80 m.s.n.m respectivamente, los cuales se encargan de drenar los caudales de 0.0372 m³/s y 0.474 m³/s, y tienen una tubería de 24 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 143.93 y 102.18 min, respectivamente toda la esorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “f13”

El drenaje pluvial del sector E culmina en los puntos f13, el cual está ubicado en el borde del rio Jayllihuaya, a una cota de 3807.77 m.s.n.m., y se encarga de drenar el caudal de 7.584 m³/s, y tienen una tubería de 48 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 111.76 min, toda la esorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “g5”

El drenaje pluvial del sector F culmina en el punto g5, el cual está ubicado en el borde del rio Jayllihuaya, a una cota de 3813.00 m.s.n.m., el cual se encargada de drenar un caudal de 2.306 m³/s, y tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 145.59 min toda la esorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “h14”



El drenaje pluvial del sector H culmina en el punto h18, el cual está ubicado en el borde del río Jayllihuaya, a una cota de 3820.05 m.s.n.m, el cual se encargada de drenar un caudal de 3.805 m³/s, y tiene una tubería de 48 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 157.85 min toda la esorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

- Punto de descarga “i4 y i5”

El drenaje pluvial del sector I culmina en los puntos i5 y i5', los cuales están ubicados en el borde del río Jayllihuaya, a una cota de 3826.80 m.s.n.m. y 3821.31 m.s.n.m., los cuales se encargan de drenar los caudales de 0.939 m³/s y 0.464 m³/s, y tiene una tubería de 36 y 18 pulgadas de diámetro, el cual podrá drenar en un tiempo total de 118.51 y 109.26 min, respectivamente toda la esorrentía pluvial que genera una precipitación en dicho sector.

4.2. DISCUSIÓN

- El sistema sostenible sectorizado de drenaje pluvial urbano para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno es viable porque va a generar puestos de empleo, mejorar la calidad de vida de las habitantes.
- El sistema sostenible sectorizado de drenaje pluvial urbano para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad de Puno es sostenible debido porque el diseño está orientado a ser por gravedad lo cual no genera el consumo de combustibles o maquinaria para su funcionamiento.



V. CONCLUSIONES

- En la ciudad de Puno se tiene descuidada la recopilación de datos meteorológicos, esto resalta en la carencia de información completa acumulada durante años posteriores, el SENAMHI solo brinda 10 años de datos, debido a este abandono en la recolección de información es por lo que se tiene que usar métodos numéricos de regresión potencial para determinar las curvas IDF ya que la ciudad de Puno no cuenta con una estación pluviográfica por lo tanto solo se trabajó con datos pluviométricos.
- El centro poblado de Salcedo carece de planificación de desarrollo urbano, por lo cual presenta problemas de evacuación de aguas pluviales, debido a que las pendientes longitudinales y transversales de las vías no cumplen con una evacuación eficaz. A su vez en el centro poblado de Jayllihuaya también sufrió una repentina explosión demográfica por lo cual se generó una mala planificación de desarrollo urbano, generando problemas de drenaje pluvial. Por lo cual se dividió en 5 y 4 sectores respetivamente para una mejor gestión de recursos pluviales de la zona.
- Mediante la implementación del diseño de drenaje pluvial sostenible y obras de infiltración se conseguirá una mejor evacuación de las aguas pluviales, logrando que estas últimas se evacuen en menor tiempo, mejorando así la calidad de vida de los pobladores de dichos centros poblados.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el apoyo académico y económico de las instituciones para mejorar los estudios hidrológicos a nivel de la ciudad de Puno. Ya que estos incentivan a la investigación y desarrollo del área mencionada.
- Se recomienda que se implemente más estaciones meteorológicas que cuenten con un pluviógrafo para tener una mejor administración de datos, ya que estos son necesarios para estudios de mayor envergadura y así poder realizar un diseño de drenaje pluvial para toda la ciudad de Puno.
- Se recomienda que las autoridades presten más atención y control al drenaje pluvial ya que este afecta a la calidad de vida de los ciudadanos. A demás las aguas provenientes de las precipitaciones es una de las fuentes de abastecimiento del lago Titicaca.
- Se recomienda concientizar a la población en el mantenimiento de sus obras de drenaje pluvial sectorizado existentes tales como canales de derivación, para evitar el colapso y obstrucción por materiales diversos.
- Se recomienda el mantenimiento de las estaciones meteorológicas existente en la Universidad Nacional del Altiplano para las investigaciones que impliquen este campo de estudio, lo cual servirá para posteriores investigaciones.



VII. REFERENCIAS

- Aguilar Barajas, I., Mahlknecht, J., Kaledin, J., Kjellén, M., & Mejía Betancourt, A. (2015). *Agua y ciudades en america latina*.
- Aparicio, F. (1997). *Fundamentos de hidrologia de superficie*. Balderas: Ed. Limusa.
- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Revista Ecosistemas*. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/614>
- Boada, M., & Toledo, V. (2003). El planeta nuestro cuerpo. La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad. Ciencia para todos 194. *Fondo de Cultura Económica*.
- CAF. (2013). Equidad e inclusion social en America Latina: acceso universal al agua y saneamiento. Caracas. *canalonline06.php*. (s.f.). Obtenido de <http://ponce.sdsu.edu/canalenlinea06.php>
- Castro Fresco, D. (s.f.). Drenaje urbano superficial de aguas. 20-21.
- Cuti Merma, K. A. (2018). *Drenaje pluvial urbano en la localidad de Espinar, provincia de Espinar*. Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5759>
- Gálvez Alvarez , H. A. (2004). *Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3990/1/Hugo%20Alejandro%20Galvez%20Alvarez.pdf>
- García Hernández, Y. C., Montoya López, N. J., & Rodríguez Hernández, D. I. (2013). *Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de La Concepción-Masaya*. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni/5008/>
- Lima Apaza, M., & Quispe Chipa, L. (2018). *Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de Alto Libertad*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5784>
- López Ricalde, C. D., López-Hernández, E. S., & Ancona Peniche, I. (Mayo-Agosto de 2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4(2), 7.
- Marie Mokate, K. (2001). Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir? *Inter-American Development Bank*, 40-48.
- Martínez Candelo, G. (2013). *Sistemas urbanos de drenaje sostenible "SUDS" como alternativa de control y regulación de las aguas lluvias en la ciudad de Palmira*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11075/INFORME%20FINAL%20SUDS-GEINNER%20MARTINEZ%20C-23%2001%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales Cabello , L. M. (2014). *Estructuras de drenaje sustentable para elaborar proyectos de drenaje pluvial urbano - aplico al Barrio de Sumbe - Angola*. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14838>



Norma OS. 060. (2006). Drenaje pluvial urbano.

Palomino Orizano, J. A., Peña Corahua, J. D., Zevallos Ypanaqué, G., & Orizano Quedo, L. A. (2015). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.

Perales Momparler, S., Andrés Domenech, I., & Fernández Escalante, A. E. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la hidrología urbana. Obtenido de <https://www.adta.es/actuaciones/agua/2011%2006%2015%20SistemasUrbanosDrenajeSostenible.pdf>

Presidencia de la Nación. (2003). Manual para el diseño de planes maestros para la mejora de la infraestructura y la gestión del drenaje urbano.

Sardón Meneses, E. (2016). *Percepción en las organizaciones vecinales de la ciudad de Juliaca sobre la sostenibilidad del sistema de drenaje de aguas pluviales*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6603/EPG959-00959-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vásquez Berrios, R. M. (2016). Diseño del sistema de alcantarillado pluvial urbano para la urbanización nueva de abril y sector Los Jardines, distrito de Tarapoto, provincia y región de San Martín. Obtenido de http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2436/T034_47833405_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villón Bejar , M. (2002). *Hidrología*. Lima: Villón.



ANEXOS

ANEXO A

Panel fotográfico



Fotografía N° 1: Preparación para el ensayo de infiltración



Fotografía N° 2: Delimitación del Primer ensayo.



Fotografía N° 3: Puesta del elemento de medida para el ensayo de infiltración.



Fotografía N° 4: Incorporación de agua para medir la infiltración.



Fotografía N° 5: Proceso de infiltración.



Fotografía N° 6: Prueba de infiltracion a 140 mm.



Fotografía N° 7: Finalización del ensayo.



Fotografía N° 8: Area mojada por infiltración.



Fotografía N° 9: Inspección de canal.



Fotografía N° 10: Residuos solidos en el canal.



Fotografía N° 11: Toma de medidas del canal.



Fotografía N° 12: Estado del canal.



Fotografía N° 13: Vida acuatica en el canal.



Fotografía N° 14: Abandono del canal.



Fotografía N° 15: Medición de canal de tierra.



Fotografía N° 16: Cambio de sección de canal.



Fotografía N° 17: Paso peatonal rústico en pantano.



Fotografía N° 18: Contaminación debido a escombros de construcción.



Fotografía N° 19: Pantano contaminado con basura.



Fotografía N° 20: Magnitud del pantano contaminado.



Fotografía N° 21: Entrada a vivienda afectada por el pantano a 2 cuadras de la plaza de armas de Salcedo.



Fotografía N° 22: Segundo ensayo de infiltración.



Fotografía N° 23: Área mojada debido a la infiltración.



ANEXO B

PRESUPUESTO SENAMHI



ANEXO C

PLANOS