



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE
AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO
DE CUSCO”**

Presentado por:

**CORRALES CORRALES, JHONATAN
ALAPAEC**

**Para optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil**

Asesor:

ING. LUNA LOAYZA, CARLOS.

CUSCO – PERÙ

2018



DEDICATORIA

Esta tesis dedico a Dios, quien supo levantarme de momentos difíciles, darme fuerzas para seguir adelante, fortalecer mi corazón y brindarme la oportunidad de la vida para lograr convertirme en un ser humano de bien.

A mí querida familia, Julián Corrales Ochoa (QEPD), Cinforosa Rocca Mejía (QEPD), Ginma Alvares, Carlo Corrales, Lucha Corrales, Néstor, Marco, Gabriela, Carlo y Ana Paula por todo su amor, paciencia, apoyo, comprensión, inspiración, motivación, enseñanzas y los momentos de felicidad que hemos compartido juntos.

**A todos ustedes gracias;
Alapaec Corrales.**

“Nunca darse por vencido, Nunca aparentar, Nunca mantenerse inmóvil, Nunca aferrarse al pasado, Nunca dejar de soñar”.

Los 5 nuncas de Steve Jobs.



AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Máter.

Universidad Andina del Cusco – Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Escuela Profesional de Ingeniería Civil; por la contribución dada a mi formación profesional.

A mi Asesor.

Al Ing. Carlos Luna Loayza, por la orientación, conocimientos, estímulo, paciencia, apoyo y amistad brindados para concluir esta meta tan importante.

A mis Maestros.

Ing. Víctor Chacón Sánchez, Ing. Henry Enciso Boluarte (QEPD), Ing. Edson Salas Fortón, Ing. Milton Merino Yépez, por su invaluable apoyo, estímulo, amistad y recomendaciones para enriquecer esta investigación.

A mi Familia.

Por toda la comprensión, amor, paciencia, apoyo, inspiración, motivación, enseñanzas y a todos aquellos que tal vez no están aquí pero que de una u otra manera contribuyeron en mi formación como persona.

A mis Amigos.

A Faryde Abuhadba, por darme la motivación, confianza, aliento, apoyo y gran amistad.

A Angela Vasquez, por su apoyo, consejos, orientaciones, amistad y aliento para terminar lo que empecé.

A todos mis amigos por haber compartido buenos momentos a lo largo de nuestra formación profesional y las experiencias inolvidables.

RESUMEN

La presente tesis tiene como propósito la evaluación del sistema de alcantarillado existente en el sector de San Blas distrito y provincia del Cusco; teniendo como problema la deficiente evacuación de aguas pluviales en épocas de lluvia para el cual se genera una propuesta de diseño adecuado y más eficiente. La metodología empleada en su realización ha sido Hipotético Deductivo, con enfoque de investigación Cuantitativo, con nivel de investigación Descriptiva y con diseño de investigación No Experimental de tipo Transversal.

Como instrumentos de recolección de datos se utilizó: encuestas, ficha de recolección de datos topográficos, meteorológicos e inventario hidráulico; como instrumentos de ingeniería de utilizo los softwares: AutoCAD, Civil 3D, CYPE-Alcantarillado, HEC-RAS y HCanales; y también se utilizó instrumentos de campo para la recopilación de datos in situ.

Se evaluó el sistema existente obteniendo: el Inventario Hidráulico (según el estado de servicio y estado de colmatación de todos los elementos hidráulicos); el Tiempo de Concentración por el método Kirpich (mediante la comparación de los métodos: Kirpich, SCS y Federal Aviation Administration), el Coeficiente de Escorrentía (valor de 0.90), la Intensidad Pluviométrica de Diseño por el método Tormentas de Máximas Intensidades (mediante la comparación de los métodos: Gumbel, Log Pearson Tipo III, IILA y el Registro de Tormentas de Máximas Intensidades), el Caudal de Diseño por el método Racional (mediante la comparación de los métodos: Racional, Mac Math y Burkli-Ziegler), el modelamiento del colector principal con el software HEC-RAS (donde 13 de 23 secciones transversales presentan inundación para el periodo de retorno de 25 años) y el modelamiento de la red de alcantarillado con el software CYPE-Alcantarillado (donde el 95% del total de la red presenta falla por calado máximo). Posteriormente se comparó el caudal que soporta los 26 tramos red de alcantarillado existente con el caudal de diseño, obteniendo que todos los tramos colapsarían en evacuar las aguas pluviales por lo que se generó una propuesta de diseño óptimo para la mejor evacuación de aguas pluviales (reemplazo de tuberías en 18 tramos = 2.90 km) y propuesta de 16 sumideros nuevos.

Se concluye de la investigación que el sistema existente presenta una deficiencia del 80.98% e inclusive sobrepasa a la expectativa planteada del 30% en la hipótesis general con respecto a la capacidad de evacuación de aguas pluviales en el sector de San Blas, distrito y provincia del Cusco.

Palabras clave: intensidad pluvial, coeficiente de escorrentía, caudal de diseño, modelamiento hidráulico.

**ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to evaluate the existing sewerage system in the San Blas district and province of Cusco; having as a problem the deficient evacuation of rainwater in times of rain for which an adequate and more efficient design proposal is generated. The methodology used in its implementation has been Hypothetical Deductive, with a quantitative research approach, with a level of descriptive research and with a non-experimental research design of a transversal type.

As data collection instruments, we used: surveys, topographic, meteorological and hydraulic inventory data collection form; as engineering tools I use software: AutoCAD, Civil 3D, CYPE-Sewer, HEC-RAS and HCanales; and field instruments were also used for on-site data collection.

The existing system was evaluated obtaining: the Hydraulic Inventory (according to the state of service and state of clogging of all the hydraulic elements); the Concentration Time by the Kirpich method (by means of the comparison of the methods: Kirpich, SCS and Federal Aviation Administration), the Coefficient of Runoff (value of 0.90), the Pluviometric Intensity of Design by the Storms of Maximum Intensities method (by means of the Comparison of the methods: Gumbel, Log Pearson Type III, IILA and the Record of Storms of Maximum Intensities), the Design Flow by the Rational method (by comparing the methods: Rational, Mac Math and Burkli-Ziegler), the Modeling of the main collector with the HEC-RAS software (where 13 of 23 cross sections have flood for the return period of 25 years) and the modeling of the sewerage network with the CYPE-Sewerage software (where 95% of the total the network presents a fault due to maximum draft). Subsequently, the flow that supports the 26 sections of the existing sewerage network was compared with the design flow, obtaining that all the sections would collapse in evacuating the rainwater, which generated an optimal design proposal for the better evacuation of rainwater (replacement of pipes in 18 sections = 2.90 km) and proposal of 16 new sinks.

It is concluded from the research that the existing system presents a deficiency of 80.98% and even exceeds the expected 30% in the general hypothesis with respect to the capacity of rainwater evacuation in the San Blas sector, district and province of the Cusco

Keywords: rainfall intensity, runoff coefficient, design flow, hydraulic modeling.

INTRODUCCIÓN

Conforme el planeta se calienta por el aumento irrestricto de las emisiones de gases de efecto invernadero, se espera como consecuencias el derretimiento de glaciares, el aumento de las precipitaciones y de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos, y modificaciones en las estaciones del clima. Este cambio climático está en relación directa con el Fenómeno del Niño y sumado a que el departamento del Cusco está considerado dentro de la zona de vulnerabilidad de nuestro país, esto se traduce al incremento de precipitaciones pluviales, huaycos, aluviones e inundaciones, lo que ocasiona impactos negativos que frenan el desarrollo del país.

En el Perú se da la autoconstrucción sin contar con una planificación urbanística, el cual genera problemáticas sociales como el incumplimiento de las normas de construcción, crecimiento no controlado, incremento de densidad poblacional y la construcción de viviendas sin criterios técnicos. El Incremento de la urbanización impulsado por el crecimiento de la densidad poblacional conlleva el aumento de la cantidad de escurrimiento superficial impidiendo la infiltración de las precipitaciones pluviales ocasionando impactos negativos.

El área de estudio es en el barrio de San Blas considerado como Barrio Tradicional perteneciente al Centro Histórico de la ciudad del Cusco, como tal repercute en la promoción y desarrollo turístico de la ciudad y su conservación es de necesidad.

Los efectos combinados del ritmo acelerado de cambio climático, junto con el aumento de la población y de malas prácticas en el aprovechamiento urbanístico, conllevan a desarrollar el presente trabajo de investigación que pretende evaluar el estado actual de las redes hidráulicas de la Zona de San Blas; en base a los datos recolectados se realiza un procesamiento con modelos matemáticos y métodos de la Ingeniería Hidráulica vigentes para proponer un modelo hidráulico óptimo; que en conclusión se realiza la propuesta de un nuevo diseño, más eficiente para la evacuación de aguas pluviales a su corriente natural, permitiendo reducir el impacto desfavorable en épocas de lluvia, daños en las infraestructuras y solucionando problemática social del colapso del sistema de evacuación pluvial actual.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA..... 2
AGRADECIMIENTOS 3
RESUMEN..... 4
ABSTRACT 5
INTRODUCCIÓN..... 6
CAPITULO I: Planteamiento del Problema..... 24
1.1. Identificación del Problema..... 24
1.1.1. Descripción del Problema 24
1.1.2. Formulación interrogativa del problema 30
1.2. Justificación e Importancia de la investigación 30
1.2.1. Justificación Técnica 30
1.2.2. Justificación Social 31
1.2.3. Justificación por Viabilidad..... 31
1.2.4. Justificación por Relevancia 31
1.3. Limitaciones de la Investigación 31
1.4. Objetivos 32
1.4.1. Objetivo general 32
1.4.2. Objetivos específicos..... 32
CAPITULO II: Marco Teórico de la Tesis..... 34
2.1. Antecedentes de la Tesis..... 34
2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional 34
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional 36
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes 39
2.2.1. Sistema de Alcantarillado 39
2.2.2. Evacuación Pluvial 47
2.2.2.1. Distribución del Agua en la Naturaleza..... 47
2.2.2.2. Ciclo Hidrológico..... 47
2.2.2.3. Hidrología..... 49
2.2.2.3.1. Importancia de la Hidrología 49
2.2.2.3.2. Cuenca Hidrográfica 49
2.2.2.4. Aguas Pluviales 52
2.2.2.5. Estudio de la Tormenta..... 56



PERSONAL ESTADÍSTICO EN EL SECTOR URBANO DEL DISTRITO DE CUSCO

2.2.2.6.	Cálculo del coeficiente de escurrentía	60
2.2.2.7.	Método Racional.....	62
2.2.2.8.	Método Burkli Ziegler.....	63
2.2.2.9.	Método de Mac Math	64
2.2.3.	Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano	85
2.2.4.	Descripción del Sector San Blas	93
2.3.	Hipótesis	105
2.3.1.	Hipótesis General	105
2.3.2.	Sub-Hipótesis	105
2.4.	Definición de Variables	106
2.4.1.	Variables Independientes.....	106
2.4.1.1.	Indicadores de Variables Independientes	106
2.4.2.	Variables Dependientes.....	107
2.4.2.1.	Indicadores de Variables Dependientes.....	107
2.4.3.	Cuadro de Operacionalización de Variables.....	108
CAPITULO III: Metodología		109
3.1.	Metodología de la investigación	109
3.1.1.	Enfoque de la investigación.....	109
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación	109
3.1.3.	Método de la investigación	110
3.2.	Diseño de la investigación	110
3.2.1.	Diseño metodológico	110
3.2.2.	Diseño de ingeniería	111
3.3.	Población y muestra.....	112
3.3.1.	Población.....	112
3.3.1.1.	Descripción de la población.....	112
3.3.1.2.	Cuantificación de la población	113
3.3.2.	Muestra	113
3.3.2.1.	Descripción de la muestra	113
3.3.2.2.	Cuantificación de la muestra.....	114
3.3.2.3.	Método de muestreo	114
3.3.2.4.	Criterios de evaluación de la muestra	114
3.3.3.	Criterios de inclusión	114
3.4.	Instrumentos.....	114



3.4.1. Instrumentos de recolección de datos 114

3.4.1.1. Encuestas..... 115

3.4.1.2. Ficha de recolección de datos Topográficos 116

3.4.1.3. Ficha de recolección de datos Meteorológicos 117

3.4.1.4. Ficha de recolección de Inventario Hidráulico..... 118

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería 119

3.4.2.1. Programas para el procesamiento de datos..... 119

3.4.2.1.1. Software AUTOCAD - Versión 2019 119

3.4.2.1.2. Software CIVIL 3D 2019 - Versión 2019..... 119

3.4.2.1.3. Software CYPE - Alcantarillado - Versión 2016 120

3.4.2.1.4. Software HEC-RAS - Versión 5.0.5..... 121

3.4.2.1.5. Software HCANALES - Versión 3.0 122

3.4.2.1.6. Software HIDROESTA - Versión 1.0..... 122

3.4.2.1.7. Software Microsoft Office - Versión 2016 123

3.4.2.2. Instrumentos de Recopilación de datos en campo..... 123

3.5. Procedimientos de recolección de datos..... 125

3.5.1. Recopilación de datos mediante encuestas 125

3.5.2. Reconocimiento de la zona de Estudio 126

3.5.3. Recopilación de datos Topográficos y Altimétricos 127

3.5.4. Verificación de elementos hidráulicos..... 128

3.5.5. Recolección de Planos de Catastro Técnico de Agua y Alcantarillado 132

3.5.6. Recopilación de los registros de precipitaciones pluviales 133

3.5.7. Recopilación del registro de Tormentas de Máximas Intensidades 137

3.6. Procedimientos de Análisis de datos 138

3.6.1. Análisis de la información de las encuestas..... 138

3.6.2. Análisis de las condiciones actuales de los elementos hidráulicos e inventario 139

3.6.2.1. Análisis del resumen de los sumideros peatonales..... 145

3.6.2.2. Análisis del resumen de los sumideros vehiculares 146

3.6.2.3. Análisis del resumen de las tapas de inspección 147

3.6.2.4. Análisis del resumen de los canales pluviales 148

3.6.2.5. Análisis del resumen de las cámaras rompe presión 149

3.6.3. Cálculo del caudal de escorrentía originado por lluvias 149

3.6.3.1. Cálculo de las áreas de influencia y puntos de interés para la zona de estudio 149

3.6.3.2. Determinación del tiempo de concentración 155



PERSONAS QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACION DEL TITULO DE TESIS

3.6.3.3.	Determinación de la intensidad de precipitación por zonas	157
3.6.3.3.1.	Método Gumbel.....	159
3.6.3.3.2.	Método Log Pearson III	172
3.6.3.3.3.	Método IIIA	184
3.6.3.3.4.	Análisis del registro de tormentas de máximas intensidades	198
3.6.3.4.	Determinación del caudal generado por la precipitación en la zona de estudio.....	201
3.6.3.4.1.	Determinación del coeficiente de escorrentía	201
3.6.3.4.2.	Determinación de la intensidad de diseño	206
3.6.3.4.3.	Determinación del caudal por el método Racional.....	210
3.6.3.4.4.	Determinación del caudal por el Mac Math.....	210
3.6.3.4.5.	Determinación del caudal por el Burkli-Ziegler.....	211
3.6.4.	Evaluación del sistema de alcantarillado pluvial existente y sus aportantes.....	211
3.6.4.1.	Evaluación del Colector A – Zona 1	214
3.6.4.2.	Evaluación del Colector B – Zona 2	214
3.6.4.3.	Evaluación del Colector C – Zona 3.....	215
3.6.4.4.	Evaluación del Colector D – Zona 4.....	216
3.6.4.5.	Evaluación del Colector E – Zona 5	217
3.6.4.6.	Evaluación del Colector F – Zona 6	218
3.6.4.7.	Evaluación del Colector G – Zona 7.....	218
3.6.4.8.	Evaluación del Colector Principal.....	218
3.6.5.	Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado pluvial	219
3.6.5.1.	Diseño del Colector A- Zona 1 calculo	223
3.6.5.2.	Diseño del Colector B- Zona 2.....	223
3.6.5.3.	Diseño del Colector C- Zona 3.....	224
3.6.5.4.	Diseño del Colector D- Zona 4.....	225
3.6.5.5.	Diseño del Colector E- Zona 5.....	226
3.6.5.6.	Diseño del Colector F- Zona 6	227
3.6.5.7.	Diseño del Colector G- Zona 7	227
3.6.5.8.	Diseño del Colector Principal.....	227
3.6.5.9.	Diseño de sumideros	228
3.6.6.	Simulación del sistema de alcantarillado pluvial	243
3.6.6.1.	Simulación con el software HEC-RAS 5.0.5.....	243
3.6.6.2.	Simulación con el software CYPE 2016-ALCANTARILLADO	247
CAPITULO IV: Resultados		252



4.1. Análisis de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado pluvial de San Blas... 252

4.1.1. Análisis de la información de las encuestas..... 252

4.1.2. Análisis de los elementos hidráulicos 258

4.1.2.1. Análisis del resumen de los sumideros peatonales..... 258

4.1.2.2. Análisis del resumen de los sumideros vehiculares 259

4.1.2.3. Análisis del resumen de las tapas de inspección 261

4.1.2.4. Análisis del resumen de los canales pluviales 261

4.1.2.5. Análisis del resumen de las cámaras rompe presión 263

4.1.3. Análisis del coeficiente de escorrentía..... 265

4.2. Intensidad pluviométrica de diseño 266

4.3. Caudal Máximo de diseño 267

4.4. Análisis del sistema de alcantarillado pluvial existente 268

4.4.1. Análisis de la capacidad hidráulica del sistema existente con la propuesta de diseño 268

4.4.1.1. Análisis de la capacidad hidráulica de los tramos del sistema existente con la propuesta de diseño..... 269

4.4.1.2. Análisis de la capacidad hidráulica del canal principal del sistema existente con la propuesta de diseño..... 271

4.4.1.3. Evaluación del grado de eficiencia para la evacuación de aguas pluviales..... 273

4.4.2. Resultados obtenidos de la simulación del sistema de alcantarillado pluvial..... 275

4.4.2.1. Resultados con el software HEC-RAS 5.0.5 275

4.4.2.2. Resultados con el software CYPE 2016-ALCANTARILLADO..... 280

4.5. Obras propuestas para el sistema de alcantarillado pluvial del sector de San Blas..... 282

4.5.1. Propuesta de diseño de tuberías..... 282

4.5.2. Propuesta de diseño de sumideros. 283

CAPITULO V: Discusión 284

Glosario 287

Conclusiones 289

Recomendaciones 292

Referencias 294

Anexos: 297

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.....	58
Tabla 2. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.....	58
Tabla 3. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.....	59
Tabla 4. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $la = 0.2s$).....	59
Tabla 5. Coeficiente de Escorrentía Promedio Para Áreas Urbanas según Manual de Carreteras.....	60
Tabla 6. Coeficiente de Escorrentía según Aparicio Mijares, Francisco.....	61
Tabla 7. Valores para el coeficiente “C” para la fórmula de Burkli-Ziegler.....	64
Tabla 8. Factor de Escorrentía de la fórmula de Mac Math.....	65
Tabla 9. Subdivisión del territorio en zonas y sub zonas pluviométricas y valores de los parámetros K_g y ε_g que definen la distribución de probabilidades de hg en cada punto.....	70
Tabla 10. Valores de los parámetros a y n que junto con K, definen las curvas de probabilidad Pluviométrica en cada punto de las sub zonas.....	71
Tabla 11. Valor inicial del Umbral de escorrentía P_o (mm).....	73
Tabla 12. Modelo de Tabla para determinar P_n	74
Tabla 13. Valores de Rugosidad “N” de Manning.....	80
Tabla 14. Valores de “N” dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Ganguillet-Kutter y de Manning.....	84
Tabla 15. Velocidad Máxima para tuberías de Alcantarillado.....	92
Tabla 16. Inventario de servicios del barrio tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.....	101
Tabla 17. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	108
Tabla 18. Registro de las precipitaciones pluviales máximas mensuales de la Estación Mete. Luis Olazo Olivera.....	135
Tabla 19. Registro de las precipitaciones pluviales máximas mensuales de la Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP-Granja Kayra.....	136
Tabla 20. Registro Tormentas de Máximas Intensidades de la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera.....	137
Tabla 21. Resumen de lugares encuestados en el sector de San Blas.....	139
Tabla 22. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 1.....	141
Tabla 23. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 4.....	142
Tabla 24. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 18.....	143
Tabla 25. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 24.....	144
Tabla 26. Resumen de Sumideros Peatonales.....	145
Tabla 27. Resumen de Sumideros Vehiculares.....	146
Tabla 28. Resumen de Tapas de Inspección.....	147
Tabla 29. Resumen de Canales Pluviales.....	148
Tabla 30. Resumen de Cámaras de Rompe Presión.....	149
Tabla 31. Características de las 7 zonas.....	151
Tabla 32. Cálculo de la pendiente de la Zona 01.....	151
Tabla 33. Cálculo de la pendiente de la Zona 02.....	152
Tabla 34. Cálculo de la pendiente de la Zona 03.....	153
Tabla 35. Cálculo de la pendiente de la Zona 06.....	153
Tabla 36. Cálculo de la pendiente de la Zona 04.....	154



Tabla 37. Cálculo de la pendiente de la Zona 07..... 154

Tabla 38. Calculo de la pendiente de la Zona 07..... 155

Tabla 39. Pendientes de las 7 zonas..... 156

Tabla 40. Tiempo de Concentración de las 7 zonas. 156

Tabla 41. Comparación de Estaciones Meteorológicas..... 158

Tabla 42. Distribución de las Precipitaciones Máximas - Gumbel..... 159

Tabla 43. Variables Probabilísticas - Gumbel. 160

Tabla 44. Precipitaciones Diarias Máximas para Distintas Frecuencias – Gumbel. 160

Tabla 45. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas. 161

Tabla 46. Precipitaciones Máximas para diferentes Tiempos de Duración de Lluvias- Gumbel..... 161

Tabla 47. Intensidad de lluvia según el Periodo de Retorno- Gumbel..... 161

Tabla 48. Regresión IDF –Periodo de retorno para 2 años – Gumbel..... 163

Tabla 49. Regresión IDF –Periodo de retorno para 5 años – Gumbel..... 164

Tabla 50. Regresión IDF –Periodo de retorno para 10 años – Gumbel..... 165

Tabla 51. Regresión IDF –Periodo de retorno para 25 años - Gumbel..... 166

Tabla 52. Regresión IDF –Periodo de retorno para 50 años – Gumbel..... 167

Tabla 53. Regresión IDF –Periodo de retorno para 100 años – Gumbel..... 168

Tabla 54. Regresión IDF –Periodo de retorno para 500 años – Gumbel..... 169

Tabla 55. Resumen de las Regresiones Potenciales- Gumbel..... 170

Tabla 56. Regresión Potencial con parámetros de ajuste- Gumbel..... 170

Tabla 57. Intensidades para Diferentes tiempos de duración – Gumbel..... 171

Tabla 58. Distribución de las Precipitaciones Máximas – Log Pearson Tipo III. 172

Tabla 59. Variables Probabilísticas - Log Pearson Tipo III. 173

Tabla 60. Coeficientes de Foster –Rybkin. 174

Tabla 61. Interpolación de los Coeficientes de Asimetría. 174

Tabla 62. Precipitaciones Diarias Máximas para Distintas Frecuencias - Log Pearson Tipo III. 174

Tabla 63. Precipitaciones Máximas para diferentes Tiempos de Duración de Lluvias- Log Pearson Tipo III..... 175

Tabla 64. Intensidad de lluvia según el Periodo de Retorno- Log Pearson Tipo III. 175

Tabla 65. Regresión IDF –Periodo de retorno para 2 años – Log Pearson Tipo III. 176

Tabla 66. Regresión IDF –Periodo de retorno para 5 años – Log Pearson Tipo III. 177

Tabla 67. Regresión IDF –Periodo de retorno para 10 años – Log Pearson Tipo III. 178

Tabla 68. Regresión IDF –Periodo de retorno para 25 años - Log Pearson Tipo III. 179

Tabla 69. Regresión IDF –Periodo de retorno para 50 años – Log Pearson Tipo III. 180

Tabla 70. Regresión IDF –Periodo de retorno para 100 años – Log Pearson Tipo III. 181

Tabla 71. Resumen de las Regresiones Potenciales- Log Pearson Tipo III. 182

Tabla 72. Regresión Potencial con parámetros de ajuste- Log Pearson Tipo III. 182

Tabla 73. Intensidades para Diferentes tiempos de duración – Log Pearson Tipo III. 183

Tabla 74. Parámetros de la zona de estudio –IILA. 185

Tabla 75. Intensidad y Precipitación para distintos periodos de retorno – IILA. 185

Tabla 76. Precipitaciones Diarias Máximas para Distintas Frecuencias – IILA. 186

Tabla 77. Intensidades para Diferentes periodos de retorno –IILA. 187

Tabla 78. Precipitaciones Máximas para diferentes Tiempos de Duración de Lluvias– IILA..... 187

Tabla 79. Intensidad de lluvia según el Periodo de Retorno– IILA..... 188

Tabla 80. Regresión IDF –Periodo de retorno para 2 años– IILA..... 188



Tabla 81. Regresión IDF –Periodo de retorno para 5 años– IILA..... 189

Tabla 82. Regresión IDF –Periodo de retorno para 10 años– IILA..... 190

Tabla 83. Regresión IDF –Periodo de retorno para 25 años– IILA..... 191

Tabla 84. Regresión IDF –Periodo de retorno para 50 años– IILA..... 192

Tabla 85. Regresión IDF –Periodo de retorno para 100 años– IILA..... 193

Tabla 86. Regresión IDF –Periodo de retorno para 500 años– IILA..... 194

Tabla 87. Resumen de las Regresiones Potenciales– IILA. 194

Tabla 88. Regresión Potencial con parámetros de ajuste– IILA. 195

Tabla 89. Intensidades para Diferentes tiempos de duración– IILA. 196

Tabla 90. Precipitaciones para el periodo de 25 años – IILA..... 197

Tabla 91. Tabulación de las Intensidades del registro de tormentas..... 199

Tabla 92. Tabulación de las Precipitaciones del registro de tormentas..... 200

Tabla 93. Resumen de las Intensidades y Precipitaciones del Registro de Tormentas..... 200

Tabla 94. Coeficientes de Escorrentía para el sector San Blas. 202

Tabla 95. Comparación de las precipitaciones de los métodos pro balísticos..... 206

Tabla 96. Cálculo de la probabilidad empírica. 207

Tabla 97. Interpolación de las intensidades máximas del registro de tormentas 209

Tabla 98. Comparación de Intensidades para un periodo de 25 años de retorno..... 209

Tabla 99. Cálculo del caudal por el Método Racional. 210

Tabla 100. Cálculo del caudal por el Método Mac Math. 210

Tabla 101. Cálculo del caudal por el Método Burkli-Ziegler. 211

Tabla 102. Resumen de la evaluación del sistema de alcantarillado pluvial de San Blas. 213

Tabla 103. Resumen de la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado pluvial de San Blas.... 222

Tabla 104. Características Hidráulicas de los sumideros vehiculares. 229

Tabla 105. Características Hidráulicas de los sumideros peatonales..... 230

Tabla 106. Tiempo de concentración de sumideros vehiculares. 231

Tabla 107. Tiempo de concentración de sumideros peatonales. 232

Tabla 108. Cálculo del caudal de sumideros vehiculares. 233

Tabla 109. Cálculo del caudal de sumideros peatonales. 234

Tabla 110. Cálculo del tirante sobre el umbral de sumideros vehiculares. 235

Tabla 111. Cálculo del tirante sobre el umbral de sumideros peatonales..... 236

Tabla 112. Cálculo del área efectiva de sumideros vehiculares..... 237

Tabla 113. Cálculo del área efectiva de sumideros peatonales. 238

Tabla 114. Cálculo del número de espaciamiento y barras de sumideros vehiculares. 239

Tabla 115. Calculo del número de espaciamiento y barras de sumideros peatonales..... 240

Tabla 116. Dimensiones finales de sumideros vehiculares..... 241

Tabla 117. Dimensiones finales de sumideros peatonales. 242

Tabla 118. Existencia de problemas en las redes de alcantarillado..... 252

Tabla 119. Periodos del año con problemas de alcantarillado. 252

Tabla 120. Problemas en épocas de lluvia. 253

Tabla 121. Problemas adicionales en épocas de lluvia. 254

Tabla 122. Posible causa de la problemática. 255

Tabla 123. Vivienda afectada en épocas de lluvia..... 256

Tabla 124. Existencia de colector particular para aguas pluviales..... 256

Tabla 125. Lugar de vertiente de agua de lluvia. 257



Tabla 126. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para sumideros peatonales. 258

Tabla 127. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para sumideros peatonales. 258

Tabla 128. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para sumideros vehiculares. 259

Tabla 129. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para sumideros vehiculares. . 260

Tabla 130. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para las tapas de inspección. 261

Tabla 131. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para los canales pluviales. 261

Tabla 132. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para los canales pluviales. 262

Tabla 133. Resumen de la evaluación según el estado de servicio las cámaras rompe- presión. 263

Tabla 134. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para las cámaras rompe presión.
..... 264

Tabla 135. Coeficiente de escorrentía de la cuenca de San Blas 265

Tabla 136. Comparación de los caudales según los métodos analizados. 267

Tabla 137. Comparación del estado actual con la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado.
..... 268

Tabla 138. Evaluación del grado de eficiencia en evacuación de aguas pluviales. 273

Tabla 139. Propuesta de tuberías según por tramos. 282

Tabla 140. Metrado de la Propuesta de Diseño de Tuberías. 282

Tabla 141. Dimensiones de sumideros propuestos. 283

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Político Administrativo de Cusco.....	25
Figura 2. Ubicación satelital del sector San Blas-Cusco.....	25
Figura 3. Mapa del Barrio Tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.	26
Figura 4. Deslizamiento de producida por lluvias intensas.....	27
Figura 5. Intransitabilidad de la calle Carmen Alto ante las precipitaciones.	28
Figura 6. Las aguas pluviales evacuan por la escalinata de la Calle Plazoleta.....	28
Figura 7. Colapso de buzones en épocas de lluvia en la calle Suytuccato.	29
<i>Figura 8.</i> Mapa de los ríos Sapi y Tullumayo que dividía el Hanan Qosqo y el Hurin Qosqo.	40
<i>Figura 9.</i> Fotografía de 1895-1906 de la canalización del rio Tullumayo.....	41
<i>Figura 10.</i> Ejemplo de modelamiento de un rio. Tullumayo.....	46
Figura 11. El agua en la hidrosfera.	47
Figura 12. EL ciclo Hidrológico.....	48
Figura 13. Equipo de Estación Agro meteorológico.	54
Figura 14. Mapa de Precipitación Máxima Diaria considerando una probabilidad de 95% (1970-2015).	71
Figura 15. Plano (n-2-C) de Zonificación Método lila – Senamhi 1983.	72
Figura 16. Flujo en conductos.	76
Figura 17. Secciones Transversales Abiertas más Frecuentes.	77
Figura 18. Secciones Transversales Cerradas.	77
Figura 19. Tipos de Sumidero.	89
Figura 20. Sumidero Tipo Grande Conectado a Tuberia-S2.	89
Figura 21. Sumidero Tipo Chico Conectado a la Camara-S3.	90
Figura 22. Sumidero Tipo Chico Conectado a Tuberia-S4.	90
Figura 23. Mapa Político Administrativo de Cusco.....	94
Figura 24. Mapa del Barrio Tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.	94
Figura 25. Ubicación satelital del sector San Blas-Cusco.	95
Figura 26. Modelo de la información que debe contener el Plano para la obtención del CIRA.	97
Figura 27. Plano Hidrográfico y Micro cuencas de la Ciudad del Cusco.....	100
Figura 28. Mapa de servicios turísticos en el barrio tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.....	102
Figura 29. Proceso del enfoque Cuantitativo.	109
Figura 30. Esquema de Investigación Descriptiva.	109
Figura 31. Identificación del Esquema de Investigación Descriptiva.	110
Figura 32. Mapa de los barrios tradicionales del Cusco.	112
Figura 33. Colectores existentes del Sector de San Blas.	113
Figura 34. Modelo de Encuesta de Investigación.	115
Figura 35. Modelo de Ficha para Recolección de Datos Topográficos y Altimétricos.	116
Figura 36. Modelo de Ficha para Recolección Datos Meteorológicos.	117
Figura 37. Modelo de Ficha para el Inventario Hidráulico y verificación en campo.	118
Figura 38. Portada del Software AutoCAD 2019.	119
Figura 39. Portada del Software Civil 3D 2019.....	120
Figura 40. Portada del Software CYPE 2016.....	120
Figura 41. Portada del Software HEC-RAS 5.0.5.....	121
Figura 42. Portada del Software HCANALES 3.0.....	122



Figura 43. Portada del Software HidroEsta 1.0 123

Figura 44. Portada del Software Microsoft Office 2016..... 123

Figura 45. Instrumentos para la recopilación de datos en campo. 124

Figura 46. Encuestas practicadas a los residentes en la zona de A.P.V. Atoqsaycuchi-San Blas-Cusco-
Cusco. 125

Figura 47. Encuestas practicadas a los residentes en la zona del Pasaje Pantaqçalle-San Blas-Cusco-
Cusco. 125

Figura 48. Reconocimiento de la quebrada de Choquechaca..... 126

Figura 49. Reconocimiento del Colector Principal que pasa por la Calle Choquechaca y Av. Tullumayo.
..... 126

Figura 50. Reconocimiento del Colector A que pasa por la Calle Atoqsaykuchi. 127

Figura 51. Reconocimiento del Colector C que pasa por la Calle Suytucato, Calle Sacrachayoc y la calle
Jardines del Inca. 127

Figura 52. Levantamiento altimétrico en la calle Choquechaca- San Blas- Cusco-Cusco..... 128

Figura 53. Levantamiento altimétrico en la Av. Tullumayo - San Blas- Cusco-Cusco..... 128

Figura 54. Mediciones del colector principal ubicado en la Calle Choquechaca y Av. Tullumayo - San
Blas - Cusco - Cusco. 129

Figura 55. Mediciones del sumidero peatonal ubicado en la Plazoleta de Paqlachapata - San Blas -
Cusco - Cusco..... 129

Figura 56. Mediciones del sumidero vehicular ubicado en la Calle Chihuampata - San Blas- Cusco -
Cusco. 130

Figura 57. Mediciones de la tapa de inspección ubicada en la Av. Tullumayo - San Blas – Cusco -
Cusco. 130

Figura 58. Mediciones del canal pluvial ubicado en la Calle Asnoqchutun - San Blas – Cusco - Cusco.
..... 131

Figura 59. Mediciones de la cámara rompe presión ubicada en el Pasaje Ollanta - San Blas- Cusco-
Cusco. 131

Figura 60. Plano del Catastro Técnico de la Red de Agua Potable..... 132

Figura 61. Plano del Catastro Técnico de la Red de Alcantarillado. 133

Figura 62. Registro del Pluviógrafo en la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera – PERAYOC –
UNSAAC. 134

Figura 63. Registro de la Estación Automática DAVIS en la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera –
PERAYOC – UNSAAC. 134

Figura 64. Plano de identificación de Encuestas en el sector de San Blas. 138

Figura 65. Plano del Inventario de Elementos Hidráulicos..... 140

Figura 66. Existencia de cuneta en la carretera donde limita el área de influencia de la cuenca de San
Blas. 149

Figura 67. Delimitación de la Cuenca de San Blas..... 150

Figura 68. Zonificación del sector de San Blas. 150

Figura 69. Comparación del Tiempo de Concentración entre los 3 Métodos. 157

Figura 70. Comparación de Estaciones Meteorológicas. 157

Figura 71. IDF –Periodo de retorno para 2 años – Gumbel..... 163

Figura 72. IDF –Periodo de retorno para 5 años – Gumbel..... 164

Figura 73. IDF –Periodo de retorno para 10 años – Gumbel..... 165

Figura 74. IDF –Periodo de retorno para 25 años – Gumbel..... 166



Figura 75. IDF –Periodo de retorno para 50 años – Gumbel..... 167

Figura 76. IDF –Periodo de retorno para 100 años – Gumbel..... 168

Figura 77. IDF –Periodo de retorno para 500 años – Gumbel..... 169

Figura 78. IDF Regresión Potencial con parámetros de ajuste- Gumbel..... 170

Figura 79. Curvas IDF de la cuenca – Gumbel. 171

Figura 80. Desplazamiento de las variables Probabilísticas– Log Pearson Tipo III..... 173

Figura 81. IDF –Periodo de retorno para 2 años – Log Pearson Tipo III..... 176

Figura 82. IDF –Periodo de retorno para 5 años – Log Pearson Tipo III..... 177

Figura 83. IDF –Periodo de retorno para 10 años – Log Pearson Tipo III..... 178

Figura 84. IDF –Periodo de retorno para 25 años – Log Pearson Tipo III..... 179

Figura 85. IDF –Periodo de retorno para 50 años – Log Pearson Tipo III..... 180

Figura 86. IDF –Periodo de retorno para 500 años – Log Pearson Tipo III..... 181

Figura 87. IDF Regresión Potencial con parámetros de ajuste- Log Pearson Tipo III..... 182

Figura 88. Curvas IDF de la cuenca – Log Pearson Tipo III..... 183

Figura 89. IDF para diferentes periodos de retorno –IILA..... 186

Figura 90. IDF –Periodo de retorno para 2 años – IILA. 188

Figura 91. IDF –Periodo de retorno para 5 años – IILA. 189

Figura 92. IDF –Periodo de retorno para 10 años – IILA. 190

Figura 93. IDF –Periodo de retorno para 25 años – IILA. 191

Figura 94. IDF –Periodo de retorno para 50 años – IILA. 192

Figura 95. IDF –Periodo de retorno para 100 años – IILA. 193

Figura 96. IDF –Periodo de retorno para 500 años – IILA. 194

Figura 97. IDF Regresión Potencial con parámetros de ajuste – IILA..... 195

Figura 98. Curvas IDF de la cuenca– IILA. 196

Figura 99. Hietograma para el periodo de 25 años –IILA. 198

Figura 100. Hietograma en barras para el periodo de 25 años –IILA..... 198

Figura 101. Porcentajes de la Tabulación de las Intensidades del registro de tormentas..... 199

Figura 102. Porcentajes de la Tabulación de las Precipitaciones del registro de tormentas..... 200

Figura 103. Plano de identificación del coeficiente de escorrentía para las 7 zonas - San Blas. 201

Figura 104. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 1. 203

Figura 105. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 2. 203

Figura 106. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 3. 204

Figura 107. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 4. 204

Figura 108. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 5. 205

Figura 109. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 6. 205

Figura 110. Coeficiente de Escorrentía en la Zona 7. 206

Figura 111. Comparación de los métodos probabilísticos con la Probabilidad empírica. 208

Figura 112. Calculo de caudal de los tramos 1-1 y 1-2..... 214

Figura 113. Calculo de caudal de los tramos 1-3 y 1-4..... 214

Figura 114. Calculo de caudal de los tramos 2-1 y 2-2..... 214

Figura 115. Cálculo de caudal de los tramos 2-3 y 2-4..... 215

Figura 116. Calculo de caudal de los tramos 3-1 y 3-2..... 215

Figura 117. Calculo de caudal del tramos 3-3. 215

Figura 118. Calculo de caudal del tramos 3-3. 216

Figura 119. Calculo de caudal de los tramos 4-1 y 4-2..... 216



Figura 120. Calculo de caudal de los tramos 4-3 y 4-4..... 216

Figura 121. Calculo de caudal de los tramos 5-1 y 5-2..... 217

Figura 122. Calculo de caudal de los tramos 5-3 y 5-4..... 217

Figura 123. Calculo de caudal de los tramos 5-5 y 5-6..... 217

Figura 124. Calculo de caudal de los tramos 6-1 y 6-2..... 218

Figura 125. Calculo de caudal de los tramos 7-1 y 7-2..... 218

Figura 126. Calculo del colector principal. 218

Figura 127. Plano de la propuesta del sistema de alcantarillado pluvial. 219

Figura 128. Portafolio de tuberías para alcantarillado Novafort-PAVCO..... 220

Figura 129. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 1-1 y 1-2. 223

Figura 130. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 1-3 y 1-4. 223

Figura 131. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 2-1 y 2-2. 223

Figura 132. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 2-2 y 2-3. 224

Figura 133. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 3-1 y 3-2. 224

Figura 134. Calculo de propuesta de diseño del tramo 3-3. 224

Figura 135. Calculo de propuesta de diseño del tramo 4-1. 225

Figura 136. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 4-2 y 4-3. 225

Figura 137. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 4-4 y 4-5. 225

Figura 138. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 5-1 y 5-2. 226

Figura 139. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 5-3 y 5-4. 226

Figura 140. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 5-5 y 5-6. 226

Figura 141. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 6-1 y 6-2. 227

Figura 142. Calculo de propuesta de diseño de los tramos 7-1 y 7-2. 227

Figura 143. Calculo de propuesta de diseño del colector principal. 227

Figura 144. Plano de Zonificación de Sumideros. 228

Figura 145. Generación de la superficie del sector de San Blas - CIVIL 3D. 243

Figura 146. Generación de las secciones transversales - CIVIL 3D..... 243

Figura 147. Interface de la exportación de datos - CIVIL 3D. 244

Figura 148. Interface de ingreso de datos - HEC-RAS..... 244

Figura 149. Edición de la sección trasversal del progresiva 00+50m – HEC-RAS. 244

Figura 150. Edición de la sección trasversal del progresiva 01+200m – HEC-RAS. 245

Figura 151. Ingreso de los valores de Manning – HEC-RAS..... 245

Figura 152. Ingreso de los valores de caudales según el periodo de diseño – HEC-RAS..... 246

Figura 153. Procesamiento de la simulación – HEC-RAS..... 246

Figura 154. Interface del software CYPE-Alcantarillado..... 247

Figura 155. Ingreso de datos generales - CYPE-Alcantarillado..... 247

Figura 156. Ingreso de datos del terreno CYPE-Alcantarillado. 248

Figura 157. Ingreso de Parámetros CYPE-Alcantarillado..... 248

Figura 158. Ingreso de velocidad máxima y mínima - CYPE-Alcantarillado. 249

Figura 159. Ingreso de calado máximo - CYPE-Alcantarillado..... 249

Figura 160. Ingreso de datos de excavación - CYPE-Alcantarillado..... 249

Figura 161. Importación de plantilla de dibujo - CYPE-Alcantarillado. 250

Figura 162. Edición de Nudos - CYPE-Alcantarillado. 250

Figura 163. Edición de tramos- CYPE-Alcantarillado. 251

Figura 164. Procesado final de toda la red de alcantarillado - CYPE-Alcantarillado. 251



Figura 165. Existencia de problemas en las redes de alcantarillado..... 252

Figura 166. Periodos del año con problemas de alcantarillado. 253

Figura 167. Problemas en épocas de lluvia. 253

Figura 168. Problemas adicionales en épocas de lluvia. 254

Figura 169. Posible causa de la problemática. 255

Figura 170. Vivienda afectada en épocas de lluvia. 256

Figura 171. Existencia de colector particular para aguas pluviales..... 256

Figura 172. Lugar de vertiente de agua de lluvia. 257

Figura 173. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para sumideros peatonales..... 258

Figura 174. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para sumideros peatonales. 259

Figura 175. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para sumideros vehiculares. 259

Figura 176. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para sumideros vehiculares. 260

Figura 177. Sellado de sumidero en la Calle Recoleta..... 260

Figura 178. Resumen de la evaluación según el estado de servicio las tapas de inspección. 261

Figura 179. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para los canales pluviales..... 262

Figura 180. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para los canales pluviales. . 262

Figura 181. Resumen de la evaluación según el estado de servicio para las cámaras rompe presión. 263

Figura 182. Resumen de la evaluación según el estado de colmatación para las cámaras rompe presión..... 264

Figura 183. Porcentajes de incidencia según el tipo de cobertura de la cuenca de San Blas. 265

Figura 184. Comparación de Intensidades par un periodo de retorno de 25 años. 266

Figura 185. Comparación de los caudales máximos según los métodos analizados. 267

Figura 186. Comparación según el caudal entre estado Actual y la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado..... 269

Figura 187. Comparación según el diámetro de tubería entre estado Actual y la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado..... 269

Figura 188. Comparación según la velocidad entre estado Actual y la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado..... 270

Figura 189. Comparación según el tirante entre estado Actual y la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado..... 271

Figura 190. Comparación según el caudal del Colector Principal. 271

Figura 191. Comparación según la dimensión del Colector Principal. 272

Figura 192. Comparación según la velocidad – C.P. Figura 193. Comparación según el tirante C.P..... 272

Figura 194. Evaluación del grado de eficiencia en evacuación de aguas pluviales..... 274

Figura 195. Modelamiento del colector principal ante el periodo de retorno de 2 años – HEC-RAS. 275

Figura 196. Modelamiento del colector principal ante el periodo de retorno de 5 años – HEC-RAS. 275

Figura 197. Modelamiento del colector principal ante el periodo de retorno de 10años – HEC-RAS.276

Figura 198. Modelamiento del colector principal ante el periodo de retorno de 25 años – HEC-RAS. 276

Figura 199. Secciones transversales del modelamiento Progresiva del 01+150m al 00+700m HEC–RAS. 277



Figura 200. Secciones transversales del modelamiento Progresiva del 00+650m al 00+200m HEC–RAS. 278

Figura 201. Secciones transversales del modelamiento Progresiva del 00+150m al 00+050m HEC – RAS..... 279

Figura 202. Características hidráulicas del modelamiento HEC –RAS..... 279

Figura 203. Resultado de Modelamiento CYPE-Alcantarillado. 280

Figura 204. Perfil longitudinal donde se detalla falla por calado máximo. 280

Figura 205. Tubería de 250mm donde se tiene un calado máximo con tirante de 227mm – CYPE-Alcantarillado. 281

Figura 206. Principal problema en la red por calado máximo según el modelamiento CYPE-Alcantarillado. 281

Figura 207. Cantidades de tuberías de la Propuesta de Diseño..... 283



INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Método pendiente uniforme 51
Ecuación 2. Ecuación de Taylor y Schwarz para longitudes iguales. 51
Ecuación 3. Ecuación de Taylor y Schwarz para longitudes diferentes. 52
Ecuación 4. Ecuación de Francis. 55
Ecuación 5. Ecuación de Torricelli. 55
Ecuación 6. Ecuación de Intensidad. 56
Ecuación 7. Ecuación del Periodo de Retorno. 57
Ecuación 8. Ecuación del Tiempo de Concentración. 57
Ecuación 9. Ecuación del Método Racional. 62
Ecuación 10. Ecuación del Método Racional expresado en km2. 63
Ecuación 11. Ecuación del Método Burkli Ziegler. 63
Ecuación 12. Ecuación del Método Mac Math. 64
Ecuación 13. Ecuación para el factor C. 64
Ecuación 14. Ecuación despejada del Método Mac Math. 65
Ecuación 15. Ecuación de la Intensidad de Precipitación. 65
Ecuación 16. Ecuación del Método Gumbel. 66
Ecuación 17. Ecuación para el Parámetro de Concentración del M. Gumbel. 66
Ecuación 18. Ecuación para el Parámetro de Localización del M. Gumbel. 66
Ecuación 19. Ecuación para el Valor de Probabilidad del M. Gumbel. 67
Ecuación 20. Ecuación para el Variable Aleatoria del M. Gumbel. 67
Ecuación 21. Ecuación para la Función Acumulada del M. Gumbel. 67
Ecuación 22. Ecuación para el M. Log Pearson III. 68
Ecuación 23. Ecuación para el M. IILA para periodo de retorno: 3 ≤ t ≤ 24. 69
Ecuación 24. Ecuación para la precipitación del M. IILA. 69
Ecuación 25. Ecuación para el M. IILA para periodo de retorno: t ≤ 3. 69
Ecuación 26. Ecuación para la intensidad del M. IILA. 70
Ecuación 27. Ecuación para la Precipitación Neta. 75
Ecuación 28. Ecuación para la Velocidad Media de los canales. 78
Ecuación 29. Ecuación para el Borde Libre. 79
Ecuación 30. Ecuación para el Borde Libre en canales revestidos. 79
Ecuación 31. Ecuación para la Velocidad Media en flujo uniforme. 81
Ecuación 32. Ecuación de Ganguillet - Kutter. 82
Ecuación 33. Ecuación de Bazin. 82
Ecuación 34. Ecuación para el valor C - Manning. 83
Ecuación 35. Ecuación para la Velocidad Media – Ecua. Chezy- Manning. 83
Ecuación 36. Ecuación para la Velocidad Media - Manning. 83
Ecuación 37. Ecuación de Continuidad - Manning. 85
Ecuación 38. Ecuación para el Caudal - Manning. 85
Ecuación 39. Ecuación de la Intensidad a partir de Pd. 161
Ecuación 40. Ecuación Intensidad- Duración- Periodo de retorno. 162
Ecuación 41. Ecuación de la constante de regresión. 162
Ecuación 42. Ecuación de la Intensidad en función a la constante de regresión. 162
Ecuación 43. Ecuación de la Intensidad por el método Gumbel. 171



Ecuación 44. Ecuación de Intensidad para un periodo de retorno de 25 años- M. Gumbel. 172
Ecuación 45. Ecuación de la Intensidad por el Método Log Pearson Tipo III. 183
Ecuación 46. Ecuación de Intensidad para un periodo de retorno de 25 años- M. Log Pearson Tipo III.
..... 184
Ecuación 47. Ecuación de la Intensidad por el método IIIA. 196
Ecuación 48. Ecuación de Intensidad para un periodo de retorno de 25 años- M. IIIA. 197

CAPITULO I: Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Conforme el planeta se calienta por el aumento irrestricto de las emisiones de gases de efecto invernadero, se espera como consecuencias el derretimiento de glaciares, el aumento de las precipitaciones y de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos, y modificaciones en las estaciones del clima (Kolbert, 2015) . La Organización Meteorológica Mundial declara que a partir de los años 70 las temperaturas continúan aumentando; siendo la temperatura global promedio del año pasado aproximadamente 1.1° C por encima de la era pre-industrial, siendo el segundo año más cálido de la historia. Se informó que 17 de los 18 años más cálidos de la historia han sido en este siglo y que el nivel del calentamiento de los pasados tres años ha sido excepcional (ONU, Cambio Climático, 2018). El cambio climático repercute en América Latina estando en relación directa con el Fenómeno natural llamado “El Niño Costero” provocando en el Perú el incremento de lluvias torrenciales, inundaciones, deslizamientos de tierra y avalanchas de lodo; este fenómeno incrementa en 10 veces más de los niveles de lluvia en todo el país (ONU, Cambio Climático, 2018).

En la actualidad existe una tendencia de la población a migrar de las zonas rurales a urbanas y casi el 50 % de la población mundial vive en zonas urbanas, habiéndose incrementado más del 80 % en los últimos 20 años. En nuestro país la tasa de crecimiento poblacional es de 1.1% (INEI, Tasa de crecimiento poblacional, 2017), puesto que las ciudades demandan de mayor infraestructura para cubrir servicios básicos de los ciudadanos y este crecimiento no cumple con los parámetros urbanísticos. El Incremento de la urbanización impulsado por el crecimiento de la densidad poblacional conlleva en épocas de precipitaciones al aumento de la cantidad de escurrimiento superficial impidiendo la infiltración de las precipitaciones pluviales y sumado a que el sistema de alcantarillado es combinado (pluvial y residual) ocasiona que el sistema colapse en épocas de lluvia produciendo impactos negativos a la población e incumplimiento de las normas de Saneamiento.

El área de estudio está ubicada en la ciudad de Cusco, con 1'324,371 habitantes al 2018, cuya actividad principal es el Turismo. Situada a 3,399 m.s.n.m con un área de 71,986.50 Km² (JNE, 2018) y con precipitaciones pluviales, principalmente en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo; ya que Cusco está considerado en zona de alta vulnerabilidad en épocas de lluvia. Dentro de este se encuentra el barrio de San Blas considerado como Barrio Tradicional perteneciente al Centro Histórico de la ciudad del Cusco, en el cual la mayoría de edificaciones son casonas coloniales de adobe con calles angostas adoquinadas con de piedra labrada, dichas

construcciones no cuentan con un adecuado sistema de evacuación de aguas pluviales ni tampoco obedecen a un diseño urbanístico según las Normas de Saneamiento.

El proyecto de investigación tiene como ubicación la quebrada del río Choquechaca y Tullumayo donde se encuentra el Barrio Tradicional de San Blas ubicado al noreste de la ciudad del Cusco, distrito del Cusco, provincia y departamento del Cusco; comprendiendo desde el sector de Sapantiana, atravesado por el río Choquechaca o Tullumayo hasta llegar al sector de Av. El sol.



Figura 1. Mapa Político Administrativo de Cusco.
Fuente: Municipalidad Distrital del Cusco.



Figura 2. Ubicación satelital del sector San Blas-Cusco.
Fuente: Google Earth 2018.

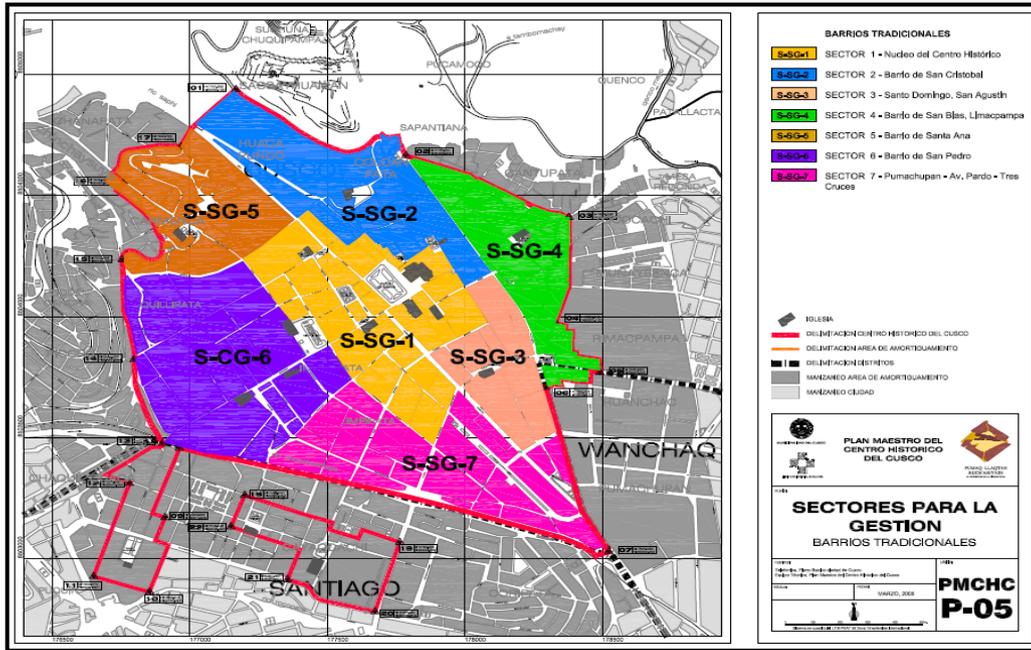


Figura 3. Mapa del Barrio Tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.
Fuente: Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco.

Con respecto a las instalaciones de los servicios básicos en el Barrio San Blas, se observa que no hay una red independiente de alcantarillado, las aguas pluviales y servidas discurren a los mismos colectores, considerándose una grave amenaza para la seguridad física del Centro Histórico además de las frágiles canalizaciones de la ciudad, el corroído sistema de alcantarillado y el grave deterioro geológico y ecológico de las micro cuencas que atraviesan la ciudad. Prueba de ello ya que, en diversos años durante la época de lluvias se han registrado fuertes deslizamientos de tierras que han ocasionado daños y pérdidas de vidas humanas. En 1974 la calle Choquechaca, construida sobre la canalización del río Tullumayu fue invadida completamente por un gran alud de lodo y piedra que alcanzó casi 2 metros de altura en muchas partes. En 1977 una precipitación pluvial extraordinaria, puso en peligro de ser destruida la canalización del río Saphy y Choquechaca por el arrastre de material sólido. Por el mismo fenómeno, en 1980, la canalización del río Saphy quedó bloqueado con peligro inmediato de rebasar las aguas hacia el Centro Histórico. En febrero del 2000, se deslizó una pequeña masa de tierra, ocasionando el colapso de dos viviendas y el saldo trágico de dos personas fallecidas en el sector de Carmenqa. El arrastre de sólidos de las partes altas, junto al arrastre de desechos y basura se constituyen en principales factores de colmatación de los sistemas de drenaje (Municipalidad del Cusco, Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco, 2015).

De este modo, cada año, se presentan un sinnúmero de inundaciones producto de las aguas que discurren por las calles, que al no encontrar los sumideros adecuados, desbordan los niveles

más elevados de las veredas o sardineles. Por todos estos aspectos el grado de vulnerabilidad de la ciudad es alto y, la probabilidad de riesgo resultante de los factores de deterioro, principalmente en época de lluvias, se tipifica como de Riesgo Inminente (INDECI, 2001).

En el año 2005 se diseñó el programa “Sistema integral de drenaje pluvial en la ciudad de Cusco” estando inmerso en el del Plan de Desarrollo Urbano; el cual no llegó a ser ejecutado.

En el año 2010 Cusco tuvo desastres producidos por lluvias intensas que causaron el desplome de decenas de viviendas en zonas vulnerables, colapsó el sistema de drenaje del centro histórico y de zonas periféricas, causó averías importantes en el sistema de agua y saneamiento de la ciudad (Municipalidad del Cusco, www.eird.org, 2012).



*Figura 4. Deslizamiento de producida por lluvias intensas.
Fuente: (Municipalidad del Cusco, www.eird.org, 2012).*

Además, la red de alcantarillado frecuentemente se confunde o enlaza con la red de desagües y tiene capacidad suficiente para alojar los flujos de aguas servidas pronosticados en el sistema durante los próximos 30 años, solo en condiciones normales, sin considerar la sobrecarga por presencia de aguas pluviales. Por ello, en época de lluvias resulta frecuente el colapso de la red de colectores, discurriendo las aguas servidas al aire libre en arterias principales de la ciudad. (Municipalidad del Cusco, Plan Maestro del Centro Historico del Cusco, 2015).



Figura 5. Intransitabilidad de la calle Carmen Alto ante las precipitaciones.



Figura 6. Las aguas pluviales evacuan por la escalinata de la Calle Plazoleta.



Figura 7. Colapso de buzones en épocas de lluvia en la calle Suytucato.

El “Sistema integral de drenaje pluvial en la ciudad de Cusco” en el 2015 se consideró en el Plan Maestro del Centro Histórico de Cusco como proyecto de drenaje a largo plazo, todavía sigue siendo **incierto** la ejecución del proyecto integral de evacuación de aguas pluviales para la ciudad del Cusco y sobre todo para el Centro Histórico. Sin embargo, la Municipalidad Provincial del Cusco han venido realizando algunas inversiones en proyectos tales como: muros de protección, muros de contención, encauzamiento, des colmatación de canales y limpieza.

Ante los efectos combinados: del ritmo acelerado del cambio climático, fenómeno de “El Niño Costero”, incremento de la población en zonas urbanas, las malas prácticas en el aprovechamiento urbanístico, incumplimiento de las Normas de Saneamiento y alta pluviosidad en la zona de estudio así como por los continuos procesos de erosión en la sub cuenca Choquechaca o Tullumayu; todo ello conllevan a que el sistema actual de evacuación colapse produciendo inundaciones de aguas pluviales y residuales ocasionando una problemática social y perjuicios económicos, ya que repercute en la promoción y desarrollo turístico de la ciudad, siendo necesaria su conservación como Barrio Tradicional del centro histórico del Cusco.

Todo lo anterior justifica la necesidad de mejorar el sistema de alcantarillado pluvial y así proponer un modelo hidráulico adecuado según las Normas de Saneamiento.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema en general

¿Cuáles son las condiciones del Sistema de Alcantarillado respecto a la evacuación de aguas pluviales en el sector San Blas del Distrito de Cusco?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema Especifico N°01:

¿Cuál es la incidencia de los sólidos de arrastre y el coeficiente de escorrentía en el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco?

Problema Especifico N°02:

¿Cuál es la intensidad pluviométrica actual para el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco?

Problema Especifico N°03:

¿Cuáles son los efectos de los caudales de diseño que transporta el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco?

Problema Especifico N°04:

¿Cuáles son los parámetros de diseño adecuados para el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco?

Problema Especifico N°05:

¿Se cuenta con la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado para mejorar la evacuación pluvial en el sector San Blas, distrito de Cusco?

1.2. Justificación e Importancia de la investigación

1.2.1. Justificación Técnica

La justificación de la presente investigación la podemos apreciar desde la perspectiva técnica ya que existe el colapso del sistema de alcantarillado combinado actual (Aguas pluviales y aguas residuales) en épocas de precipitaciones pluviales generando inundaciones en inmuebles y calles, llegando así las aguas residuales a retornar a viviendas y zonas peatonales; por lo tanto que el sistema actual no cumple con las Normas de Saneamiento (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda) y es por la ingeniería Hidráulica que permitirá dar solución y proponer la mejora para un óptimo sistema de evacuación.

1.2.2. Justificación Social

Esta investigación ha sido motivada también desde una perspectiva Social-Cultural.

Según la perspectiva Social se justifica en el correcto manejo racional del agua de lluvia en las ciudades, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua, redes eléctricas, etc.), evitar inundaciones en los domicilios y así como a acumulación del agua que pueda constituir focos de contaminación y/o transmisión enfermedades (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

Según la perspectiva Cultural el Cusco es principal destino turístico del Perú y el sector de San Blas pertenece en el centro histórico (Declaración Patrimonio Cultural de la Humanidad, 9/12/1983) considerado como Barrio Tradicional de la ciudad del Cusco, es conocido como “Barrio de los Artesanos”, en este viven artesanos famosos como los Mendivil, Olave y Mérida; así mismo aloja a galerías de arte y artesanía, restaurantes, centros de hospedaje y museos.

Por lo tanto, la protección y conservación es de necesidad Social-Cultural para evitar pérdidas económicas en el desarrollo social y Turístico.

1.2.3. Justificación por Viabilidad

Así mismo resulta ser Viable, por lo que se cuenta con antecedentes de investigación similares, datos meteorológicos, fuentes teóricas e instrumentos de medición para campo y gabinete.

1.2.4. Justificación por Relevancia

Finalmente, el presente estudio es Relevante, ya que promueve un impacto positivo y da solución a la problemática actual de evacuación de aguas pluviales.

1.3. Limitaciones de la Investigación

1.3.1. Limitación Geográfica

Según el contexto geográfico el presente estudio se limita al sector San Blas del centro histórico del Cusco, tomando en consideración razones de tiempo, costo e impacto turístico.

1.3.2. Limitación de estudio

- Se limita al estudio de aguas pluviales aportantes al colector principal en el sector de San Blas.
- Otra limitante son las especificaciones en el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.060 – Drenaje Pluvial Urbano además considerando Criterios de Diseño de Obras

Hidráulicas para la Formulación de proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico de la Autoridad Nacional del Agua.

1.3.3. Limitación de información

- La presente investigación se limita al uso como referencia de planos catastrales obtenidos de la EPS SEDACUSCO siendo estos corroborados por el levantamiento topográfico hecho para la investigación.
- Se limita a la información de ubicación de buzones, canales, sumideros y así como la de distribución de la red de aguas residuales por parte de la EPS SEDACUSCO dentro del Plano Técnico de la red de Alcantarillado, siendo estos corroborados por el levantamiento altimétrico hecho en la zona de estudio.
- Se limita a la información meteorológica considerando los Análisis Pluviométricos de las Estaciones: Agrícola Principal MAP-Granja Kayra del SENAMHI y Perayoc de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Se limita a la información de datos estadísticos de la población proporcionada por el Instituto Nacional De Estadística e Informática.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las condiciones existentes del Sistema de Alcantarillado y proponer un diseño para mejorar la evacuación de aguas pluviales en el sector San Blas Distrito y departamento del Cusco.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo Especifico N°01:

Conocer la incidencia de los sólidos de arrastre y determinar el coeficiente de escorrentía del sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco.

Objetivo Especifico N°02:

Identificar la intensidad pluviométrica actual para el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco.



Objetivo Especifico N°03:

Conocer los caudales de diseño que transporta el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco.

Objetivo Especifico N°04:

Establecer los parámetros de diseño adecuados para el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco

Objetivo Especifico N°05:

Elaborar una propuesta de diseño de sistema de alcantarillado pluvial para el sector San Blas, distrito de Cusco.

CAPITULO II: Marco Teórico de la Tesis

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

2.1.1.1. Sucsá, M. y Flores, A. (2017) En su investigación en Cusco-Perú, titulada: “Evaluación y Diseño de Sistemas de Alcantarillado pluvial de la zona comprendida entre las quebradas San Miguel y Hatun Huaycco del Distrito de San Sebastián –Cusco” Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil- Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Universidad Andina del Cusco.

Metodología:

El estudio se sitúa en el área urbana comprendida entre la quebrada San Miguel en la Urb. Santa Rosa y la quebrada Hatun Huaycco en la A.P.V. Sol de Oro del distrito de San Sebastián. Siendo el objetivo evaluar las condiciones existentes, cuantificarlas e inventariarlas y proponer un sistema de alcantarillado pluvial de acuerdo a un diseño técnico. En el cual utiliza nociones de la Ingeniería Hidrológica e Ingeniería Hidráulica. Teniendo como metodología la identificación de población mediante una muestra, recolección de datos hidráulicos, obtención del caudal por los métodos Racional, Burkli Ziegler, evaluación del sistema de evacuación y propuesta de un diseño cumpliendo las normas de saneamiento y emitiendo la comparación del sistema de drenaje existente y el propuesto.

Resultados:

- ✚ El sistema existente funciona con caudales muy elevados para su capacidad hidráulica, sin tener un planteamiento óptimo en cuanto a la ubicación de captación.
- ✚ La mayor parte del área de estudio tiene un coeficiente de escurrimiento alto teniendo coberturas impermeables generando la baja infiltración.
- ✚ Los caudales obtenidos para 10 y 25 años son de 3.64 m³/seg y 4.23 m³/seg respectivamente, estando estos dentro de los rangos establecidos inicialmente.
- ✚ La combinación de materiales finos y gruesos como basura son la verdadera causa de la obstrucción de los sumideros y bases de canales, reteniendo el libre flujo de la escorrentía pluvial.
- ✚ El sistema existente no cumple con los requisitos mínimos del sistema de drenaje pluvial del reglamento nacional de edificaciones.
- ✚ La propuesta de diseño garantiza el óptimo sistema de alcantarillado pluvial, debido a que se logró corregir las deficiencias del sistema existente.

2.1.1.2. Mamani, M. y Masías, R. (2017) En su Investigación en Cusco-Perú, titulada: “Evaluación y propuesta de diseño del sistema de Alcantarillado pluvial en la Av. La Cultura en el tramo Garcilazo-Río Cachimayo-Cusco”. Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil- Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Universidad Andina del Cusco.

Metodología:

El estudio se sitúa el sistema de alcantarillado pluvial existente en la Av. La Cultura en el tramo Garcilaso-Río Cachimayo. Siendo el objetivo evaluar las condiciones existentes del sistema de alcantarillado pluvial y proponer un nuevo diseño de alcantarillado. En el cual utiliza nociones de la Ingeniería Hidrológica e Ingeniería Hidráulica. Teniendo como metodología la identificación de población mediante una muestra, análisis granulométricos; recolección de datos hidráulicos; obtención del caudal por los métodos Racional, Mac Math, Burkli-Ziegler, Hidrograma Unitario; determinación de la intensidad de precipitación mediante los métodos Gumbel, Log Pearson III y IIIA; evaluación del sistema de evacuación y propuesta de un diseño cumpliendo las normas de saneamiento y emitiendo la comparación del sistema de drenaje existente y el propuesto.

Resultados:

- ✚ Se califica como regular la condición de los sumideros. El 56.25% de los sumideros presentan condiciones regulares debido a la falta de limpieza y colmatación de estos.
- ✚ El 65.38% de las tapas de inspección están en regular estado, las condiciones que presentan son fisuras y roturas.
- ✚ El sistema alcantarillado pluvial actual de la Av. la Cultura, no es eficiente para las condiciones meteorológicas reales de la zona, debido al gran volumen de precipitación, el cual sobrecarga el canal que no posee las dimensiones geométricas adecuadas.
- ✚ El caudal pluvial que ingresa a la red de alcantarillado excede la capacidad de conducción actual ocasionando problemas de colapso del sistema. Así los caudales en la zona de estudio, discriminados por zonas de aporte estimados por el Método Racional son los siguientes: el caudal de la zona 1 fue de 4.19 m³/s, el caudal de la zona 2 fue de 3.90 m³/s, el caudal de la zona 3 fue de 3.74 m³/s y el caudal de la zona 4 fue de 4.06 m³/s.
- ✚ Las condiciones actuales del sistema en la Av. La Cultura son insuficientes, por lo que se planteó un nuevo diseño, que comprende la construcción de un nuevo canal de sección variable rectangular en todo su recorrido; que presenta las siguientes medidas: la primera sección con 1.20m de solera y 1.25m de altura y una segunda sección de 1.50m de solera y 1.45m de altura; la construcción de 03 desarenadores, 02 disipadores, 01 canal de la rápida y la implementación de 03 nuevos sumideros.

2.1.1.3. Yáñez, Eric. (2014) En su investigación en Cajamarca-Perú, titulada: “Eficiencia del Sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa” Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil- Facultad de Ingeniería - Universidad Privada del Norte.

Metodología:

Se sitúa en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, de la ciudad y departamento de Cajamarca. El objetivo principal fue determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa. El tipo de investigación utilizada fue descriptivo-correlacional, cuyo objeto de estudio es el sector 6- Barrio Chontapaccha de Cajamarca. En el cual utiliza nociones de la Ingeniería Hidrológica e Ingeniería Hidráulica. Teniendo como metodología la recolección de datos y procesamiento; modelación hidráulica; hidrograma de diseño y configuración del modelo en SWMM; evaluación del sistema de evacuación y propuesta de un diseño cumpliendo las normas de saneamiento.

Resultados:

- ✚ Se concluyó al analizar el diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, que este no es el correcto para un buen funcionamiento del sistema de drenaje, siendo esta una de las causas que alteran la eficiencia del drenaje pluvial, además se analizó que las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial no se lleva a cabo ocasionado que la capacidad hidráulica de las cuentas disminuyan.
- ✚ Al desarrollar un buen estudio hidrológico para determinar los caudales de diseño y ejecutar un software especializado para sistemas de drenaje pluvial se puede disminuir los sistemas de drenaje ineficientes en Cajamarca aplicando las tecnologías que están disponibles en el mercado.
- ✚ Se demostró que la eficiencia de operación (Eo), que evalúa la calidad de la operación del sistema de drenaje es más del 100%, es decir, que las secciones existentes están sometidas a caudales mayores a su capacidad provocando inundaciones en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

2.1.2.1. Rivadeneira, J. (2012) En su investigación en Quito-Ecuador, titulada: “Diseño del Sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca”, Canton Quito, provincia de Pichincha”. Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil- Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Pontificia Universidad Católica de Ecuador.

Metodología:

El objetivo principal fue Diseñar el sistema de alcantarillado pluvial para el barrio “La Campiña del Inca” perteneciente a la parroquia San Isidro del Inca. . El tipo de investigación utilizada fue descriptivo, cuyo objeto de estudio es el barrio “La Campiña del Inca”. En el cual utiliza nociones de la Ingeniería Hidrológica e Ingeniería Hidráulica. Teniendo como metodología la recolección de datos y procesamiento; modelación hidráulica; presupuesto y programación; evaluación del sistema de evacuación y propuesta de un diseño cumpliendo las normas de saneamiento.

Resultados:

- ✚ Con el desarrollo del proyecto de diseño de Alcantarillado Pluvial se otorgará una buena calidad de vida para los pobladores nuevos y futuros, de igual manera se crearán fuentes de trabajo para los mismos, y sus terrenos tendrán una plusvalía mayor.
- ✚ El material que se empleó para el diseño del alcantarillado pluvial de la Campiña del Inca es PVC, considerando un mejor proceso de construcción ya que se disminuye el volumen de excavación, relleno y compactación, así como la facilidad de transporte del mismo hacia la obra, facilidad de instalación y mantenimiento.

2.1.2.2. Carmona, J. (2014) En su investigación en Cartago-Costa Rica, titulada: “Diagnostico del sistema de alcantarillado pluvial del tramo de ruta nacional 228 en Cartago”. Para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil- Escuela de Ingeniería en Construcción-Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Metodología:

El objetivo principal fue realizar un diagnóstico del alcantarillado pluvial en el tramo de carretera nacional 228 que une a Cartago centro con el cantón de Tejar del Guarco. El tipo de investigación utilizada fue descriptivo, cuyo objeto de estudio es el tramo de ruta nacional 228 en Cartago. Las áreas de estudio abarcadas, corresponden a la topografía, hidrología e hidráulica. En cuanto a su metodología se ha utilizado programas computacionales, levantamiento de información de campo, bibliografía relacionada con la estimación del caudal, diseño hidráulico y plan de mantenimiento periódico.

Resultados:

- ✚ Los puntos muestreados fueron 176, de los cuales un 70.27% se encuentra en mal estado, al igual que el 81.08% en condición insuficiente y el 59.46% está obstruido. De los cuales se puede concluir que un 16.22% presentan solo una condición, un 59.46% dos condiciones

y un 24.32% las tres condiciones. De lo anterior se concluye que gran parte del tramo se encuentra en condiciones críticas descritas anteriormente.

- ✚ Las causas de inundación percibidas en el tramo de ruta nacional 228 son: Obstrucción de secciones de tuberías con desechos sólidos, Elementos de alcantarillado en mal estado y deterioro, Falta de mantenimiento del sistema de alcantarillado, Falta de elementos como tragantes en puntos necesarios, Diámetros de tuberías insuficientes para trasegar el caudal de diseño y Reducción de secciones transversales en dirección al flujo.

2.1.2.3. Conrado, L. (2016) En su investigación en Santa Clara-Cuba, titulada: “Diseño y Simulación de una red pluvial en la zona Centro-Oeste de Trinidad”. Para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil- Escuela de Construcción-Universidad central Santa Marta Abreu de las Villas.

Metodología:

El objetivo principal fue Efectuar el diseño hidráulico de una infraestructura viable de alcantarillado pluvial que permita evacuar la escorrentía superficial y posibilite evitar inundaciones en zonas bajas de la cuenca norte de Trinidad. El trabajo se desarrolla en un área que pertenece a la cuenca norte de la ciudad, y para el mismo se consideran parámetros hidrológicos, topográficos y geológicos característicos de la zona. Para el diseño de la red pluvial, se emplea el programa ROKO-KOLEC, el cual permite obtener la variante menos costosa; y el software profesional SWMM 5 vE para evaluar el funcionamiento del sistema de drenaje propuesto y validar su diseño.

Resultados:

- ✚ El cálculo del tiempo de concentración influirá en la intensidad de lluvia a ser empleada, a menor tiempo de concentración mayor es la intensidad de la lluvia a emplear, lo que incide en las dimensiones de los diámetros de las tuberías de la red.
- ✚ Las visitas a terreno permitieron definir claramente las vías de escurrimiento, y cauces existentes, así como los puntos en que éstos se indefinen, generando zonas de inundación en la cuenca urbana.
- ✚ Establecer una metodología de diseño para otras ciudades en que aún no se ha interferido los cauces evacuadores, es necesario establecer criterios que permitan un progreso urbanístico, de la mano de una convivencia armoniosa con el entorno natural, que permita que todo el sistema funcione, sea efectiva y vele por un progreso humano.

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Sistema de Alcantarillado

2.2.1.1. Reseña Histórica

El sistema de **alcantarillado**, según (GSC, 2016) tal y como lo conocemos, procede del diminutivo hispano-árabe al-qánṭara, «el puentecito» o también red de alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de estructuras y tuberías usado para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan. Tiene su origen en Europa a finales del siglo XIX, gracias a la extensión por toda Europa del pensamiento higienista que, alarmado por la situación sanitaria de las grandes ciudades, pregonaba la necesidad de acometer mejoras sanitarias urbanas. Tuvieron que luchar seriamente por implantar un sistema que redujo a una tercera parte la mortalidad además de sumar beneficios obtenidos de la venta del agua residual para usos agrícolas.

Sin embargo, son numerosos los indicios hallados de otros sistemas de recogida y transporte de las aguas pluviales en varias ciudades de la antigüedad. Vamos a hacer un rápido repaso por la historia más conocida del alcantarillado:

- El alcantarillado más antiguo del que tenemos referencia se construyó en Nippur (India), alrededor del 3750 AC. También se han encontrado restos de sistemas parecidos en Asia Menor y en Oriente Próximo.
- En Atenas y Corinto, en la Grecia antigua, se construyeron verdaderos sistemas de alcantarillado (1700 AC), utilizando canales rectangulares, cubiertos con losas planas (atarjeas) a las que afluían otros conductos secundarios, formando primitiva redes de alcantarillado.
- Seguramente las descripciones más famosas de los sistemas de alcantarillado sean las de la antigua Roma (600 AC) como la Cloaca Máxima y sus famosas latrinae (lugares públicos para defecar) situados sobre una cloaca que facilitaba la evacuación eliminando así los molestos olores. Y que llegaron a convertirse en lugares de encuentro social.
- Ya en Europa y en Estados Unidos los primeros sistemas de alcantarillado se dirigían fundamentalmente a la recolección de las aguas de lluvia. La recogida y transporte de aguas fecales comenzaron a desviarse a las alcantarillas en Londres en 1815, en Boston a partir de 1833, y en París en 1880.
- El primer sistema moderno de alcantarillado se diseñó en Hamburgo en 1842, utilizando las más modernas teorías de la época, y significó un espectacular avance.

- En cuanto a nuestro país, en el siglo XVI empezaron a construirse desagües, normalmente en forma de canales y zanjias a los lados de la calle, cuya función era conducir las aguas naturales y de lluvia.

2.2.1.1.1. Sistema de Alcantarillado Inca

Según el Ing. Jorge, Sosa Campana (Campana, 2016) la Plaza de armas del Cusco que en tiempos de los incas era conocida como el Aucaipata, era dividida por la canalización Inca del río Saphi y del río Tullumayo el mismo que a su paso por esta plaza la separaba en dos el Hurin Qosqo y el Hanam Qosqo (Alto Cusco y Bajo Cusco).

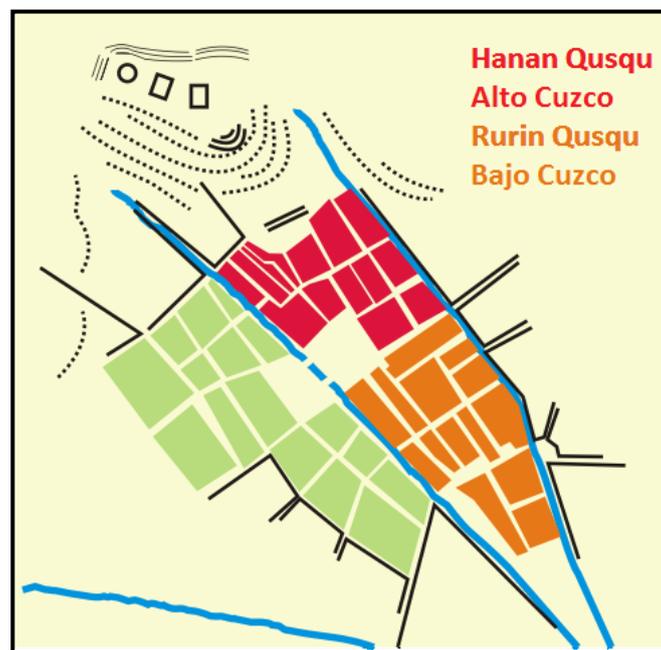


Figura 8. Mapa de los ríos Sapi y Tullumayo que dividía el Hanan Qosqo y el Hurin Qosqo.
Fuente: (Campana, 2016).

Los Incas en su enorme sabiduría supieron contener y tratar las aguas pluviales y fluviales de la ciudad sin contaminarlas es así que existían en el pasado según el autor José María Blanco en su Libro "Cusco en 1835" señala que la ciudad estaba unida por 23 puentes de piedra labrada alineadas de trecho en trecho: 14 en el Río Tullumayo, 6 en el río Saphi y 3 en el Pijchu. Las canalizaciones Incas construidas de muy fina factura en piedra permitían el discurrir de los ríos de la antigua capital imperial.

En tiempos Incas los puentes o "chakas" en lengua quechua cumplían la función los Ayllus o barrios satélites con el centro administrativo o nobiliario Inca, así los puentes más importantes estaban ubicados: al costado del templo de Santa Teresa que conectaba lo que hoy son las

parroquias de Santa Ana con San Cristobal; el ubicado en la esquina de las Calles Hatun Rumiyoq y la Calle Choquechaka; el puente en la actual Calle Mantas y el llamado Muttuchacca frente al recinto de Qorikancha llamado posteriormente Puente del Rosario.

El cause canalizado del Río Tullumayo hoy convertido en avenida se inicia desde Sapantiana en San Blas y baja dividiendo a la parroquia del mismo nombre que en la época Inca se llamaba Tokocachi hasta unirse con el Río Sapi en la actual Avenida el Sol.

Al igual que en el río Sapi y los rios que discurrían por la antigua capital Inca existen antiguas canalizaciones debajo de las calles que todos los días los automóviles y buses de turismo recorren, es el caso del río Tullumayo o Río de Huesos de su traducción del quechua, quiero compartir una serie de fotografías pertenecientes a Max Uhle tomadas en 1895 - 1906 en el Cusco que muestran dicha evidencia.

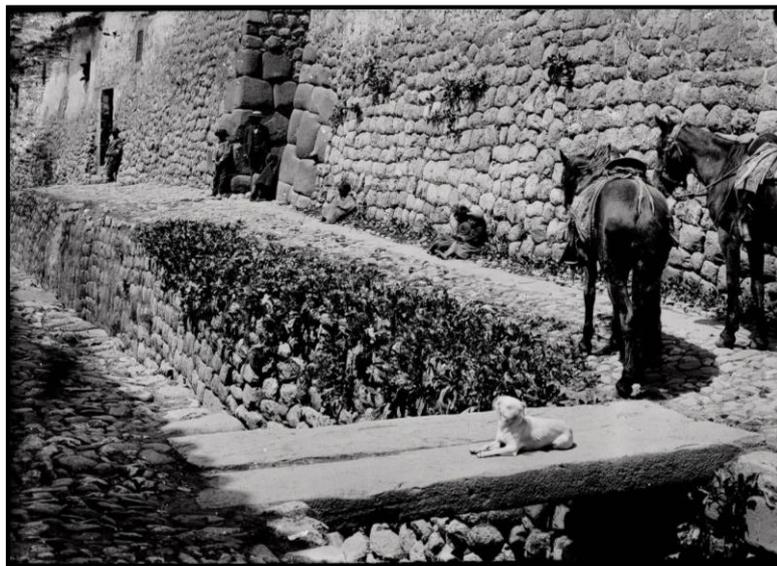


Figura 9. Fotografía de 1895-1906 de la canalización del río Tullumayo.
Fuente: Max Uhle (Campana, 2016).

En su paso por San Blas, más precisamente en el cruce con la calle Hatun Rumiyoq existía un puente Inca que no era otra cosa que una laja de piedra sin balaustres que era uno de los principales o más importantes desde la época de los españoles.

A inicios del siglo XX el Cusco contaba con apenas poco más de 10000 habitantes, la llegada del ferrocarril y el auge del caucho atrajo a inversionistas y nuevos inversionistas que llegaron a la ciudad, el tema del soterrado de las canalizaciones Incas y Coloniales de la ciudad se

transformó en un tema de prioridad pública por el tema de la insalubridad, es por ello que entre inicios de siglo XX hasta 1940 se realizó la transformación de estos ríos y canalizaciones en avenidas, pero debajo de estas en algunos casos existe todavía los vestigios de estas estructuras y canalizaciones (Campana, 2016).

2.2.1.2. Características de los Sistemas de Alcantarillado

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica, por gravedad. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío. Normalmente están constituidas por canales de sección circular, oval o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas. (Balairon Perez, 2007)

Desde mediados del siglo XX empezaron a construirse redes separativas, tras la aparición de los primeros sistemas de depuración, y con base en los siguientes argumentos:

- La separación reduce los costes de depuración y simplifica los procesos, puesto que el caudal tratado es menor y, lo que es incluso más importante, más constante.
- La separación reduce la carga contaminante vertida al medio receptor por los episodios de rebosamiento del alcantarillado unitario.

Siendo correctos los argumentos anteriores, existen también una serie de inconvenientes del alcantarillado separativo que desde finales de los años 1990 están reduciendo su uso, incluso en redes de nueva implantación (la separación de redes unitarias existentes pronto se vio como económica y técnicamente inviable).

Por estas razones surgen los siguientes criterios:

- Debe existir un estricto control de vertidos para evitar que se acometan caudales residuales a la red de pluviales (que irían directamente al medio natural sin depurar) y viceversa. Esto redundaría en una explotación más compleja y costosa de la red.
- El coste de instalación es, evidentemente, muy superior, en un rango de entre 1,5 y 2 veces la red unitaria equivalente.
- Las aguas pluviales urbanas no son aguas limpias, si no que están fuertemente polucionadas, por lo que su vertido directo al cauce puede generar una contaminación apreciable.

- La separación completa implica redes interiores separativas en los edificios, con duplicación de las bajantes.
- La red de residuales de una red separativa no se beneficia de la autolimpieza de los conductos en tiempo de lluvia, por lo que puede llegar a ser necesaria la descarga de caudales de agua limpia por la red, anulando sus ventajas de ahorro y eficiencia.

2.2.1.3. Importancia del Sistema de Alcantarillado

Según refiere la (Comisión Nacional del Agua, 2007), en la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés. Además, el hombre requiere deshacerse de las aguas que han servido para su aseo y consumo. Para abastecer de agua a las poblaciones, se cuentan con tecnologías para la captación, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua mediante complicados sistemas de conducción y obras complementarias. Sin embargo, una vez que las aguas procedentes del abastecimiento son empleadas en las múltiples actividades humanas, son contaminadas con desechos orgánicos, inorgánicos y bacterias patógenas. Después de cierto tiempo, la materia orgánica contenida en el agua se descompone y produce gases con olor desagradable., además, las bacterias existentes en el agua causan enfermedades. La disposición o eliminación de las aguas de desecho o residuales debe ser atendida convenientemente para evitar problemas de tipo sanitario (Comisión Nacional del Agua, 2007). Por otra parte, la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros modifican el entorno natural, teniendo como consecuencia la creación de Superficies Impermeables (que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y esto sumado a la eliminación de los cauces naturales (que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales (Comisión Nacional del Agua, 2007). Así, la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Por ello, las conducciones artificiales para evacuar el agua son diseñadas con mayor capacidad que la que tienen las corrientes naturales existentes (Comisión Nacional del Agua, 2007).

La red de alcantarillado según (Balairon Perez, 2007) se considera un servicio básico, sin embargo, la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera importantes problemas sanitarios.

Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Actualmente las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones en la mayoría de las naciones.

2.2.1.4. Tipos de Sistema de Alcantarillado

2.2.1.4.1. Alcantarillado Combinado

Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración.

2.2.1.4.2. Alcantarillado Separativo

Las que constan de dos canalizaciones totalmente independientes; una para transportar las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hasta la estación depuradora; y otra para conducir las aguas pluviales hasta el medio receptor.

✚ **Alcantarillado Sanitario.** - Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias.

Componentes. Los componentes de una red de alcantarillado sanitario son:

- ✓ Colectores terciarios: Son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm de diámetro interno, que pueden estar colocados debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias;
- ✓ Colectores secundarios: Son las tuberías que recogen las aguas del terciario y los conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, en las vías públicas.
- ✓ Colectores principales: Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.
- ✓ Pozos de inspección: Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.
- ✓ Conexiones domiciliarias: Son pequeñas cámaras, de hormigón, ladrillo o plástico que conectan el alcantarillado privado, interior a la propiedad, con el público, en las vías.

- ✓ Estaciones de bombeo: Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para funcionar correctamente las tuberías deben tener una cierta pendiente, calculada para garantizar al agua una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados.
- ✓ Líneas de impulsión: Tubería en presión que se inicia en una estación de bombeo y se concluye en otro colector o en la estación de tratamiento.
- ✓ Estación de tratamiento de las aguas usadas o Estación Depuradora de Aguas Residuales: Existen varios tipos de estaciones de tratamiento, que por la calidad del agua a la salida de la misma se clasifican en: estaciones de tratamiento primario, secundario o terciario.
- ✓ Vertido final de las aguas tratadas: el vertido final del agua tratada puede ser: Llevada a un río o arroyo, Vertida al mar en proximidad de la costa, Vertida al mar mediante un emisario submarino, llevándola a varias centenas de metros de la costa, Reutilizada para riego y otros menesteres apropiados.

 **Alcantarillado Pluvial.** - Es el sistema que capta y conduce la escorrentía de una tormenta a través de una ciudad para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales.

Componentes. Los componentes de una red de alcantarillado pluvial son:

- ✓ Cunetas: Las cunetas recogen y concentran las aguas pluviales de las vías y de los terrenos colindantes.
- ✓ Bocas de tormenta (imbornales o tragantes): Son estructuras verticales que permiten la entrada del agua de lluvia a los colectores, reteniendo parte importante del material sólido transportado.
- ✓ Colectores secundarios: Son las tuberías que recogen las aguas de lluvia desde las bocas de tormenta (imbornales o tragantes) y las conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, bajo las vías públicas.
- ✓ Colectores principales: Son tuberías de gran diámetro, conductos de sección rectangular o canales abiertos, situados generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.
- ✓ Pozos de inspección (de registro, cámaras de inspección): Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.

- ✓ Arcas de expansión o pozos de tormentas: Estas estructuras se utilizan en ciertos casos, donde es necesario laminar las avenidas producidas, generalmente, por grandes tormentas, allí donde no son raras.
- ✓ Vertido final de las aguas de lluvia: Son estructuras destinadas a evitar la erosión en los puntos en que las aguas de lluvia recogidas se vierten en cauces naturales de ríos, arroyos o mares.

2.2.1.5. Modelamiento con el Software HEC-RAS

HEC-RAS (desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables (US Army Corps of Engineers, 2018).

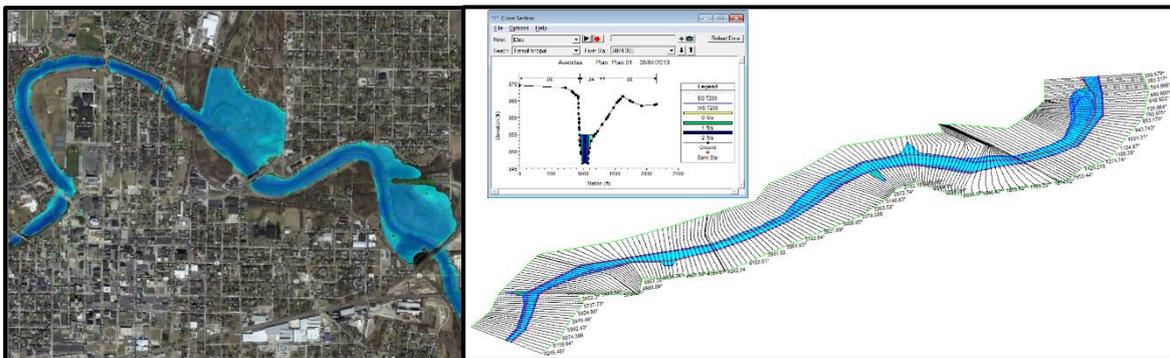


Figura 10. Ejemplo de modelamiento de un río. Tulumayo.
Fuente: (US Army Corps of Engineers, 2018)

El software HEC-RAS (), es un software gratuito, por lo tanto, su uso se ha generalizado y se encuentra en un proceso constante de actualización al introducir continuas mejoras.

2.2.2. Evacuación Pluvial

2.2.2.1. Distribución del Agua en la Naturaleza

Según define (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006) la mayor parte del agua que existe en la naturaleza, el 97.5%, es agua salada almacenada en los océanos y algunos lagos. Solo el 2.5% restante es el agua dulce que se encuentra almacenada de la siguiente manera:

- Glaciares y casquetes polares 68.700%
- Aguas subterráneas dulces 30.100%
- Lagos de agua dulce 0.260%
- Ríos 0.006%
- Biomasa 0.003%
- Vapor en la atmosfera 0.040%
- Ciénagas y suelo 0.891%

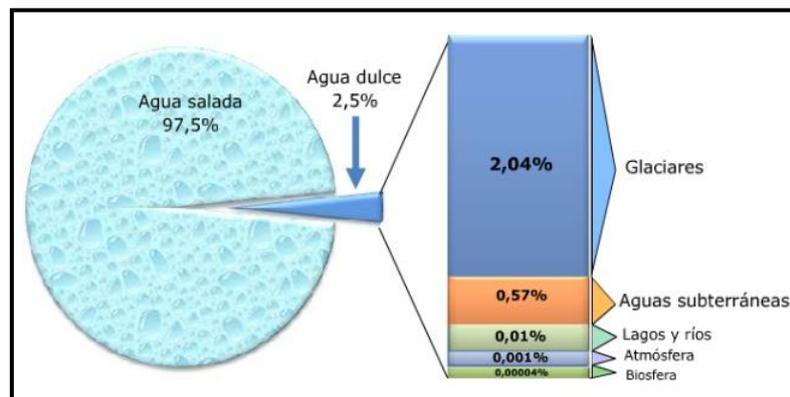


Figura 11. El agua en la hidrosfera.

Fuente: (Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, 2006).

2.2.2.2. Ciclo Hidrológico

Según (Ledesma Jimeno, 2011) el ciclo hidrológico es un proceso natural ocasionado por la evaporación del agua del mar que llega a la atmosfera y es arrastrada hacia el continente por el viento, ocasionando la nubosidad y las precipitaciones. Después el agua es devuelta al océano por canales de superficie y subterráneos.

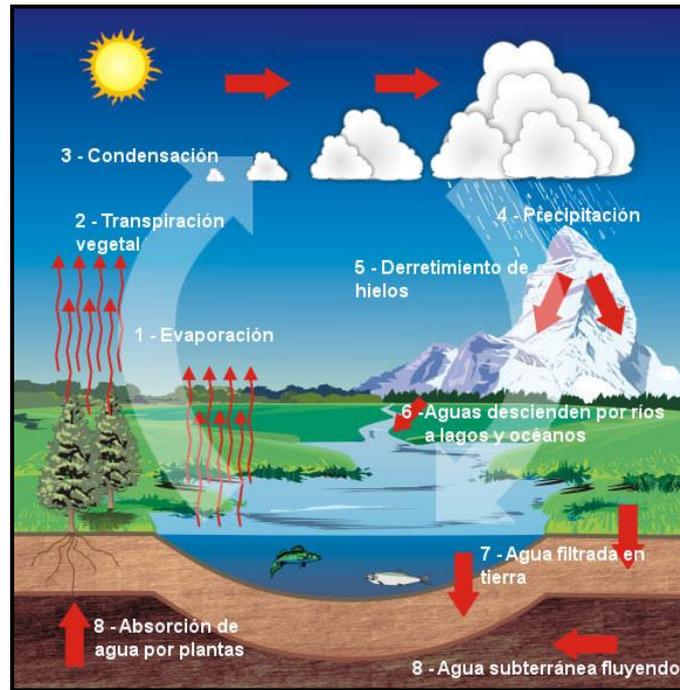


Figura 12. EL ciclo Hidrológico.
Fuente: (Barrichelo, 2016).

Todas las fases del ciclo ocurren simultáneamente, pero supongamos que comienza al evaporarse el agua de mar al ser calentada por el sol. El vapor que entra en la atmósfera se condensa a cierto nivel formando nubes de diminutas gotitas. Después las gotitas aumentan de tamaño y llega un momento que dejan de flotar en el aire y caen al suelo. Parte de la precipitación se produce sobre el mar y parte sobre la tierra, una porción de la cual es devuelta a la atmósfera por evaporación y transpiración vegetal. Hay otra porción que constituye la escorrentía que se desliza por las laderas volviendo al mar a través de arroyos y ríos se estanca en los lagos, lagunas y humedales o en parte se evapora. Parte de la precipitación se infiltra en el subsuelo y es devuelta al océano por canales intermedios, mientras otra parte es almacenada profundamente constituyendo el caudal base que constituye la reserva de agua a la que hay que añadir la de los polos y glaciares.

El ciclo hidrológico es muy complejo y para largos periodos de tiempo, pues la precipitación es muy irregular ya que depende de muchos factores. Los mecanismos fundamentales son la evaporación, la condensación y la precipitación. La diferencia entre condensación y precipitación es el tamaño de las gotas de agua, pues mientras en la condensación las gotitas que forman la nube tienen un radio medio de 20 micrones y están suspendidas en el aire, en la precipitación su radio es 50 veces mayor. (Ledesma Jimeno, 2011).

2.2.2.3. Hidrología

La hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas, físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo los seres vivos. (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

2.2.2.3.1. Importancia de la Hidrología

Según (Villón Béjar, Hidrología, 2002) la hidrología proporciona al ingeniero o hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño, la planeación y la operación de estructuras hidráulicas. Entre estos problemas se puede mencionar:

- Determinar si el volumen aportado por una cierta corriente es suficiente para:
 - El abastecimiento de agua potable a una población.
 - El abastecimiento de agua potable a una industria.
 - Satisfacer la demanda de un proyecto de irrigación.
 - Satisfacer la demanda de un proyecto de generación de energía eléctrica.
 - Permitir la navegación.

- Definir la capacidad de diseño de obras como:
 - Alcantarillas.
 - Puentes.
 - Estructuras para el control de avenidas.
 - Presas.
 - Vertederos.
 - Sistemas de drenaje: Agrícola, poblaciones, carreteras, aeropuertos.

Estos diseños requieren del análisis hidrológico cuantitativo para la selección del evento de diseño necesario.

El objetivo de la hidrología aplicada es la determinación de esos eventos. Los resultados son normalmente solo estimaciones, en muchos casos, con aproximaciones limitadas.

2.2.2.3.2. Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único

lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. También recibe los nombres de hoya hidrográfica, cuenca de drenaje y cuenca imbrifera. Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la primera se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas. (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología Aplicada, 1994).

✚ Características Geomorfológicas de la cuenca

Área de la cuenca. (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

- Muy pequeña $A < 25 \text{ km}^2$
- Pequeña $25 < A < 250 \text{ km}^2$
- Intermedia pequeña $250 < A < 500 \text{ km}^2$
- Intermedia grande $500 < A < 2500 \text{ km}^2$
- Grande $2500 < A < 5000 \text{ km}^2$
- Muy grande $A > 5000 \text{ km}^2$

La pendiente de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Esta característica controla el tiempo de flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas.

Cobertura vegetal y uso y tipo de suelo (edafología).

✚ Características Geomorfológicas del Cauce

Según (Villón Béjar, Hidrología, 2002):

- a) **Cauce principal:** Es la corriente que pasa por la salida de la cuenca y es la de mayor orden.
- b) **Longitud:** Distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba, donde corta la línea de contorno de la cuenca.
- c) **PENDIENTE:** Es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca ante una tormenta. La pendiente varía a lo largo del cauce, por lo que es necesario definir una pendiente media.

Existen varios métodos para obtener la pendiente:

- **Método Pendiente Uniforme:** Este método considera la pendiente como la relación entre el desnivel que hay entre los extremos del cauce y la proyección horizontal de su longitud, es decir:

$$S = H/L$$

Ecuación 1. Método pendiente uniforme
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

Donde:

- S = Pendiente
- H = Diferencia de cotas entre los extremos del cauce
- L = Longitud del cauce

- **Método por la ecuación de Taylor y Schwarz:**

Este método considera que el cauce está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme.

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Ecuación 2. Ecuación de Taylor y Schwarz para longitudes iguales.

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

Donde:

- n = Número de tramos iguales.
- S₁, S₂, ..., S_n = Pendiente de cada tramo, según S=H/L
- S = Pendiente media del cauce.

Para tramos de diferentes longitudes se recomienda utilizar la siguiente ecuación:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i^{1/2}}} \right]^2$$

Ecuación 3. Ecuación de Taylor y Schwarz para longitudes diferentes.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

Donde:

- S = Pendiente media del cauce
- Li = Longitud del tramo
- Si = Pendiente del tramo

2.2.2.4. Aguas Pluviales

La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, 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. (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

Formas de precipitación

- **Llovizna:** Son pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caída muy bajas.
- **Lluvia:** Son gotas de aguas con diámetro mayor a 0.5 mm.
- **Escarcha:** Es una capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire.
- **Nieve:** Está compuesta de cristales de hielo blanco translúcido, principalmente de forma compleja.
- **Granizo:** Es una precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricos, cónicos o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 y 125 mm.

Clasificación de la precipitación:

✓ Precipitación de convección

Según (Villón Béjar, Hidrología, 2002) la precipitación convectiva está ejemplificada por las tormentas tropicales. Las masas de aire cercanas a la superficie de la tierra absorben calor durante el día, se dilatan y toman cantidades crecientes de vapor de agua con un peso específico relativo, cercano a 0.6 en relación al aire seco. La masa de aire se vuelve más ligera; se inducen corrientes verticales, casi exclusivamente, y arrastran la masa a altitudes mayores, donde se expone a un medio circundante más frío y se expande bajo presión mayor. Por enfriamiento tanto externo como dinámico, el vapor de agua se condensa y a continuación se produce la precipitación.

✓ Precipitación orográfica

Se producen cuando el vapor de aguas que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia cadenas de colinas o montañas, aquí las nubes siguen por laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.

✓ Precipitación ciclónica

Se producen 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, estas asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

Medición de la precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de aguas (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de aguas, indica la altura que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos. (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

✓ Pluviómetro

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa. Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta decimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con el cual se toma la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.

✓ Pluviógrafo

Es un instrumento, que registra de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de precipitación. Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre el papel registrador, montado en un sistema de reloj. Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El gráfico resultante toma el nombre de pluviograma.

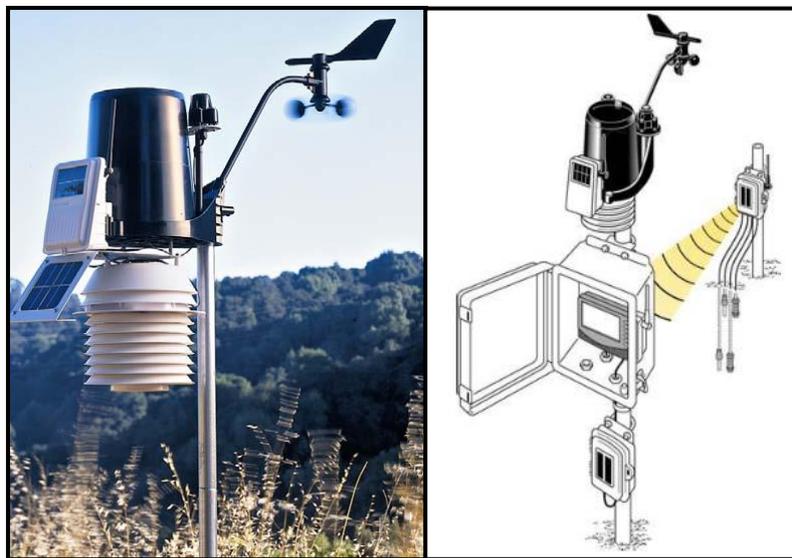


Figura 13. Equipo de Estación Agro meteorológico.
Fuente: (Davis Instruments, 2018).

Procedimiento del cálculo de sumideros:

- a) Zonificación según el área de influencia de los sumideros.
- b) Cálculo de las características hidráulicas: área, longitud y pendiente.
- c) Calculo del tiempo de concentración.
- d) Calculo del caudal por el método Racional.
- e) Calculo del tirante sobre el umbral:

$$Q = 1.84 * L * h^{3/2}$$

Ecuación 4. Ecuación de Francis.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

Fórmula de Francis:

Donde:

- Q = Caudal que ingresa al sumidero.
 - L = Longitud de entrada.
 - H = Tirante sobre el umbral.
 - C = Coeficiente de Descarga.
 - C = 1.84 en el caso de cresta aguda
 - C = 2.0 para el caso de perfil Creager.
- f) Calculo del área efectiva:

Fórmula de Torricelli:

$$Q = Cd * A * \sqrt{2gh}$$

Ecuación 5. Ecuación de Torricelli.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

Donde:

- Q = Caudal que ingresa al canal.
- Cd = Coeficiente de velocidad.
- A = Área efectiva.
- g = Gravedad
- h = Tirante sobre el umbral.

2.2.2.5. Estudio de la 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.

Elementos del Análisis de las Tormentas:

Según (Villón Béjar, Hidrología, 2002)

► 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, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. De acuerdo a esto intensidad se expresa así:

$$I_{max} = P/t$$

Ecuación 6. Ecuación de Intensidad.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

- I_{max} = Intensidad máxima (mm/hora)
 - P = Precipitación en altura de agua (mm)
 - T = Tiempo (hora)
-
- ##### ► La duración
- Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el período de duración, que es un determinado período de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas
-
- ##### ► La frecuencia
- Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

► Periodo de retorno

Intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud x , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia.

$$T = 1/f$$

*Ecuación 7. Ecuación del Periodo de Retorno.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).*

Donde:

- T = Periodo de retorno
- f = Frecuencia

► Tiempo de concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración t_c . El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes sólo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área. (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda)

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$T_c = T_o + T_f$$

*Ecuación 8. Ecuación del Tiempo de Concentración.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).*

Donde:

- T_o = Tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla

▪ Tf = Tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés = $\sum Li/Vi$

Las ecuaciones para calcular el tiempo de concentración se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

Fuente: (Manual de Carreteras Hidrología, 2012)

Tabla 2. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

Izzard (1946)	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c).L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.</p>	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800 .
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

Fuente: (Manual de Carreteras Hidrología, 2012)

Tabla 3. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

<p>Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965)</p> <p>Aron y Erborge (1973)</p>	$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{I^{0.4}.S^{0.3}}$ <p>L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h. S = pendiente promedio del terreno-m/m.</p>	<p>Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c.</p>
<p>Ecuación de retardo SCS (1973)</p>	$t_c = \frac{0.0136.L^{0.8}\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ <p>L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	<p>Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que t_c = 1.67 x retardo de la cuenca.</p>

Fuente: (Manual de Carreteras Hidrología, 2012)

Tabla 4. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, I_a = 0.2s)

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena ²	25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencia ³ :				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁶	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente: (Manual de Carreteras Hidrología, 2012).

2.2.2.6. Cálculo del coeficiente de escorrentía

Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente. (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda)

Tabla 5. Coeficiente de Escorrentía Promedio Para Áreas Urbanas según Manual de Carreteras.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: (Manual de Carreteras Hidrología, 2012)

Tabla 6. *Coefficiente de Escorrentía según Aparicio Mijares, Francisco.*

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: (Aparicio Mijares, 1999).

2.2.2.6.1. Esguerrimiento

Es 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. (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

2.2.2.6.2. Clasificación

■ A. Esguerrimiento superficial (Q)

Es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que esgurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el esgurrimento total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine.

■ B. Esguerrimiento sub superficial (Qs)

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

► C. Esguerrimiento subterráneo

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

2.2.2.6.3. Caudales máximos

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. (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

2.2.2.7. 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, realizó una conferencia internacional, en conmemoración del Centenario de la Fórmula Racional. El método puede ser aplicado en pequeñas cuencas de drenaje, aproximadamente si no exceden a 1300 has o 13 km².

En el método racional, se supone 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. Si la duración es mayor que el “ t_c ” contribuye asimismo a toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de la lluvia es menor, por ser mayor la duración y por tanto también es menor el caudal.

Si la duración de la lluvia es menor que el t_c la intensidad de la lluvia es mayor, pero en el momento en el que acaba la lluvia, el agua caída en los puntos más alejados aún no ha llegado a su salida; solo contribuye una parte de la cuenca a la escorrentía, por lo que el caudal será menor. (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

El caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, que representa la fórmula racional:

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

Ecuación 9. Ecuación del Método Racional.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

▪ Q = Caudal máximo (m³/s)

- C = Coeficiente de escorrentía, que depende de la obertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo.
- I = Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un periodo de retorno dado (mm/hr).
- A = Área de la cuenca (has).

El coeficiente 1/360 corresponde a la transformación de unidades.

Para el caso en que el área de la cuenca este expresado en km² la fórmula es:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Ecuación 10. Ecuación del Método Racional expresado en km².
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

2.2.2.8. Método Burkli Ziegler

La fórmula planteada por Burkli - Ziegler para el caudal máximo es:

$$Q = 0.022 \times C \times I \times A \times \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$$

Ecuación 11. Ecuación del Método Burkli Ziegler.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

- Q = Caudal máximo (m³/s).
- C = Variable que depende de la naturaleza de la superficie drenada o Factor de Escorrentía.
- I = Intensidad máxima de la lluvia (cm/hr).
- A = Área de drenaje (Ha).
- S = Pendiente media de la cuenca (% o m/km.).

Tabla 7. Valores para el coeficiente "C" para la fórmula de Burkli-Ziegler.

TIPO DE SUPERFICIE	C
Calles pavimentadas y barrios bastante edificados	0.750
Calles comunes de ciudades	0.625
Poblado con plaza y calles en grava	0.300
Campos deportivos	0.250

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

2.2.2.9. Método de Mac Math

La fórmula planteada Para el sistema métrico, es la siguiente:

$$Q = 0.0091 \times C \times I \times A^{4/5} \times S^{1/5}$$

Ecuación 12. Ecuación del Método Mac Math.

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Dónde:

- Q = Caudal máximo para un período de retorno (m³/s).
- C = Factor de escorrentía de Mac Math, represan las características de la cuenca.
- I = Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración t_c y un período de retorno en T años (mm/hr).
- A = Área de la cuenca en (has).
- S = Pendiente promedio de cauce principal (%).

De los parámetros que interviene en esta fórmula, sobre el que se tiene que incidir es sobre el factor C, el cual comprende de tres componentes, es decir:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Ecuación 13. Ecuación para el factor C.

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Dónde:

C1: está en función de la cobertura vegetal

C2: está en función de la textura del suelo

C3: está en función de la topografía del terreno

Tabla 8. Factor de Escorrentía de la fórmula de Mac Math.

Vegetación		Suelo		Topografía	
Cobertura (%)	C1	Textura	C2	Pendiente (%)	C3
100	0.08	Arenoso	0.08	0.0 – 0.2	0.04
80 – 100	0.12	Ligera	0.12	0.2 – 0.5	0.06
50 – 80	0.16	Media	0.16	0.5 – 2.0	0.06
20 – 50	0.22	Fina	0.22	2.0 – 5.0	0.10
0 – 20	0.30	Rocosa	0.30	5.0 – 10.0	0.15

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

$$Q = 0.001 * Ce * I * A^{0.58} * S^{0.42} (m3/seg)$$

Ecuación 14. Ecuación despejada del Método Mac Math.

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

- Q = Caudal en m3/seg.
- Ce = Factor de escorrentía de Mac Math
- A = Área drenaje en Ha.
- S = Pendiente media de la cuenca en m/km

2.2.2.10. Determinación de la intensidad de lluvia

La intensidad de precipitación está definida por:

$$i_{(t,T)} = \frac{P_{(t,T)}}{t}$$

Ecuación 15. Ecuación de la Intensidad de Precipitación.

Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Dónde:

- $i(t,T)$ = Intensidad de la precipitación, de duración y período de retorno.
- (t,T) = Profundidad de precipitación.

Este valor se determina a partir de la curva de intensidad- duración- período de (t) retorno, entrando con una duración igual al tiempo de concentración y con un período de retorno de 10 años, que es lo frecuente en terrenos. El período de retorno se elige dependiendo del tipo de estructura a diseñar (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

2.2.2.10.1. Métodos utilizados para la determinación de intensidades máximas de precipitación

■ A. Método Gumbel

Una familia importante de distribuciones usadas en el análisis de frecuencia hidrológico es la distribución general de valores extremos, la cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecientes y sequías (máximo y mínimo).

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Ecuación 16. Ecuación del Método Gumbel.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

Ecuación 17. Ecuación para el Parámetro de Concentración del M. Gumbel.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Ecuación 18. Ecuación para el Parámetro de Localización del M. Gumbel.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Dónde:

- α = Parámetros de concentración.
- β = Parámetros de localización.
- K = Factor de frecuencia, este depende del período de retorno.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma$$

Ecuación 19. Ecuación para el Valor de Probabilidad del M. Gumbel.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Dónde:

- x = Valor de una probabilidad dada.
- \bar{x} = Media de la serie.
- $k\sigma$ = Factor de frecuencia.

La variable aleatoria reducida de Log Gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Ecuación 20. Ecuación para el Variable Aleatoria del M. Gumbel.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Con lo cual, la función acumulada reducida log Gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

Ecuación 21. Ecuación para la Función Acumulada del M. Gumbel.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

El procedimiento para el método Gumbel se realiza de la siguiente manera.

- Se selecciona todas las precipitaciones máximas diarias (24h) y mensuales, se ordenan de forma ascendente.
- Se obtienen los parámetros estadísticos, tales como la media y la desviación estándar.
- Se ajusta a una distribución de probabilidades para el caso de Gumbel.

- Se obtienen los parámetros de la distribución.
- Se convertirán los datos de precipitaciones máximas de las series a intensidades máximas.
- Se realiza el cálculo de las intensidades máximas para cada período de retorno y duración.

■ B. Método de Log Pearson III

Foster desarrolló este método en el año 1924, el cual consiste principalmente en transformar los valores extremos X en sus correspondientes logaritmos, según se expresa en la ecuación (2) con la diferencia de que el valor de K no solo depende de T_r , sino que también de función del coeficiente de asimetría g , el cual indica que tan separados están los datos o valores de la distribución con respecto a la normal de Gauss.

La función de la densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \tau(\gamma)}$$

*Ecuación 22. Ecuación para el M. Log Pearson III.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).*

Valido para:

$$X_0 \leq X < \infty; -\infty < X < \infty; 0 < \beta < \infty; 0 \leq \gamma < \infty$$

Dónde:

- X_0 = Parámetros de posición.
- γ = Parámetros de forma.
- β = Parámetros de escala

■ C. Método IIIA

Según (Villón Béjar, Hidrología, 2002) Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con

el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años), es:

Para $3 \leq t \leq 24$ horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)t^{n-1}$$

Ecuación 23. Ecuación para el M. IILA para periodo de retorno: $3 \leq t \leq 24$.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Y la precipitación $P_{t,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + K \log T)t^n$$

Ecuación 24. Ecuación para la precipitación del M. IILA.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Para $t \leq 3$ horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1}$$

Ecuación 25. Ecuación para el M. IILA para periodo de retorno: $t \leq 3$.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

- I: Intensidad de la lluvia en (mm/h)
- A: Parámetros de intensidad (mm)
- K: Parámetros de intensidad (mm)
- N: Parámetros de duración (adimensional)
- T: Duración (hora)
- T: Tiempo de Retorno

Otra expresión que se utiliza es:

$$i_{t,T} = \frac{\epsilon_t}{t} (1 + K \log T)$$

Ecuación 26. Ecuación para la intensidad del M. IIIA.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Nuevamente ϵ_t y K son valores característicos de cada sub-región hidrológica.

Muchas veces ϵ_t es función de la altitud Y.

Tabla 9. Subdivisión del territorio en zonas y sub zonas pluviométricas y valores de los parámetros K_g y ϵ_g que definen la distribución de probabilidades de hg en cada punto.

ZONA	K'_g	Subzona	ϵ_g
123	$K'_g = 0,553$	123 ₁	$\epsilon_g = 85,0$
		123 ₂	$\epsilon_g = 75,0$
		123 ₃	$\epsilon_g = 100 - 0,022 Y$
		123 ₄	$\epsilon_g = 70 - 0,019 Y$
		123 ₅	$\epsilon_g = 24,0$
		123 ₆	$\epsilon_g = 30,5$
		123 ₇	$\epsilon_g = -2 + 0,006 Y$
		123 ₈	$\epsilon_g = 26,6$
		123 ₉	$\epsilon_g = 23,3$
		123 ₁₀	$\epsilon_g = 6 + 0,005 Y$
		123 ₁₁	$\epsilon_g = 1 + 0,005 Y$
		123 ₁₂	$\epsilon_g = 75,0$
		123 ₁₃	$\epsilon_g = 70$
4	$K'_g = 0,861$	4 ₁	$\epsilon_g = 20$
5a	$K'_g = 11 \cdot \epsilon_g^{-0,65}$	5a ₁	$\epsilon_g = -7,6 + 0,006 Y$ (Y>2300)
		5a ₂	$\epsilon_g = 32 - 0,177 D_c$
		5a ₃	$\epsilon_g = -13 + 0,010 Y$ (Y>2300)
		5a ₄	$\epsilon_g = 3,8 + 0,0053 Y$ (Y>1500)
		5a ₅	$\epsilon_g = -6 + 0,007 Y$ (Y>2300)
		5a ₆	$\epsilon_g = 1,4 + 0,0067$
		5a ₇	$\epsilon_g = -2 + 0,007 Y$ (Y>2000)
		5a ₈	$\epsilon_g = 24 + 0,0025 Y$
		5a ₉	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
		5a ₁₀	$\epsilon_g = 18,8 + 0,0028 Y$
		5a ₁₁	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5a ₁₂	$\epsilon_g = 19,0 + 0,005 Y$
		5a ₁₃	$\epsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5a ₁₄	$\epsilon_g = 4,0 + 0,010 Y$
5b	$K'_g = 130 \cdot \epsilon_g^{-1,4}$	5b ₁	$\epsilon_g = 4 + 0,010$ (Y>1000)
		5b ₂	$\epsilon_g = 41,0$
		5b ₃	$\epsilon_g = 23,0 + 0,143 Y$
		5b ₄	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5b ₅	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
6	$K'_g = 5,4 \cdot \epsilon_g^{-0,6}$	6 ₁	$\epsilon_g = 30 - 0,50 D_c$
9	$K'_g = 22,5 \cdot \epsilon_g^{-0,25}$	9 ₁	$\epsilon_g = 61,5$
		9 ₂	$\epsilon_g = -4,5 + 0,323 D_m$ (30XD _m x110)
		9 ₃	$\epsilon_g = 31 + 0,475(D_m - 110)$ (D _m x110)
10	$K'_g = 1,45$	10 ₁	$\epsilon_g = 12,5 + 0,95 D_m$

Y: Altitud en msnm.

D_c: Distancia a la cordillera en Km.

D_m: Distancia al mar en Km.

Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

Tabla 10. Valores de los parámetros a y n que junto con K , definen las curvas de probabilidad Pluviométrica en cada punto de las sub zonas.

SUB ZONA	ESTACION	Nº TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
123 ₁	321-385	2	0.357	32.2
123 ₃	384-787-805	3	0.405	$a = 37,85 - 0,0083 Y$
123 ₁₃	244-193	2	0.432	
123 ₅	850-903	2	0.353	9.2
123 ₆	840-913-918 958	4	0.380	11.0
123 ₈	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0.232	14.0
123 ₉	769	1	0.242	12.1
123 ₁₀	446-557-594 653-672-696 708-711-712 715-717-724 757-773	14	0.254	$a = 3,01 + 0,0025 Y$
123 ₁₁	508-667-719 750-771	5	0.286	$a = 0,46 + 0,0023 Y$
5a ₂	935-968	2	0.301	$a = 14,1 - 0,078 D_c$
5a ₅	559	1	0.303	$a = -2,6 + 0,0031 Y$
5a ₁₀	248	1	0.434	$a = 5,80 + 0,0009 Y$

Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

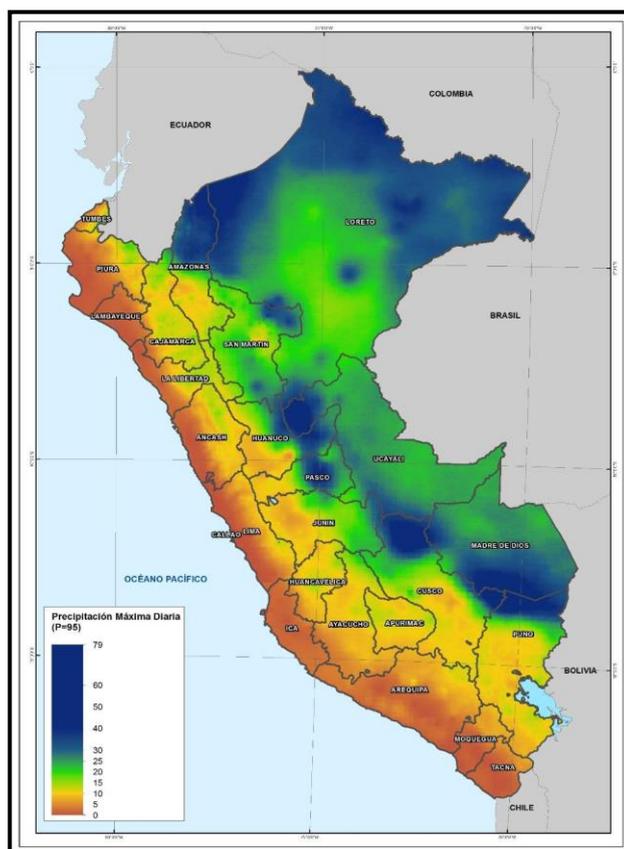


Figura 14. Mapa de Precipitación Máxima Diaria considerando una probabilidad de 95% (1970-2015). Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

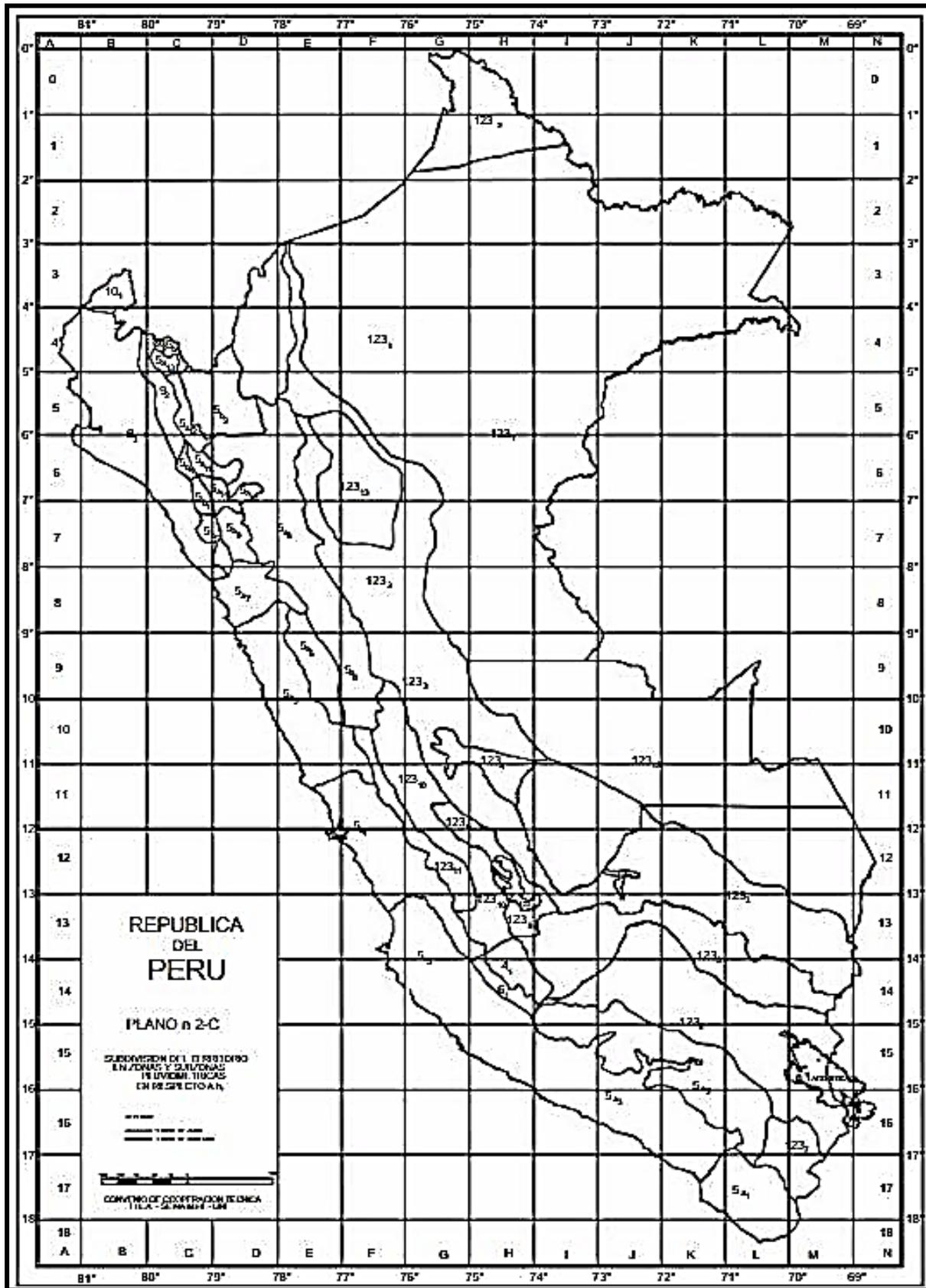


Figura 15. Plano (n-2-C) de Zonificación Método Iila – Senamhi 1983.
Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

2.2.2.10.2. Precipitación neta mediante el método del S.C.S.

El exceso de precipitación neta o precipitación efectiva (Pe), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo.

Tabla 11. Valor inicial del Umbral de escorrentía Po (mm).

Uso de suelo	[1]	Pen- diente (%)	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Tejido urbano continuo			1	1	1	1
Tejido urbano discontinuo, urbanizaciones, aeropuertos			24	14	8	6
Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
Granjas agrícolas			24	14	8	6
Zonas industriales			12	7	5	4
Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
Autopistas, Redes viarias, ferroviarias			1	1	1	1
Complejos ferroviarios			12	7	5	4
Zonas de extracción minera			16	9	6	5
Escombreras y vertederos			20	11	8	6
Zonas de construcción			24	14	8	6
Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
Instalaciones deportivas y recreativas, campos de golf			79	32	18	13
Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
	N		32	19	12	10
	R/N	< 3	34	21	14	12
Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
	N		25	16	11	8
	R/N	< 3	29	19	14	11
Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
		< 3	20	14	11	8
Terrenos regados permanentemente , cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
	N		42	23	14	11
	R/N	< 3	47	25	16	13
Arrozales			47	25	16	13
Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
		< 3	75	34	19	14
Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
		< 3	75	34	19	14
Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
		< 3	95	42	22	15
Olivares		≥ 3	62	28	15	10
		< 3	75	34	19	14
Prados y praderas, prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
		< 3	120	55	22	14
Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
		< 3	58	25	12	7
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
		< 3	66	29	15	10
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
		< 3	106	48	22	15
Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
	N		28	17	11	8
	R/N	< 3	30	19	13	10
Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
		< 3	75	34	19	14

Fuente: (Sánchez San Román , 2017).

Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano.

Las gráficas de exceso de precipitación vs el tiempo o histograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el histograma de lluvia total y el histograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de interceptación y almacenamiento superficial (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

El histograma de exceso de precipitación puede calcularse a partir del histograma de precipitación en una o dos formas, dependiendo de si existe o no información de caudales disponibles para la tormenta.

Procedimiento de Calculo

- 1) **Cálculo del umbral de escorrentía:** P_o . (o “abstracción inicial”). Se obtiene de la siguiente tabla, que está agrupando varios usos del suelo con valor idénticos y eliminando algunos muy pocos usuales (ver Tabla 10).
- 2) A partir de los datos de precipitación (P), se calcula la precipitación acumulada (ΣP), como se indica en la tabla adjunta:

Tabla 12. Modelo de Tabla para determinar P_n .

horas	P	ΣP	ΣP_n	P_n
1	11	11		
2	8	19		
3	40	59		
4	34	93		
5	13	106		
6	27	133		
7	3	136		
8	6	142		

Fuente: (Sánchez San Román , 2017).

- 3) Si ΣP_n es menor que la abstracción inicial, la **Precipitación neta (P_n)** es 0. Si la precipitación total caída hasta el momento (ΣP_n) supera la abstracción inicial, aplicaremos la fórmula siguiente a la precipitación acumulada, para lo que reescribimos dicha fórmula así:

$$P_n = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4P_0}$$

Ecuación 27. Ecuación para la Precipitación Neta.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

P : Precipitación total Registrada

P_n : Precipitación Neta

P₀ : Abstracción inicial o umbral de escorrentía

- 4) Calculada la precipitación neta acumulada ($\sum P_n$), hay que des acumular esos datos en la última columna, simplemente restando cada valor de la columna $\sum P_n$ del anterior.

2.2.2.11. Hidráulica

Es una rama de la mecánica de fluidos y ampliamente presente en la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

2.2.2.12. Estudio Hidráulico

El flujo con superficie libre probablemente es el fenómeno del flujo que con más frecuencia se produce en la superficie de la tierra. Las corrientes de los ríos y las corrientes de agua de lluvia son ejemplos que suceden en la naturaleza.

Las situaciones provocadas por los seres humanos incluyen flujos en canales y alcantarillas, escurrimientos sobre materiales impermeables. En todas estas situaciones, el flujo se caracteriza por un interfaz entre el aire y la capa superior del agua la cual se llama Superficie Libre. En esta superficie libre, la presión es constante, y en casi todas las situaciones, esta es la presión Atmosférica. En la práctica de la ingeniería, el fluido que la mayoría de los canales abiertos conduce es agua. (Dueñas Y Mayhuire, 2015)

2.2.2.13. Flujo en canales abiertos

El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujo son similares en muchos aspectos pero se diferencian en un aspecto importante. El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica. El flujo en tubería. Al estar confinado en un conducto cerrado, no está sometido a la presión atmosférica de manera directa, sino solo a la presión hidráulica. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

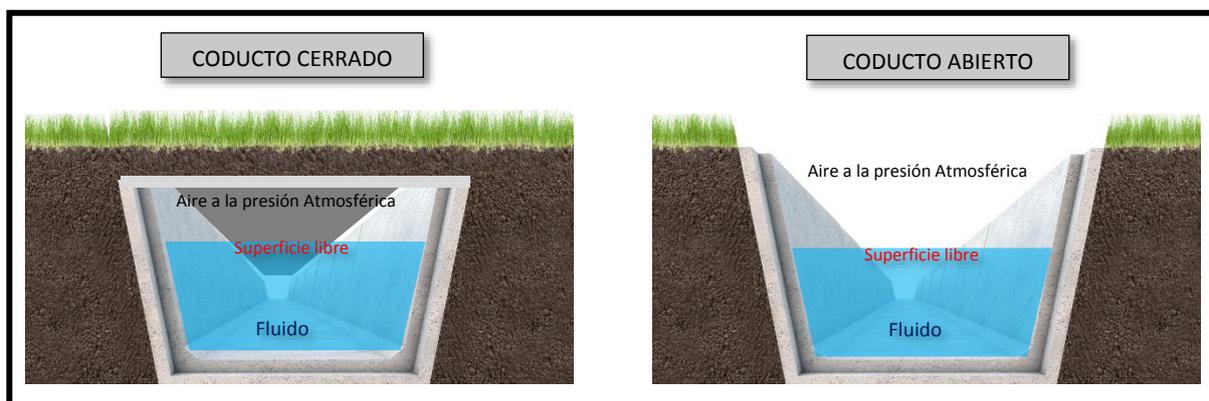


Figura 16. Flujo en conductos.

2.2.2.13.1. Secciones abiertas

Sección Trapezoidal: Se usa en canales de tierra debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad, en canales revestidos.

Sección Rectangular: Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos con materiales estables, acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.

Sección Triangular: Se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidas, como alcantarillados de las carreteras.

Sección Parabólica: Se emplea en algunas ocasiones para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales bajo tierra.

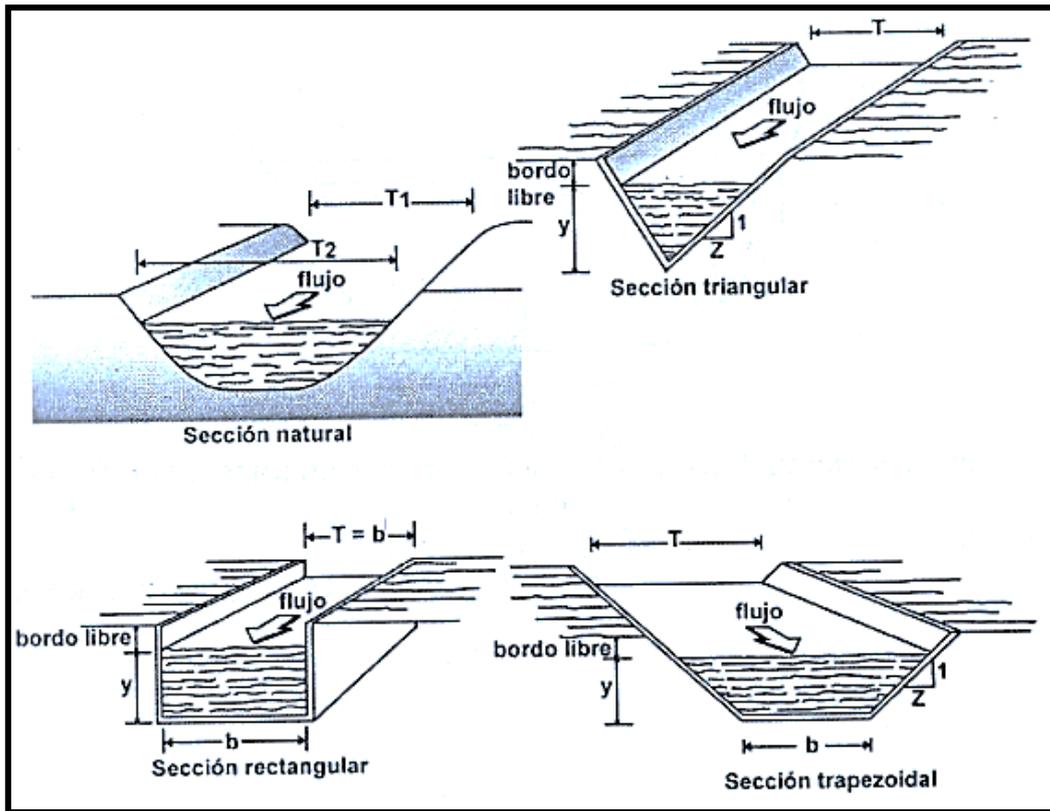


Figura 17. Secciones Transversales Abiertas más Frecuentes.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007)

2.2.2.13.2. Secciones cerradas

Sección Circular: El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaño pequeño y mediano.

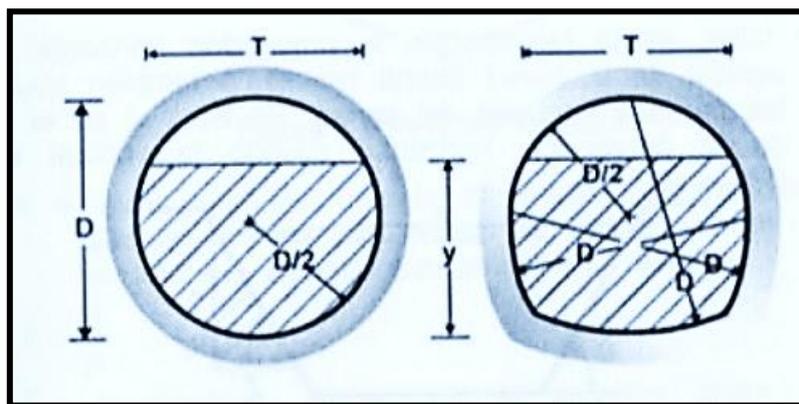


Figura 18. Secciones Transversales Cerradas.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007)

2.2.2.13.3. Consideraciones para el diseño de canales

- **Caudal (Q)**

El cálculo del caudal de diseño se efectúa tomando en cuenta las consideraciones hidrológicas, por lo que se busca encontrar dimensiones del canal, para conducir el caudal.

- **Velocidad media de los canales (V)**

La velocidad media se puede calcular usando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Ecuación 28. Ecuación para la Velocidad Media de los canales.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Dónde:

- V = Velocidad media (m/seg).
- R = Radio hidráulico en (m).
- S = Pendiente (m/m).
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional).

Las velocidades en los canales varían en un ámbito cuyos límites son la velocidad mínima que no produzca depósitos de materiales sólidos en suspensión (sedimentación); y la máxima que no produzca erosión en las paredes y el fondo del canal, las velocidades superiores a los valores máximos permisibles, modifican y crean dificultades en el funcionamiento de las estructuras del canal. A la inversa la sedimentación debido a las velocidades muy bajas, provoca problemas por embaucamiento y disminución de la capacidad de conducción y origina mayores gastos de conservación.

- **Pendiente admisible (S)**

La pendiente en general, debe ser la máxima que permita dominar la mayor superficie posible del área de drenaje y que, a su vez de valores para la velocidad que no causen erosión de las paredes y base del canal ni permita el depósito de sedimentos.

- **Ancho de solera (A.S.)**

Resulta muy útil para cálculos posteriores fijar de antemano un valor para el ancho de solera, base o plantilla con lo cual se pueden manejar con facilidad las fórmulas para calcular el tirante. Para canales pequeños, el ancho estará en función del ancho de la pala de la maquinaria disponible para su construcción.

- **Borde libre**

En la determinación de la sección transversal de los canales resulta siempre necesario dejar cierto desnivel entre la superficie libre para el tirante normal y la corona de los bordos, como margen de seguridad, a fin de absorber los desniveles extraordinarios, que pueda presentarse por encima del caudal de diseño de canal.

$$B. L. = H - y$$

Ecuación 29. Ecuación para el Borde Libre.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

Donde:

- B.L. = Borde libre (m)
- H = Altura total (m)
- y = Tirante (m)

En canales revestidos es dejar un borde libre igual a un quinto del tirante, es decir:

$$B. L. = y/5$$

Ecuación 30. Ecuación para el Borde Libre en canales revestidos.
Fuente: (Villón Béjar, Hidrología, 2002).

- **Rugosidad**

Según (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994) Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseñan canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de

rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad.

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados. La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo, no dejan de ser una referencia para el diseño:

Tabla 13. *Valores de Rugosidad “N” de Manning.*

n	SUPERFICIE
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal. concreto frotachado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo.
0.035	Canales naturales con abundante vegetación y piedras esparcidas en el fondo.
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras.

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

2.2.2.13.4. Clasificación del flujo de canales abierto

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio de parámetros profundidad, velocidad, área etc. del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

La clasificación del flujo en canales abiertos se resume de la siguiente manera:

- Flujo Permanente
 1. Flujo Uniforme.
 2. Flujo Variado.
 - a. Flujo gradualmente variado.
 - b. Flujo rápidamente variado.

- Flujo no permanente
 1. Flujo uniforme no permanente (raro).
 2. Flujo variado no permanente.
 - a. Flujo gradualmente variado no permanente.
 - b. Flujo rápidamente variado no permanente.

2.2.2.13.5. Cálculo de caudales en canales

Todas las fórmulas utilizadas para el diseño de caudales tienen como origen la fórmula de Chezy. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

Esta ecuación fue obtenida en 1775, la cual no pudo ser utilizada por la dificultad de obtener un valor confiable del coeficiente C, fue obtenida originalmente para su aplicación en canales y su validez se restringe al flujo uniforme.

$$V = C * \sqrt{R * S}$$

Ecuación 31. Ecuación para la Velocidad Media en flujo uniforme.
Fuente: (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

Donde:

- V = Velocidad media (m/seg).
 - C = Coeficiente de Chezy que depende de las características de escurrimiento y de la naturaleza de las paredes del canal.
 - R = Radio hidráulico en (m).
 - S = Pendiente (m/m).
- **Fórmula de Ganguillet- Kutter**

En 1869, Ganguillet y Kutter, ingenieros suizos, realizaron una investigación compleja de todos los experimentos disponibles sobre conductos abiertos, como resultado de estos estudios dedujeron una fórmula empírica para calcular el coeficiente de resistencia “C” en la fórmula de Chezy.

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left[23 + \frac{0.00155}{S} \right] \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Ecuación 32. Ecuación de Ganguillet - Kutter.
Fuente: (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

Donde:

- C = Coeficiente de Ganguillet-Kutter a usarse en la fórmula de Chezy
- S = Pendiente
- n = Coeficiente de rugosidad de Kutter

- **Fórmula de Bazin**

Esta fórmula fue establecida por Bazin en 1897:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{G}{\sqrt{R}}}$$

Ecuación 33. Ecuación de Bazin.
Fuente: (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

Donde:

- C = Coeficiente a usarse en la fórmula de Chezy
- R = Radio hidráulico
- G = Coeficiente de rugosidad de Bazin

- **Ecuación de Manning**

En 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning presenta una ecuación para determinar el valor de “C”, en función del radio hidráulico y la rugosidad del material que se construye el canal.

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Ecuación 34. Ecuación para el valor C - Manning.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007).

Sustituyendo el valor de “C” de Manning en la ecuación de Chezy para calcular la velocidad se tiene:

$$V = C * \sqrt{R * S}$$

Ecuación 35. Ecuación para la Velocidad Media – Ecu. Chezy- Manning.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007).

Sustituyendo:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Ecuación 36. Ecuación para la Velocidad Media - Manning.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007).

Donde:

- V = Velocidad media del agua en canales con régimen uniforme (m/seg.)
- N = Coeficiente de rugosidad de Manning
- R = Radio hidráulico (m).
- S = Pendiente de la línea de energía, que corresponde a la del fondo por estar en régimen uniforme (m/m)

Tabla 14. Valores de “N” dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Ganguillet-Kutter y de Manning.

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buonas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería 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 duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<i>Acueductos de tablón:</i>				
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
Acueducto semicirculares metálicos corrugados	0.0225	0.025	0.0275	0.030
<i>Canales y zanjas:</i>				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	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 ^h	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordes de tierra enhierrbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035
<i>Corrientes naturales:</i>				
(1) Limpios, bordes 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, cauce enhierrbado o con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy enyerbadas.	0.075	0.100	0.125	0.150

Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007)

El cálculo del gasto en el diseño de canales, para este tipo de régimen, puede plantearse la ecuación de continuidad y la ecuación de Manning.

$$Q = V * A$$

Ecuación 37. Ecuación de Continuidad - Manning.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007).

Sustituyendo el valor de la V en la ecuación anterior, tenemos la Ecuación 35.

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

Ecuación 38. Ecuación para el Caudal - Manning.
Fuente: (Villón Béjar, Hidráulica de Canales, 2007).

Ecuación general para el diseño hidráulico de canales en el sistema métrico, dónde:

- Q = Gasto en m³/seg
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning
- S = Pendiente hidráulica del canal
- A = Área hidráulica del canal en m²
- R = Radio hidráulico en m

2.2.3. Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

2.2.3.1. Objetivo

El objetivo de la presente norma, es establecer los criterios generales de diseños que permitan la elaboración de proyectos de Drenaje Pluvial Urbano que comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

2.2.3.2. Aplicación de la norma

En la presente norma se establecen los criterios que deberán tenerse en consideración para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial que forman parte del drenaje urbano de una ciudad.

2.2.3.3. Información básica

Todo proyecto de alcantarillado pluvial deberá contar con la información básica indicada a continuación, la misma que deberá obtenerse de las Instituciones Oficiales como el SENAMHI, Municipalidades, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

- Información Meteorológica.
- Planos Catastrales.
- Planos de Usos de Suelo.

2.2.3.4. Obligatoriedad del Sistema de Alcantarillado Pluvial

Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades 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.

La entidad prestadora de servicios podrá exigir el drenaje pluvial en localidades que no reúnan las exigencias de precipitación mencionadas en el párrafo anterior, por consideraciones técnicas específicas y de acuerdo a las condiciones existentes.

2.2.3.5. Consideraciones Hidráulicas en Sistemas de Drenaje Urbano 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.

2.2.3.5.1. Consideraciones Básicas de Diseño.

- a) Los caudales para sistema mayor deberán ser calculados por los métodos del Hidrograma Unitario o Modelos de Simulación. El Método Racional sólo deberá aplicarse para cuencas menores de 13 Km².
 - b) El Período de Retorno no debe ser menor de 25 años.
 - c) El caudal que no pueda ser absorbido por el sistema menor, deberá fluir por calles y superficie del terreno.
 - d) 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.

- e) Para reducir el caudal pico en las calles, en caso de valores no adecuados, se debe aplicar el criterio de control de la descarga mediante el uso de lagunas de retención (Ponding).
- f) Las Lagunas de Retención son pequeños reservorios con estructuras de descarga regulada, que acumulan el volumen de agua producida por el incremento de caudales pico y que el sistema de drenaje existente no puede evacuar sin causar daños.
- g) Proceso de cálculo en las Lagunas de Retención.

Para la evacuación del volumen almacenado a fin de evitar daños en el sistema drenaje proyectado o existente, se aplicarán procesos de cálculo denominados Tránsito a través de Reservorios.

- h) Evacuación del Sistema Mayor.

Las vías calle, 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.

2.2.3.5.2. Consideraciones Básicas de Diseño.

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

- a) Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales: sección circular, sección triangular, sección trapezoidal, sección compuesta y sección en V.
- b) La capacidad de las cunetas depende de su sección transversal, pendiente y rugosidad del material con que se construyan.
- c) Para evacuación de las aguas de las cunetas deberá preverse Entradas o Sumideros de acuerdo a la pendiente de las cunetas y condiciones de flujo.
- d) **Sumideros de Rejillas en Calzada:** Consiste en una canalización transversal a la calzada y a todo lo ancho, cubierta con rejillas. Se utilizarán los siguientes tipos de sumideros:

- **Tipo S1:** Tipo grande conectado a la cámara. Corresponde a sumideros del tipo mixto.
- **Tipo S2:** Tipo grande conectado a la tubería. Corresponde a sumideros de] tipo mixto.
- **Tipo S3:** Tipo chico conectado a la cámara.
- **Tipo S4:** Tipo chico conectado a la tubería.

Los sumideros tipo S3 y S4 se utilizarán únicamente en los casos siguientes:

- Cuando el sumidero se ubica al centro de las avenidas de doble calzada.
- Cuando se conectan en serie con tipo grande S1 o S2..
- Para evacuar las aguas pluviales provenientes de las calles ciegas y
- según especificación del proyectista.

En caso de situaciones que requieren un tratamiento distinto se diseñarán sumideros especiales.

d.1 Ubicación de los sumideros.

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.

En general los sumideros deben ponerse en los puntos bajos. Su ubicación normal es en las esquinas de cruce de calles, pero al fin de entorpecer el tráfico de las mismas, deben empezar retrasadas con respecto a las alineaciones de las fachadas.

Cuando las manzanas tienen grandes dimensiones se colocarán sumideros intermedios.

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.

Por razones de economía se recomienda ubicar los sumideros en la cercanía de alcantarillas y conductos de desagüe del sistema de drenaje pluvia.

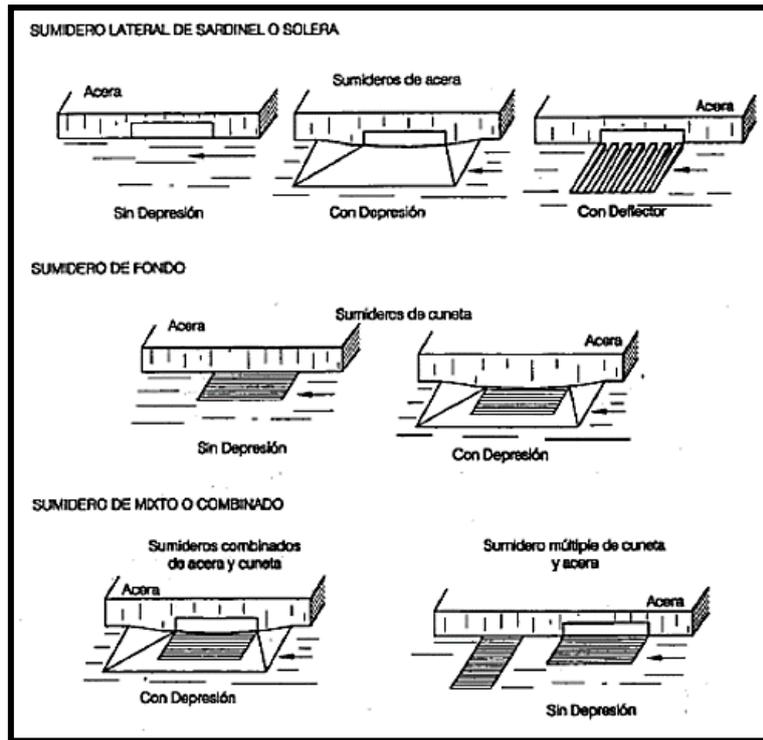


Figura 19. Tipos de Sumidero.

Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

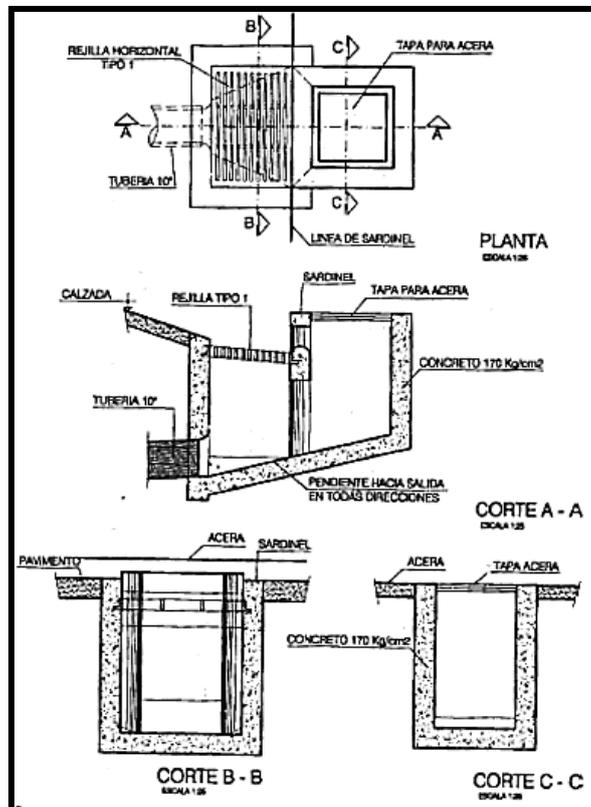


Figura 20. Sumidero Tipo Grande Conectado a Tubería-S2.

Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

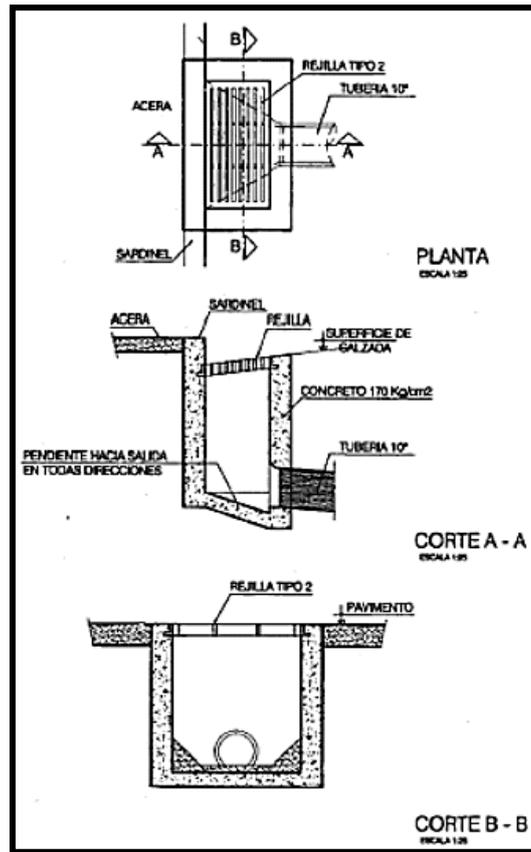


Figura 21. Sumidero Tipo Chico Conectado a la Camara-S3.
Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

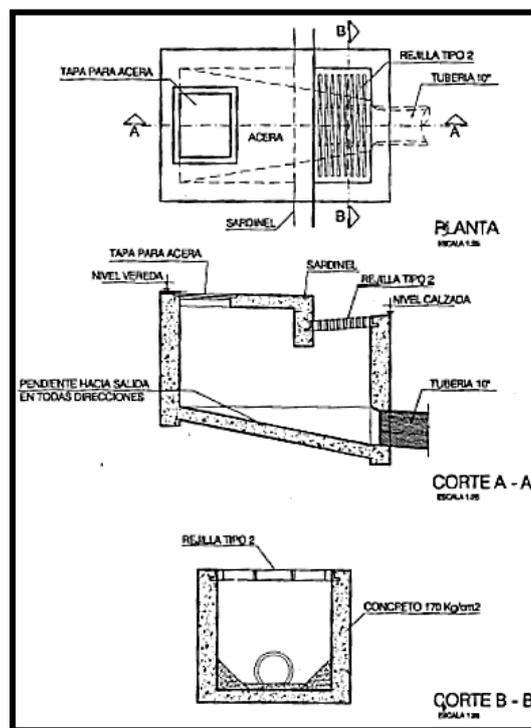


Figura 22. Sumidero Tipo Chico Conectado a Tuberia-S4.
Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

d.2 Espaciamiento de los Sumideros.

Se determinará teniendo en cuenta los factores indicados para el caso de la Ubicación de los Sumideros, ítem d.4.

Para la determinación de espaciamiento de sumideros ubicados en cuneta medianera, el proyectista deberá considerar la permeabilidad del suelo y su erosionabilidad.

Cuando las condiciones determinan la necesidad de una instalación múltiple o serie de sumideros, el espaciamiento mínimo será de 6m.

d.3 Diseño Hidráulico de los Sumideros.

Se deberá tener en cuenta las siguientes variables:

- Perfil de la pendiente.
- Pendiente transversal de cunetas con solera.
- Depresiones locales.
- Retención de Residuos Sólidos.
- Altura de Diseño de la Superficie de Aguas dentro del sumidero.
- Pendiente de los sumideros.
- Coeficiente de rugosidad de la superficie de las cunetas.

e) Rejillas

Las rejillas pueden ser clasificadas bajo dos consideraciones:

1. Por el material del que están hechas; pueden ser:
 - a. de Fierro Fundido.
 - b. de Fierro Laminado (Platines de fierro).
2. Por su posición en relación con el sentido de desplazamiento principal de flujo; podrán ser:
 - a. De rejilla horizontal.
 - b. De rejilla vertical.
 - c. De rejilla horizontal y vertical.

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"x 40" y 18" x 40").

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.

f) Velocidad Mínima.

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

g) Velocidad Máxima.

La velocidad máxima en los colectores con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión es función del material del que están hechas las tuberías y no deberá exceder los valores indicados en la Tabla 13 a fin de evitar la erosión de las paredes.

Tabla 15. *Velocidad Máxima para tuberías de Alcantarillado.*

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/cm ²	2,0
210 Kg/cm ²	3,3
250 Kg/cm ²	4,0
280 Kg/cm ²	4,3
315 Kg/cm ²	5,0
Concreto Armado de curado al vapor > 280 Kg/cm ²	6,6

Fuente: (Norma OS.060, Decreto Supremo N 011-2006-Vivienda).

h) Pendiente Mínima.

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

i) Intensidad de la Lluvia.

La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del

área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje.

Es decir que para determinarla usando la curva intensidad - duración – frecuencia (IDF) aplicable a la zona urbana del estudio, se usa una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje.

En ningún caso el tiempo de concentración debe ser inferior a 10 minutos.

2.2.3.5.3. Sistemas de Evacuación

Clasificación:

1) Sistemas de Evacuación por Gravedad.

- a. En caso de descarga al mar, el nivel de agua en la entrega (tubería o canal) debe estar 1.50 m sobre el nivel medio del mar.
- b. En el caso de descarga a un río, el nivel de agua en la descarga (tubería o canal) deberá estar por lo menos a 1,00 m sobre el máximo nivel del agua esperado para un periodo de retorno de 50 años.
- c. En el caso de un lago, el nivel de evacuación del pelo de agua del evacuador o dren principal estará a 1.00 m, por encima del nivel del agua que alcanzará el lago para un periodo de 50 años.
- d. En general el sistema de evacuación debe descargar libremente ($>$ de 1.00 m sobre los máximos niveles esperados), para evitar la obstrucción y destrucción del sistema de drenaje pluvial.

2) Sistema de Bombeo

Cuando no es posible la evacuación por gravedad, se debe considerar la alternativa de evacuación mediante el uso de un equipo de bombas móviles o fijas (plantas de bombeo).

2.2.4. Descripción del Sector San Blas

2.2.4.1. Ubicación

La ciudad del Cusco está situada en la zona central y sur oriental del Perú, exactamente en la Cordillera central de los Andes a una altitud de 3350m.s.n.m. en la Plaza de Armas, en el valle del Watanay, en las nacientes del río del mismo nombre que recorre en la dirección NW a SE.

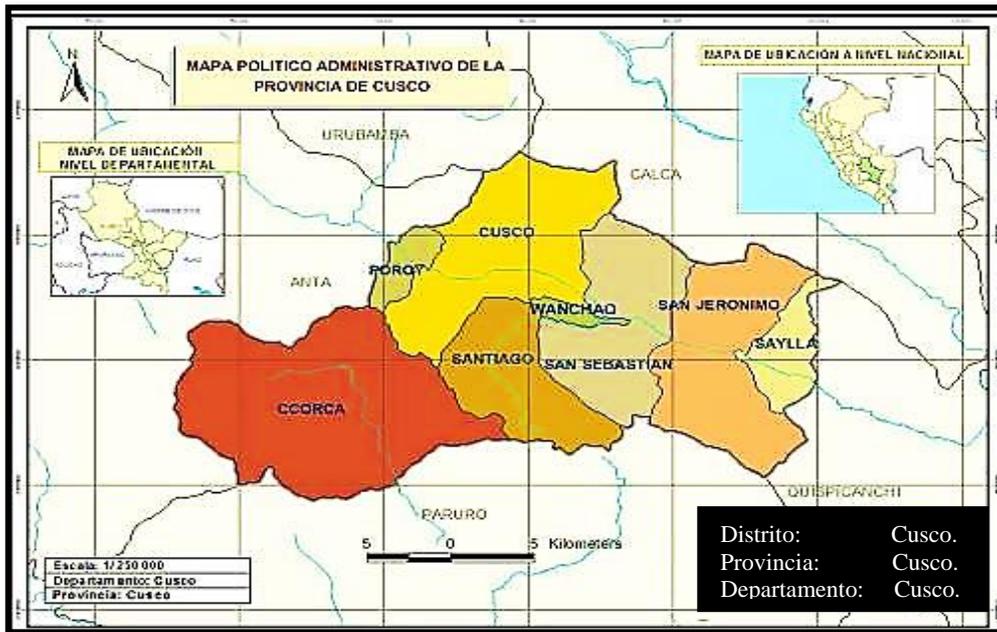


Figura 23. Mapa Político Administrativo de Cusco.
Fuente: Municipalidad Distrital del Cusco.

La investigación se emplaza al lado norte-este de la ciudad de Cusco, en la ladera derecha del río Choqechaka donde se encuentra el Barrio Tradicional de San Blas, comprendiendo desde el sector de Sapantiana, atravesado por el río Choqechaka o Tullumayo hasta llegar al sector de la Av. El sol.

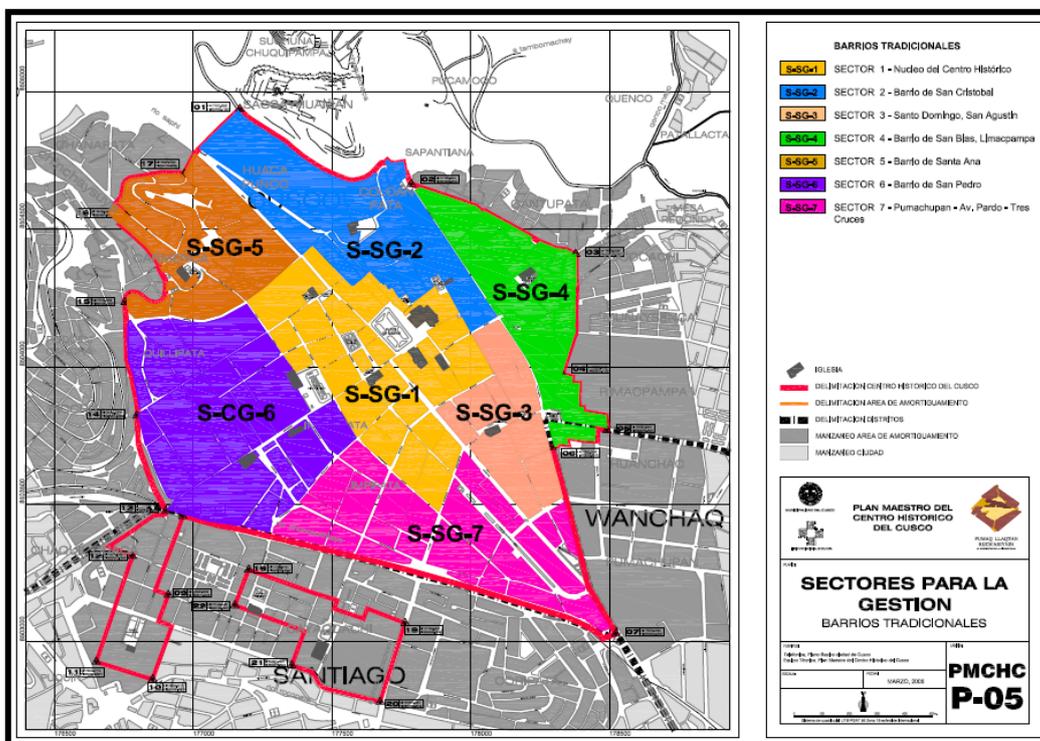


Figura 24. Mapa del Barrio Tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.
Fuente: (Municipalidad del Cusco, Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco, 2015).



Figura 25. Ubicación satelital del sector San Blas-Cusco.

2.2.4.2. Población

La población de la ciudad del Cusco es de 454,563 habitantes según los datos del INEI al 2016 (INEI, www.infogob.jne.gob.pe, 2018); para el Centro Histórico de Cusco corresponde la población de 31,842 habitantes lo cual representa el 26.6% del distrito de Cusco (Municipalidad del Cusco, Plan Maestro del Centro Historico del Cusco, 2015); para el barrio tradicional de San Blas corresponde 8,788 habitantes lo cual representa el 27.6% de la población del Centro Histórico del Cusco y con una tasa de crecimiento poblacional del 1.30% (Valencia Becerra, 2007).

2.2.4.3. Contexto histórico

El sector de San Blas pertenece al Centro Histórico de la Ciudad del Cusco, por tanto está sujeta a cumplir procedimientos en el caso se promueva la inversión, estos procedimientos se gestionan en el Ministerio de Cultura, entidad encargada en la protección de nuestro patrimonio arqueológico.

Para ejecutarse un proyecto de inversión o aquellas actividades que involucren la remoción de terrenos superficiales están obligadas a contar con el CIRA antes de dar inicio a sus obras. Este certificado es uno de los requisitos para actividades mineras, de explotación energética, vías de comunicación, obras hidráulicas, instalación o plantas de producción, desarrollo agrícola, etc.

Por lo tanto, para iniciar actividades de construcción en la zona de San Blas es necesario que cuente con el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) según Decreto Supremo N.º 054-2013 emitido por la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM).

El CIRA es el documento mediante el cual el Estado certifica que, en un área determinada, no existen vestigios arqueológicos en superficie. Este documento no tiene plazo de caducidad y se evalúa en un plazo máximo de 20 días hábiles (Ministerio de Cultura del Perú, 2018).

2.2.4.3.1. Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA)

El Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) es el documento mediante el cual el Ministerio de Cultura certifica que en un área determinada no existen vestigios arqueológicos en superficie.

El CIRA no está sujeto a plazo de caducidad alguna y es necesario para la ejecución de cualquier proyecto de inversión pública y privada, excepto en los casos establecidos en el artículo 57º del Reglamento de Intervenciones Arqueológicas (RIA).

2.2.4.3.2. Requisitos para la obtención del CIRA

- A. Formulario de solicitud dirigido a la Dirección de Certificaciones o a la Dirección Desconcentrada de Cultura, según su ámbito de competencia, indicando el número de comprobante de pago por derecho de tramitación.
- B. Presentación de expediente técnico del área materia de solicitud en dos (2) ejemplares conformado por:
 - Plano de ubicación del proyecto de inversión, georeferenciado en coordenadas UTM, indicando su zona geográfica convencional, datum WGS84, firmado por un ingeniero o arquitecto.
 - Plano de intervención del proyecto de inversión, georeferenciado en coordenadas UTM, indicando su zona geográfica convencional, datum WGS84, firmado por un ingeniero o arquitecto
 - Memoria descriptiva del terreno (área a certificar) con el respectivo cuadro de coordenadas UTM indicando su zona geográfica convencional, datum WGS84, firmado por un ingeniero o arquitecto.

Si eres persona jurídica, podrás presentar la copia de la vigencia poder que te acredite como representante legal o, en su defecto, una declaración jurada y la Ficha RUC.

Si vas en representación de otra persona o empresa, deberás adjuntar (además de la documentación correspondiente) una carta poder simple que acredite la representación.

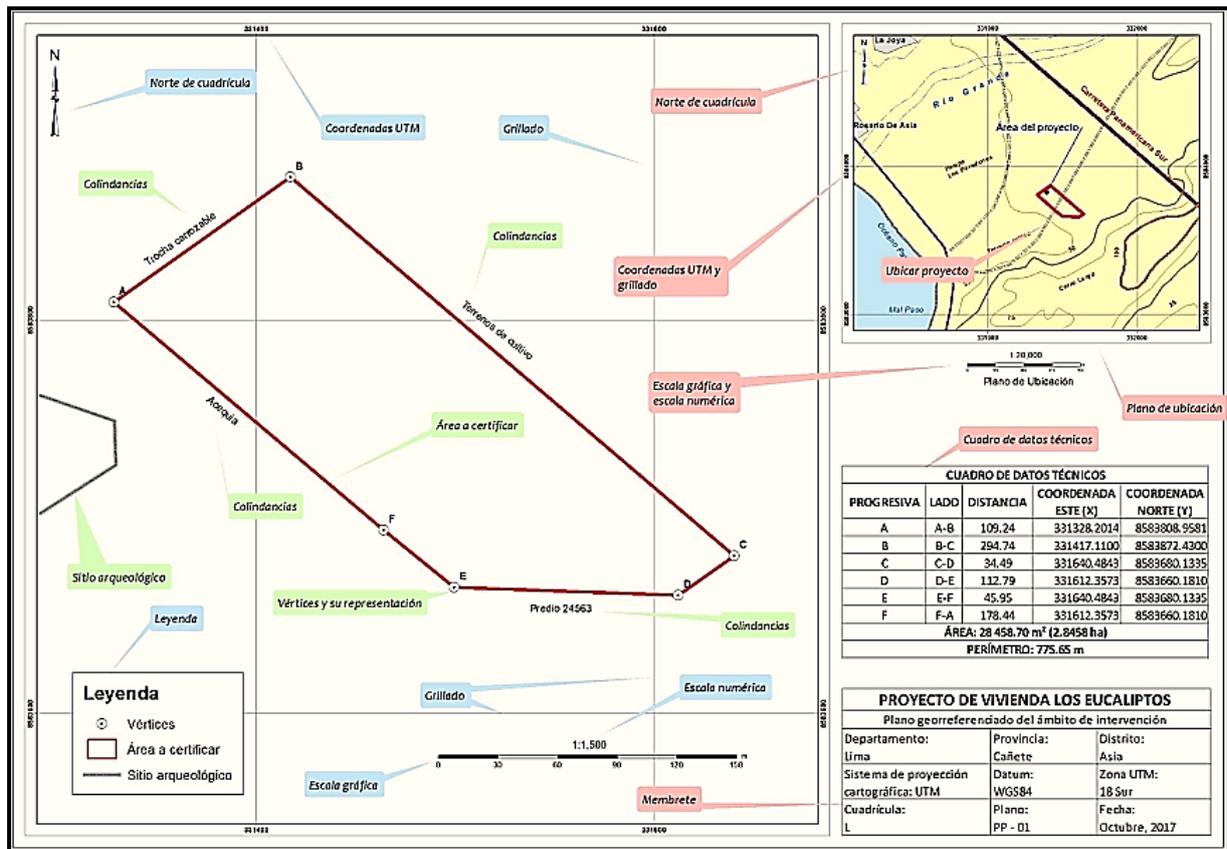


Figura 26. Modelo de la información que debe contener el Plano para la obtención del CIRA. Fuente: (Ministerio de Cultura, 2017).

Importante:

El CIRA se encuentra sujeto a las normas del silencio administrativo positivo. Es decir, si a los 20 días de entregados los requisitos, el Estado no te ha expedido el CIRA, puedes considerar que tu pedido de certificación ha sido aprobado. Por lo tanto, podrás iniciar la ejecución de tu proyecto, pudiendo solicitar el correspondiente plan de monitoreo arqueológico (Ministerio de Cultura, 2017).

2.2.4.3.3. Procedimientos en la obtención del CIRA

A. Acércate a una sede del Ministerio de Cultura

Si eres persona natural, indica tu número de DNI en las oficinas del Ministerio de Cultura. Si eres persona jurídica, preséntate con el documento que te acredite como representante legal.

B. Realiza el pago por derecho de trámite de acuerdo a la siguiente escala:

0 a 10 ha o km S/ 1,240.70

Más de 10 a 25 ha o km S/ 1,651.90

Más de 25 a 50 ha o km S/ 2,068.90

Más de 50 a 100 ha o km S/ 2,183.10

Más de 100 a 200 ha o km S/ 2,741.20

Más de 200 ha o km S/ 3,250.60

C. Presenta tu expediente

Tu expediente técnico debe contar con todos los datos del área a certificar (planos y memoria descriptiva), tal como se indica en los requisitos.

Los documentos técnicos deben expresarse y presentarse de acuerdo a la naturaleza de la obra; para esto, se debe tener en cuenta lo señalado en el último párrafo del Artículo 55° del Decreto Supremo N° 003-2014-MC; asimismo, si el CIRA deriva de un PEA, se debe indicar el número de la Resolución Directoral con la que se aprobó el informe final.

D. Después de presentar el expediente

- Dentro del plazo de 05 días, debes enviar la información en físico y firmada por un ingeniero o arquitecto colegiado.
- Si el expediente no contiene observaciones, se hará una inspección ocular.
- Si el expediente tiene observaciones, se te notificará para que sean subsanadas en un plazo de 10 días hábiles. Luego, se hará la inspección ocular correspondiente.
- Se enviará la respuesta a la solicitud de CIRA en físico y/o por vía electrónica (en caso de haberlo requerido) (Ministerio de Cultura, 2017).

2.2.4.4. Vías de acceso

El acceso principal se realiza a través de tres ejes que parten de plaza de armas (Wakaypata). El principal de ellos es el eje Triunfo- Hatun Rumiyoq- Cuesta de San Blas (antiguo camino al Antisuyo). Un segundo eje esta dado a través de las calles: Cuesta del Almirante- Córdova de Tucumán- Siete Culebras. Un tercero, de menor jerarquía es el de Ladrillos- Atoqsayku'ichi (Camino a Q'enqo).

2.2.4.5. Clima

El Cusco ocupa la parte alta de la región geográfica quechua o “qheswa”. Por la altura que se encuentra el barrio de San Blas correspondería a una zona de transición del clima templado-frio. Se caracteriza por una temperatura media anual que va desde el 18 ° C a los 10°C. Desde

el mes de septiembre hasta el mes de abril es época de lluvias, la temperatura en el día llega a 20° C' y' durante la noche baja hasta 8°C, del mes de Mayo a Agosto es época de sequía, la temperatura alcanza hasta los 22°C en el día y durante la noche baja a 0° C.

2.2.4.6. Topografía

La configuración topográfica del lugar presenta fuertes pendientes, correspondiendo el nivel más bajo a la calle de Choqechaka y el más elevado hacia el sector oriental (calle kiskapata). La morfología del terreno ocupado es casi trapezoidal cuya base menor se ubica hacia el noroeste. Las calles se adaptan a la topografía de la ladera y pueden ser divididas en dos tipos: las longitudinales, que se adaptan a las curvas del nivel, y las transversales, en cuesta se suben la ladera, las calles longitudinales hacen a veces de miradores y en algunos tramos están delimitados por andenes incaicos.

2.2.4.7. Limites

Por el norte: con los cerros Puka Moqo

Por el este: con Zaguán del cielo

Por el oeste: con el San Cristóbal y la rivera izquierda del rio Choqechaka

Por el sur: con el barrio de Recoleta

2.2.4.8. Hidrografía

En la región del Cusco existen 4 cuencas hidrográficas las mismas que son:

- Apurímac.
- Pilcopata.
- Urubamba.
- Marcapata.

Las mencionadas cuencas están formadas por 25 ríos importantes que recorren el territorio cusqueño. Los principales ríos del Cusco son el Vilcanota, Urubamba y el Apurímac, cuyo curso está determinado por la presencia de las cadenas Occidental, Central y Oriental de los Andes peruanos, que corren de forma paralela por el territorio del Cusco.

El rio Vilcanota-Urubamba nace en los deshielos del nevado Cunurana (5443 m.s.n.m.) y recorre el centro del departamento con rumbo sur a norte. Junto con el rio Tambo forma el Ucayali, el rio más extenso del Perú. Por su parte, el rio Apurímac nace en Arequipa, en la

cordillera de Chila y es considerado el origen más remoto del río Amazonas. En Cusco el río discurre por las provincias de Espinar, Canas y Paruro.

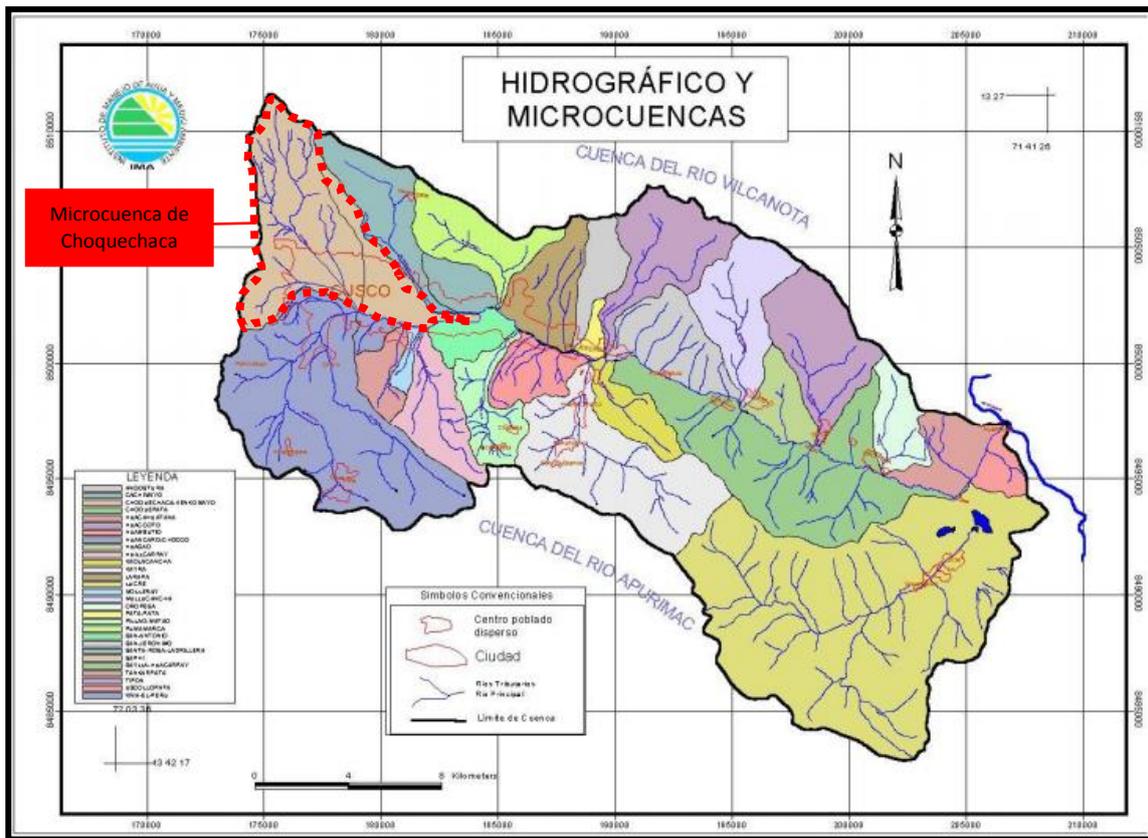


Figura 27. Plano Hidrográfico y Micro cuencas de la Ciudad del Cusco.
Fuente: (IMA, 2002).

2.2.4.8.1. Río Huatanay

La sub cuenca del río Huatanay tiene un área de 502 km², encontrándose la ciudad del Cusco en la zona de confluencia de varios micros cuencas. El río Huatanay presenta características fisiográficas propias de lechos de río con un cauce sinuoso e irregular (IMA, 2002).

2.2.4.8.2. La micro cuenca de Saphy

El centro histórico de la ciudad del Cusco pertenece a la micro cuenca del río Saphy, dicha micro cuenca está integrada por las quebradas de los ríos Tullumayo, Chunchulmayu, Rocopata, Kilkomayo, Picchu, Ayahuayco y Kenkomayo que permiten el decurso de aguas pluviales y servidas (Municipalidad del Cusco, Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco, 2015).

2.2.4.8.3. La quebrada de Choquechaca

Esta quebrada tiene sus nacientes en la altura de la meseta de Sacsayhuaman (sector del rodadero), teniendo un área de influencia en los sectores de Sapantiana, calle Choquechaca, Tullumayo, Limacpampa hasta su intersección con la Av. El Sol.

2.2.4.9. Infraestructura de servicios

El barrio de San Blas cuenta con todos los servicios de infraestructura básica, por el hecho de estar ubicado en una zona céntrica y de gran movimiento, pero además por ser parte del casco monumental de la ciudad del Cusco. Cuenta con suministro de agua potable, luz eléctrica, desagüe y telecomunicaciones.

Tabla 16. *Inventario de servicios del barrio tradicional de San Blas-Cusco-Cusco*

INVENTARIO DE SERVICIOS DEL BARRIO DE SAN BLAS			
Descripción:	Unid	Descripción:	Unid
Viviendas	360	Taller de tallado y dorado de madera	4
Agencias de viaje	15	Taller de artesanías	10
Hotel, Hospedajes sin categorización	61	Centros artesanales	6
Hotel de categorizados	9	Galerías de arte	9
Restaurantes	33	Joyería Orfebrería	13
Café cultural	11	Mercadillo artesanal sabatino	1
Pub-bar	3	Museo	3
Trago tecas	1	Anticuarios	4
Panadería pastelería	1	Alquiler de trajes típicos	4
Pizzerías	4	Boutique	1
Picanterías	4	Fototeca	1
Chocolatería	2	Centrales eléctricas	3
Tienda de Abarrotes	44	Casas abandonadas	2
Mini Marquets	3	Negocios telefónicos	2
Fábrica de Yogurt	1	Templo San Blas	1
Mercadillo de abastos	1	Iglesia	1
Hornos tradicionales	2	Colegio particular "El Carmelo"	1
Fábrica de tamales	1	Jardín particular de niños	1
Cabinas de internet	12	Instituto Superior de Música	1
Zapatería	1	Albergues para menores	2
Casa de masajes y Reikie	2	Puesto policial	1
Saunas	1	Centro de idiomas	3
Lavanderías	12	Cajero automático	1
Negocios de Suvenir y artesanías	13	Comité de taxis	1

Fuente: (Valencia Becerra, 2007).

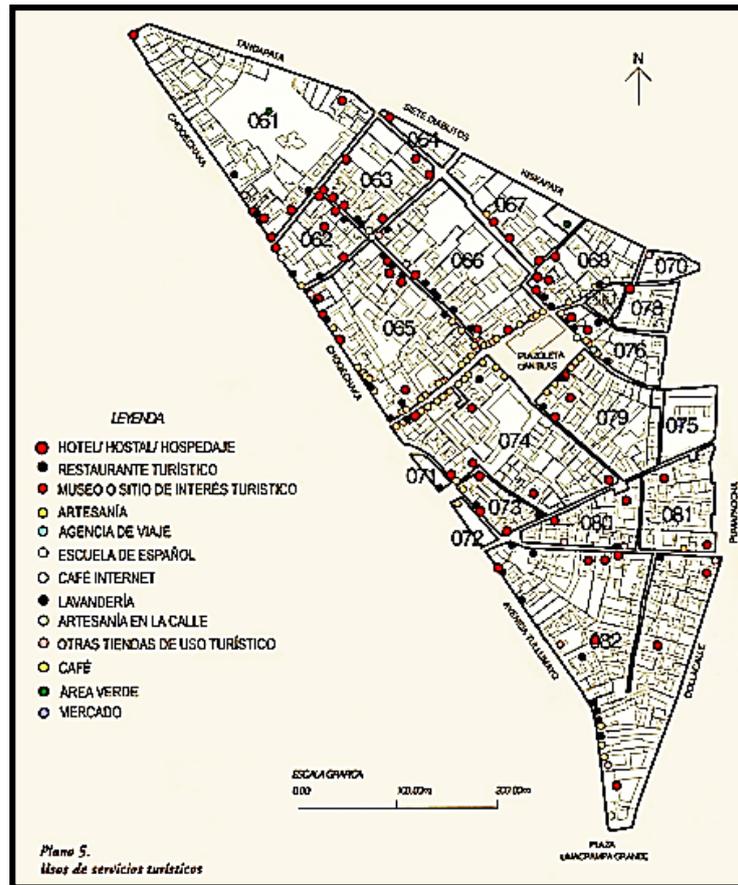


Figura 28. Mapa de servicios turísticos en el barrio tradicional de San Blas-Cusco-Cusco.
Fuente: (Valencia Becerra, 2007).

2.2.4.10. Importancia y Atractivos del barrio San Blas

Tiene una importancia Social-Cultural ya que el Cusco es principal destino turístico del Perú y el sector de San Blas pertenece en el centro (Declaración Patrimonio Cultural de la Humanidad, 9/12/1983) considerado como Barrio Tradicional de la ciudad del Cusco; por lo tanto la protección y conservación es de necesidad Social-Cultural.

El sector de San Blas es conocido como “Barrio de los Artesanos” ya que en este viven artesanos famosos como los Mendívil, Olave y Mérida constituyendo su importancia turística y valoración artística.

La más notable característica de este barrio es el famoso púlpito de la iglesia de San Blas, este legado colonial por su exquisito arte de tallado en madera cedro que ha alcanzado fama mundial en carpintería artística, es sin lugar a duda uno de los mayores atractivos de Cusco (Angeles, 1999).

Este barrio también aloja a galerías de arte, galerías de artesanía, restaurantes, centros de hospedaje y museos; así mismo posee un único concepto urbanístico en el cual la mayoría de

edificaciones son casonas coloniales de adobe con calles angostas adoquinadas con de piedra labrada y manteniéndose los nombres en Quechua en muchas de las calles.

2.2.4.11. Calles del Barrio de San Blas

A continuación, se detallan las calles pertenecientes al barrio tradicional de San Blas (Tapia Peña & García Huallpa, 2011):

Choqechaka.- Puente de oro o puerta mitológica de enlace con los tesoros Incas y "tapados" ocultados de la voracidad en cavernas, socavones y chinkanas, recogidas en varias.

Tandapata.- Andén y centro de distribución de las aguas del riego, de donde partían los diversos canales para los andenes o niveles de reproducción.

Atoqsayk'uchi.- Cuesta donde se cansa hasta el zorro; por estructura empinada que en el imaginario cansa y agota a los zorros animales y zorros humanos, que son de los más vivos. Anteriormente era el recorrido al santuario de Q'enqo.

Siete Diablitos.- Rincón que por su abandono, explicaba y recordaba los maleficios del pecado de los habitantes de entonces.

Kiskapata.- Andén de espinos, cactus y otros, que servían para la limpieza y fortalecimiento del cabello.

Carmen Alto.- Denominación a la parte alta del barrio, que modifica el santuario del k'uichi por la de la virgen del buen suceso, paso a llamarse así.

Qanchipata.- Séptimo andén o andén de los Qanchi o Kanchi, una de las naciones andinas que visitaban a la ciudad sagrada.

Siete Angelitos.- Callejuela que explica la cabalística y los ángeles que rodean a la virgen entronizada en el barrio.

P'asñapakana.- Escondrijo o cueva para ocultar a las jóvenes solteras y simpáticas, a quienes los jóvenes invitaban a pasear. Lugar de los amoríos prohibidos.

Suyt'uqhatu.- Mercado Ovalo, es una prolongación alargada, oblonga o cónica, a donde llegaba los productos agrícolas para el trueque o mercado de las comunidades aledañas. Anteriormente era parte de la llamada Calle Real, la misma que es el camino al Antisuyo y que continua por la Calera y Socorropata.

P'aqlachapata.- Andén plano o punto apelmazado donde funcionan tambos y viviendas para los comuneros que llegaban a la ciudad desde los barrios cercanos, trayendo sus productos para el intercambio y la mercadería.



Sagrachaqoq.- Vía endiablada, por su pendiente y dificultad para trepar entonces.

Uspha Calle.- Rincón de los desechos que provenían de los hornos de las alfarerías. Una de sus cuadras se encuentra recortada entre Kurkurpata y la Plaza de San Blas.

Tocuyeros.- Centro de producción del tocuyo o tejido del hilo de la llama y otros auquénidos, actualmente se encuentra cortado por usurpación de una familia que ha tapado su continuidad a Warankallki.

kurkurpata.- Andén de la caña brava o bambú, con cuyos tallos construían los techos, tumbados y enchaclados de las iglesias y casas.

Pumacchupan.- Cola del puma, cuesta serpenteante a la cola del felino que era el símbolo de la vieja ciudad. Carmen Bajo.- Calle o parte baja de la calle principal, en homenaje a la virgen de las Carmelitas.

T'otora phaqcha.- Manantial donde crece la totora, planta ribereña que sirve para la fabricación de esteras, anden encaminado a las rocas de S'aqra ceremonia o mesa redonda.

Alabados.- Subida o escalinata al monasterio de las carmelitas, anterior casa de los franciscanos en cuyo interior se oraba y ejecutaba ritos de alabanza a su creencia.

Siete Ventanas.- Nombre que enumera al número de las ventanas de una de las viviendas de la calle.

Chiwanpata.- Andén donde cantan los chiwacos, tordos o zorzales disfrutando los cerezos y ciruelos que el piso ecológico permitía. Arrayan Pata.- Andén de arrayan, arbusto aromático y medicinal para el reumatismo.

Asnoqch'utun.- Jeta del burro cansado, pendiente discontinuo originada desde la calle Recoleta y ascendiente hasta Tandapata que era transitada por animales de carga pesada como el burro y el asno, que por el cansancio en la cuesta colgaban la jeta en cuya recordación fue ironizada la calle con el nombre.

Recoleta.- Camino que partía de la ciudad hacia el convento de las recoletas, ubicado en la parte oriental del Cusca.

Pumapaccha.- Abrevadero del puma o manantial del puma, corresponde a una de las delimitaciones de la antigua ciudad puma del Cusca.

Pantaq Calle.- Jirón equivocado o presto al error. Sátira como el lugar de los que tienen vida licenciosa o adúltera.

Qolla Calle.- Vía o ruta de salida y llegada de los Qollas, uno de los cuatro suyos de la confederación del Tawantisuyo.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Las condiciones del sistema de alcantarillado presentan una deficiencia del 30% respecto a la capacidad de evacuación de aguas pluviales en el sector de San Blas del distrito de Cusco.

2.3.2. Sub-Hipótesis

Sub-Hipótesis N°01:

El transporte de los sólidos de arrastre obstruye el sistema de alcantarillado actual y el coeficiente de escorrentía es alto para el sector de San Blas, distrito de Cusco.

Sub-Hipótesis N°02:

La intensidad pluviométrica actual hace colapsar el sistema de alcantarillado del sector de San Blas, distrito de Cusco.

Sub-Hipótesis N°03:

Los caudales de diseño ocasionan el colapso del sistema de alcantarillado actual del sector de San Blas, distrito de Cusco.

Sub-Hipótesis N°04:

Los parámetros de diseño del sistema de alcantarillado actual no son adecuados: incremento de la tasa de crecimiento poblacional en la zona, escasos elementos hidráulicos en el inventario, inadecuada sección transversal del canal principal, inadecuado diámetro de tuberías, insuficiente capacidad de captación de sumideros, insuficiente capacidad de descarga de alcantarillas, inadecuadas alturas de buzones, el área de la sección de la cuenca no corresponde al sistema de evacuación, inadecuadas pendientes longitudinales de canales y tuberías de drenaje.

Sub-Hipótesis N°05:

La propuesta de diseño de alcantarillado pluvial para el sector San Blas, está basado en los métodos de la ingeniería Hidráulica y en la Norma OS.060 de drenaje pluvial urbano.

2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes

X₁: Características Técnicas Actuales.

X₂: Áreas Impermeables de la Cuenca.

X₃: Coeficiente de Escorrentía.

X₄: Área de Drenaje.

2.4.1.1. Indicadores de Variables Independientes

Para X₁:

Inventario de elementos hidráulicos (adimensional).

Sección transversal de canal (área m²)

Diámetro de tuberías (mm).

Pendiente longitudinal del canal y tuberías de drenaje (% ,mm)

Capacidad de captación de sumideros (m³/seg).

Capacidad de descarga de alcantarillas (m³/seg).

Altura de buzones (m.s.n.m.).

Para X₂:

Sección de cuenca que no produce infiltración (km²).

Tipo de Cobertura (adimensional).

Periodo de Retorno (años).

Pendiente de Terreno (%).

Para X₃:

Tipo de Cobertura (adimensional).

Periodo de Retorno (años).

Pendiente de Terreno (%).

Para X₄:

Coeficiente de forma (Kf).

Índice de Compacidad (Kc).

Índice de Pendiente (IP).



2.4.2. Variables Dependientes

Y₁: Parámetros de Diseño.

Y₂: Intensidad Pluviométrica.

Y₃: Caudales de Diseño.

Y₄: Solidos de Arrastre.

2.4.2.1. Indicadores de Variables Dependientes

Para Y₁:

Tasa de crecimiento poblacional (%).

Elementos hidráulicos (adimensional).

Sección transversal de canal principal (área m²)

Diámetro de tuberías (mm).

Pendiente longitudinal del canal y tuberías de drenaje (% , mm)

Capacidad de captación de sumideros (m³/seg).

Capacidad de alcantarillas (m³/seg).

Altura de buzones (m.s.n.m.).

Sección de cuenca (km²).

Para Y₂:

Tiempos de Concentración (T_c).

Periodo de Retorno (años).

Datos de Estaciones pluviométricas (mm/hora).

Para Y₃:

Intensidad Pluviométrica (mm/hora).

Coefficiente de Escorrentía (C).

Velocidad de Flujo (m³/seg).

Área de Drenaje (m² ó km²)

Para Y₄:

Arrastre de Fondo (adimensional).



2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 17. Cuadro de Operacionalización de Variables

TIPO	VARIABLE	DESCRIPCION:	DIMENSION O NIVEL	INDICADORES:	UNIDAD:	INSTRUMENTO:
INDEPENDIENTE	Sistema de Alcantarillado	Red de infraestructuras hidráulicas existentes encargadas en transportar aguas pluviales	X1: Condiciones Actuales	Inventario de elementos hidráulicos	Adimensional	Ficha de campo
				Sección transversal de canal	área (m ²)	ficha de campo y hoja de calculo
				Diámetro de tuberías	mm	ficha de campo y hoja de calculo
				Pendiente longitudinal de canal y tuberías de drenaje.	(%, m/m)	ficha de campo y hoja de calculo
				Capacidad de captación de sumideros	m ³ /seg	hoja de calculo
				Capacidad de descarga de alcantarillas	m ³ /seg	ficha de campo y hoja de calculo
				Altura de buzones	m.s.n.m.	ficha de campo
			X2: Áreas impermeables de la cuenca	Sección de cuenca que no produce infiltración.	Km ²	hoja de calculo
			X3: Coeficiente de Escorrentía	Tipo de Cobertura	Adimensional	hoja de calculo
				Periodo de Retorno	años	
				Pendiente de terreno	%	
			X4: Área de Drenaje	Coeficiente de Forma	Kf	hoja de calculo
				Índice de Compacidad	Kc	
				Índice de Pendiente	IP	
DEPENDIENTE	Evacuación de Aguas Pluviales	Propuesta técnica de infraestructuras hidráulicas para la mejora de evacuación de aguas pluviales	Y1: Parámetros de Diseño	Tasa de Crecimiento Poblacional	%	hoja de calculo
				Elementos hidráulicos	Adimensional	hoja de calculo
				Sección transversal de canal principal	área (m ²)	hoja de calculo
				Diámetro de tuberías	mm	hoja de calculo
				Pendiente longitudinal de canal y tuberías de drenaje	(%, m/m)	hoja de calculo
				capacidad de captación de sumideros	m ³ /seg	hoja de calculo
				capacidad de descarga de alcantarillas	m ³ /seg	hoja de calculo
				Altura de buzones	m.s.n.m.	hoja de calculo
			Y2: Intensidad Pluviométrica	Sección de cuenca	km ²	hoja de calculo
				Tiempos de concentración	Tc	hoja de calculo
				Periodo de Retorno	años	
			Datos de Estaciones Pluviométricas	mm/hora		
			Y3: Caudales de Diseño	Intensidad Pluviométrica	mm/hora	hoja de calculo
				Coeficiente de Escorrentía	C	
				Velocidad de Flujo	m ³ /seg	
				Área de Drenaje	m ² ó Km ²	
			Y4: Solidos de Arrastre	Arrastre de fondo	Adimensional	hoja de calculo

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO III: Metodología

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación es de enfoque **CUANTITATIVA**, se refiere a la investigación empírica sistemática de los fenómenos a través de técnicas estadísticas, modelos matemáticos o informáticos; prueba de hipótesis y realizando el análisis de causa-efecto. El objetivo de la investigación cuantitativa es desarrollar y emplear modelos numéricos, teorías y / o hipótesis relativas a los fenómenos estudiados; teniendo el proceso: secuencial, deductivo, probatorio y analiza la realidad objetiva. Proporcionando generalización de resultados, control sobre los fenómenos, precisión, replica y predicción (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2014).

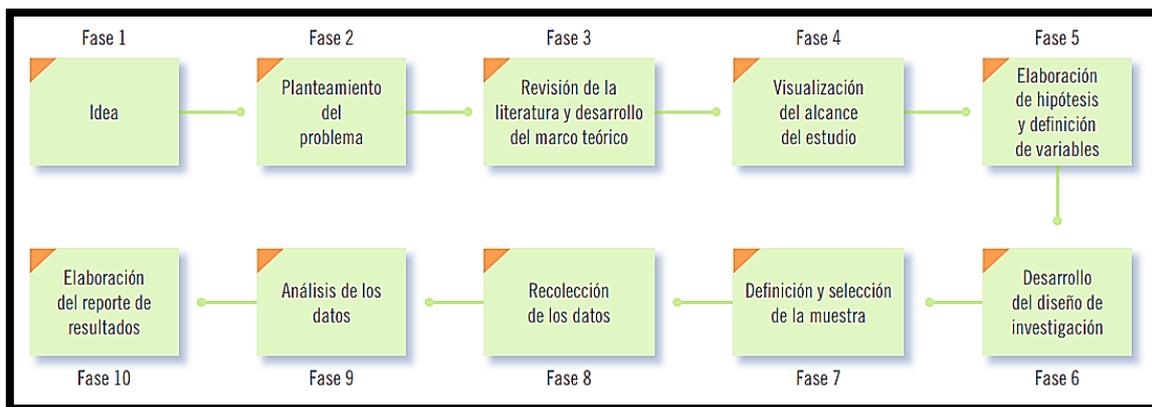


Figura 29. Proceso del enfoque Cuantitativo.

Fuente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2014)

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

Según el nivel de investigación es **DESCRIPTIVA** porque trabaja sobre realidades de observación y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. (Ander-Egg, 2006). En cuanto se describe los caudales, intensidad pluviométrica, incidencia de sólidos de arrastre y parámetros de diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

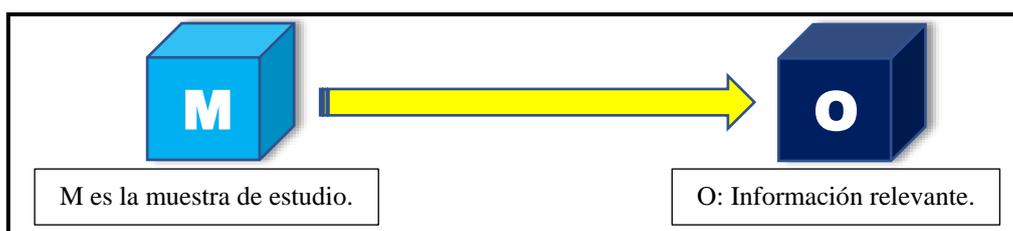


Figura 30. Esquema de Investigación Descriptiva.

Fuente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2014).

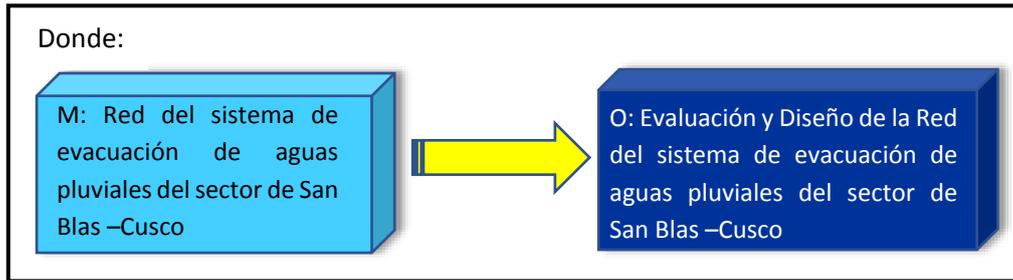


Figura 31. Identificación del Esquema de Investigación Descriptiva.

3.1.3. Método de la investigación

El método de investigación es **HIPOTÉTICO DEDUCTIVO**, ya que analizaremos parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, creando una hipótesis a partir de las variables a estudiar, deduciremos las consecuencias y proposiciones más elementales para poder probar la certeza de la hipótesis, esta secuencia nos obliga a verificar la verdad de los enunciados propuestos comparándolos con la experiencia.

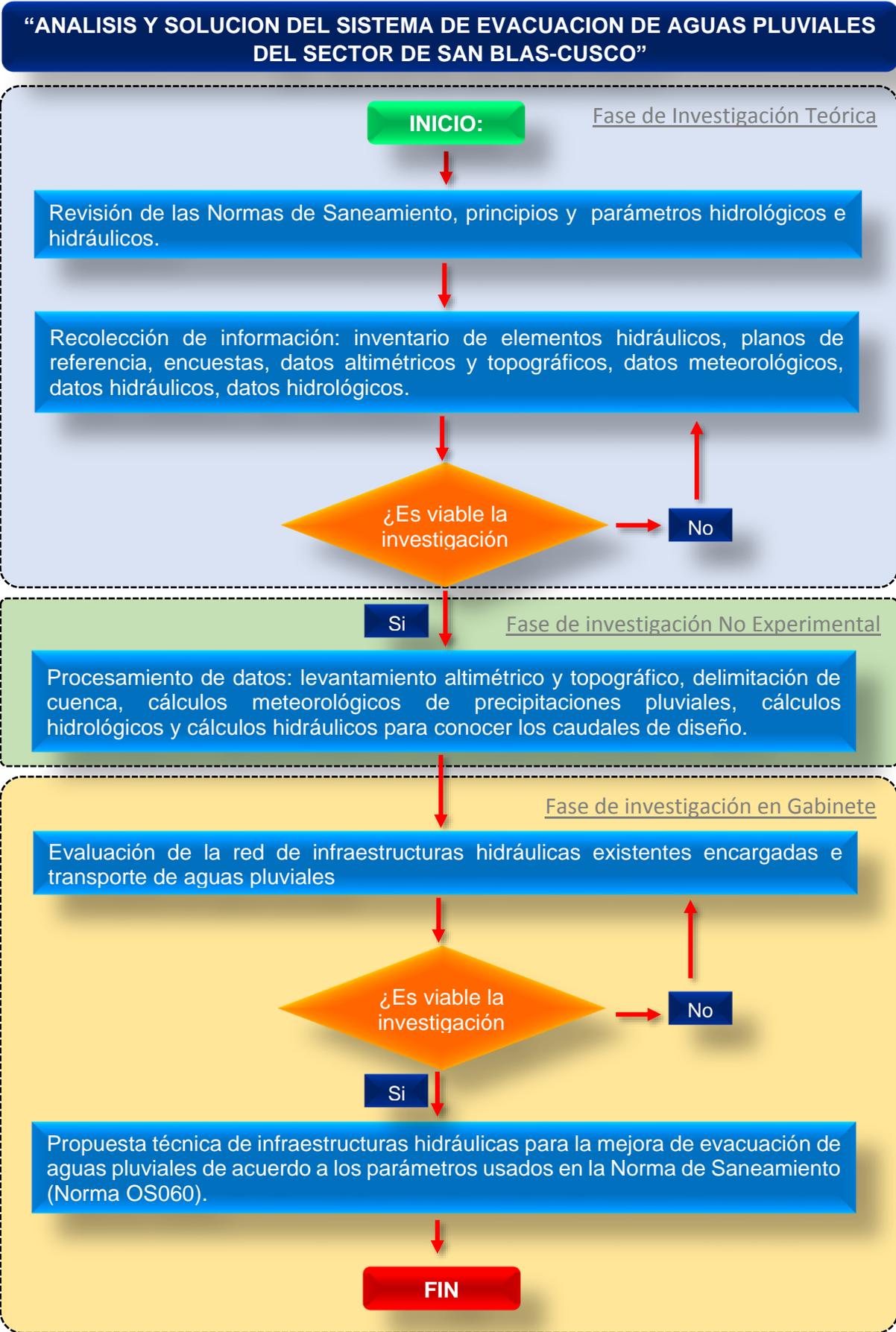
Con respecto al diseño, se utilizará un **Estudio de Caso** con el fin de profundizar la investigación. El estudio de caso es una estrategia metodológica de investigación científica, útil en la generación de resultados que posibilitan el fortalecimiento, crecimiento y desarrollo de las teorías existentes o el surgimiento de nuevos paradigmas científicos; por lo tanto, contribuye al desarrollo de un campo científico determinado. Razón por la cual el método de estudio de caso se torna apto para el desarrollo de investigaciones cualquier nivel. (Martinez, 2006).

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico

El diseño de la investigación es de tipo **NO EXPERIMENTAL** ya que se realiza sin manipular deliberadamente las variables basándose en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad. Dentro de los diseños de investigación no experimental se ha considerado que es del tipo **TRANSVERSAL** ya que se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2014).

3.2.2. Diseño de ingeniería



La investigación que se llevó a cabo se encuentra dentro de la especialidad de la Ingeniería Hidráulica la cual refiere al diseño de soluciones ingenieriles a problemas relacionados al recurso hídrico, la cual consiste en aplicar métodos hidráulicos que consideran parámetros hidrológicos e hidráulicos de diseño como por ejemplo los métodos: Racional, MacMath, Formula de Burkli-Zieger, Formula de Kresnik. Son el proceso más sencillo en relación al esfuerzo de cálculo que requieren, y suponen en general una trasposición de procedimientos tradicionales de otros campos de la Hidráulica e Hidrología. (Manuel Gomez, 1994)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población para el enfoque cuantitativo se considera como **población amplia** porque está comprendida en toda el área de influencia de la cuenca de acuerdo a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo; por lo tanto, está conformada por toda la red del sistema de evacuación de aguas pluviales que pasan por las viviendas, calles, avenidas, callejones, pasajes y plazoletas correspondientes al barrio tradicional de San Blas –Cusco.

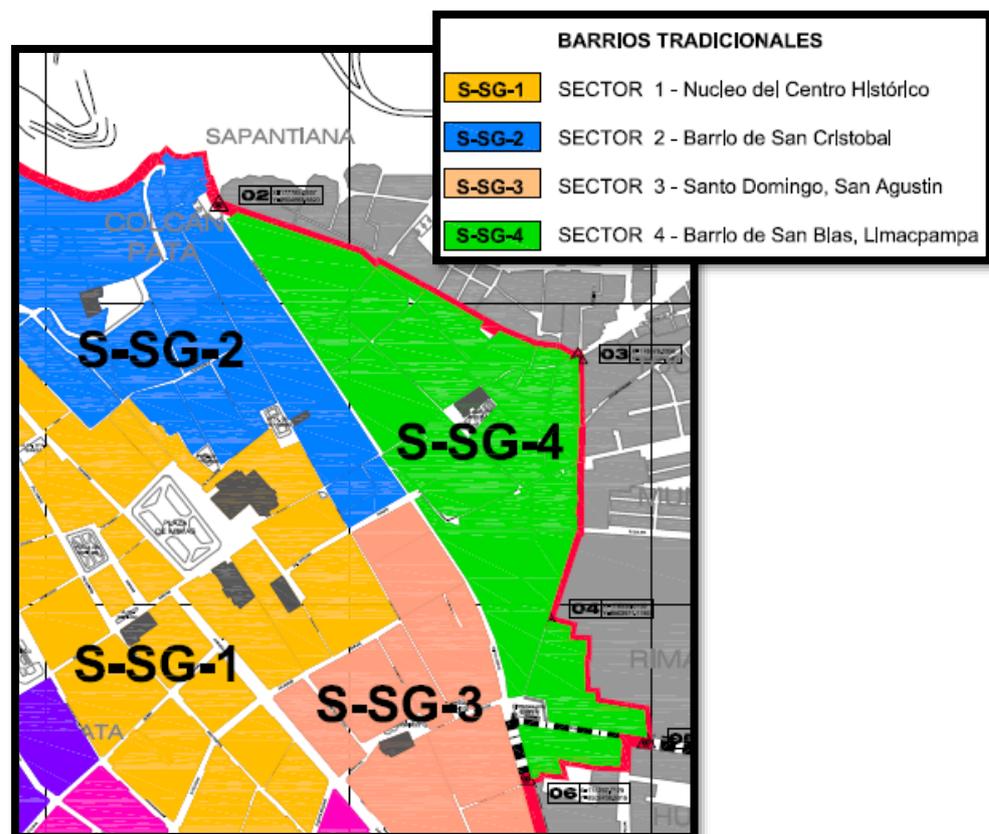


Figura 32. Mapa de los barrios tradicionales del Cusco.
Fuente: Plan Maestro Del Centro Historio del Cusco.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población está comprendida por **Colector Principal**: Cl. Choquechaca, Av. Tullumayo y los principales colectores afluentes de la red como son el **Colector A**: Cl. Atoqsaykuchi; **Colector B**: Cl. Canchipata, Cl. 7 Angelitos, Cl. San Marcos; **Colector C**: Cl. Suytucato, Cl. Sacrachayoc; **Colector D**: Cl. Chihuampata; **Colector E**: Cl. Collacalle, Cl. Lucrepata y Psje. Kurkupata, Cl. Jardines del Inka; **Colector F**: Cl. Choquechaca; **Colector G**: Av. Tullumayo.

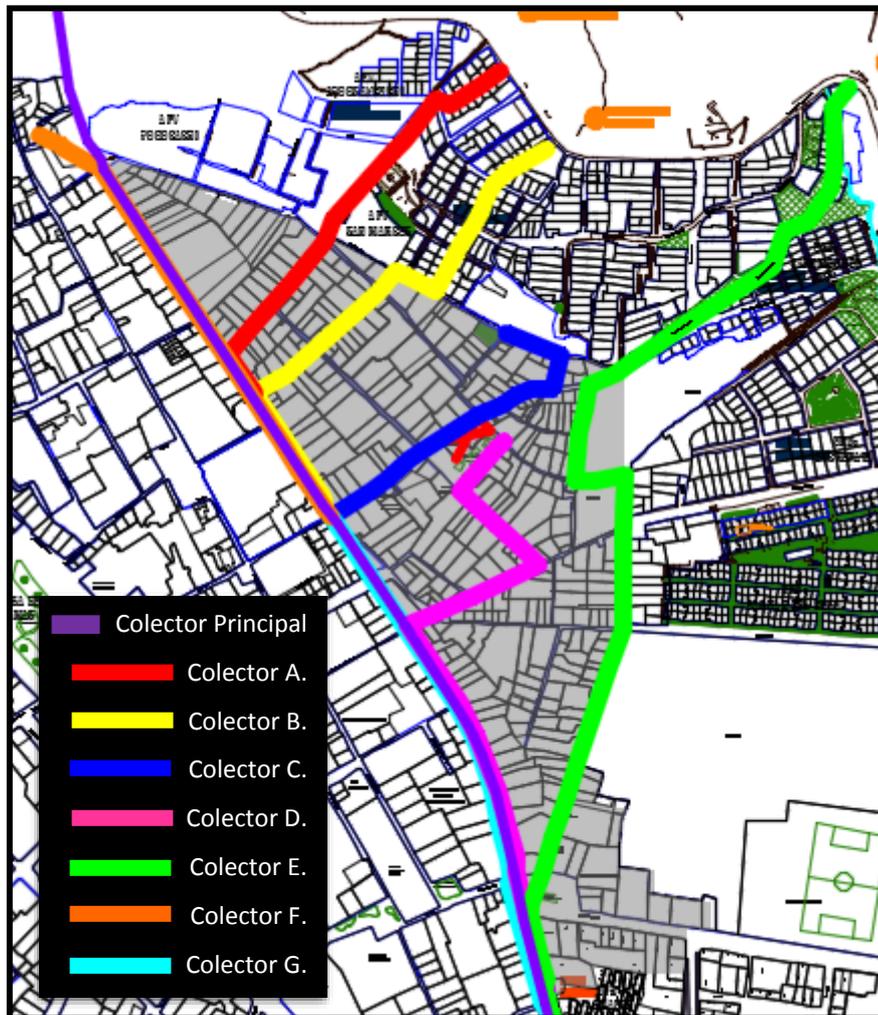


Figura 33. Colectores existentes del Sector de San Blas.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra para el enfoque cuantitativo es el grupo más representativo de la población, siendo la población conformada por toda la red del sistema de evacuación de aguas pluviales del sector de San Blas –Cusco; entonces se considera que la muestra coincide con la población siendo

comprendida la totalidad de la red pluvial que pasan por las viviendas, calles, avenidas, callejones, pasajes y plazoletas correspondientes a la zona de estudio.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra está comprendida por Colector Principal: Cl. Choquechaca, Av. Tullumayo y los principales colectores afluentes de la red como son el Colector A: Cl. Atoqsaykuchi; Colector B: Cl. Canchipata, Cl. 7 Angelitos, Cl. San Marcos; Colector C: Cl. Suytucato, Cl. Sacrachayoc; Colector D: Cl. Chihuampata; Colector E: Cl. Collacalle, Cl. Lucrepata y Psje. Kurkupata, Cl. Jardines del Inka; Colector F: Cl. Choquechaca; Colector G: Av. Tullumayo.

3.3.2.3. Método de muestreo

El método usado para la selección de la muestra es el **MUESTREO POR CONVENIENCIA O NO PROABILISTICO**; por lo tanto no se utilizara formulas estadísticas para determinar la cantidad de muestra.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

Para evaluar la muestra se calculó el caudal de escorrentía originado por las lluvias de la zona, utilizándose los métodos de diseño: Método Gumbel, Método Log Pearson III, Método IILA, Método Racional, Método Racional Método Mac Math y Método Burkli-Ziegler.

3.3.3. Criterios de inclusión

En la actual investigación no se tendrá criterios de inclusión de la muestra porque la muestra coincide con la población.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

3.4.1.2. Ficha de recolección de datos Topográficos

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
FICHA DE DATOS TOPOGRAFICOS Y ALTIMETRICOS N°: 2018-													
Tesis:	"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"												
Tesista:	CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.												
Fecha: Cusco ___ / ___ / ___													
Nro	COORDENADAS		COTA	Cota Tubería	PUNTO VISADO		Distancia	Dist. Acumul.	L (+) V. Atrás	v. Inter.	L (-) V. Delan.	Descripcion	
	NORTE	ESTE			Inicio	Fin							
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
Observaciones:													
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"													

Figura 35. Modelo de Ficha para Recolección de Datos Topográficos y Altimétricos.

3.4.1.3. Ficha de recolección de datos Meteorológicos

		<p align="center">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>												
<p align="center">FICHA DE DATOS PLUVIOMETRICOS N°: 2018- <input type="text"/></p>														
<p>Tesis: "EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"</p>														
<p>Tesista: CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.</p>			<p>Fecha: Cusco ___ / ___ / ___</p>											
<p>Estacion Metereológica Agrícola Principal MAP-Granja Kayra - SEN</p>		<p>Latitud: <input type="text"/></p>		<p>Dpto: <input type="text"/></p>										
<p>Estacion Metereológica Luis Olazo Olivera - Perayoc - UNSAAC.</p>		<p>Longitud: <input type="text"/></p>		<p>Prov: <input type="text"/></p>										
		<p>Altitud: <input type="text"/></p>		<p>Distr: <input type="text"/></p>										
<p align="center">Precipitación Diaria Maxima en 24 hras (mm)</p>														
ITEM	AÑO	ENE	FEBR	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
<p>Observaciones: <input type="text"/></p>														
<p align="center">"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"</p>														

Figura 36. Modelo de Ficha para Recolección Datos Meteorológicos.

3.4.1.4. Ficha de recolección de Inventario Hidráulico

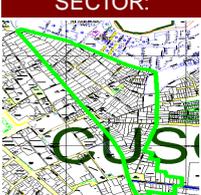
		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
		FICHA DE INVENTARIO HIDRÁULICO N°: 2018-			
Tesis:		"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"			
Tesista:		CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.		Fecha: Cusco ___ / ___ / ___	
ITEM:	SECTOR:	REGISTRO FOTOGR.:	REFERENCIA:		
1			UBICACIÓN: CANTIDAD: ELEMENTO: DIMENSIONES: ESTADO: OBSERVACIONES:		
2			UBICACIÓN: CANTIDAD: ELEMENTO: DIMENSIONES: ESTADO: OBSERVACIONES:		
3			UBICACIÓN: CANTIDAD: ELEMENTO: DIMENSIONES: ESTADO: OBSERVACIONES:		
4			UBICACIÓN: CANTIDAD: ELEMENTO: DIMENSIONES: ESTADO: OBSERVACIONES:		
5			UBICACIÓN: CANTIDAD: ELEMENTO: DIMENSIONES: ESTADO: OBSERVACIONES:		
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"					

Figura 37. Modelo de Ficha para el Inventario Hidráulico y verificación en campo.

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

3.4.2.1. Programas para el procesamiento de datos

3.4.2.1.1. Software AUTOCAD - Versión 2019

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Esta plataforma hace posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros (Autodesk, 2018).

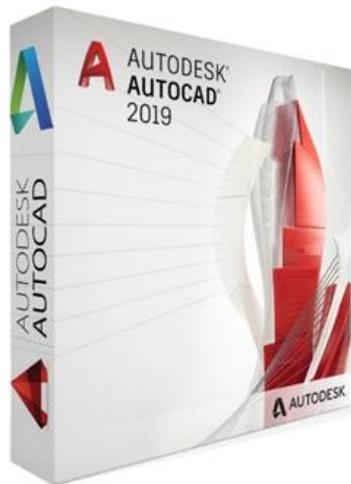


Figura 38. Portada del Software AutoCAD 2019.
Fuente: (Autodesk, 2018)

Este tipo de interfaz permitió importar los puntos de la zona de estudio para plasmar digitalmente en la generación de superficies con el cual se puede conocer las distancias, alturas de cotas, curvas de nivel, inventario de elementos hidráulicos, perfiles longitudinales, secciones transversales, etc.

3.4.2.1.2. Software CIVIL 3D 2019 - Versión 2019

AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de Autodesk por lo comparte muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D, herramienta usada por muchos ingenieros y topógrafos (Autodesk, 2018).

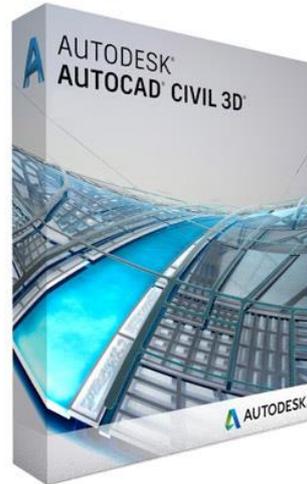


Figura 39. Portada del Software Civil 3D 2019.
Fuente: (Autodesk, 2018)

Este tipo de interfaz permitió importar los puntos para plasmar digitalmente en la generación de superficies de terreno, generación de perfiles longitudinales, generación de secciones transversales y diseño de red de tuberías.

3.4.2.1.3. Software CYPE - Alcantarillado - Versión 2016

CYPE es un potente software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción; desarrollado por CYPE Ingenieros S.A. para entornos de Europa, Latinoamérica, África, Oceanía y Asia. Este software abarca tres áreas: Diseño y análisis Estructural (CYPECAD, CYPE3D, Muros Pantalla, etc.); Diseño y Cálculo de Instalaciones (CYPECAD MEP, Alcantarillado, etc.) y Gestión de Obras y Documentación de Proyecto (Arquímedes, Generador de Precios, etc.) (CYPECAD INGENIEROS S.A., 2018).



Figura 40. Portada del Software CYPE 2016.
Fuente: (CYPECAD INGENIEROS S.A., 2018)

CYPE – Alcantarillado es una herramienta para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento automático de redes de saneamiento ramificadas con un solo punto de vertido por gravedad.

Este interfaz permitió editar sobre la plantilla de la red de alcantarillado del sector de San Blas para poder comprobar el si el sistema actual cumple con los criterios de evacuación de aguas pluviales; permitiendo editar los perfiles longitudinales, incorporando criterios de calado, criterios máximos y mínimos de velocidad y pendiente.

3.4.2.1.4. Software HEC-RAS - Versión 5.0.5

El programa HEC-RAS es un modelo hidráulico unidimensional creado por la USACE (United States Army Corps of Engineers) donde se permite la simulación en 3D de inundación entre secciones de un cauce principal comprobando distintos tipos de modelos hidráulicos. (US Army Corps of Engineers, 2018).

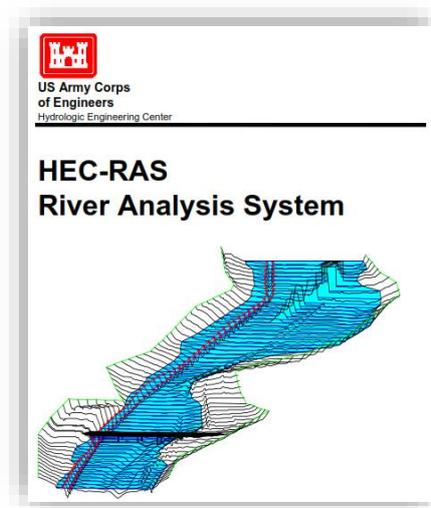


Figura 41. Portada del Software HEC-RAS 5.0.5
Fuente: (US Army Corps of Engineers, 2018).

Este interfaz permitió realizar la simulación del cauce del Rio Choquechaca de acuerdo a los datos históricos obtenidos para comprobar el comportamiento y diseñar una mejor propuesta.

3.4.2.1.5. Software HCANALES - Versión 3.0

HCANALES es un software especializado en canales y estructuras hidráulicas diseñado por Ing. Máximo Villón Béjar, esta plataforma se adapta en entorno Windows siendo una herramienta para: cálculos hidráulicos de canales (triangular, rectangular, trapezoidal, parabólica y circular), realizar simulaciones hidráulicas, cálculo de tirante, cálculo de caudales y cálculos variados. (Villon Bejar, 2018).



Figura 42. Portada del Software HCANALES 3.0
Fuente: (Villon Bejar, 2018).

Este interfaz permitió el cálculo de caudales y cálculo de tirante hidráulico para canales de sección circular de la zona de San Blas, también se realizó la comprobación de las características hidráulicas del sistema alcantarillado actual como también se realizó el nuevo diseño.

3.4.2.1.6. Software HIDROESTA - Versión 1.0

HIDROESTA es un software especializado para cálculos hidrológicos diseñado por Ing. Máximo Villón Béjar, esta plataforma se adapta en entorno Windows siendo una herramienta para: cálculo de parámetros estadísticos, evaluación de distribuciones teóricas (Normal, Gamma de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros, Log Pearson tipo III, Gumbel, Log Gumbel), realizar análisis de tormentas, cálculo de intensidades máximas, cálculos de aforos y cálculos diversos hidrológicos. (Villon Bejar, 2018).

Este interfaz permitió modelar las intensidades máximas en las diferentes distribuciones teóricas: Normal, Gamma de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros, Log Pearson tipo III, Gumbel, Log Gumbel.

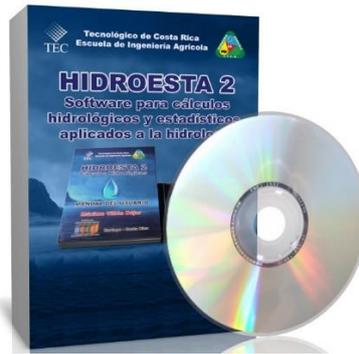


Figura 43. Portada del Software HidroEsta 1.0
Fuente: (Villon Bejar, 2018).

3.4.2.1.7. Software Microsoft Office - Versión 2016

Microsoft Office es una suite ofimática que abarca aplicaciones de escritorio, servidores y servicios; teniendo programas comunes como: Microsoft Word es el procesador de texto, Microsoft Excel es un programa de hoja o planilla de cálculo, Microsoft PowerPoint es un muy popular programa para desarrollar y desplegar presentaciones visuales. La última versión de la suite ofimática es el Microsoft Office 2016 (Microsoft, 2018).



Figura 44. Portada del Software Microsoft Office 2016
Fuente: (Microsoft, 2018).

Este tipo de interfaz permitió el procesamiento de texto, desarrollar hojas de cálculo matemático, planillas de fórmulas hidráulicas, organización de datos y presentaciones visuales.

3.4.2.2. Instrumentos de Recopilación de datos en campo

Para la etapa de recopilación de datos altimétricos, topográficos y de verificación se utilizó los siguientes instrumentos:

- GPS GARMIN MAP 76CSX.

- Estación total LEICA TPS400.
- Prisma y porta prisma H=3 metros.
- Nivel topográfico LEICA NA320.
- Miras telescópicas H=4 metros.
- Cinta métrica de 50 metros.
- Estación meteorológica pluviógrafo Davis Mobile Sigma Theta Weather Station

Estos instrumentos ayudaron en la geo-referencia del sector de investigación, el levantamiento altimétrico de cotas, levantamiento de topográfico del sector, medición de las pendientes entre buzones, mediciones de elementos hidráulicos, medición de las dimensiones de tuberías y registro de la intensidad de precipitación (pluviógrafos).



Figura 45. Instrumentos para la recopilación de datos en campo.
Fuente: (Leica Geosystems, 2018).

3.5. Procedimientos de recolección de datos

3.5.1. Recopilación de datos mediante encuestas

En esta etapa se recopiló los datos de manera directa mediante las encuestas de investigación que se desarrollaron en los alrededores del barrio tradicional de San Blas. Dicho proceso tiene como finalidad el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación e identificación de zonas de colapso en las redes de alcantarillado obtenida de la población residente del sector.



Figura 46. Encuestas practicadas a los residentes en la zona de A.P.V. Atoqsaycuchi-San Blas-Cusco-Cusco.



Figura 47. Encuestas practicadas a los residentes en la zona del Pasaje Pantaqcalles-San Blas-Cusco-Cusco.

3.5.2. Reconocimiento de la zona de Estudio

En esta etapa se reconoce el área de estudio evaluando: la delimitación de la cuenca, colector principal, colectores afluentes, pendiente de las calles y canales.

Se identificó la quebrada de Choquechaca teniendo sus nacientes en la altura de la meseta de Sacsayhuaman (sector del rodadero), teniendo un área de influencia en los sectores de Sapantiana, calle Choquechaca, Tullumayo, Limacpampa hasta su intersección con la Av. El Sol.



Figura 48. Reconocimiento de la quebrada de Choquechaca.

La quebrada de Choquechaca tiene como **Colector Principal**: Cl. Choquechaca, Av. Tullumayo; también se tiene los principales colectores afluentes de la red como son el **Colector A**: Cl. Atoqsaykuchi; **Colector B**: Cl. Canchipata, Cl. 7 Angelitos, Cl. San Marcos; **Colector C**: Cl. Suytucato, Cl. Sacrachayoc, Cl. Jardines del Inca.; **Colector D**: Cl. Chihuampata; **Colector E**: Cl. Collacalle, Cl. Lucrepata y Psje. Kurkupata.



Figura 49. Reconocimiento del Colector Principal que pasa por la Calle Choquechaca y Av. Tullumayo.



Figura 50. Reconocimiento del Colector A que pasa por la Calle Atoqsaykuchi.



Figura 51. Reconocimiento del Colector C que pasa por la Calle Suytucato, Calle Sacrachayoc y la calle Jardines del Inca.

3.5.3. Recopilación de datos Topográficos y Altimétricos

Con ayuda de los instrumentos de recopilación de datos en campo se procedió a recopilar datos topográficos: geo-referencia de la zona de estudio, mediciones de calles y manzanas, medición de las altitudes, identificación de buzones, sumideros, tapas, canales y cámaras rompe presión. También se recolecto datos altimétricos: pendientes y altitudes de la red de alcantarillado.



Figura 52. Levantamiento alimétrico en la calle Choquechaca- San Blas- Cusco-Cusco.



Figura 53. Levantamiento alimétrico en la Av. Tullumayo - San Blas- Cusco-Cusco.

3.5.4. Verificación de elementos hidráulicos

Se verifico los elementos hidráulicos en el sector de San Blas, por lo que se encontró el colector principal, sumideros peatonales, sumideros vehiculares, tapas de inspección, canales pluviales y cámaras de rompe-presión. En dicha verificación se consideró: referenciación de su ubicación en el sector de estudio, la evaluación cuantitativa de elementos por tipo, mediciones de las

dimensiones de cada elemento, evaluación del estado de servicio y la evaluación del estado de colmatación.



Figura 54. Mediciones del colector principal ubicado en la Calle Choquechaca y Av. Tullumayo - San Blas - Cusco - Cusco.



Figura 55. Mediciones del sumidero peatonal ubicado en la Plazoleta de Paqlachapata - San Blas - Cusco - Cusco.



Figura 56. Mediciones del sumidero vehicular ubicado en la Calle Chihuampata - San Blas- Cusco - Cusco.



Figura 57. Mediciones de la tapa de inspección ubicada en la Av. Tullumayo - San Blas – Cusco - Cusco.



Figura 58. Mediciones del canal pluvial ubicado en la Calle Asnoqchutun - San Blas – Cusco - Cusco.

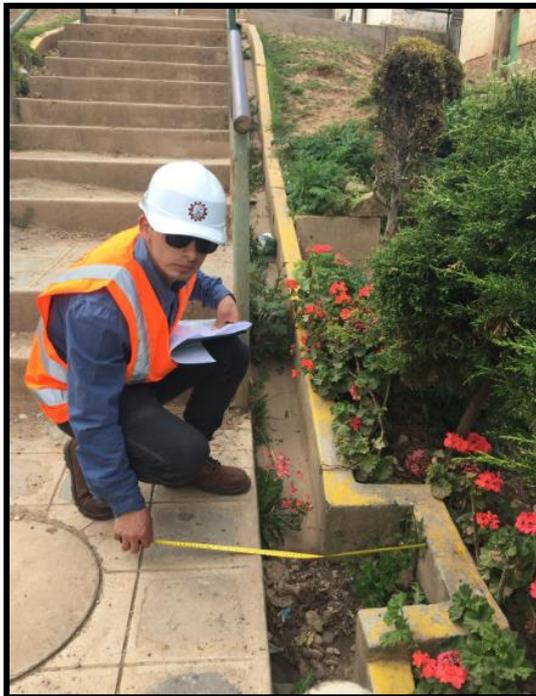


Figura 59. Mediciones de la cámara rompe presión ubicada en el Pasaje Ollanta - San Blas- Cusco-Cusco.

3.5.5. Recolección de Planos de Catastro Técnico de Agua y Alcantarillado

Para esta etapa se recurrió a la E.P.S. SEDACUSCO S.A. mediante el Departamento de Operaciones y Catastro se solicitó el Plano de Catastro Técnico de la red de Agua Potable y de la red de Alcantarillado; coordinando que dicha información considere toda la zona del Barrio Tradicional de San Blas.

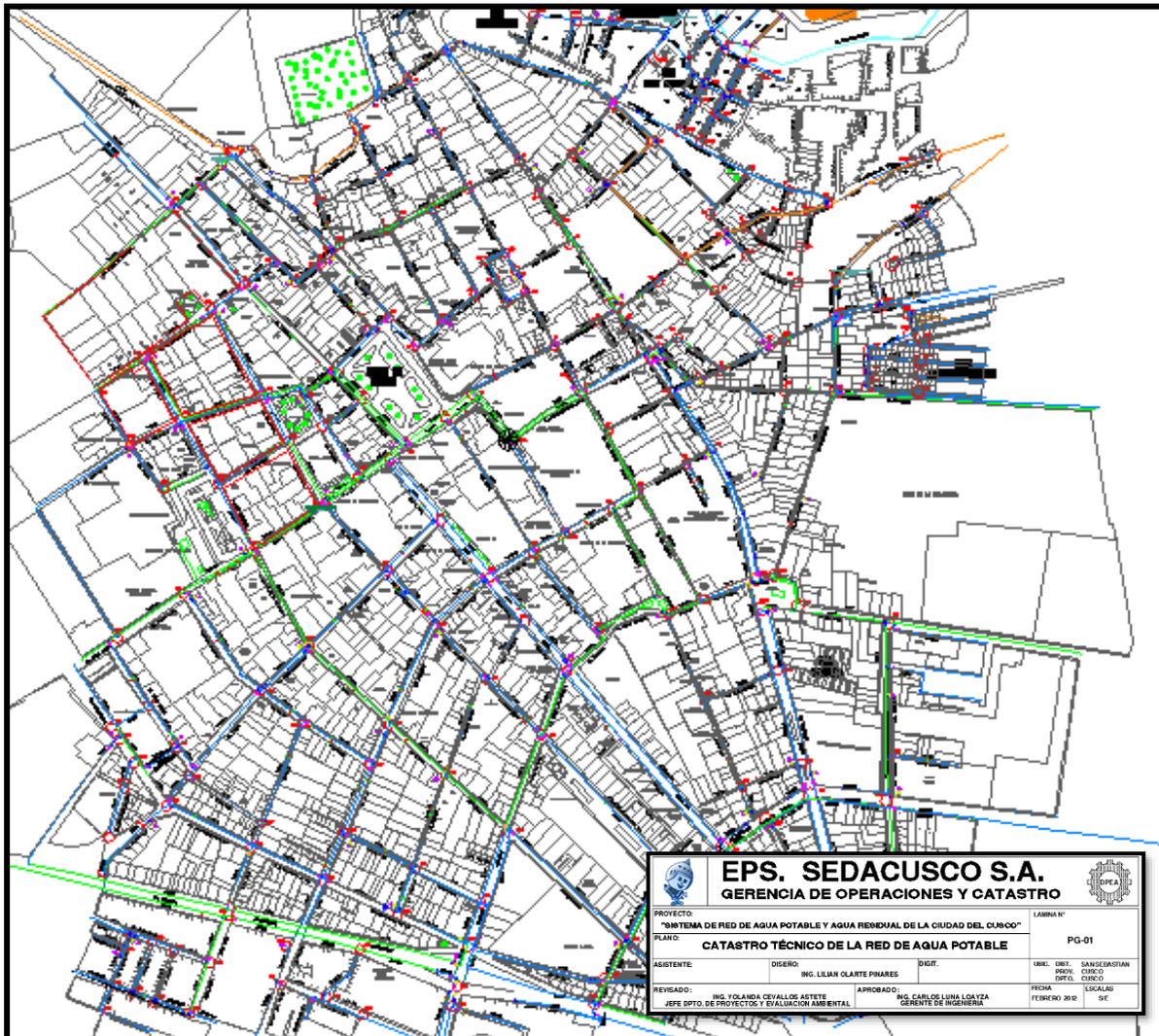


Figura 60. Plano del Catastro Técnico de la Red de Agua Potable.
Fuente: E.P.S. SEDACUSCO S.A.- Departamento de Operaciones y Catastro.



Figura 61. Plano del Catastro Técnico de la Red de Alcantarillado.
Fuente: E.P.S. SEDACUSCO S.A.- Departamento de Operaciones y Catastro.

3.5.6. Recopilación de los registros de precipitaciones pluviales

Para obtener los datos pluviométricos más precisos se recopiló la información de la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio y también de una estación diferente para analizar la comparabilidad de las mediciones, por lo tanto se analizó las precipitaciones máximas diarias en el lapso de 24 horas teniendo en conclusión el registro histórico mensual de precipitaciones máximas pluviales. También se consideró la comparación de los datos pluviométricos de los registros: del pluviógrafo mecánico, del pluviómetro mecánico y de la estación automática DAVIS.

Se solicitó el registro a la “Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera” – PERAYOC de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Así mismo de igual manera se solicitó el registro a la “Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP – Granja Kayra de la institución SENAMHI.



Figura 62. Registro del Pluviógrafo en la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera – PERAYOC – UNSAAC.



Figura 63. Registro de la Estación Automática DAVIS en la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera – PERAYOC – UNSAAC.

Tabla 18. Registro de las precipitaciones pluviales máximas mensuales de la Estación Mete. Luis Olazo Olivera.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL														
FICHA DE DATOS PLUVIOMETRICOS N°: 2018- 01														
Tesis:	"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"													
Tesista:	CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.							Fecha: Cusco 20 / 08 / 2018						
	Estacion Metereológica Agrícola Principal MAP-Granja Kayra - SEN							Latitud:	13° 13' 16"	Dpto:	Cusco			
X	Estacion Metereológica Luis Olazo Olivera - Perayoc - UNSAAC.							Longitud:	71° 57' 53"	Prov:	Cusco			
								Altitud:	3365 msnm	Distr:	Cusco			
Precipitación Diaria Maxima en 24 hras (mm)														
ITEM	AÑO	ENE	FEBR	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1	1980	10.00	25.80	28.20	16.90	5.90	2.10	1.20	0.20	4.20	39.00	16.60	25.60	39.00
2	1981	45.00	15.80	18.60	24.00	0.60	4.20	0.00	6.60	12.90	42.00	14.40	43.90	45.00
3	1982	40.00	33.00	35.10	22.00	0.00	0.80	3.80	5.00	17.10	29.20	25.50	29.80	40.00
4	1983	27.50	19.00	22.90	8.00	2.40	26.00	0.70	0.00	1.30	11.80	11.00	33.00	33.00
5	1984	21.40	27.80	14.80	16.20	0.20	4.50	0.20	7.70	18.90	25.50	14.00	27.50	27.80
6	1985	17.20	73.30	18.70	19.90	8.70	10.20	3.00	5.10	12.20	15.80	27.00	25.00	73.30
7	1986	26.50	15.20	19.90	21.50	2.50	0.00	2.80	5.60	2.40	13.20	27.00	24.20	27.00
8	1987	31.50	26.70	20.50	17.00	2.80	8.80	7.70	0.00	5.30	27.50	14.50	37.20	37.20
9	1988	38.20	23.40	36.80	21.60	1.20	0.00	0.00	0.00	12.20	30.00	15.00	24.00	38.20
10	1989	30.30	25.00	22.00	22.00	2.10	4.40	0.00	4.30	6.50	38.60	16.50	18.00	38.60
11	1990	59.00	15.80	14.00	33.30	5.00	10.30	0.00	6.20	11.20	38.30	20.00	18.60	59.00
12	1991	29.20	50.00	39.30	25.50	3.90	5.20	1.00	0.00	15.00	55.20	19.00	20.20	55.20
13	1992	26.50	24.00	20.00	7.20	1.00	5.00	21.50	22.10	5.40	11.00	37.00	21.20	37.00
14	1993	40.20	20.80	18.70	6.00	1.70	0.00	1.10	12.00	2.20	16.50	16.30	33.40	40.20
15	1994	21.50	37.50	32.90	16.10	5.00	0.00	0.00	0.00	7.70	12.10	12.70	27.00	37.50
16	1995	23.20	20.00	32.00	11.50	0.80	0.30	2.80	0.00	32.60	8.20	9.40	19.40	32.60
17	1996	20.00	18.40	8.80	5.00	7.60	0.60	0.00	3.60	7.90	19.80	13.60	20.70	20.70
18	1997	22.10	14.80	23.10	15.50	3.20	0.00	0.00	2.70	3.60	8.30	28.80	29.50	29.50
19	1998	44.00	30.60	11.50	10.50	2.00	2.10	0.00	4.20	1.20	10.80	25.00	20.40	44.00
20	1999	30.50	16.50	15.20	18.00	9.20	6.00	0.00	0.00	12.50	11.90	12.90	25.60	30.50
21	2000	24.30	14.50	17.70	4.00	1.50	2.70	1.20	2.00	16.00	14.40	36.30	13.80	36.30
22	2001	27.00	23.60	25.20	7.50	2.40	0.00	19.80	5.00	9.50	21.10	14.30	28.00	28.00
23	2002	27.70	28.50	29.50	8.80	5.50	2.20	8.00	3.00	3.30	18.00	19.00	22.60	29.50
24	2003	42.80	22.80	15.80	29.80	2.50	5.00	0.00	9.50	5.80	6.50	22.00	25.00	42.80
25	2004	22.90	18.30	20.00	20.20	1.20	16.50	8.30	7.70	14.60	10.80	10.00	17.80	22.90
26	2005	21.80	15.80	25.50	16.50	0.40	0.00	1.00	2.90	4.60	11.40	16.00	10.00	25.50
27	2006	35.70	26.00	14.50	17.60	0.00	4.20	0.00	3.30	9.20	20.00	18.60	20.50	35.70
28	2007	16.70	15.80	30.00	20.00	13.00	0.00	2.50	0.80	3.00	27.70	25.30	20.00	30.00
29	2008	18.80	20.30	15.00	3.50	2.50	1.00	2.10	3.00	4.30	31.50	16.80	20.00	31.50
30	2009	17.00	22.40	14.00	12.00	0.80	0.00	0.00	3.00	10.00	10.70	23.00	16.00	23.00
31	2010	47.00	35.00	27.00	7.00	4.80	0.00	44.00	4.50	2.80	23.00	17.00	22.58	47.00
32	2011	28.40	30.00	32.00	17.00	0.50		3.30	0.00	17.80	13.20		19.00	32.00
33	2012	9.60	19.20	16.40	19.80	2.20	2.00	0.20	0.60	5.60	6.80	20.20	28.20	28.20
34	2013	22.40	35.40	21.20	9.80	4.00	6.90	2.50	13.70	7.50	35.00	28.00	25.10	35.40
35	2014	30.50	17.10	8.90	18.20	10.80	0.00	1.40	5.00	5.70	29.60	6.10	24.30	30.50
36	2015	21.50	35.00	23.80	12.50	5.50	3.90	9.10	3.80	10.30	8.70	14.70	26.70	35.00
37	2016	11.40	22.60	19.70	11.50	4.80	0.20	5.10	0.50	10.00	14.20	10.80	15.00	22.60
38	2017	22.20	17.40	30.30	12.80	6.30	5.00	0.30	10.40	4.70	9.20	14.60	20.00	30.30
39	2018	20.60	35.60	38.60	14.50	1.40	12.00	11.90						38.60
N° Datos:	39	39	39	39	39	39	39	39	38	38	38	38	38	39
Media:	27.49	25.35	22.52	15.40	3.48	3.90	4.27	4.32	8.87	20.43	18.13	23.65		35.64
Máximo:	59.00	73.30	39.30	33.30	13.00	26.00	44.00	22.10	32.60	55.20	37.00	43.90		73.30
Mínimo:	9.60	14.50	8.80	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	6.50	6.10	10.00		14.50
■ 1era Precipitación Maxima Mensual ■ 2da Precipitación Maxima Mensual														
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"														

Fuente: Observatorio Meteorológico - PERAYOC - UNSAAC.

Tabla 19. Registro de las precipitaciones pluviales máximas mensuales de la Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP-Granja Kayra.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL														
FICHA DE DATOS PLUVIOMETRICOS N°: 2018- 02														
Tesis:		"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"												
Tesisista:		CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.										Fecha: Cusco 21 / 08 / 2018		
X	Estacion Metereológica Agrícola Principal MAP-Granja Kayra - SEN.	Latitud:	13° 33' 24.7"	Dpto:	Cusco									
	Estacion Metereológica Luis Olazo Olivera - Perayoc - UNSAAC.	Longitud:	71° 52' 29.8"	Prov:	Cusco									
		Altitud:	3365 msnm	Distr:	San Jeronimo									
Precipitacion Diaria Maxima en 24 hrs (mm)														
ITEM	AÑO	ENE	FEBR	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1	1980	23.90	38.20	27.10	10.40	3.70	0.00	5.10	0.40	4.80	11.00	9.60	19.50	38.20
2	1981	28.60	10.40	15.80	22.40	1.80	3.00	0.00	4.00	7.60	40.20	25.20	19.10	40.20
3	1982	27.40	16.00	29.66	17.10	0.00	5.00	3.40	1.40	3.20	13.40	21.40	16.00	29.66
4	1983	17.40	21.40	13.10	7.50	2.80	2.60	0.50	0.50	4.40	8.20	10.50	20.70	21.40
5	1984	36.50	19.40	14.30	25.90	0.00	0.90	1.00	7.00	2.10	18.50	9.50	31.40	36.50
6	1985	18.10	31.20	24.60	5.00	6.20	4.80	0.90	0.00	13.00	13.10	13.60	20.10	31.20
7	1986	12.50	26.20	14.50	20.80	2.80	0.00	1.80	2.60	3.40	8.00	18.00	27.50	27.50
8	1987	42.10	11.20	19.90	4.40	1.00	0.80	4.60	0.00	4.10	4.90	18.00	20.40	42.10
9	1988	28.40	14.30	35.20	23.80	1.80	0.00	0.00	0.00	7.70	20.20	15.40	25.20	28.40
10	1989	21.20	41.90	15.50	16.30	3.60	6.10	0.00	3.80	16.00	12.20	14.00	24.10	41.90
11	1990	26.50	20.30	11.30	8.90	3.60	9.31	0.00	3.60	5.30	14.00	14.50	19.50	26.50
12	1991	25.50	37.60	37.10	14.20	4.80	2.70	1.50	0.00	12.80	13.40	17.50	25.20	37.60
13	1992	13.90	18.80	21.20	6.80	0.00	19.10	0.00	14.00	5.20	16.20	22.60	15.40	22.60
14	1993	48.50	17.40	24.20	2.90	0.90	0.00	1.50	5.30	6.90	14.60	15.60	44.10	48.50
15	1994	39.60	30.00	20.40	12.30	8.60	0.00	0.00	0.00	10.50	17.40	7.10	28.30	39.60
16	1995	23.20	18.50	14.30	6.80	0.00	0.00	0.40	1.20	19.80	8.30	34.60	20.70	34.60
17	1996	24.60	17.30	31.30	7.40	6.00	0.00	0.00	3.00	8.30				31.30
18	1997	20.10	18.20	24.90	9.50	4.10	0.00	0.00	3.50	5.10	12.90	47.00	30.00	47.00
19	1998	35.90	23.10	4.90	11.70	1.00	1.90		1.50	3.30	11.10	18.90	14.10	35.90
20	1999	12.70	14.90	17.00	13.60	1.30	3.20	1.00	0.00	10.90	7.20	19.30	16.40	19.30
21	2000	25.50	24.90	22.60	5.70	0.80	4.50	1.50	2.40	4.90	9.50	17.30	11.40	25.50
22	2001	15.60	31.00	21.40	10.60	4.30	0.00	9.90	3.60	5.40	15.90	23.10	11.60	31.00
23	2002	21.20	25.10	13.50	8.10	5.70	1.00	6.90	2.40	2.60	15.20	26.70	23.50	26.70
24	2003	24.60	24.00	18.00	39.10	1.00	6.40	0.00	10.80	1.70	10.20	7.00	23.40	39.10
25	2004	24.50	30.80	12.60	6.40	1.40	12.60	8.00	4.90	7.30	14.70	11.00	25.20	30.80
26	2005	23.00	15.80	27.80	23.20	2.00	0.40	1.20	2.20	2.10	13.60	11.70	17.20	27.80
27	2006	37.30	51.60	26.40	30.20	0.20	4.00	0.00	5.40	4.10	15.00	12.60	15.30	51.60
28	2007	26.70	13.70	19.70	32.90	3.40	0.00	3.00	0.00	1.00	14.90	18.90	16.90	32.90
29	2008	25.60	27.90	11.20	5.60	2.80	1.00	0.00	2.00	8.30	11.20	24.50	16.40	27.90
30	2009	27.80	17.80	23.60	5.90	2.50	0.00	1.80	0.40	7.60	2.20	24.10	11.90	27.80
31	2010	41.20	25.70	25.70	5.10	1.30	0.00	1.40	2.60	3.00	18.60	10.90	35.90	41.20
32	2011	22.60	22.00	25.00	15.60	1.70	3.20	3.00	0.00	9.60	18.90	29.80	14.60	29.80
33	2012	14.80	47.00	8.10	28.40	3.40	1.20	0.00	0.10	10.30	9.20	30.70	24.30	47.00
34	2013	23.20	21.10	18.70	4.50	14.60	3.00	1.00	6.20	2.70	17.90	16.00	27.20	27.20
35	2014	31.10	21.90	8.80	16.90	4.40	0.00	1.40	3.00	7.00		15.80	35.60	35.60
36	2015	38.30	23.60	9.70	12.50	8.00	2.30	5.50	3.00	6.20	6.30	16.50	23.10	38.30
37	2016	19.10	24.20	9.00	5.40	3.00	0.00	4.50	0.50	2.90	22.70	12.80	14.50	24.20
38	2017	24.60		24.90	9.80	5.90	5.80	0.00	7.00	12.70	7.10	14.80	12.90	24.90
N° Datos:	38	37	38	38	38	38	37	38	38	38	36	37	37	38
Media:	26.14	24.17	19.55	13.52	3.17	2.76	1.91	2.85	6.68	13.55	18.28	21.58		33.40
Máximo:	48.50	51.60	37.10	39.10	14.60	19.10	9.90	14.00	19.80	40.20	47.00	44.10		51.60
Mínimo:	12.50	10.40	4.90	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.20	7.00	11.40		12.50
		1era Precipitacion Maxima Mensual					2da Precipitacion Maxima Mensual							
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"														

Fuente: Observatorio Meteorológico MAP - Granja Kayra – SENAMHI.

3.5.7. Recopilación del registro de Tormentas de Máximas Intensidades

Tabla 20. Registro Tormentas de Máximas Intensidades de la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera.

TORMENTAS DE MAXIMAS INTENSIDADES EN LA ESTACION DE PERAYOC							
LECTURAS DEL PLUVIOGRAMA - ESTACION PERAYOC							
Item	Año	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Duración (min)	Cantidad (mm)	Intensidad (mm/h)
1	1965	17/12/1965	19:05	19:10	5	3.2	38.40
2		31/12/1965	19:30	19:40	10	5.6	33.60
3		14/02/1965	14:30	14:35	5	1.85	22.20
4		27/01/1965	16:25	16:30	5	1.6	19.20
5		30/01/1965	18:15	18:20	5	1.45	17.40
6		04/11/1965	18:55	19:00	5	1.3	15.60
7		27/02/1965	14:25	14:35	10	2.5	15.00
8		10/02/1965	14:45	15:20	35	8.5	14.57
9		10/04/1965	14:20	14:30	10	2.4	14.40
10		06/12/1965	00:00	00:25	25	5.5	13.20
11		10/10/1965	11:15	11:25	10	2.15	12.90
12		29/09/1965	14:25	14:55	30	6.35	12.70
13	1966	01/01/1966	00:00	00:10	10	5.2	31.20
14		01/03/1966	13:35	13:40	5	1.85	22.20
15		02/01/1966	17:00	17:05	5	1.7	20.40
16		08/11/1966	00:00	00:05	5	1.4	16.80
17		22/02/1966	14:50	14:55	5	1.3	15.60
18		24/01/1966	16:50	16:55	5	1.3	15.60
19		23/02/1966	14:25	14:55	30	7.4	14.80
20		22/09/1966	20:35	21:15	40	9.8	14.70
21		05/03/1966	13:40	14:20	40	8.9	13.35
22		01/01/1966	01:50	02:00	10	2.2	13.20
23		04/01/1966	16:25	16:50	25	4.3	10.32
24		06/02/1966	20:15	20:50	35	6	10.29
25	1967	28/03/1967	17:25	17:40	15	12.6	50.40
26		26/11/1967	15:05	15:10	5	2.8	33.60
27		10/10/1967	16:10	16:15	5	2.7	32.40
28		01/12/1967	13:10	13:25	15	7.1	28.40
29		19/08/1967	14:45	14:55	10	4.2	25.20
30		31/12/1967	15:00	15:05	5	1.6	19.20
31		01/03/1967	23:50	00:05	15	4.2	16.80
32		16/12/1967	05:55	06:10	15	4	16.00
33		29/03/1967	16:05	16:25	20	5.1	15.30
34		16/02/1967	13:50	14:40	50	10.3	12.36
35		08/12/1967	03:50	04:00	10	2	12.00
36		09/01/1967	12:15	13:10	55	10.75	11.73
37	1968	12/01/1968	14:15	14:20	5	6.4	76.8
38		02/01/1968	12:40	12:45	5	2.8	33.6
39		10/02/1968	12:35	12:40	5	2	24
40		18/02/1968	15:10	15:40	30	11.4	22.8
41		04/12/1968	12:30	12:35	5	1.9	22.8
42		05/12/1968	14:55	15:00	5	1.4	16.8
43		08/11/1968	00:35	00:50	15	4.1	16.4
44		05/07/1968	18:25	18:30	5	1.3	15.6
45		09/11/1968	17:30	17:35	5	1.3	15.6
46		28/11/1968	09:05	09:10	5	1.3	15.6
47		09/12/1968	16:30	16:50	20	5	15
48		28/12/1968	20:15	20:20	5	1.25	15

Fuente: Observatorio Meteorológico - PERAYOC – UNSAAC; Registro de 35 Años- Ver ANEXO.

3.6. Procedimientos de Análisis de datos

3.6.1. Análisis de la información de las encuestas

Estas encuestas son de carácter complementario lo cual permitieron demostrar el objetivo general y comprobar la hipótesis general de la presente investigación. Por lo tanto, se analizó 80 encuestas recopilando información mediante cuestionario el cual fue aplicado a los residentes del sector de San Blas, dichas encuestas se sesgo de acuerdo a la problemática encontrada en la zona; posteriormente se tabulo dichas encuestas a través de datos estadísticos.



Figura 64. Plano de identificación de Encuestas en el sector de San Blas.

Tabla 21. Resumen de lugares encuestados en el sector de San Blas.

RESUMEN DE ENCUESTAS					
Cod:	Ubicación:	Cod:	Ubicación:	Cod:	Ubicación:
Ec-1	Calle 7 Borreguitos	Ec-28	Pasaje Tandapata	Ec-55	A.P.V. San Blas
Ec-2	Calle Choquechaca	Ec-29	Pasaje Tandapata	Ec-56	Pasaje Kiskapata
Ec-3	Calle Choquechaca	Ec-30	Calle Cuesta de San Blas	Ec-57	Calle Suytucato
Ec-4	Calle Ladrillo	Ec-31	Pasaje Pasñapacana	Ec-58	Pasaje Kurkupata
Ec-5	Calle Canchipata	Ec-32	Calle Tandapata	Ec-59	Pasaje Kiskapata
Ec-6	Calle Cuesta de San Blas	Ec-33	Calle 7 Angelitos	Ec-60	Jirón Imperio
Ec-7	Calle Ruinas	Ec-34	Calle Atoqsaykuchi	Ec-61	Jirón Imperio
Ec-8	Av. Tullumayo	Ec-35	Calle Atoqsaykuchi	Ec-62	Jirón Cahuide
Ec-9	Calle Cabracancha	Ec-36	Calle Tandapata	Ec-63	Pasaje Ollanta
Ec-10	Calle Abracitos	Ec-37	Calle Tandapata	Ec-64	Plazoleta de Paqlachapata
Ec-11	Av. Tullumayo	Ec-38	Calle Cristo Blanco	Ec-65	Plazoleta de Paqlachapata
Ec-12	Av. Tullumayo	Ec-39	Calle Cristo Blanco	Ec-66	Calle Jardines del Inca
Ec-13	Plazoleta Limacpampa	Ec-40	Calle San Antonio	Ec-67	Calle Garcilasos
Ec-14	Calle Arcopunco	Ec-41	Calle San Antonio	Ec-68	Jirón Fortaleza
Ec-15	Plazoleta Limacpampa	Ec-42	Calle San Martin	Ec-69	Jirón Fortaleza
Ec-16	Calle Collacalle	Ec-43	Calle San Martin	Ec-70	Jirón San Martin
Ec-17	Calle Collacalle	Ec-44	A.P.V. Atoqsaycuchi	Ec-71	Jirón San Martin
Ec-18	Calle Collacalle	Ec-45	A.P.V. Atoqsaycuchi	Ec-72	Jirón San Martin
Ec-19	Calle Recoleta	Ec-46	Calle Atoqsaykuchi	Ec-73	Calle Jardines del Inca
Ec-20	Calle Asnochutun	Ec-47	A.P.V. San Marcos	Ec-74	Calle Jardines del Inca
Ec-21	Pasaje Pantaqcal	Ec-48	A.P.V. San Marcos	Ec-75	Av. Circunvalacion
Ec-22	Calle 7 Ventanas	Ec-49	A.P.V. San Marcos	Ec-76	Carretera
Ec-23	Calle Alabado	Ec-50	Calle San Marcos	Ec-77	Av. Circunvalacion
Ec-24	Calle Carmen Bajo	Ec-51	Calle San Marcos	Ec-78	Jirón Imperio
Ec-25	Calle Chihuampata	Ec-52	A.P.V. San Blas	Ec-79	Carretera
Ec-26	Calle Lucrecalle	Ec-53	A.P.V. San Blas	Ec-80	Pasaje Sapantiana
Ec-27	Calle Lucrecalle	Ec-54	A.P.V. San Blas		

3.6.2. Análisis de las condiciones actuales de los elementos hidráulicos e inventario

Se recolecto en campo las condiciones de cada elemento hidráulico comprendido en el sector de San Blas, teniéndose un total de 182 elementos hidráulicos. Estos elementos hidráulicos se clasificaron en 5 tipos los cuales son: sumideros peatonales, sumideros vehiculares, tapas de inspección, canales pluviales (incluido el colector principal) y cámaras de rompe presión.

Se realizó un inventario técnico en el cual demuestra las características y evalúa las condiciones actuales de cada elemento; el criterio de análisis fue el siguiente:

- Codificación del elemento según el tipo.
- Geo referencia de su ubicación en el plano del sector de estudio.

- ▶ Registro fotográfico individual de cada elemento hidráulico.
- ▶ Ubicación en la zona como avenida, calle, pasaje, jirón o urbanización.
- ▶ Evaluación cuantitativa de los elementos similares por tipo.
- ▶ Descripción del elemento hidráulico y el material del cual está hecho.
- ▶ Mediciones de las dimensiones de cada elemento (Longitud, largo, ancho y altura).
- ▶ Evaluación del estado de servicio en el cual se evaluó mediante una escala cualitativa de deficiente, regular o bueno.
- ▶ Evaluación del estado de colmatación en el cual se evaluó mediante una escala cualitativa: si la colmatación está en su totalidad de la capacidad del elemento, o a mitad de capacidad del elemento, o es bueno que representa estar limpio y no estar colmatado.

A continuación se muestra el Plano del Inventario de Elementos Hidráulicos donde se clásica por tipo y se geo referencia en el sector de estudio.

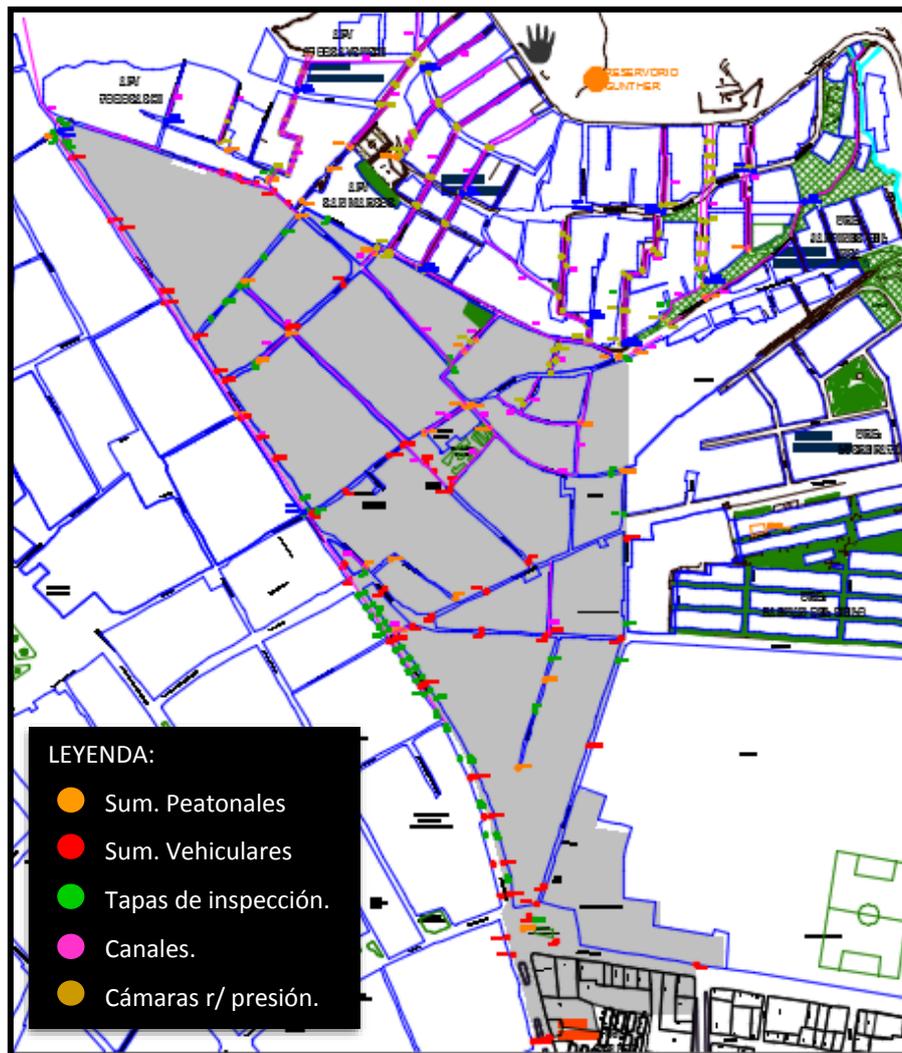


Figura 65. Plano del Inventario de Elementos Hidráulicos.

Siendo un total de 26 Fichas de Inventario comprendiendo 182 elementos hidráulicos y estos se presentan en su totalidad en el Anexo; a continuación se presenta el inventario más representativo:

Tabla 22. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 1.

COD.		ITEM:	REFERENCIA:	REGISTRO FOTOGRAFICO:	UBICACIÓN:	DIMENSIONES (m):			ESTADO:	OBSERVACIONES:
SV-1		1			Calle Ruinas	Largo:	Ancho:	Altura:	Regular	Colmatado a mitad de capacidad
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					
					Fecha: Cusco 30/08/19					
SV-2		2			Calle Choquechaca	Largo:	Ancho:	Altura:	Regular	Colmatado a mitad de capacidad
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					
SP-1		3			Calle 7 Ventanas	Largo:	Ancho:	Altura:	Deficiente	Colmatado a mitad de capacidad
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					
T-1		4			Calle Ruinas	Largo:	Ancho:	Altura:	Bueno	
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					
SV-3		5			Calle Cuesta de San Blas	Largo:	Ancho:	Altura:	Regular	Colmatado a mitad de capacidad
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					
T-2		6			Calle Choquechaca	Largo:	Ancho:	Altura:	Regular	
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					
T-3		7			Calle Cuesta de San Blas	Largo:	Ancho:	Altura:	Regular	
					CANTIDAD (und):					
					ELEMENTO:					
					MATERIAL:					

"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

Tabla 23. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 4.

COD:		ITEM:	REFERENCIA:	REGISTRO FOTOGRAFICO:	UBICACIÓN:
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
FICHA DE INVENTARIO HIDRÁULICO N°: 2018 - 4					
Tesis:		"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"			
Tesisista:		BACH. CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.		Fecha: Cusco 30/08/19	
T-5	22			Calle Choquechaca	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Tapa
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Largo: 1.00 Ancho: 1.00 Altura:
				ESTADO:	Regular
				OBSERVACIONES:	
T-6	23			Calle Choquechaca	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Tapa
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Largo: 0.65 Ancho: 0.65 Altura:
				ESTADO:	Deficiente
				OBSERVACIONES:	
C-2	24			Calle Choquechaca	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Canal
				MATERIAL:	Revestido con piedra
				DIMENSIONES (m):	Longitud: 246.90 Ancho: 1.60 Altura: 1.60
				ESTADO:	Bueno
				OBSERVACIONES:	Colmatado
T-7	25			Calle Choquechaca	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Tapa
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Largo: 0.70 Ancho: 0.70 Altura:
				ESTADO:	Bueno
				OBSERVACIONES:	
T-8	26			Calle 7 Borreguitos	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Tapa
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Largo: 0.65 Ancho: 0.65 Altura:
				ESTADO:	Bueno
				OBSERVACIONES:	
SP-3	27			Calle 7 Borreguitos	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Sumidero vehicular
				MATERIAL:	Metalico
				DIMENSIONES (m):	Largo: 2.10 Ancho: 0.25 Altura: 0.55
				ESTADO:	Regular
				OBSERVACIONES:	Colmatado a mitad de capacidad
C-3	28			Río Choquechaca	CANTIDAD (und): 1
				ELEMENTO:	Canal
				MATERIAL:	Revestido con piedra
				DIMENSIONES (m):	Longitud: 118.80 Ancho: 2.50 Altura: 1.20
				ESTADO:	Bueno
				OBSERVACIONES:	Bueno

"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

Tabla 24. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 18.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		FICHA DE INVENTARIO HIDRÁULICO N°: 2018 - 18							
Tesis:		"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"							
Tesista:		BACH. CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.	Fecha: Cusco 31/08/19						
COD:	ITEM:	REFERENCIA:	REGISTRO FOTOGRAFICO:	UBICACIÓN:					
C-19	120			Calle Jardines del Inca	CANTIDAD (und): 1				
				Canal	ELEMENTO:				
				Revestido con piedra	MATERIAL:				
				Longitud: 38.80	Ancho: 0.42	Altura: 0.07	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Regular					
				OBSERVACIONES: Bueno					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					
C-20	121			Calle Jardines del Inca	CANTIDAD (und): 1				
				Canal	ELEMENTO:				
				Revestido con piedra	MATERIAL:				
				Longitud: 305.80	Ancho: 0.40	Altura: 0.20	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Deficiente					
				OBSERVACIONES: Colmatado en su totalidad					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					
RP-4	122			Calle Jardines del Inca	CANTIDAD (und): 1				
				Camara Rompe Presion	ELEMENTO:				
				Concreto	MATERIAL:				
				Largo: 0.45	Ancho: 0.40	Altura: 0.30	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Bueno					
				OBSERVACIONES: Colmatado a mitad de capacidad					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					
RP-5	123			Pasaje Ollanta	CANTIDAD (und): 1				
				Camara Rompe Presion	ELEMENTO:				
				Concreto	MATERIAL:				
				Largo: 0.54	Ancho: 0.24	Altura: 0.65	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Bueno					
				OBSERVACIONES: Colmatado a mitad de capacidad					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					
C-21	124			Pasaje Ollanta	CANTIDAD (und): 1				
				Canal	ELEMENTO:				
				Concreto	MATERIAL:				
				Longitud: 58.20	Ancho: 0.23	Altura: 0.20	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Bueno					
				OBSERVACIONES: Colmatado a mitad de capacidad					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					
T-35	125			Pasaje Ollanta	CANTIDAD (und): 1				
				Tapa	ELEMENTO:				
				Concreto	MATERIAL:				
				Largo: 0.60	Ancho: 0.45	Altura: 0.60	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Bueno					
				OBSERVACIONES:					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					
RP-6	126			Pasaje Ollanta	CANTIDAD (und): 1				
				Camara Rompe Presion	ELEMENTO:				
				Concreto	MATERIAL:				
				Largo: 0.70	Ancho: 0.70	Altura: 0.60	DIMENSIONES (m):		
				ESTADO: Bueno					
				OBSERVACIONES: Colmatado a mitad de capacidad					
				REGISTRO FOTOGRAFICO:					

"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

Tabla 25. Ficha de Inventario Hidráulicos N° 2018 – 24.

UAC		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		FICHA DE INVENTARIO HIDRÁULICO N°: 2018 - 24	
Tesis:		"EVALUACION Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SECTOR SAN BLAS DEL DISTRITO DE CUSCO"			
Tesisista:		BACH. CORRALES CORRALES, JHONATAN ALAPAEC.		Fecha: Cusco 31/08/19	
COD:	ITEM:	REFERENCIA:	REGISTRO FOTOGRAFICO:	UBICACIÓN:	
RP-17	162			UBICACIÓN:	A.P.V. San Marcos
				CANTIDAD (und):	2
				ELEMENTO:	Camara Rompe Presion
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Largo: 0.40 Ancho: 0.40 Altura: 0.20
				ESTADO:	Deficiente
				OBSERVACIONES:	Colmatado en su totalidad
C-33	163			UBICACIÓN:	A.P.V. San Marcos
				CANTIDAD (und):	2
				ELEMENTO:	Canal
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Longitud: 70.70 Ancho: 0.20 Altura: 0.12
				ESTADO:	Deficiente
				OBSERVACIONES:	Colmatado en su totalidad
RP-18	164			UBICACIÓN:	A.P.V. Atoqsaykuchi
				CANTIDAD (und):	8
				ELEMENTO:	Camara Rompe Presion
				MATERIAL:	Concreto
				DIMENSIONES (m):	Largo: 0.30 Ancho: 0.30 Altura: 0.20
				ESTADO:	Regular
				OBSERVACIONES:	Colmatado a mitad de capacidad
SP-29	165			UBICACIÓN:	Calle Atoqsaykuchi
				CANTIDAD (und):	1
				ELEMENTO:	Sumidero Peatonal
				MATERIAL:	Metalico
				DIMENSIONES (m):	Largo: 1.30 Ancho: 1.70 Altura: 1.30
				ESTADO:	Deficiente
				OBSERVACIONES:	Colmatado en su totalidad
SP-30	166			UBICACIÓN:	Calle Atoqsaykuchi
				CANTIDAD (und):	1
				ELEMENTO:	Sumidero Peatonal
				MATERIAL:	Metalico
				DIMENSIONES (m):	Largo: 1.40 Ancho: 1.00 Altura: 1.60
				ESTADO:	Deficiente
				OBSERVACIONES:	Colmatado en su totalidad
C-34	167			UBICACIÓN:	Plazuela de San Blas
				CANTIDAD (und):	1
				ELEMENTO:	Canal
				MATERIAL:	Revestido con piedra
				DIMENSIONES (m):	Longitud: 55.30 Ancho: 0.30 Altura: 0.12
				ESTADO:	Bueno
				OBSERVACIONES:	Bueno
SV-46	168			UBICACIÓN:	Plazuela de San Blas
				CANTIDAD (und):	2
				ELEMENTO:	Sumidero vehicular
				MATERIAL:	Metalico
				DIMENSIONES (m):	Largo: 1.20 Ancho: 0.30 Altura: 0.30
				ESTADO:	Regular
				OBSERVACIONES:	Bueno

"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

3.6.2.1. Análisis del resumen de los sumideros peatonales

Tabla 26. Resumen de Sumideros Peatonales.

Cod:		Cant:	Material:	Dimensiones (m):			Evaluación según el estado de:					
				Largo:	Ancho:	Altura:	Servicio:			Colmatación:		
						Deficiente	Regular	Bueno	En su totalidad	A mitad de capacidad	Bueno	
SP-1	1	Metalico	1.10	0.45	0.55	1					1	
SP-2	1	Metalico	2.30	0.40	0.40	1					1	
SP-3	1	Metalico	2.10	0.25	0.55		1				1	
SP-4	1	Metalico	0.70	0.40	0.35	1			1			
SP-5	1	Metalico	1.60	0.50	0.40	1			1			
SP-6	1	Metalico	2.20	0.57	0.50			1				1
SP-7	1	Metalico	2.60	0.40	0.55		1					1
SP-8	1	Metalico	2.00	0.25	0.30	1			1			
SP-9	1	Metalico	2.10	0.60	0.60		1					1
SP-10	1	Metalico	1.20	0.30	0.50		1				1	
SP-11	1	Metalico	2.20	0.35	0.45	1					1	
SP-12	1	Metalico	0.65	0.30	0.40	1					1	
SP-13	1	Metalico	2.10	0.30	0.40	1			1			
SP-14	1	Metalico	2.10	0.30	0.40	1			1			
SP-15	1	Metalico	1.60	0.65	0.70			1			1	
SP-16	1	Metalico	3.50	0.35	0.30			1				1
SP-17	1	Metalico	1.90	0.30	0.60			1				1
SP-18	1	Metalico	2.50	0.45	0.40		1				1	
SP-19	1	Metalico	0.60	0.45	0.40			1				1
SP-20	1	Metalico	13.70	0.15	0.20			1			1	
SP-21	1	Metalico	3.80	0.70	0.50			1			1	
SP-22	1	Metalico	0.25	0.20	0.20	1			1			
SP-23	1	Metalico	2.00	0.20	0.25			1			1	
SP-24	1	Metalico	1.25	0.20	0.30			1			1	
SP-25	1	Metalico	1.10	0.40	0.30		1		1			
SP-26	1	Metalico	1.80	0.20	0.20		1				1	
SP-27	1	Metalico	2.00	0.70	1.10			1				1
SP-28	1	Metalico	1.20	0.60	0.80	1			1			
SP-29	1	Metalico	1.30	1.70	1.30	1			1			
SP-30	1	Metalico	1.40	1.00	1.60	1			1			
SP-31	1	Metalico	2.10	0.50	0.80		1					1

3.6.2.2. Análisis del resumen de los sumideros vehiculares

Tabla 27. Resumen de Sumideros Vehiculares.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
RESUMEN DE SUMIDEROS VEHICULARES												
Cod:	Cant:	Material:	Dimensiones (m):			Evaluación según el estado de:						
			Largo:	Ancho:	Altura:	Servicio:			Colmatación:			
						Deficiente	Regular	Bueno	En su totalidad	A mitad de capacidad	Bueno	
SV-1	1	Metalico	1.30	0.60	0.90		1				1	
SV-2	1	Metalico	1.40	0.55	0.80		1				1	
SV-3	1	Metalico	3.00	0.50	0.50		1				1	
SV-4	1	Metalico	1.15	0.50	0.90		1				1	
SV-5	1	Metalico	2.10	1.50	2.56			1				1
SV-6	1	Metalico	1.20	0.30	0.70			1			1	
SV-7	1	Metalico	2.40	0.55	0.80		1				1	
SV-8	1	Metalico	2.10	1.50	2.35			1				1
SV-9	1	Metalico	0.90	0.50	0.90			1			1	
SV-10	1	Metalico	1.30	0.50	0.90	1					1	
SV-11	1	Metalico	1.60	1.60	2.90			1				1
SV-12	1	Metalico	1.20	0.50	0.80		1				1	
SV-13	1	Metalico	1.20	0.50	0.60		1				1	
SV-14	1	Metalico	1.80	0.90	2.30			1				1
SV-15	2	Metalico	1.00	0.50	0.60			2				2
SV-16	3	Metalico	0.60	0.60	0.40			3				3
SV-17	1	Metalico	0.40	0.40	0.50		1				1	
SV-18	1	Metalico	2.00	0.45	0.50		1				1	
SV-19	1	Metalico	1.20	0.30	0.60		1				1	
SV-20	1	Metalico	1.20	0.30	0.55		1				1	
SV-21	2	Metalico	1.35	0.75	0.60		2				2	
SV-22	2	Metalico	1.35	0.75	0.50		2				2	
SV-23	2	Metalico	1.35	0.75	0.90		2				2	
SV-24	2	Metalico	1.35	0.75	0.70		2				2	
SV-25	2	Metalico	1.35	0.75	0.90		2				2	
SV-26	2	Metalico	1.35	0.75	1.20		2				2	
SV-27	2	Metalico	1.25	0.35	0.60		2				2	
SV-28	1	Metalico	2.40	0.20	0.20	1				1		
SV-29	1	Metalico	3.80	0.50	0.80		1				1	
SV-30	2	Metalico	1.20	0.30	0.80		2				2	
SV-31	1	Metalico	1.20	0.35	0.70		1				1	
SV-32	1	Metalico	2.70	0.40	0.70	1					1	
SV-33	1	Metalico	2.40	0.40	0.80	1				1		
SV-34	1	Metalico	3.20	0.70	0.90		1				1	
SV-35	1	Metalico	2.70	0.50	0.70		1				1	
SV-36	1	Metalico	1.50	0.90	0.90	1					1	
SV-37	1	Metalico	0.80	0.40	0.50		1				1	
SV-38	1	Metalico	1.40	0.80	0.90		1				1	
SV-39	4	Metalico	1.40	0.75	0.80			4				4
SV-40	1	Metalico	9.00	0.55	1.20		1					1
SV-41	2	Metalico	1.55	0.75	0.90			2			2	
SV-42	2	Metalico	1.20	0.40	0.60		2				2	
SV-43	1	Metalico	4.00	0.90	1.00		1				1	
SV-44	1	Metalico	1.40	0.70	0.80		1				1	
SV-45	1	Metalico	1.70	0.80	0.40			1			1	
SV-46	2	Metalico	1.20	0.30	0.30		2					2
SV-47	1	Metalico	2.30	0.50	0.40		1				1	
SV-48	1	Metalico	0.60	0.60	0.50	1				1		
SV-49	1	Metalico	0.70	0.25	0.30		1				1	

3.6.2.3. Análisis del resumen de las tapas de inspección

Tabla 28. Resumen de Tapas de Inspección.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 								
RESUMEN DE TAPAS DE INSPECCIÓN								
Cod:	Cant:	Material:	Dimensiones (m):			Evaluación según el estado de:		
			Largo:	Ancho:	Altura:	Servicio:		
						Deficiente	Regular	Bueno
T-1	2	Concreto	1.10	0.80			2	
T-2	1	Concreto	0.90	0.90			1	
T-3	2	Concreto	1.05	0.75			2	
T-4	2	Concreto	0.80	0.50				2
T-5	1	Concreto	1.00	1.00			1	
T-6	1	Concreto	0.65	0.65		1		
T-7	1	Concreto	0.70	0.70				1
T-8	1	Concreto	0.65	0.65				1
T-9	1	Concreto	0.65	0.65				1
T-10	1	Concreto	0.60	0.50				1
T-11	1	Concreto	0.60	0.60				1
T-12	4	Concreto	0.75	0.65			4	
T-13	1	Concreto	1.00	1.00			1	
T-14	4	Concreto	0.80	0.55		4		
T-15	1	Concreto	0.53	0.53				1
T-16	1	Concreto	0.50	0.50				1
T-17	1	Concreto	1.00	1.00				1
T-18	1	Concreto	0.50	0.50				1
T-19	2	Concreto	0.50	0.50				2
T-20	1	Concreto	1.10	0.50				1
T-21	1	Concreto	0.50	0.50		1		
T-22	1	Concreto	0.80	0.50			1	
T-23	8	Concreto	0.50	0.50			8	
T-24	2	Concreto	0.50	0.50		2		
T-25	9	Concreto	0.50	0.50			9	
T-26	1	Concreto	0.50	0.50		1		
T-27	1	Concreto	0.50	0.50				1
T-28	1	Concreto	0.75	0.55		1		
T-29	2	Concreto	0.80	0.50				2
T-30	1	Concreto	0.90	0.90		1		
T-31	1	Concreto	0.90	0.60		1		
T-32	1	Concreto	1.10	0.80		1		
T-33	1	Concreto	0.55	0.55			1	
T-34	3	Concreto	0.50	0.70			3	
T-35	1	Concreto	0.60	0.45				1
T-36	1	Concreto	0.70	0.70				1
T-37	1	Concreto	1.00	1.00		1		
T-38	1	Concreto	0.70			1		
T-39	1	Concreto	0.60	0.60		1		
T-40	1	Concreto	0.80	0.80				1

3.6.2.4. Análisis del resumen de los canales pluviales

Tabla 29. Resumen de Canales Pluviales.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
RESUMEN DE CANALES PLUVIALES											
Cod:	Cant:	Material:	Dimensiones (m):			Evaluación según el estado de:					
			Longitud:	Ancho:	Altura:	Servicio:			Colmatación:		
Deficiente	Regular	Bueno				En su totalidad	A mitad de capacidad	Bueno			
C-1	1	Revestido con piedra	471.80	2.10	1.80			1			1
C-2	1	Revestido con piedra	246.90	1.60	1.60			1		1	
C-3	1	Revestido con piedra	118.80	2.50	1.20			1			1
C-4	1	Revestido con piedra	77.50	0.35	0.25			1			1
C-5	1	Concreto	34.80	0.17	0.40			1			1
C-6	1	Concreto	52.10	0.35	0.20			1		1	
C-7	2	Concreto	176.60	0.35	0.20			2		2	
C-8	1	Revestido con piedra	114.20	0.30	0.20			1			1
C-9	1	Revestido con piedra	221.50	0.70	0.05			1			1
C-10	1	Revestido con piedra	42.10	0.25	0.15			1			1
C-11	1	Revestido con piedra	45.70	0.50	0.05			1			1
C-12	1	Revestido con piedra	20.10	0.30	0.05			1		1	
C-13	1	Revestido con piedra	19.10	0.23	0.18		1				1
C-14	1	Revestido con piedra	72.90	0.20	0.15			1			1
C-15	1	Revestido con piedra	87.90	0.30	0.20		1				1
C-16	1	Revestido con piedra	104.90	0.50	0.25		1			1	
C-17	1	Revestido con piedra	88.30	0.20	0.22			1			1
C-18	1	Revestido con piedra	40.90	0.20	0.15		1			1	
C-19	1	Revestido con piedra	38.80	0.42	0.07		1				1
C-20	1	Revestido con piedra	305.80	0.40	0.20	1			1		
C-21	1	Concreto	58.20	0.23	0.20			1		1	
C-22	2	Concreto	126.10	0.20	0.12			2		2	
C-23	2	Concreto	143.20	0.20	0.12			2	2		
C-24	2	Concreto	78.40	0.20	0.15			2			2
C-25	2	Concreto	153.20	0.35	0.12			2			2
C-26	2	Concreto	158.00	0.25	0.12			2			2
C-27	1	Revestido con piedra	248.70	0.20	0.15	1			1		
C-28	1	Revestido con piedra	72.03	0.40	0.15		1				1
C-29	1	Revestido con piedra	188.40	0.20	0.10		1				1
C-30	1	Revestido con piedra	24.60	0.25	0.15			1			1
C-31	2	Concreto	223.60	0.20	0.12			2			2
C-32	2	Concreto	156.61	0.22	0.12			2		2	
C-33	2	Concreto	70.70	0.20	0.12	2			2		
C-34	1	Revestido con piedra	55.30	0.30	0.12			1			1
C-35	1	Revestido con piedra	65.50	0.25	0.10			1			1
C-36	1	Revestido con piedra	34.20	0.20	0.07			1			1
C-37	1	Concreto	93.70	0.25	0.12			1			1
C-38	1	Revestido con piedra	48.60	0.20	0.12		1			1	
C-39	2	Concreto	202.50	0.20	0.12			2			2
C-40	2	Concreto	171.90	0.20	0.12	2			2		
C-41	1	Concreto	102.80	0.20	0.12	1			1		
C-42	1	Concreto	53.20	0.20	0.12	1			1		

3.6.2.5. Análisis del resumen de las cámaras rompe presión

Tabla 30. Resumen de Cámaras de Rompe Presión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
RESUMEN DE CAMARAS DE ROMPE PRESIÓN											
Cod:	Cant:	Material:	Dimensiones (m):			Evaluación según el estado de:					
			Largo:	Ancho:	Altura:	Servicio:			Colmatación:		
						Deficiente	Regular	Bueno	En su totalidad	A mitad de capacidad	Bueno
RP-1	3	Concreto	0.45	0.35	0.20			3	3		
RP-2	25	Concreto	0.40	0.40	0.25			25		25	
RP-3	1	Revestido con piedra	1.60	1.10	0.45		1			1	
RP-4	1	Concreto	0.45	0.40	0.30			1		1	
RP-5	1	Concreto	0.54	0.24	0.65			1		1	
RP-6	1	Concreto	0.70	0.70	0.60			1		1	
RP-7	16	Concreto	0.40	0.40	0.20			16	16		
RP-8	2	Concreto	0.40	0.40	0.20		2		2		
RP-9	2	Concreto	0.40	0.27	0.20			2	2		
RP-10	8	Concreto	0.40	0.20	0.20			8	8		
RP-11	1	Concreto	0.60	0.60	0.50	1			1		
RP-12	9	Concreto	0.30	0.35	0.20	9			9		
RP-13	5	Concreto	0.20	0.20	0.15	5			5		
RP-14	1	Concreto	0.30	0.30	0.20		1			1	
RP-15	1	Concreto	0.40	0.40	0.20			1			1
RP-16	6	Concreto	0.40	0.40	0.20			6	6		
RP-17	2	Concreto	0.40	0.40	0.20	2			2		
RP-18	8	Concreto	0.30	0.30	0.20		8			8	
RP-19	8	Concreto	0.40	0.40	0.20			8	8		
RP-20	8	Concreto	0.40	0.40	0.20			8	8		

3.6.3. Cálculo del caudal de escorrentía originado por lluvias

3.6.3.1. Cálculo de las áreas de influencia y puntos de interés para la zona de estudio

El área de influencia de aporte para la Cuenca de San Blas se limita hasta la carretera ya que verifico la existencia de una red colectora de aguas pluviales (cuneta) que recolecta las precipitaciones ocurridas de toda la zona de arriba de la cuenca y vierte en otro colector.



Figura 66. Existencia de cuneta en la carretera donde limita el área de influencia de la cuenca de San Blas.

Se importó los puntos del levantamiento topográfico al Software Civil 3D y se superpuso con el Plano de Catastro Técnico de la Red de alcantarillado (Fuente: SEDACUSCO S.A.); obteniendo las curvas de nivel y curvas maestras; para luego identificar: la cuenca según las divisorias de aguas (Divortium Aquarum), el colector principal y los colectores afluentes.

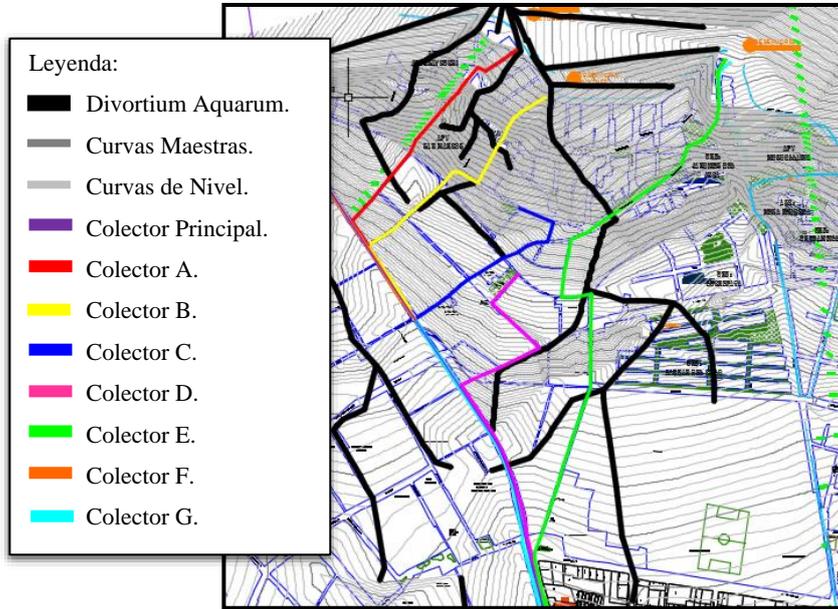


Figura 67. Delimitación de la Cuenca de San Blas.

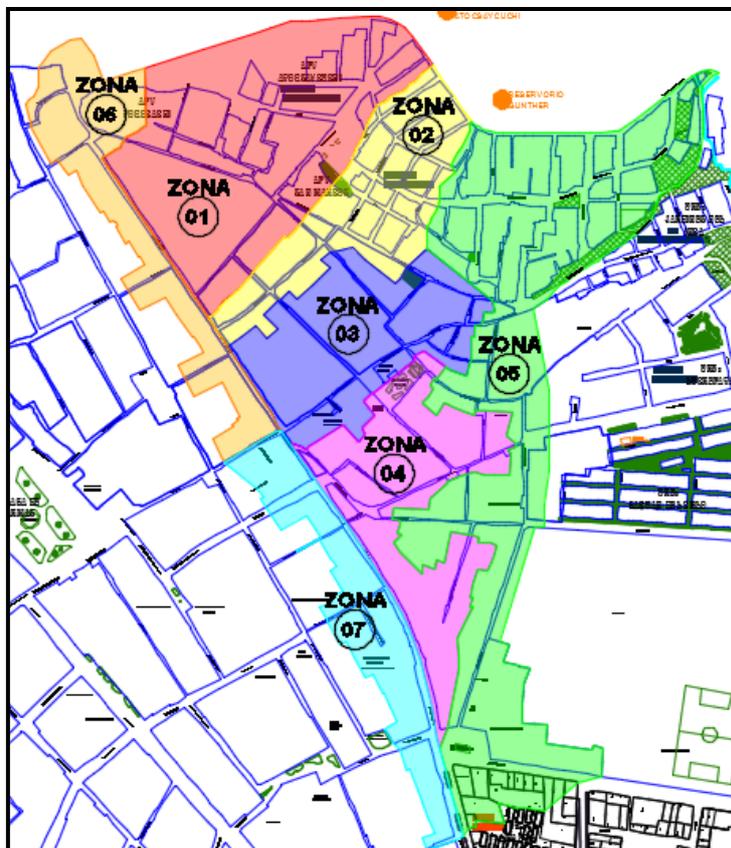


Figura 68. Zonificación del sector de San Blas.