

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N°25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA

AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN EXISTENTE DE
LA RED DE ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL
APORTE DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL
CERCADO DE HUANCABELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN SANITARIA.

PRESENTADO POR:

BACH. RAMOS GOMEZ, EDITH JULIZA

BACH. URBINA LICAPA, BRYAN TAYNE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCABELICA – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)
Ciudad Universitaria Paturpampa
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
SECRETARÍA DOCENTE



"Año de la universalización de la salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintiséis días del mes de noviembre del año 2020, siendo las diecisiete horas (17:00) se reunieron los miembros del Jurado Calificador, designados con la Resolución de Decano N°117-2018-FCI-UNH con fecha 06 de setiembre del 2018, conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. Jorge Luis Huere Peña
SECRETARIO : Ing. M.Sc. Fernando Martín Toribio Román
VOCAL : Ing. M.Sc. Iván Arturo Ayala Bizarro

para llevar a cabo la sustentación de tesis por medio virtual de forma sincrónica, a través del aplicativo MEET la tesis titulada: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN EXISTENTE DE LA RED DE ALCANTARILLADO CONSIDERADO EL APOORTE DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL CERCADO DE HUANCABELICA, perteneciente a los Bachilleres:

RAMOS GOMEZ Edith Juliza y
URBINA LICAPA Bryan Tayne

Terminada la sustentación y defensa de la tesis por medio virtual sincrónica, el presidente del Jurado Calificador comunica a los bachilleres y público asistente que el Jurado Calificador abandonará la reunión virtual sincrónica por un momento con el propósito de deliberar el acto de sustentación de tesis. Después de 10 minutos el Jurado Calificador se reincorpora a dicha reunión virtual, donde el Secretario da lectura el acta de sustentación en el que se determina lo siguiente:

Bachiller, RAMOS GOMEZ Edith Juliza

Bachiller, URBINA LICAPA Bryan Tayne

Aprobado por: UNANIMIDAD

Aprobado por: MAYORIA

Desaprobado por:

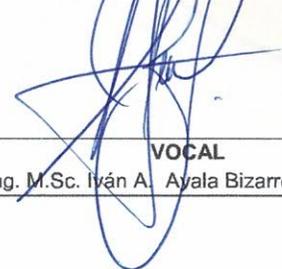
Desaprobado por:

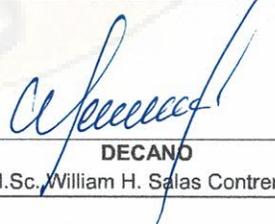
OBSERVACIONES:

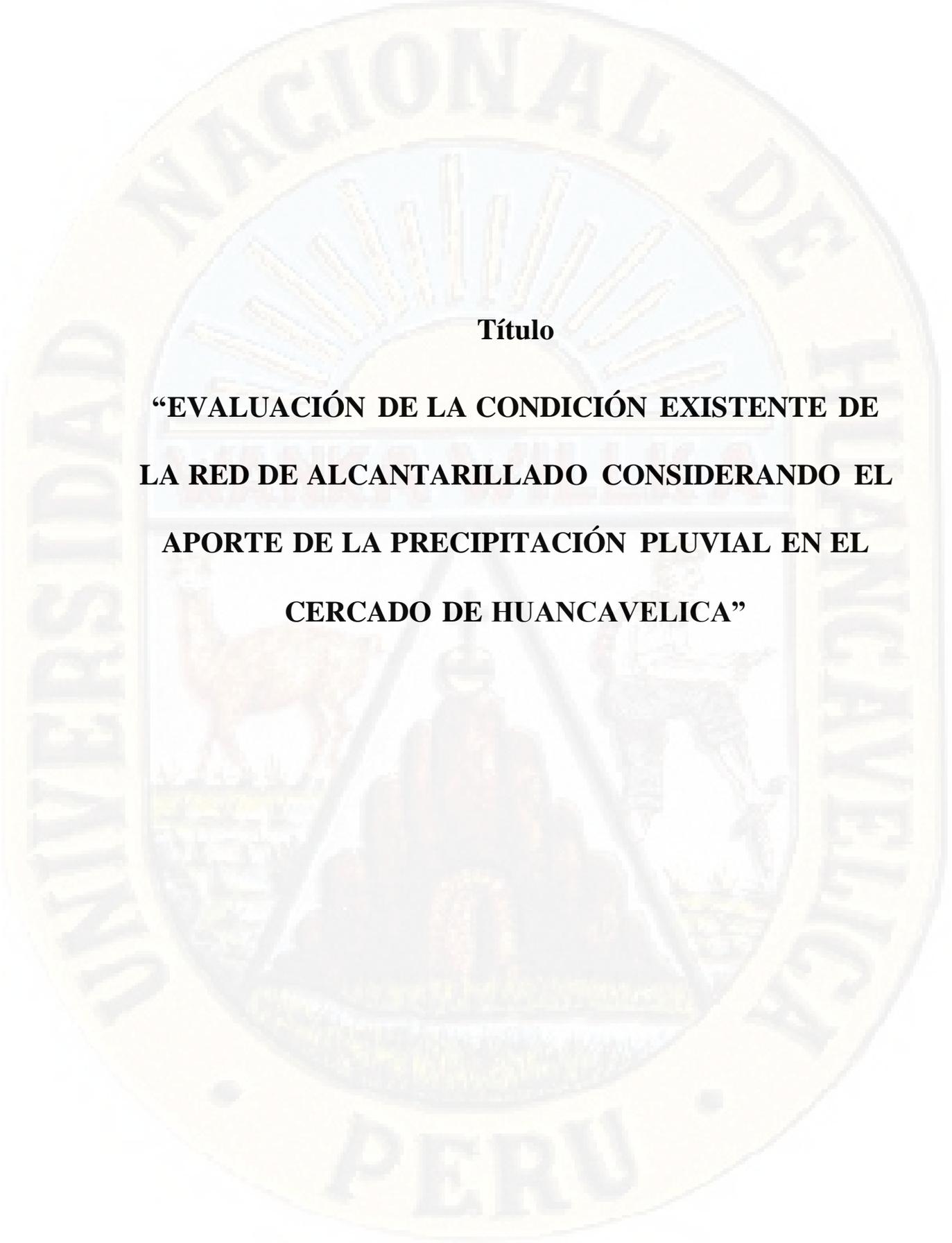
Siendo las 19 horas del mismo día, se da por concluida la reunión y en señal de conformidad firmamos al pie:


PRESIDENTE
Ing. M.Sc. Jorge L. Huere Peña


SECRETARIO
Ing. M.Sc. Fernando M. Toribio Román

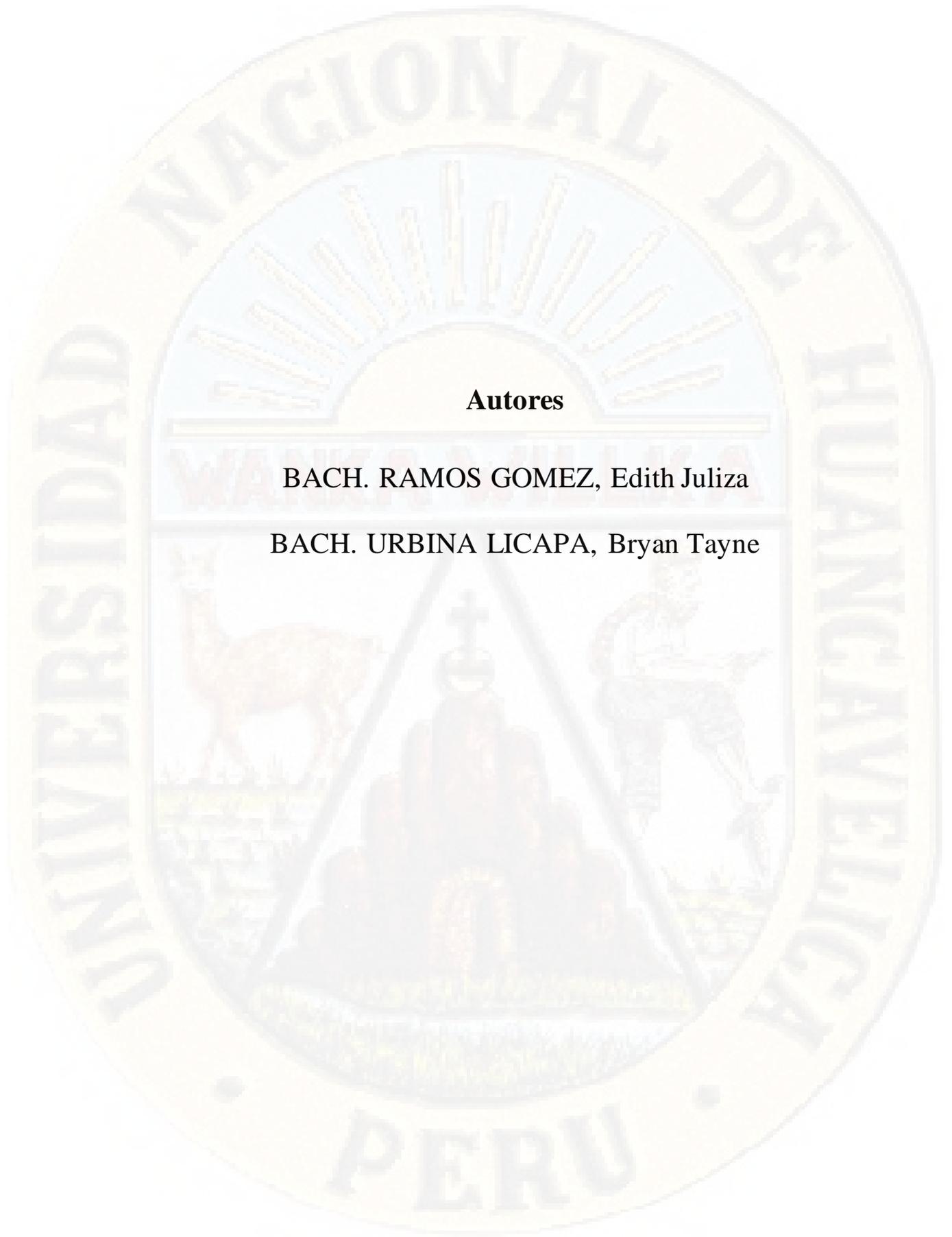

VOCAL
Ing. M.Sc. Iván A. Ayala Bizarro


DECANO
Ing. M.Sc. William H. Salas Contreras



Título

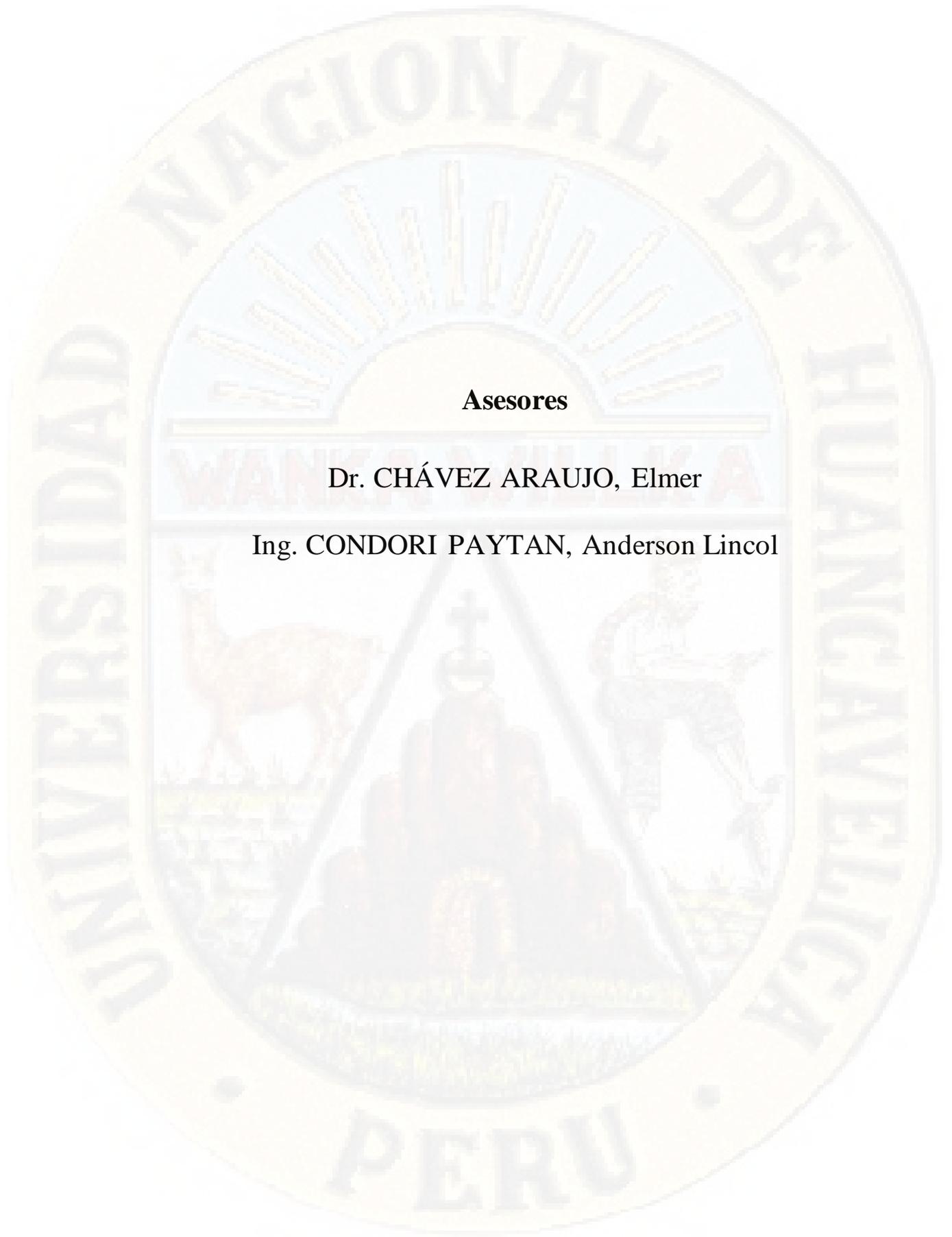
**“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN EXISTENTE DE
LA RED DE ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL
APORTE DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL
CERCADO DE HUANCAVELICA”**



Autores

BACH. RAMOS GOMEZ, Edith Juliza

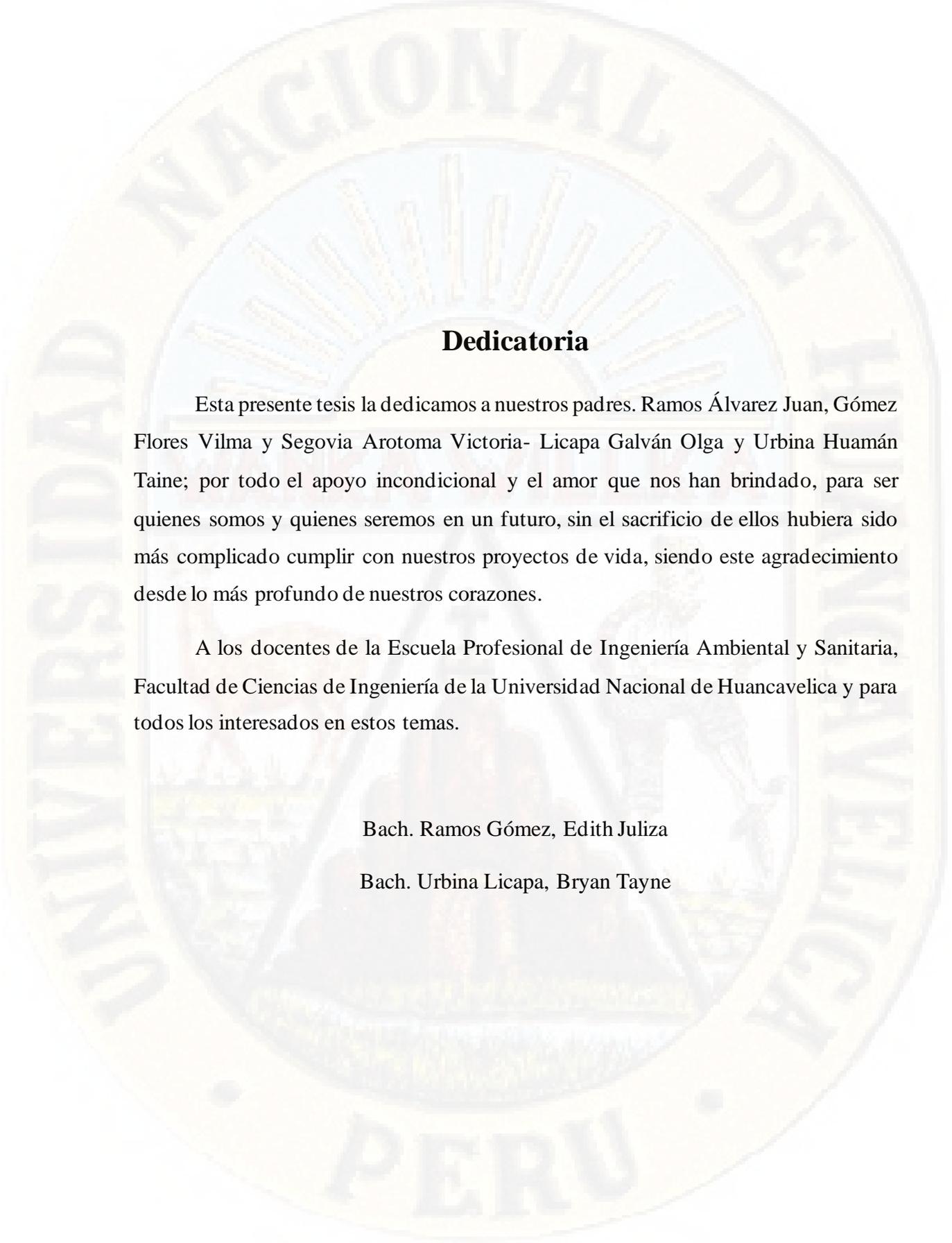
BACH. URBINA LICAPA, Bryan Tayne



Asesores

Dr. CHÁVEZ ARAUJO, Elmer

Ing. CONDORI PAYTAN, Anderson Lincol



Dedicatoria

Esta presente tesis la dedicamos a nuestros padres. Ramos Álvarez Juan, Gómez Flores Vilma y Segovia Arotoma Victoria- Licapa Galván Olga y Urbina Huamán Taine; por todo el apoyo incondicional y el amor que nos han brindado, para ser quienes somos y quienes seremos en un futuro, sin el sacrificio de ellos hubiera sido más complicado cumplir con nuestros proyectos de vida, siendo este agradecimiento desde lo más profundo de nuestros corazones.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica y para todos los interesados en estos temas.

Bach. Ramos Gómez, Edith Juliza

Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne

Agradecimiento

A Dios Padre Todopoderoso, por todos los obstáculos y bendiciones dados, ya que estos sucesos de la vida son parte esencial para nuestra formaciones personales y profesionales.

A nuestros padres, hermanos, hermanas y familiares quienes con su apoyo y aliento nos motivaron a seguir adelante.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria por la formación académica de calidad brindados durante toda nuestra formación profesional.

A nuestros asesores, Dr. Chávez Araujo Elmer y el Ing. Condori Paytan Anderson Lincol, por la paciencia, enseñanza y asesoría brindada para que esta investigación se realice satisfactoriamente.

A nuestros amigos por los buenos momentos compartidos y quienes con su desinteresada ayuda impulsaron la investigación de tesis.

Bach. Ramos Gómez, Edith Juliza

Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne

Índice General

Título	ii
Autores	iii
Asesores	iv
Agradecimiento	vi
Índice General	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Apéndices	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
Introducción	xvii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.1 Descripción del Problema	1
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Justificación	5
1.5 Limitación	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2. Bases Teóricas	15
2.3. Bases Conceptuales	18
2.4. Definición de Términos	49
2.5. Hipótesis	52

2.6. Variables.....	52
2.7. Operacionalización de variables	53
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO.....	54
3.1. Ámbito temporal y espacial	54
3.2 Tipo de investigación	55
3.3 Nivel de investigación:.....	56
3.4 Método de investigación	56
3.5. Diseño de investigación	56
3.6. Población, muestra y muestreo	57
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos.....	65
3.9. Descripción de la prueba de hipótesis.....	65
CAPITULO IV DISCUSION DE RESULTADOS	66
4.1. Presentación e interpretación de datos	66
4.2. Proceso de prueba de hipótesis.....	103
4.3. Discusión de Resultados	109
CONCLUSIONES.....	117
RECOMENDACIONES.....	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
APÉNDICE.....	123

Índice de Tablas

Tabla 1 Fórmulas para el Cálculo del Tiempo de Concentración	20
Tabla 2 Grupo Hidrológico Según el Servicio de Conservación de Suelos	31
Tabla 3 Números de Curva de Escorrentía para Usos Selectos de Tierras Agrícolas, Suburbanas y Urbanas	32
Tabla 4 Pendientes Mínimas Recomendadas Para Tuberías de PVC Para Alcantarillado.....	45
Tabla 5 Velocidades Máximas y Mínimas Permisibles en Tuberías.....	46
Tabla 6 Diámetros Comerciales en Respecto a la Distancia	47
Tabla 7 Coeficientes de Rugosidad.....	48
Tabla 8 Definición Operativa de Variables	53
Tabla 9 Resultado de Manzanas y Cantidad de Lotes a Partir de la Ortofoto.....	67
Tabla 10 Resumen de Cantidad de Áreas por Manzanas	68
Tabla 11 Tipo de Cobertura de Lotes.....	68
Tabla 12 Número Curva del Área de Estudio	70
Tabla 13 Tiempo de Concentración por Subcuenca (Área)	71
Tabla 14 Resultado del Tiempo de Concentración Promedio.....	72
Tabla 15 Registro de Precipitación de la Estación Huancavelica	72
Tabla 16 Resultado de Diagnósticos de Buzones.....	74
Tabla 17 Resultados de Parámetros Hidráulicos	75
Tabla 18 Registro de Caudales de Desagüe	77
Tabla 19 Caudales Promedio de Área de Influencia	78
Tabla 20 Factores Externos que Podrían Afectar el Funcionamiento Adecuado de los Buzones.....	78
Tabla 21 Clasificación del Estado Situacional de los Buzones de la Red de Alcantarillado del Área de la Investigación	79
Tabla 22 Estado de Funcionamiento de los Buzones.....	80
Tabla 23 Total de Lotes que Generan Aporte Pluvial	81
Tabla 24 Áreas Totales que Existen por Manzanas	82

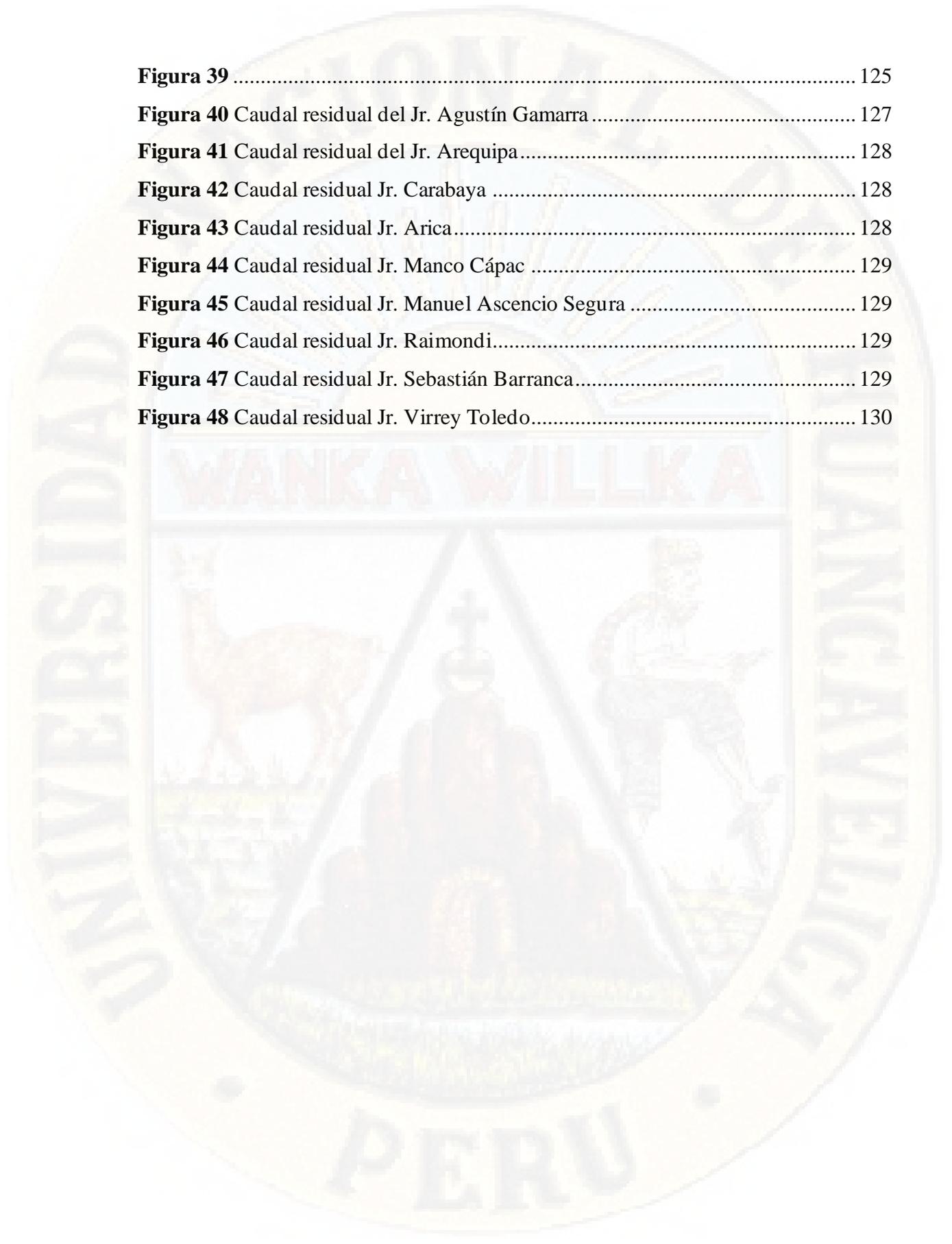
Tabla 25 Resultados de Áreas Totales Respecto a Buzones	82
Tabla 26 Resultado del Área de Aporte	84
Tabla 27 Parámetros Existentes en las Tuberías de la Red de Alcantarillado del Barrio Centro.....	94
Tabla 28 Parámetros Existentes en las Tuberías de la Red de Alcantarillado del Barrio Centro.....	96
Tabla 29 Resultado de Factores Externos de Acuerdo al Rango de Calificación ..	101
Tabla 30 Resultado de Tirantes y Caudales Máximos Considerando el Aporte de la Precipitación Pluvial y el Caudal de Desagüe.....	102
Tabla 31 Prueba Paramétrica de T de Student para el Tirante Hidráulico con Aporte	107
Tabla 32 Matriz de Consistencia	124

Índice de Figuras

Figura 1 Medición en el Pluviómetro.....	19
Figura 2 Representación Idealizada de una Subcuenca	23
Figura 3 Influencia de la Urbanización Sobre la Respuesta Hidrológica	25
Figura 4 Yetograma Intensidad – Tiempo	27
Figura 5 Estructura del Comportamiento de una Subcuenca.....	28
Figura 6 Esquema de Planos Inclizados Para Simular la Escorrentía Sobre la Superficie de una Cuenca.....	34
Figura 7 Ubicación Geográfica y Vista Catastral del Barrio Centro de la Ciudad de Huancavelica	55
Figura 8 Plano de Ubicación de la Muestra- Barrio Centro de la Ciudad de Huancavelica	58
Figura 9 Consolidado del Aporte de Agua Residual (1 años) a la Red de Alcantarillado por Jirones del Aplicativo que Maneja EMAPA.....	61
Figura 10 Levantamiento Topográfico de los Buzones en el Área de la Tesis del Barrio centro.....	62
Figura 11 Vista a 100m del Nivel del Suelo de la Ciudad de Huancavelica con el Equipo Drone	63
Figura 12 Apertura de los Buzones del Área de Investigación para Realizar el Diagnóstico de su Estado Situacional	64
Figura 13 Drenaje de la Precipitación Pluvial a las Cunetas	64
Figura 14 Mapa de Manzanas y Red de Alcantarillado Existente	67
Figura 15 Mapa de Áreas de Drenaje y Buzones Donde se Descargan.....	69
Figura 16 Hietograma del total de Precipitación Acumulada del Día 13/09/2017 ...	73
Figura 17 Mapa del Estado de los Buzones y Rutas de la Red de Alcantarillado Existente.....	75
Figura 18 Estado Actual de los Buzones en la Red de Alcantarillado.....	80
Figura 19 Buzón N°19, Ubicada en la Esquina de la Municipalidad Provincial de Huancavelica	81

Figura 20 Porcentaje del Área de Drenaje al Área Total	83
Figura 21 Precipitación Total Registrada en 24 horas del Día 13/09/2017	85
Figura 22 Precipitación Efectiva Registrada en 24 horas del Día 13/09/2017	85
Figura 23 Hidrogramas Obtenidos para SC_1 hasta SC_3- Jr. Agustín Gamarra Sector Este.....	87
Figura 24 Hidrogramas Obtenidos para SC_4 hasta SC_6- Jr. Agustín Gamarra Sector Oeste.....	88
Figura 25 Hidrogramas Obtenidos para SC_7 hasta SC_9 - Jr. Virrey Toledo Sector Este.....	88
Figura 26 Hidrogramas Obtenidos para SC_10 hasta SC_12 - Jr. Virrey Toledo Sector Oeste.....	89
Figura 27 Hidrogramas Obtenidos para SC_13 hasta SC_15 - Jr. Manco Cápac Sector Sur	90
Figura 28 Hidrogramas Obtenidos para SC_16 hasta SC_18 – Av. Manchego Muñoz Sector Oeste.....	91
Figura 29 Hidrogramas Obtenidos para SC_19 hasta SC_21 – Jr. Sebastián Barranca Sector Norte.....	91
Figura 30 Hidrogramas Obtenidos para SC_22 hasta SC_24 – Jr. Torre Tagle Sector Este.....	92
Figura 31 Hidrogramas Obtenidos para SC_25 hasta SC_27 – Jr. Manco Cápac Sector Norte.....	93
Figura 32 Hidrogramas Obtenidos para SC_28 hasta SC_31 – Jr. Torre Tagle Sector Oeste.....	93
Figura 33 Tirante Hidráulico Máximo al Diámetro Existente	99
Figura 34 Tirante Hidráulico Máximo al Diámetro Existente con Aporte Pluvial .	100
Figura 35 Gráfico de resultantes de la evaluación de los factores externos.....	101
Figura 36 Hidrogramas del OF1, OF2, OF3 Considerando el Aporte de Precipitación y Caudal de Desagüe.....	103
Figura 37 Probabilidad de los tirantes hidráulicos de los diámetros de la red de alcantarillado existente con aporte de la precipitación pluvial.	104
Figura 38 Demostración de la Prueba Estadística con el “T Valor” en la Campana de Gauss.....	108

Figura 39	125
Figura 40 Caudal residual del Jr. Agustín Gamarra	127
Figura 41 Caudal residual del Jr. Arequipa.....	128
Figura 42 Caudal residual Jr. Carabaya	128
Figura 43 Caudal residual Jr. Arica.....	128
Figura 44 Caudal residual Jr. Manco Cápac	129
Figura 45 Caudal residual Jr. Manuel Ascencio Segura	129
Figura 46 Caudal residual Jr. Raimondi.....	129
Figura 47 Caudal residual Jr. Sebastián Barranca.....	129
Figura 48 Caudal residual Jr. Virrey Toledo.....	130



Índice de Apéndices

Apéndice 1. Matriz de consistencia.	123
Apéndice 2. Registro de precipitación (mm) del 13/09/2017- Estación Huancavelica.	125
Apéndice 3 Reporte de caudal residual de un 1 año por calles- EPS. E.M.A.P.A..	127
Apéndice 4 Diagnóstico del estado situacional de los buzones.....	131
Apéndice 5 Perfiles hidráulicos en las salidas de la red de alcantarillado existente	132
Apéndice 6 Panel Fotográfico	132
Apéndice 7 Mapas	132

Resumen

La presente investigación realizada, lleva por propósito evaluar la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica. Para ello, en el área de estudio se identificaron 20 manzanas, las cuales se discretizaron en 61 áreas totales y ya dentro de ellas se determinaron las 31 áreas de drenaje, obteniéndose un 14% de aporte pluvial a la red de alcantarillado existente. Mediante el uso del programa SWMM se evaluó tal condición haciendo uso de estas informaciones: curva número igual a 98, tiempo de concentración, registro de precipitación del día con mayor acumulación y caudal residual promedio por buzón, obteniéndose insuficiencia en la capacidad de la infraestructura de los buzones y generando así un colapso en los buzones; también existen factores externos que conllevan a este problema como: presencia de residuos sólidos, acumulación de sedimentos y conexiones clandestinas. Del diagnóstico respecto al estado operativo de los buzones se obtuvo que el 50% son “buenos”, 42% son “regulares” y 8% son “malos”. Dentro de los parámetros geométricos evaluados, existen 05 tramos que no cumplen su dirección de flujo y un 83% de los tramos no cumplen con el tirante máximo del diámetro existente (200mm), esto considerando el aporte pluvial en la red de alcantarillado. De esta manera se prueba que la condición existente de la red de alcantarillado es hidráulicamente mala, ya que su capacidad es insuficiente al caudal que transporta.

Palabras Clave: Precipitación pluvial, cuenca urbana, red de alcantarillado y modelo SWMM.

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the existing condition of the sewage network, considering the contribution of rainfall in the Huancavelica fence. For this purpose, 20 blocks were identified in the study area, which were discretized in 61 total areas and within them, 31 drainage areas were determined, obtaining 14% of pluvial contribution to the existing sewage network. Through the use of the SWMM program, this condition was evaluated using the following information: curve number equal to 98, concentration time, rainfall record of the day with the greatest accumulation and average residual flow per box, thus obtaining insufficient capacity of the infrastructure of the boxes, generating collapse. There are also external factors that lead to this problem such as: presence of solid waste, accumulation of sediments and clandestine connections. From the diagnosis of the operational state of the mailboxes, we obtained that 50% are "good", 42% are "regular" and 8% are "bad". Within the geometric parameters evaluated, there are 05 sections that do not comply with their direction of flow and 83% of the sections do not comply with the maximum diameter (200mm), this considering the pluvial contribution in the sewage network. This proves that the existing condition of the sewerage network is hydraulically bad, since its capacity is insufficient to the flow it transports.

Keywords: Pluvial precipitation, urban basin, sewage network and SWMM model.

Introducción

La investigación titulada “Evaluación de la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica”, tiene como planteamiento de problema conocer: ¿Cuál es la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica?, y como problemas específicos: ¿Cuál es el aporte de la precipitación pluvial?, ¿Cuál es el estado actual de los parámetros geométricos del diámetro y pendiente? y, ¿Cuáles son los factores externos que influyen en el colapso de la red de alcantarillado existente?, teniendo así como objetivo general: evaluar la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica y como objetivos específicos determinar: el aporte de la precipitación pluvial, el estado actual del parámetro geométrico del diámetro y pendiente, y los factores que influyen en el colapso.

A raíz del desarrollo urbano producido en las ciudades, la morfología de las cuencas se ve enormemente alterada. Dicho proceso urbanizador también pone rápidamente en evidencia las carencias existentes en el sistema de drenaje urbano de las ciudades, un aumento importante de las inundaciones, sumado a un nuevo uso de las mismas redes para el transporte de sedimentos. Este efecto urbanizador lleva fundamentalmente asociado un fuerte impacto de los efectos de un periodo de lluvia sobre la cuenca urbana, donde los procesos de lluvia intensos y cortos, provocan inevitablemente en un breve espacio de tiempo un volumen de agua mayor y una caudal punta también mayor, las cuales se deberán transportar mediante la red de drenaje urbano.

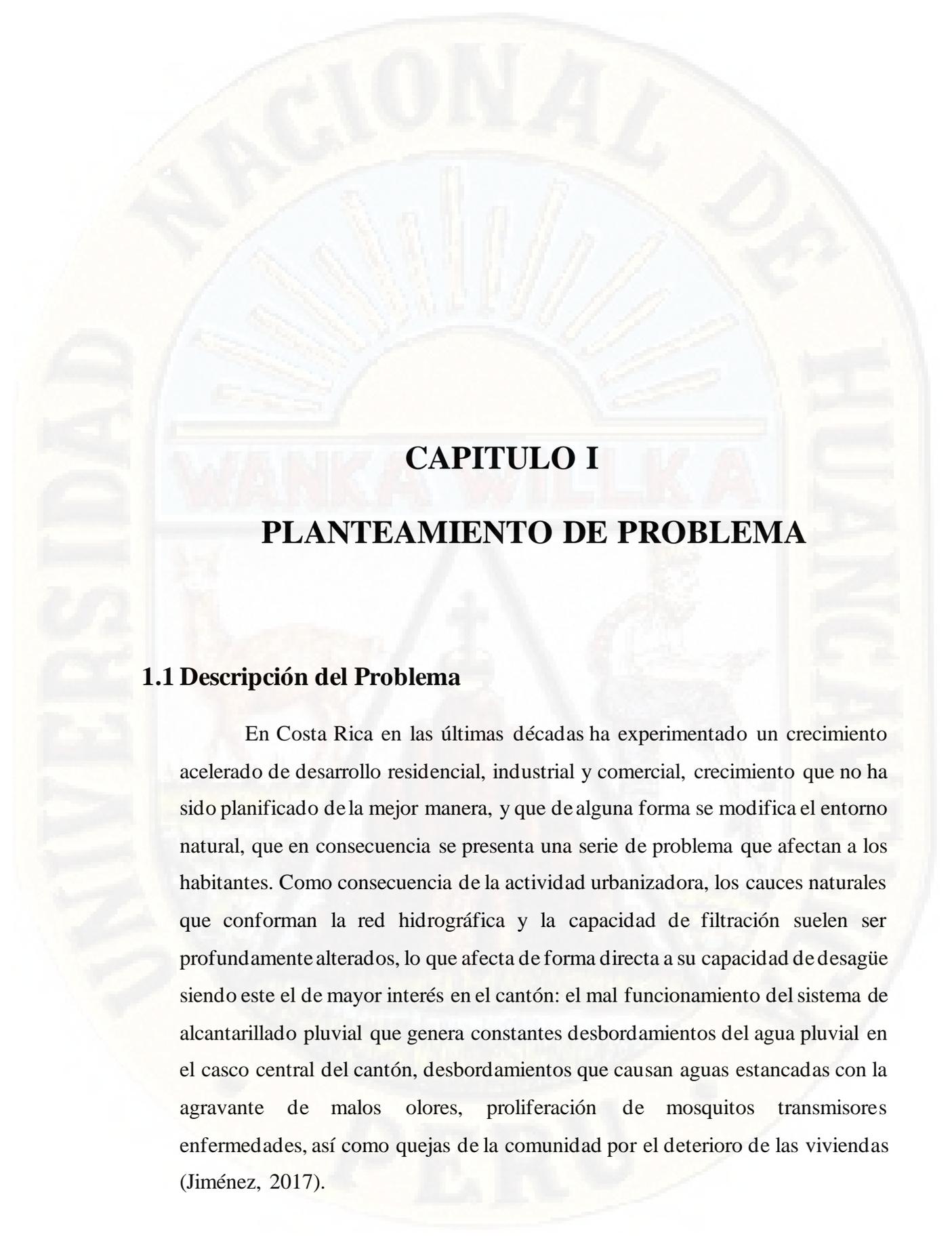
El sistema de alcantarillado existente de la ciudad de Huancavelica es de tipo separativo, conformado por colectores primarios y secundarios convencionales que en la actualidad descargan las aguas servidas directamente al río Ichu sin ningún tratamiento previo. Se han identificado 21 sectores de servicio que a la vez también corresponde a áreas de drenaje y comprenden 56.3 kilómetros de tuberías entre 100 y 350 milímetros de diámetro nominal, de los cuales, con las obras del proyecto se instalaron recientemente 14 kilómetros y se ha rehabilitado 1.9 kilómetros de tuberías

de PVC entre 100 y 300 milímetros. Se han identificado también 10 descargas significativas correspondiente a áreas de drenaje. Cabe recalcar que, aunque el sistema es de tipo separativo, esta no se cumple ya que también se evidenció aportes pluviales dentro de su sistema.

Se propuso la siguiente hipótesis: la condición existente de la red de alcantarillado considerando al aporte de la precipitación en el cercado de Huancavelica es hidráulicamente mala. Para recolectar estos datos se tuvo que determinar: el área de estudio en función al plano catastral de la red de alcantarillado brindado por la E.P.S E.M.A.P.A. Huancavelica, la ortofoto obtenida del dron, el levantamiento topográfico para obtener la ubicación exacta y la elevación de los buzones, datos de registro de precipitación de la estación meteorológica de Huancavelica, registro de las aguas residuales de un año de las viviendas dentro del área de estudio y la identificación de las formas de descargas del drenaje pluvial.

Con el fin de realizar un mejor estudio, una cuenca urbana se discretiza en áreas para formar subcuencas, ya que cada subcuenca presenta características particulares, lo que indica que, de las 20 manzanas existentes se discretizó en áreas totales y ya dentro de estas áreas según la forma de evacuación de su drenaje pluvial se determinó las áreas de drenaje o aporte pluvial que va directo a la red de alcantarillado en función al área de la subcuenca, mediante el uso del programa SWMM se evaluó esta condición de la red de alcantarillado considerando su caudal residual actual que transporta y considerando el aporte pluvial, la cual viene a darse en una evaluación de 24h de precipitación del día que presentó mayor registro en la estación meteorológica de Huancavelica.

La presente tesis pretende contribuir con datos o consideraciones que se debe tener en cuenta al momento de diseñar o renovar una red de alcantarillado, con el fin de prevenir problemas de colapso en los futuros sistemas de alcantarillado o drenaje urbano. Se estructuró la presente tesis en los siguientes capítulos: Capítulo I: Planteamiento de problema, capítulo II: Marco teórico, capítulo III: Marco metodológico, capítulo IV: Presentación de resultados y también presenta conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y apéndices.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

En Costa Rica en las últimas décadas ha experimentado un crecimiento acelerado de desarrollo residencial, industrial y comercial, crecimiento que no ha sido planificado de la mejor manera, y que de alguna forma se modifica el entorno natural, que en consecuencia se presenta una serie de problema que afectan a los habitantes. Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica y la capacidad de filtración suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe siendo este el de mayor interés en el cantón: el mal funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial que genera constantes desbordamientos del agua pluvial en el casco central del cantón, desbordamientos que causan aguas estancadas con la agravante de malos olores, proliferación de mosquitos transmisores enfermedades, así como quejas de la comunidad por el deterioro de las viviendas (Jiménez, 2017).

En el Perú, el crecimiento demográfico de la ciudad de Cusco, ha forzado la invasión de áreas verdes principalmente en partes altas de la ciudad como las laderas de los cerros. Esta circundante urbanización incrementa la cantidad de escurrimiento superficial, ya que un terreno urbanizado está generalmente cubierto de superficies impermeables como calles pavimentadas, techos y estacionamientos, las cuales impiden la infiltración de la lluvia, es frecuente presenciar el inadecuado trabajo de las redes de aguas residuales en diferentes urbanizaciones, generalmente a consecuencia del aumento del caudal de las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales que ocurren entre los meses de noviembre a marzo, prolongándose inclusive hasta el mes de abril. La parte sur de la ciudad de Cusco ha reportado que se originan reboses y atascamiento de las redes de recolección de aguas residuales por el incremento de la intensidad de las precipitaciones en la época de lluvias, lo cual ocasiona la presencia de aguas negras en las calzadas que pueden afectar a las veredas, áreas verdes y algunos predios, causando inconvenientes a los pobladores de manera directa (Dueñas & Mayhuire, 2015).

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Huancavelica es de tipo separativo, conformado por colectores primarios y secundarios convencionales que en la actualidad descargan las aguas servidas directamente al río Ichu sin ningún tratamiento previo. En resumen, existen 56.3 kilómetros., de tuberías entre 100 y 350 milímetros de diámetro nominal, de los cuales, con las obras del proyecto, se instalaron recientemente 14 kilómetros y se rehabilitaron 1.9 kilómetros de tuberías de PVC entre 100 y 300 milímetros. En términos generales se identificaron 21 sectores de servicio que a la vez también corresponden a áreas de drenaje. Trece sectores están ubicados en el margen derecho y otros ocho están ubicados en el margen izquierdo del río Ichu. Cada uno de estos sectores descarga el volumen de caudal recolectado, ya sea a un colector o directamente al río Ichu. En total se han identificado diez descargas significativas correspondientes a áreas de drenaje y una igualmente significativa de carácter particular que corresponde a ESSALUD. En el recorrido del río por la ciudad existen además otras descargas particulares, pero poco significativas, situación que se puede observar igualmente

en los pequeños afluentes del río Ichu y que también conforman los principales colectores de aguas pluviales de la ciudad. Existen 4 colectores de descarga en el margen derecho del río Ichu y 6 colectores de descarga en el margen izquierdo del río Ichu, el principal problema del interceptor es la vulnerabilidad debido a los daños de los muros en algunos tramos, fisura y zapatas descubiertas.

La red de alcantarillado existente en la ciudad de Huancavelica tiene una antigüedad que pasa los 10 años aproximadamente, el cual a la actualidad presenta deficiencia y no viene cumpliendo sus funciones como debería ser, esto es notable sobre todo en tiempos de lluvia ya que en ciertos puntos los buzones colapsan y es debido al aumento de caudal y en otros puntos las calles se encuentran inundadas por la acumulación de las aguas pluviales que no encuentran un punto por donde salir, porque las cunetas están sobrecargadas, por los residuos sólidos que obstruyen el paso, etc., existen una infinidad de razones el cual se debería identificar las principales para dar solución, puesto que este problema genera en la población y en el área de tránsito múltiples molestias como: olores desagradables, obstrucción de pase a la otra calle, impedimento del pase de los vehículos, aumento de mosquitos transmisores de enfermedades y mal aspecto al paisaje. Este problema se observa en casi toda la ciudad de Huancavelica, en especial en el cercado de Huancavelica entre el Jr. Agustín Gamarra y el Jr. Virrey Toledo, en el cual se debería determinar las razones por la cual los buzones colapsan y en qué condiciones se encontrará la red de alcantarillado en su vida útil que se encuentran actualmente.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el aporte de la precipitación pluvial a la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica?
- ¿Cuál será la condición actual de los parámetros geométricos de la pendiente y diámetro de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica?
- ¿Cuáles son los factores externos que influyen en el colapso de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la condición existente de la red de alcantarillado considerando al aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el aporte de la precipitación pluvial a la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica.
- Determinar la condición actual de los parámetros geométricos de la pendiente y diámetros de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica.
- Determinar los factores externos que influyen en el colapso de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica.

1.4 Justificación

Conveniencia: Un estudio de la red de alcantarillado nos permite mejorar la calidad del servicio de la red de alcantarillado, calidad de vida y la salud de la población.

Relevancia Social: El mercado de Huancavelica entre el Jr. Agustín Gamarra y el Jr. Virrey Toledo se encuentra ubicados: centro comercial, institución educativa, institución pública y restaurantes; es de alto tránsito peatonal y vehicular. Por lo tanto, se desea preservar la seguridad y salud de la población brindando buena transitabilidad peatonal y vehicular.

Implicancia Práctica: La investigación ayuda a conocer las condiciones en las que se encuentran la red de alcantarillado existente frente al aporte de la precipitación pluvial, la cual ha generado el colapso de algunos buzones y también es necesario ejecutar esta investigación para dar soluciones y evitar múltiples problemas como: aumento de enfermedades, malos olores, encharcamiento de la vía vehicular y peatonal.

Valor Teórico: Se probó con la investigación, qué factores externos influyen en el colapso de la red de alcantarillado y como es su comportamiento de la red de alcantarillado considerando al aporte pluvial.

Utilidad Metodológica: Para esta investigación, los instrumentos utilizados fueron: teodolito (levantamiento topográfico), DRON y las mediciones que se realizaron en campo (listón graduado, flexo y cámara) y software para el procesamiento de datos Excel, arcGIS, autoCAD y SWMM.

1.5 Limitación

La presente investigación se realizó en la red de alcantarillado existente del barrio centro de la ciudad de Huancavelica, esto debido a los constantes problemas de colapso e inundaciones de las calles transitadas en épocas de lluvia. La ciudad de Huancavelica está formada por los barrios: Yananaco, Santa Ana, San Cristóbal y el mismo centro de la ciudad, y el sistema de alcantarillado existente tuvo un último mejoramiento en el año 2008.

La limitación que se tuvo para el desarrollo de la tesis fue, contar con el plano de catastro de la red de alcantarillado no actualizada, por lo que se tuvo que abrir los buzones para verificar el sentido del flujo y además que omitieron un buzón de su plano.

La limitación que se tuvo para el desarrollo de la tesis fue, que cada vivienda contaba con varias cajas de registro de desagüe, puesto que en cada lote habitaban más de una familia y esto complicó trabajar con la cantidad exacta de lotes.

La limitación que se tuvo para el desarrollo de la tesis fue, que las calles eran transitadas por vehículos constantemente, el cual nos complicó en la apertura de los buzones para la caracterización detallada de su condición actual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Internacional:

Según Jiménez (2017) nos indica que la ciudad de Guayaquil ha sufrido innumerables inundaciones en diversas ocasiones durante la época invernal, por tal motivo se realizó un diagnóstico de las condiciones existentes en todo el sistema de alcantarillado pluvial así como a sus drenajes naturales de la ciudad, se busca plantear nuevas alternativas de diseño basados en modelos matemáticos de alcantarillado pluvial, determinar en donde se producen los sitios críticos de inundación por topografía o por fallos del sistema de alcantarillado pluvial. Entre los programas que modelan sistemas de aguas pluviales tenemos al Storm Water Management Model (SWMM), programa perteneciente a la Agencia de Protección de Medio Ambiente (EPA), este modelo se alineó a toda una serie de parámetros como: infiltración, pendiente, coeficiente de Manning, permeabilidad, impermeabilidad, ancho de la cuenca diámetros de tubos y características de canales y ductos y tras el procesamiento de la información recopilada se obtuvo en el software SWMM, se pudo concluir que el sistema de alcantarillado de drenaje pluvial está colapsado, y

que las herramientas de modelación de redes de drenaje tienen mucha aplicación y es necesaria su utilización para ubicar focos probables de inundación, para luego mitigar el impacto.

Según Lazo (2016) nos indica que las condiciones del servicio de alcantarillado sanitario de ENACAL a la población de la ciudad de Boaco es deficiente ya que actualmente hay muchos problemas de recolección de aguas residuales. Durante la investigación comprendida entre noviembre 2015 y mayo 2016 se realizó el levantamiento catastral de todo el sistema de alcantarillado en esta se encontró 316 PVS, 384 CR, 66 Nodos, 764 tramos de tuberías y 5 tramos de canal tipo rectangular que en invierno tienen uso mixto (recolectan aguas pluviales y servidas). También se hizo una verificación del catastro de usuarios, ya que esto lo tiene actualizado ENACAL, hasta el 31 de marzo del 2016 había 3,931 usuarios, pero de estos 3,687 están conectados a la red que llega a la PTAR. Se realizaron dos evaluaciones hidráulicas una para invierno tomando el promedio de los primeros tres (3) meses del año 2016, y para invierno en ese se tomó el caudal mayor durante 365 días comprendido entre 31 marzo 2015 y 1 de abril 2016. En la evaluación hidráulica para verano no se encontró problemas de inundación ni de capacidad, pero hay velocidades menores a 0.6 metros por segundo (m/s) según es el mínimo que establece la guía técnica de INAA, pero esto no afecta al funcionamiento, ya que no se analizó con el caudal que pudo haber sido diseñado lo cual el mínimo debe ser de 1.5 litros/segundos. En la evaluación hidráulica para invierno, esta presenta problemas de inundación en el PVS 284 con 2.77 l/s y la capacidad de la tubería 684 está al 100%, y las velocidades en todo el sistema han sido aumentadas debido a que el caudal es mayor que en verano, pero estas no exceden la velocidad máxima que establece la guía técnica de INAA siendo de 3 m/s, todas estas evaluaciones hidráulicas se llevaron a cabo con el programa EPA SWMM.

Según Rodríguez y Rodríguez (2014) nos indican que mediante el uso del programa EPA SWMM Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) se realizó un modelamiento y evaluación hidráulica

del sistema de alcantarillado del municipio Choconta- Cundinamarca, este programa nos permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos y alcantarillados pluviales. EPA SWMM es una de las alternativas de modelación de alcantarillado, pero es quizás la más completa ya que su análisis hidráulico es el más rápido y eficaz, además es la patente para el modelamiento y evaluación de alcantarillados instalado en otros softwares, con el fin de evidenciar los problemas y proponer soluciones al alcantarillado resaltando los beneficios del uso de esta herramienta. Este municipio de Choconta cuenta con un alcantarillado tipo combinado con una red de 17.5 Km, en diámetros de 8” hasta 44” y la red de colectores y pozos de inspección se encuentran en regulares condiciones dado a su tiempo de funcionamiento mayor de 40 años, de toda el análisis y simulación se obtuvo: Que la herramienta EPA SWMM cuenta con un algoritmo de cálculo potente que permite modelar alcantarillados de cualquier tamaño y forma, el programa modela y evalúa alcantarillados pero no proporciona recomendaciones en cuanto a pendiente, diámetros o secciones óptimas, para mejorar u optimizar el alcantarillado se realizan métodos como (prueba-error) a criterio del diseñador basado en las normas técnicas vigentes (RAS 2000), la mayoría de tramos del alcantarillado cuentan con diseños que están obsoletos y cuyas dimensiones NO tienen la capacidad necesaria para suplir las necesidades del municipio y además de esto se encontraron 21 tramos cuyos diámetros son inferiores al criterio técnico establecido para el diseño de alcantarillados pluviales y cuya recomendación es utilizar secciones mayores o iguales a 10 pulgadas de diámetro, mediante la herramienta sistemática EPA SWMM, se observó que existen dos picos de escorrentía evidenciados en los intervalos de tiempo de 30 y 75 minutos lo que genera que durante estos eventos hidráulicos la red del alcantarillado sea insuficiente en cuanto a su infraestructura y presente rebose por sus pozos, generando inundaciones en el casco urbano del municipio y zonas aledañas y con el fin de evaluar las condiciones más críticas de precipitación, se toma un impermeabilidad del 100%, donde el agua de precipitación en su totalidad es conducida por la

escorrentía hasta los pozos y posteriormente transportada por los conductores hasta su vertimiento.

Según Vargas y Villegas (2013) nos indican que la urbanización Plaza Madrid está sufriendo un crecimiento poblacional, debido al desplazamiento de las poblaciones de las Zonas Rurales a las zonas Urbanas y sumado al crecimiento de la población y por ello los habitantes deben contar con todos los servicios básicos necesarios, por tal motivo se realizó el modelamiento con el programa EPA SWMM las redes de alcantarillado sanitario y pluvial, de toda la evolución y simulación se concluye que este software es útil para a comportamientos de redes de alcantarillado en los aspectos hidráulicos, hidrológicos, los cuales permiten conocer el comportamiento de las redes desde el inicio hasta el final de la urbanización y de ello se obtuvo que los diámetros de las tuberías colocados en los modelos de las tuberías corresponden a diámetros lógicos y coherentes para evacuar aguas residuales y aguas lluvias en la futura urbanización estos diámetros para aguas residuales están entre 0.184 (8") m a 0.227 (10"), y 0.284m (12") y 0.422m (18") para aguas lluvias. La modelación hidráulica de la red de Alcantarillado pluvial en el programa EPA SWMM, se ha podido validar y verificar que todos los parámetros exigidos por el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS, en cuanto a los modelos de alcantarillado sanitario y pluvial estén cumpliendo todas las disposiciones allí expuestas.

Nacional:

Según Marcia y Masias (2017) nos indican que el deficiente funcionamiento del sistema de evacuación de aguas pluviales de la Av. la Cultura en el tramo: Garcilaso – Rio Cachimayo, conlleva a saber las condiciones existentes del sistema de alcantarillado pluvial y cual son las características adecuadas para lograr un sistema eficiente de evacuación de aguas pluviales, para ello se realizó un diagnóstico del colector principal y los colectores tributarios, la ubicación de los sumideros y tapas de inspección del colector principal. Se estimaron los caudales de aporte con un intervalo de

recurrencia de 25 años, por diferentes métodos tales como: Método Racional, Burkli Ziegler y Mac Math. El caudal de diseño calculado fue el estimado por el Método Racional, también se evaluó los volúmenes de transporte de sólido, estimando un volumen de 0.215 m³/ms de arrastre de sólido de fondo. De ello se estuvo como resultado proponer la ampliación de la sección transversal del colector principal, empleando un canal rectangular de concreto, también se propone el redimensionamiento de las estructuras de sedimentación y el incremento del número de sumideros en un 21% de los existentes. El funcionamiento hidráulico del sistema propuesto, fue simulado por medio del programa SWMM versión 5.0 que permitió ajustar el diseño originalmente propuesto.

Según Dueñas y Mayhuire (2015) nos indican que la manera descontrolada como ingresan las aguas pluviales a la red colectora de aguas residuales de la urbanización Túpac Amaru del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco llevan a evaluar la influencia que estas tienen. Para ello se obtuvo los datos hidrológicos de las estaciones Kayra y Perayoc, así como datos de reporte de atascamiento proporcionados por la EPS SEDACUSCO, se realizó el levantamiento topográfico para obtener las pendientes de las calles de la urbanización, verificación de la dirección de los buzones para corroborar con los planos de conexiones de desagüe y la altura de los buzones proporcionado por la EPS SEDACUSCO. Se determinó el caudal de aguas pluviales por el método racional y para la obtención del caudal de conducción de red colectora por el método de Manning. La red recolectora de aguas residuales en la urbanización Túpac Amaru del distrito de San Sebastián, rebasan la capacidad de conducción en la época de lluvias; siendo crítica en la Calle Tinta, donde el volumen rebasado es del 24% hasta 170% en relación a la capacidad de la red actual, llegando a una conclusión que la red de conducción de aguas residuales de la Urbanización Túpac Amaru es insuficiente para conducir los volúmenes originados por la demanda de aguas residuales de población incrementando con el volumen de agua generado por las aguas pluviales, siendo ambos volúmenes superiores a la capacidad de

conducción de la red actual. Los coeficientes de escorrentía en función a las zonas varían de 0.49 a 0.78 ya que son áreas impermeables. Se determinó que la escorrentía de la cuenca aportante de Túpac Amaru es directamente proporcional a la intensidad de las precipitaciones, obteniendo una intensidad de 23.05 mm/h para toda la urbanización.

Según Quispe (2013) nos indica que los constantes problemas que se generaban en la red de alcantarillado existente del jirón La Cantuta conlleva a evaluar las estructuras de la red existente, con el fin de determinar el caudal real de la red de alcantarillado, determina la pendiente adecuada para la auto limpieza de la tubería y proponer alternativa de solución al colapso de los buzones del jirón La Cantuta. Se obtuvieron datos característicos de los buzones y red de recolección donde se evaluó 14 buzones, de las cuales 2 tienen una profundidad menor a la mínima, 3 se encuentran sedimentados y 2 parcialmente colapsados, además se obtuvo, que un tramo no cumple con la tensión tractiva y pendiente mínima indicada en la norma y 5 tienen una velocidad inferior a la mínima. Se llegó a la conclusión que la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta es deficiente hidráulicamente, ya que estos tramos no cumplen con la tensión y velocidad mínima indicada en la norma OS-070, los caudales de cuatro tramos iniciales son pequeño para el diámetro de la tubería instalada, existen tramos que no cumplen con la mínima pendiente normada, la solución ante la deficiencia hidráulica es combinar el sistema convencional y condominial de evacuación de aguas residuales y dos de los buzones existentes están parcialmente colapsados.

Según Rojas y Humpiri (2007) nos indica que la ciudad de Juliaca ha crecido indiscriminadamente sin una planificación verdaderamente efectiva, esto conlleva a evaluar el proyecto actual “Estudio definitivo de drenaje de aguas pluviales de la ciudad de Juliaca” y plantear un nuevo diseño hidráulico del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca aplicando el programa de modelamiento SWMM con el fin de determinar los parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial, determinar el aporte en el diseño del sistema de drenaje pluvial haciendo uso del programa SWMM

y comparar el comportamiento hidráulico con los datos existente y los resultados del diseño que se planteó. De esto se determinó que los estudios básicos del expediente técnico han sido desarrollados con un sustento técnico deficiente, siendo el problema más grave del expediente técnico es que asume que las condiciones reales en campo son aptas para la construcción de las redes de drenaje sin considerar la deficiente infraestructura vial de la ciudad, el desorden urbano y la grave contaminación del río Torococha. Dentro de los parámetros hidrológicos se asume un periodo de retorno de 25 años y una precipitación máxima de 55 mm. Se desarrolló una metodología para el diseño de sistemas de drenaje urbano tomando como base el modelo matemático SWMM, que consiste en el movimiento simultáneo del flujo en las calles y el intercambio de flujo entre los subsistemas y bajo el enfoque de onda dinámica la cual resuelve las ecuaciones completas de Saint–Venant para el flujo no permanente en canales, el modelo SWMM proporciona un conjunto de herramientas interactivas y recursos que son una buena opción para el análisis de grandes proyectos de drenaje urbano. El diseño obtenido en la siguiente investigación garantiza el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, con inundaciones de poca duración que afectan mínimamente a su entorno, por lo que no será necesario la utilización de bombas en el diseño. Se prevé inundaciones en algunas áreas entre 0 a 2 horas y en otras críticas hasta 4 horas durante eventos de lluvias torrenciales de magnitudes similares a la precipitación de diseño.

Local:

Según Ramirez (2019) nos indica que la ciudad de Huancavelica adolece de un sistema de drenaje pluvial adecuado, que permita captar y transportar eficientemente las tasas de escorrentía, hacia el río Ichu. Se realizó la dizcretización en 35 áreas de drenaje teniendo en cuenta la ubicación de las rejillas, con la ayuda de un vehículo no tripulado (Drone) y con visitas técnicas al campo para proponer un Curva Numero (CN). La función transferencia para transitar el hietograma de precipitación de exceso hasta la obtención del hidrograma de escorrentía en cada área de drenaje, se realizó a partir del

modelo agregado de Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S) y los modelos distribuidos de Onda Cinemática (O.C) y Reservorio No Lineal (R.N.L). En total se ubicaron 35 rejatas de tipo P- 50, de los cuales 17 se colocarán en las cunetas triangulares resultando con una eficiencia de 98.37% y 18 rejatas se colocaron transversal a la calle resultando con una eficiencia de 100%. En total se propusieron 17 cunetas triangulares, los cuales cumplen con la capacidad hidráulica, para mitigar la inundación de las calles.

Según Acuña (2018) nos indica que los problemas de las inundaciones en las calles y avenidas y el propio drenaje pluvial de la cuenca urbana de la ciudad de Huancavelica son causados principalmente por las intensas precipitaciones y deficiente sistema de drenaje pluvial. Esta investigación con el objetivo de determinó los hidrogramas de escorrentía directa en cada una de las cunetas y sumideros, el mismo comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la identificación de las zonas inundadas, el sentido del flujo, discretización de la cuenca urbana, cálculo de hidrogramas de diseño, cálculos de hidrogramas de escorrentía directa a través del modelo de onda cinemática, con el fin de determinar los caudales de precipitación en el drenaje pluvial en la cuenca urbana, en la dimensión de los hidrogramas de escorrentía y en la dimensión del manejo adecuado de las aguas pluviales en el drenaje pluvial. Donde, se concluyó que las calles y avenidas de la ciudad de Huancavelica se inunda durante la temporada de lluvia, donde el 72% de las cunetas resultaron colapsados, 14% vulnerables y 14% eficientes. Por último, el 75% de los sumideros se encuentran en condición deficiente, 13% colapsado y los otros 13% regular. En cuanto a su ubicación el 75% de los sumideros se encuentran ubicados adecuadamente, pero el 25% se encuentran ubicados inadecuadamente.

Según Quispe y Rojas (2015) nos indican que el desarrollo urbano altera de una forma notable la hidrología de la cuenca en estudio. En particular, se disminuye la capacidad de desagüe de la red de drenaje de aguas pluviales y se incrementan los caudales extremos y el volumen de escorrentía. No existe un sistema de drenaje pluvial en la comunidad 3 de mayo de Pucarumi por tal los

flujos de las aguas de lluvia discurren desordenadamente por todas las calles de la zona. El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de drenaje pluvial en la zona urbana de la Comunidad 3 de mayo de Pucarumi, para evitar los daños que puedan ocasionar las precipitaciones pluviales de gran intensidad. Donde se obtuvo que, los sistemas de drenaje planteado son sistemas de colectores de tubería PVC, con depósitos de retención en los tramos con fuertes pendientes y con sumideros tipo grande como estructuras de captación de escorrentías. El método para el cálculo de caudales fue el método racional por ser una de las metodologías confiables para todos los trabajos de hidrología. La falta de un tratamiento correcto de las aguas de lluvia hace que las casas de material sufran humedecimientos en sus estructuras en las temporadas de lluvias. En la zona de estudio debido al relieve topográfico las pendientes mínimas varían de 0.9 a 1% en las zonas más planas y están propensos a inundaciones. El diseño del drenaje pluvial para la Comunidad 3 de mayo de Pucarumi esta dimensionado para verter un caudal total de 2.65 metros/segundo de agua hacia el río Ichu. La proyección de estructuras de retención son para disminuir los caudales pico de escorrentía.

2.2.Bases Teóricas

Hidrología:

Desde los tiempos primitivos hasta los alrededores del año 1400 D.C., el concepto de la hidrología fue especulado por muchos filósofos incluyendo a Homero, Thales, Platón y Aristóteles en Grecia; Lucrecio, Ceneza y Plinio en Roma, aunque varios conceptos filosóficos fueron erróneos, Marco Vitruvius concibió una teoría que es aceptada, puesto que él postuló que el agua subterránea es en su mayor parte derivada de la lluvia y la nieve por infiltración desde la superficie del suelo. Es así, que la teoría de Vitruvius fue la considerada como inicio de los conceptos modernos del ciclo hidrológico. A través de la historia el hombre aprendió de la hidrología practica a través de la construcción de grandes obras hidráulicas conocidas como los antiguos pozos árabes, las obras persas, los proyectos de irrigación de Egipto y Mesopotamia, los acueductos romanos, los proyectos de suministro de agua

y drenaje de la India y los sistemas de irrigación de la China (Chereque, 2010).

La hidrología como la ciencia que se ocupa del ciclo hidrológico, nos permite entender los cambios que experimenta el agua, en este caso para la tesis, en su estado líquido y su comportamiento en una cuenca urbana.

Precipitación pluvial

Teoría de coalescencia de lluvia:

Esta teoría fue analizada por Low y List 1983, donde nos explican que existen muchas nubes con temperaturas mayores que las de congelación de las gotas, y se llaman nubes cálidas, donde no es posible la existencia de cristales de hielo, porque existe otro proceso de precipitación llamado coalescencia. En las nubes se pueden formar grandes gotas cuando hay núcleos de condensación gigantes, mayores que 20 micrómetros, o con núcleos higroscópicos que pueden crecer rápidamente. Estas gotas de nubes grandes caen más rápidamente que las pequeñas y a medida que van cayendo estas gotas, chocan con otras más pequeñas y se unen y la gota crece y cae aún más rápido (o si las corrientes de aire son muy fuertes puede ascender lentamente) y aumenta el número de choques con las gotitas de nubes y sigue creciendo. Si una gota crece más que 5 mm de diámetro cayendo a 35 km/h (10 m/s), su tensión superficial no la puede mantener en ese estado y se rompe, dividiéndose en muchas otras gotas pequeñas que repiten un proceso similar, produciéndose la lluvia. También nos indica que los choques de las gotas no garantizan su unión (o coalescencia), porque la corriente de aire que forma la gota en su caída puede alejar las gotitas, o porque las gotas pueden tener carga eléctrica de igual signo y se repelen; en este caso la electricidad de la atmósfera puede ser importante en generar gotas grandes y precipitaciones. Este es el proceso más común de lluvias convectivas de zonas tropicales (Chereque, 2010).

La precipitación pluvial en la ciudad de Huancavelica nos permitirá determinar el aporte hacia la red de alcantarillado.

Aguas residuales:

El término aguas residuales aparece a principios del siglo XIX, el desarrollo de la teoría del “Gemen” a cargo de Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX marco el inicio de una nueva era en el campo del saneamiento. Todo en función al tratamiento y eliminación de las aguas residuales, en Estados Unidos no recibió demasiada atención a finales del siglo XIX porque los daños causados por el vertido de aguas no tratadas en las relativamente grandes masas de aguas receptoras (comparas con las europeas) no eran graves y por qué se disponía de grandes extensiones de terreno para su evacuación. Sin embargo, a principios de este siglo, los daños causados y las condiciones sanitarias impulsaron una creciente demanda de mayor eficiencia en el tratamiento y evacuación de las aguas residuales (Cajigas, 2005).

Las aguas residuales como producto de los múltiples usos que se les da en una zona urbana y la evacuación de estas, nos permiten conocer el caudal residual en nuestra zona de estudio.

Red de alcantarillado de aguas residuales

La aparición del cólera como una forma de epidemia intensa en Europa a mediados del siglo XIX, obligó a estudiar y construir un sistema adecuado de alcantarilla tanto en París y Londres en 1852. Todas las alcantarillas construidas eran de grandes dimensiones (1.65m y 0.70m), argumentando que la limpieza sería más cómoda para el trabajador, además que se tenía la idea de que todos los desechos, incluyendo basuras, debería ir a dar a las cloacas para ser transportadas. Durante el tiempo en que no se permitía la descarga de los desechos en los sistemas de alcantarillado, los pobladores de las ciudades colocaban la “suciedad nocturna” en cubetas a lo largo de las calles y eran estas transportados por carretas hacia áreas rurales para su disposición en terrenos agrícolas. La invención del retrete en el siglo XIX cambio drásticamente las prácticas de disposición del desecho, ya que no se podía manejar el volumen tan grande del líquido que se incrementaba

paulatinamente, dando como solución al problema, las ciudades comenzaron a usar los sistemas naturales de drenaje y los alcantarillados pluviales para conducir las aguas residuales, contrariando el consejo de Edwin Chadwick, quien en 1842 recomendó que se descargara “la lluvia al río y los desechos al suelo”. La construcción de alcantarillados combinados fue más común durante la segunda mitad del siglo XIX, dado que los sistemas pluviales terminaban en cursos de aguas, los desechos humanos eran descargados directamente en corrientes, lagos y estuarios, sin tratamiento, ocasionado así severa contaminación y problemas a la salud pública. Siendo así, el primer sistema de alcantarillado “moderno” para aguas residuales se construyó en 1842 en Hamburgo, Alemania por un innovador ingeniero llamado Lindley. La mayoría de las mejoras en los sistemas de alcantarillado construidos fueron durante el siglo XX con el desarrollo tecnológico de materiales y la inclusión de pozos de visita, estaciones de bombeos y otros dispositivos (Valdez & Vázquez Gonzales, 2003).

La red de alcantarillado, viene hacer todo un sistema que evacua las aguas residuales, sin embargo, la inadecuada evacuación de las aguas pluviales hace que estas también sean evacuadas en la misma red de alcantarillado, esto mismo sucede en la ciudad de Huancavelica.

2.3. Bases Conceptuales

2.3.1. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial es la caída de partículas o sólidos de agua, es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas, debido a lo cual su evaluación y el conocimiento de su distribución, tanto en el tiempo como en el espacio son problemas básicos en hidrología (Ruiz & Martínez, 2015).

2.3.1.1. Medida de las precipitaciones

Podemos cuantificar las precipitaciones caídas en un punto mediante cualquier recipiente de paredes rectas, midiendo después la lámina de agua recogida. La unidad de medida es el milímetro (Sanchez, 2017).

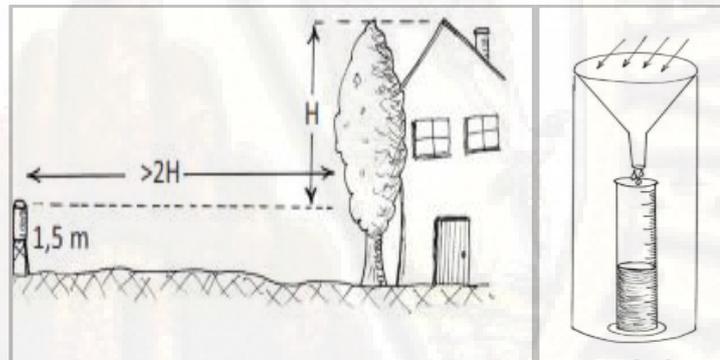
➤ Pluviómetros:

Para poder leer con más precisión el agua recogida ($\pm 0,1$ mm) un pluviómetro recoge el agua en una bureta de sección menor a la de la boca del pluviómetro. La lectura del agua recogida se efectúa una vez al día (Sanchez, 2017).

En la estación Huancavelica la precipitación se mide con el pluviómetro, cabe mencionar también que el granizo no se le considera.

Figura 1

Medición en el Pluviómetro



Fuente: Sánchez (2017).

2.3.1.2. 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 (Marcia & Masias, 2017).

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

$$T_c = T_o + T_f \quad (01)$$

Donde

- T_o = Tiempo de entra hasta alguna alcantarilla.
- T_f = Tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés = $\sum L_i/V_i$

Las ecuaciones para calcular el tiempo de concentración se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1

Fórmulas para el Cálculo del Tiempo de Concentración

Método y Fecha	Fórmula para T_c (min)	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 superficiales 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 cubierto o para flujo en cunetas.

California Culverts Practice (1942)	$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <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.
Izzard (1946)	$tc = \frac{525 * (0.0000276i + c) * L}{S^{0.333} * i^{0.667}}$ <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 de concreto y 0.05 para superficies densamente de procesos iterativos; el producto de I por L debe ser ≤ 3500 .
Federal Aviation Administration (1970)	$tc = \frac{0.7035 * (1.1 - C) * L^{0.7}}{S^{0.333}}$ <p>L= longitud flujo superficial (m). C= Coeficiente de escorrentía del método. 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.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$tc = \frac{7 * L^{0.6} * n^{0.6}}{I^{0.4} * S^{0.3}}$ <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>	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 tc son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad- duración-frecuencia da una solución gráfica directa para tc.
Ecuaciones de retardo SCS (1973)	$tc = \frac{0.0136 * L * \left(\frac{100}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ <p>L= longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo (m). CN= Numero de curva SCS. S= Pendiente promedio de la cuenca (m/m).</p>	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola: ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas interiores a 500 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 $tc=1.67x$ retardo de la cuenca.

Fuente: SCS Servicio de Conservación de Suelo-Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje- MTC (2009).

2.3.1.3. Precipitación neta

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (P_e), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. 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 hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial. El hietograma de exceso de precipitación puede calcularse a partir del hietograma de precipitación en una o dos formas, dependiendo de si existe o no información de caudales disponibles para la tormenta (Chow, 2014).

2.3.1.4. Cuenca Urbana

Es la cuenca hidrográfica donde se originan procesos urbanísticos de asentamientos humanos, con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural (Agredo, 2013).

➤ Configuración de la cuenca urbana

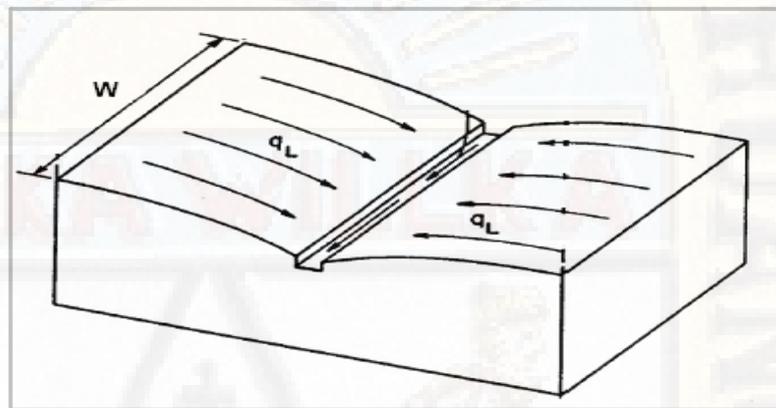
En función a los parámetros morfométricos:

- Área de los lotes
- Sistema de drenajes
- Dirección de flujos

Otro criterio para la definición de la cuenca urbana, es el carácter incluyente para asimilar a una cuenca mayor, pequeñas cuencas aledañas que comparten la divisoria de aguas principal y que drenan a un mismo cauce de orden mayor (Agredo, 2013).

Figura 2

Representación Idealizada de una Subcuenca



Fuente: Storm Water Management Model Reference Manual Errata (2017).

➤ **Discretización de subcuencas**

La mayoría de las áreas de estudio requieren de un cierto nivel de discretización en múltiples subcuencas para caracterizar adecuadamente la variabilidad espacial en las vías de drenaje terrestres, las propiedades de la superficie y las conexiones a las tuberías y canales de drenaje. La discretización comienza con la identificación de los límites de drenaje (divisiones de drenaje) usando un mapa topográfico, la ubicación de las principales entradas de alcantarillado usando un mapa del sistema de alcantarillado y la selección de canales / tuberías que se simularán "aguas abajo" en el modelo. La discretización se basa tanto en los contornos de la superficie como en las pendientes inversas de las alcantarillas de recolección (Rossman, 2017).

2.3.1.5. Influencia de las actividades humanas y los cambios en el uso de la tierra en el ciclo hidrológico

Hay una multitud de cambios menores o mayores causados en las cuencas hidrográficas por actividades humanas, estos cambios influyen prácticamente en todos los componentes del ciclo hidrológico. Los cambios en la cuenca hidrográfica pueden ser puntuales o no puntuales. Ejemplos de cambios puntuales son cambios estructurales, como la construcción de presas, mejora de canales y almacenamiento de detención, y estos cambios afectan la respuesta de la cuenca en términos de evaporación, filtración, tiempo de residencia, etc. incluyen silvicultura, agricultura, minería y urbanización, siendo esta última la urbanización que transforma terrenos forestales y agrícolas en áreas urbanas donde casas, carreteras, escuelas, edificios, centros comerciales, parques, estacionamientos, se construyen alcantarillas, etc. Las tierras urbanizadas están dominadas por pavimentos o superficies impermeables que reducen la infiltración y evapotranspiración y aumentan las aguas pluviales. Los efectos hidrológicos de la urbanización incluyen aumentos en el volumen y pico de escorrentía directa para una lluvia determinada; reducción de tiempo de viajes, lo que resulta en un menor tiempo de retraso y un menor tiempo de concentración; disminución de flujo base; reducción de la infiltración; aumento en la retirada de agua subterránea; aumento de la contaminación de ríos y acuíferos; poniendo en peligro el ecología; y aumento de la temperatura de las zonas urbanas, provocando un cambio de microclima (Chow, 2014).

2.3.1.6. Influencia de la urbanización en el proceso de escorrentía

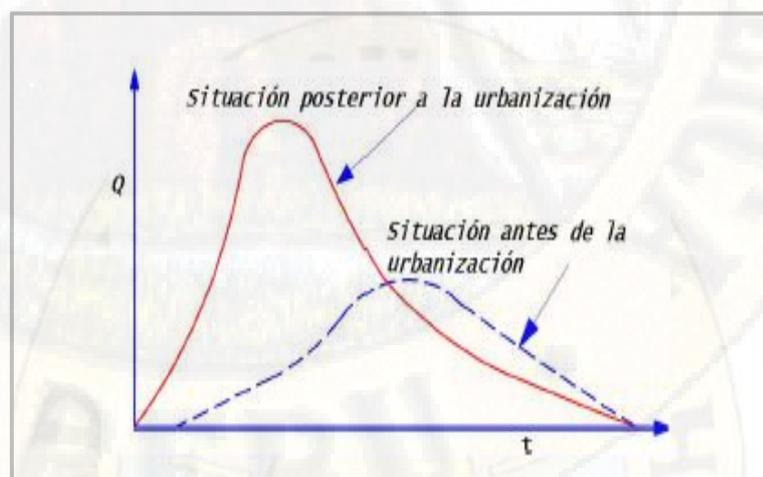
Es conocida la tendencia al desplazamiento de la población desde zonas rurales hacia zonas urbanas. En la actualidad casi el

50% de la población mundial vive en zonas urbanas, habiéndose incrementado en más de un 80% en los últimos 20 años.

La urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia. La urbanización conlleva la alteración de las redes de drenaje natural (construcción de colectores y encauzamientos que aumentan la velocidad del agua hacia aguas abajo de la cuenca) y un incremento de las zonas impermeables en superficie, todo ello con el criterio de drenar lo más eficiente y rápido posible el área urbanizada. Como hemos dicho, esta dinámica afecta a la hidrología de la cuenca y muy especialmente a las zonas situadas aguas abajo. La urbanización aguas arriba modifica el hidrograma que reciben estas zonas de forma que se incrementan el volumen de escorrentía y el caudal máximo. Asimismo, es menor el tiempo que transcurre entre el inicio de la escorrentía provocada por la lluvia y el máximo caudal: disminuye el tiempo de concentración. Todo ello conlleva que la zona aguas abajo este afectada con mayor frecuencia por caudales que pueden crear problemas por inundación (Gómez, 2007).

Figura 3

Influencia de la Urbanización Sobre la Respuesta Hidrológica



Fuente: Gómez (2009).

2.3.1.7. Análisis de datos de lluvia

➤ Valores medios característicos

El conjunto de datos que en general se recopilan mensualmente en las estaciones meteorológicas, relativos a lluvias, corresponden a:

- Precipitación total mensual en cada pluviómetro.
- Precipitación para un intervalo de 24 horas en cada pluviómetro.
- Precipitación máxima mensual en 24 horas en cada pluviómetro.
- Número de días de lluvia, nieve o granizo, durante el mes, en cada estación.
- Bandas con las inscripciones de los pluviógrafos o registros equivalentes computarizados.

Con el transcurso del tiempo, todo este conjunto de información alcanzaría un volumen realmente poco manejable. Resulta necesario en consecuencia acudir a procedimientos estadísticos normalizados que racionalicen la presentación, sintetizando el máximo de información en unos pocos parámetros (valores medios, dispersión respecto a ellos, configuración de la curva de observaciones, etc.) (Segerer & Villodas, 2006).

➤ Curvas características

- Yetogramas:

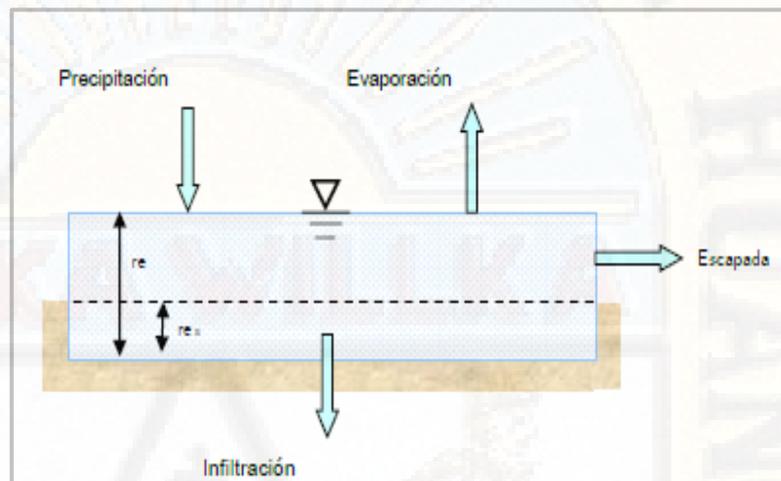
Se denomina yetograma (o hietograma o pluviograma) a la gráfica que representa en un sistema tiempo (horas o minutos) en abscisas e intensidades de precipitación (mm/h) en ordenadas, la cantidad de

Donde:

- re : calado en el deposito
- re_s : calado de almacenamiento

Figura 5

Estructura del Comportamiento de una Subcuenca



Fuente: Storm Water Management Model Reference Manual Errata (2017).

En esta representación, la subcuenca experimenta entradas de precipitaciones (lluvia y deshielo) y pérdidas por evaporación e infiltración. Los estanques netos en exceso sobre la superficie de la subcuenca a una profundidad re . Agua estancada por encima de la profundidad de almacenamiento de la depresión re_s puede convertirse en flujo de salida q . El almacenamiento de depresión da cuenta de las extracciones iniciales de lluvia, como el encharcamiento de la superficie, la interceptación por techos planos y la vegetación y el humedecimiento de la superficie (Rossman, 2017).

De la conservación de la masa, el cambio neto en profundidad re por unidad de tiempo t es simplemente la diferencia entre las tasas de entrada y salida en la subcuenca:

$$\frac{\delta d}{\delta t} = i - e - f - q \quad (02)$$

Donde:

- i = tasa de lluvia+ hielo (pies/s)
- e = evaporación superficial (pies/s)
- f = infiltración (pies/s)
- q =tasa de escorrentía (pies/s)

Suponiendo que el flujo a través de la superficie de la subcuenca se comporta como si fuera un flujo uniforme dentro de un canal rectangular de ancho W (ft), altura $d - d_s$, y pendiente S , La ecuación de Manning se puede utilizar para expresar el caudal volumétrico Q (cfs) de la escorrentía como:

$$Q = \frac{1.49}{n} \times S^{0.5} \times R_x^{5/3} \times A_x \quad (03)$$

Donde:

- n = coeficiente de rugosidad superficial
- S = pendiente promedio de la subcuenca (m/m)
- R = radio hidráulico (m)
- A = área o largo del ancho de la subcuenca (m^2)

De ambas fórmulas, A_x es un área rectangular con un ancho W y altura $d - d_s$. Por qué W siempre será mucho más grande que re , de ellos resulta que $A_x = W \times (d - d_s)$ y $R_x = d - d_s$, sustituyendo estas expresiones se tiene:

$$Q = \frac{1.49}{n} \times W \times S^{0.5} \times (d - d_s)^{5/3} \quad (04)$$

Para obtener un caudal de escorrentía por unidad de superficie, q , la ecuación 04 se divide por el área de la superficie de la subcuenca, A (que no debe confundirse con

el área de la sección transversal Ax por donde pasa la escorrentía):

$$q = \frac{1.49xWxS^{1/2}}{Axn} x(d - d_s)^{5/3} \quad (05)$$

Sustituyendo esta ecuación en la original, teniendo:

$$\frac{\delta d}{\delta t} = i - e - f - \alpha(d - d_s)^{5/3} \quad (06)$$

Donde α se define así:

$$\alpha = \frac{1.49xWxS^{1/2}}{Axn} \quad (07)$$

➤ **Modelo hidrológico de infiltración**

- **Curva número (CN)**

Adoptada a partir del Numero de Curva (SCS), se asume la capacidad total de infiltración del suelo según tabla de Números de Curva. Durante un evento de lluvia esta capacidad se representa como una función de la lluvia acumulada y de la capacidad de infiltración restante (Brown et al., 2001).

El número de curva para un área o una sub cuenca, se puede determinar a través de unas tabulaciones desarrollados por Servicio de conservación de suelos (Soil Conservation Service), con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos.

Tabla 2

Grupo Hidrológico Según el Servicio de Conservación de Suelos

Grupo	Descripción
Grupo A	Bajo potencial de escurrimiento. Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arena y gravas profundas, con bueno a exceso drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.
Grupo B	Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
Grupo C	Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua. Son suelos con texturas finas (margas arcillosas, margas arenosas poco profundas). Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
Grupo D	(alto potencial de escurrimiento. Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de sus superficies o bien suelos someros sobre horizonte impermeables.

Fuente: SCS Servicio de Conservación de Suelos-Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje- MTC (2009).

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se muestran en la siguiente figura. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con

diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto (Brown et al., 2001).

Tabla 3

Números de Curva de Escorrentía para Usos Selectos de Tierras Agrícolas, Suburbanas y Urbanas

Descripción del Uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del Suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: Sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Descripción del Uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del Suelo			
	A	B	C	D
Pastizales: condiciones pobres	65	79	88	89
Condiciones optimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones optimas	30	55	71	78
Bosques:	45	55	71	78
Troncos, delgados, cubierta pobre, sin hierbas				
Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	39	61	74	80
Óptimas condiciones, cubierta de pasto en el 75% o mas				
Condiciones aceptables, cubiertas de pasto en el 50 a 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Residencial:				
Tamaño promedio del lote	% prom			
impermeable				
1/8 acre o merios	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente: Chow et al (1994).

➤ **Modelo de propagación de flujo**

- **Modelo de onda cinemática (OC)**

Es de tipo conceptual, de eventos aislados, de parámetros y entradas distribuidas. Es de tipo conceptual porque simula el complejo físico a través de un modelo más sencillo que contiene aquellos componentes más simples y representativos del ciclo hidrológico particular de la cuenca. Se opera por eventos aislados ya que, por definición, simula los efectos de atenuación únicamente sobre la escorrentía superficial, valiéndose de las hipótesis simplificadoras de la onda cinemática. Identifica, además, la infiltración como pérdida del sistema, ignorando su aporte posterior en el tiempo en forma de caudal de base. Es de parámetros y entradas distribuidas porque permite discretizar espacialmente, ambos, en áreas aproximadamente homogéneas (segmentos de cuenca y cauce) (Rossman, 2017).

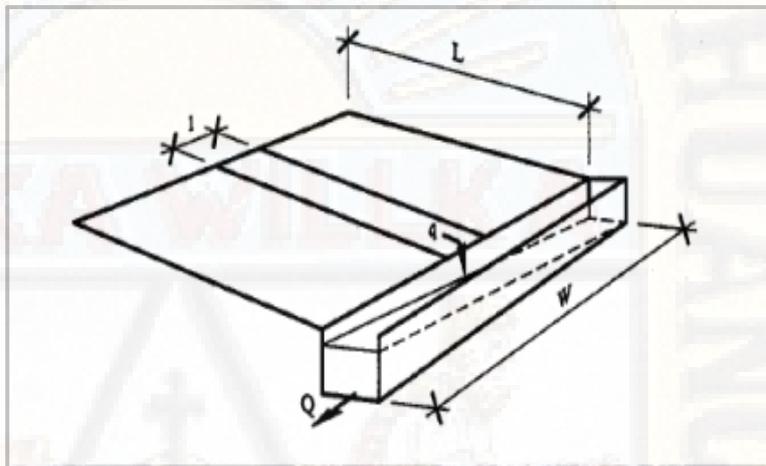
La teoría de la onda cinemática es una herramienta conveniente para el modelado del escurrimiento superficial, ya que las principales fuerzas que actúan sobre el flujo, son la gravedad y la fricción, y éstas son las únicas contempladas en la simplificación (Zimmermann, 2000).

Al mismo tiempo el modelo de onda cinemática del proceso lluvia-escorrentía ofrece la ventaja, sobre el método del hidrograma unitario, de que es una solución de las ecuaciones físicas que rigen en el flujo superficial", pero la solución es solamente para flujos unidimensionales, mientras que el flujo superficial real en la cuenca es bidimensional ya que el agua sigue el contorno superficial del terreno, como consecuencia, los parámetros de Onda

Cinemática, tales como el coeficiente de rugosidad de Manning, deben ajustarse para producir un hidrograma de salida realista (Gómez, 2007).

Figura 6

Esquema de Planos Inclinados Para Simular la Escorrentía Sobre la Superficie de una Cuenca



Fuente: Chow et al(2006).

➤ Propagación de caudales

Se denomina propagación de caudales al procedimiento a través del cual se puede determinar el hidrograma de caudal en un punto de un curso de agua utilizando hidrogramas conocidos en uno o más puntos aguas arriba. Dicho procedimiento puede aplicarse a sistemas agregados o distribuidos. Cuando se aplica a sistemas agregados, el flujo se calcula como una función del tiempo en un lugar en particular, lo que también se conoce como propagación hidrológica. Cuando se aplica a sistemas distribuidos, el flujo se calcula como una función del espacio y del tiempo a través del sistema, lo que se conoce también como propagación hidráulica (Ruiz & Martínez, 2015).

La investigación realizada se basa en la propagación hidráulica o sistemas distribuidos.

- **Propagación distribuida o hidráulica**

Los métodos hidráulicos de propagación se basan en la resolución de las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento para un flujo no permanente unidimensional, también conocidas como ecuaciones de Saint-Venant. La ecuación de conservación de la masa o de continuidad está dada, en su forma no conservativa, es decir, para un ancho unitario de flujo, por (Ruiz & Martínez, 2015):

$$V \frac{\partial y}{\partial x} + Y \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (08)$$

Y la ecuación de la cantidad de movimiento, también en forma no conservación:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_o + S_f) = 0 \quad (09)$$

En ambas ecuaciones:

- V: Velocidad media del flujo en una sección transversal.
- y: Calado o nivel de agua en dicha sección.
- g: Aceleración gravitatoria.
- S_o: Pendiente de fondo del tramo de cauce considerado.
- S_f: Pendiente de fricción de dicho tramo de cauce.
- x y t: Son variables independientes, el espacio y el tiempo, respectivamente.

Las hipótesis que se tienen en cuenta para la validez de las ecuaciones de Saint Venant son las siguientes:

- El flujo es unidimensional: el caudal y la velocidad varían sólo en la dirección longitudinal; la velocidad es constante y la superficie del agua horizontal en cualquier sección transversal perpendicular al eje del cauce también se considera constante.
- El flujo varía gradualmente a lo largo del canal, lo que implica que la distribución de presiones es hidrostática y que las aceleraciones verticales son despreciables.
- El eje del cauce es una línea recta.
- La pendiente del fondo es pequeña y el lecho es fijo, lo que implica que no hay erosión ni sedimentación.
- Los coeficientes de resistencia para flujo uniforme permanente turbulento son aplicables, por ejemplo, se utiliza la ecuación de Manning para describir el efecto de la resistencia.
- El fluido es incompresible y de densidad constante.

Cada uno de los términos con los que cuenta la ecuación de cantidad de movimiento considera alguno de los procesos físicos que gobiernan el movimiento del fluido:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - gS_o + gS_f = 0$$

Aceleración	Aceleración	fuerza de	fuerza de	fuerza
Local	convectiva	presión	gravedad	fricción

- Aceleración local: variación de cantidad de movimiento debido al cambio de velocidad con el tiempo.

- Aceleración convectiva: variación de cantidad de movimiento debido al cambio de velocidad a lo largo del canal.
- Fuerza de presión: variación en la presión producida por un cambio en la profundidad del agua.
- Fuerza de gravedad: fuerza que mueve al fluido, proporcional a su peso y a la pendiente del lecho.
- Fuerza de fricción: resistencia a la fricción ocasionada por las paredes del cauce.

Los métodos hidrológicos no poseen mecanismos hidráulicos para describir la propagación aguas arriba de los cambios de flujo de cantidad de movimiento porque están basados sólo en la ecuación de continuidad (Ruiz & Martínez, 2015).

La clasificación de los modelos de propagación distribuida se realiza en función del número de términos de la ecuación de la cantidad de movimiento que se utilizan para el cálculo.

El modelo de la onda cinemática; desprecia los términos de aceleración y el de presión, por lo que la ecuación de la cantidad de movimiento quedaría como:

$$S_o = S_f \quad (10)$$

El modelo de la onda difusiva; desprecia los términos de aceleración, de manera que la ecuación de la cantidad de movimiento quedaría:

$$\frac{\partial y}{\partial x} - S_o + S_f = 0 \quad (11)$$

El modelo de la onda dinámica; considera todos los términos de la ecuación. La ecuación de conservación de cantidad de movimiento puede escribirse considerando el flujo permanente o no permanente y uniforme o variable.

$$-\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{V \delta V}{g \delta x} - \frac{\partial y}{\partial x} + S_o = S_f \quad (12)$$

El modelo de onda cinemática, significa que el flujo es uniforme y permanente a lo largo del canal.

2.3.2. Red de distribución sanitario

2.3.2.1. Aguas residuales

Conjunto de aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas por las personas (Marcia & Masias, 2017).

➤ Tipos de aguas residuales

- Aguas Residuales Domesticas: Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos. El caudal de contribución doméstico (Q_{md}) debe ser estimado para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema. El caudal de contribución doméstico, debe ser calculado en función del número de lotes N (N° de lotes) y la tasa de ocupación poblacional, to (hab/lote), o considerando el área de contribución (ha) y la densidad poblacional (hab/ha), además del consumo de agua per cápita, dot. (1/hab/día) y el coeficiente de retorno (c) (R. Quispe, 2013).

- Aguas Residuales Industriales: Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado (R. Quispe, 2013).
- Aguas de Lluvia: Proveniente de la precipitación pluvial, debido a su efecto elevado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos. En zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos (R. Quispe, 2013).

2.3.2.2. Red de alcantarillado

El sistema de red de alcantarillado consiste en una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias. Es evidente que entre los diferentes tipos de alcantarillado hay situaciones técnicas comunes, como son el diseño hidráulico, profundidades, especificaciones de construcción, etc. (Nogales & Quispe, 2009).

➤ Clasificación de red de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado se clasifican de acuerdo al tipo de agua que conducen:

- 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 (Tito y Aricoma 2009).

- Alcantarillado Pluvial: Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales (Siapa 2014).
- Alcantarillado Combinado: Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, 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 (Tito y Aricoma 2009).
- Alcantarillado Semi-combinado: Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área o conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona que se consideran excedencias y que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales (Siapa 2014).

➤ **Componentes de la red de alcantarillado**

- **Red de Atarjeas:**

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, para conducir los caudales acumulados hacia los colectores, interceptores o emisores. Esta red está constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas residuales. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la

sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen los mayores diámetros en los tramos finales de la red. La red se inicia con la descarga domiciliaria ó albañal a partir del paramento exterior de las edificaciones; el diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm (6”), siendo éste el mínimo aceptable. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética. A continuación, se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recogiendo las aportaciones de los albañales. En general, su diseño debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante (Siapa 2014).

- **Subcolectores, Colectores e Interceptores:**

- Sub-Colector: Es la tubería que recibe las aguas negras de las atarjeas para después conectarse a un colector. Su diámetro generalmente es menor a 61cm por lo que no es necesario utilizar madrinas (Tito & Aricoma, 2009).
- Colector: Es la tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es admisible conectar los albañales directamente a un colector; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas a los colectores(Tito & Aricoma, 2009).
- Interceptor: Son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de dos o más colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento(Tito & Aricoma, 2009).

- **Emisores:**

- Emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o más colectores o interceptores, no recibe ninguna aportación

adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga. Por razones de economía, los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo. A continuación, se describen brevemente cada uno de ellos (Ever, 2018).

- Emisores a gravedad: Las aguas negras de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por tuberías o canales, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan (Ever, 2018).
- Emisores a presión: Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo. En estos casos es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor. El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la

estructura de descarga. En casos particulares, en los que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, se puede utilizar un emisor a presión para transportar el agua negra del punto más bajo de esta zona, a zonas donde existan colectores que drenen por gravedad (Siapa 2014).

- **Cajas de inspección:**

Las cajas o cámaras de inspección podrán ser cajas de inspección, buzonetas y/o buzones de inspección (Tito & Aricoma, 2009).

- Caja de Inspección: Es una cámara o caja destinada para la inspección y limpieza de la tubería de recolección, ubicada en el interior del inmueble. Sirve para recoger las aguas residuales, pluviales o combinadas provenientes de los domicilios (Ever, 2018).
- Cajas de Inspección Domiciliaria: Es un “hueco” o cámara construidos de bloques y hormigón armado (generalmente) que se coloca en las intersecciones de las líneas colectoras con las diferentes tuberías que les son conectadas, así como también en los cambios de las direcciones con el objetivo de inspeccionar y limpiar las líneas colectoras (R. Quispe, 2013).
- Buzonetas: Se utilizan en las tuberías principales en vías peatonales cuando la profundidad sea menor de 1.00 m sobre la clave del tubo. Se proyectarán solo para tuberías principales de hasta 200 mm de diámetro. El diámetro de las buzonetas será de 0.60 m (Ever, 2018).
- Buzones: Los buzones de inspección se usarán cuando la profundidad sea mayor de 1.00 m sobre la clave de la

tubería. El diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías de hasta 1200mm. Para tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección serán de diseño especial. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro (Ever, 2018).

2.3.2.3. Parámetros importantes de la red de alcantarillado

➤ Pendiente

El objeto de establecer límites mínimos y máximos en los valores de las pendientes es para evitar hasta donde sea posible el azolve y la erosión de las tuberías. Las pendientes de las tuberías deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos del apartado anterior y la ubicación y topografía de los lotes a los que se darán servicio. En los casos especiales en donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas, y se debe hacer un estudio técnico-económico de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios, deberá presentar diseño a detalle para valoración técnica – operativa (Ever, 2018).

En la tabla aparecen las pendientes mínimas recomendadas para tuberías de PVC para alcantarillado. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales y previo análisis y justificación para cada caso.

Tabla 4*Pendientes Mínimas Recomendadas Para Tuberías de PVC**Para Alcantarillado*

Serie 25		Serie 20		Serie 16.5		
Diámetro	Min	Max	Min	Max	Min	Max
mm	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m
110			1.12	203.23	1.12	204.28
160	1.23	120.55	1.22	122.35	1.22	123.99
200	1.32	89.39	1.32	90.72	1.31	92.07
250	1.44	66.38	1.43	67.39	1.42	68.27
315	0.86	48.78	0.86	49.48	0.85	50.17
355	0.90	41.59	0.90	42.18	0.89	42.78
400	0.94	35.45	0.94	35.98	0.93	36.47

Serie 25		Serie 20		Serie 16.5		
Diámetro	Min	Max	Min	Max	Min	Max
mm	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m
450	0.70	30.31	0.69	30.73	0.69	31.17
500	0.57	26.23	0.57	26.72	0.56	27.09
630	0.51	19.35	0.51	19.62	0.51	19.90

Fuente: Aricoma (2009).

➤ **Velocidad**

Velocidad de flujo mínima requerida que garantiza el arrastre hidráulico de los materiales sólidos en los conductos evitando su sedimentación (Ever, 2018).

- **Velocidad mínima**

La velocidad mínima se considera aquella con la cual no se permite depósito de sólidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.6 m/s, considerando el gasto mínimo calculado. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo éstas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm en casos de pendientes fuertes y de 1.5 cm en casos normales (Nogales & Quispe, 2009).

- **Velocidad máxima.**

La velocidad máxima es el límite superior de diseño con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras. La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la Tabla. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario calculado (Nogales & Quispe, 2009).

Tabla 5

Velocidades Máximas y Mínimas Permisibles en Tuberías

Material de la Tubería	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores.	3.50	0.60
Concreto presforzado.	3.50	0.60
Acero con revestimiento.	5.00	0.60
Acero sin revestimiento.	5.00	0.60
Acero galvanizado.	5.00	0.60
Fierro fundido.	5.00	0.60
Hierro dúctil.	5.00	0.60
Polietileno de alta densidad.	5.00	0.60
PVC (policloruro de vinilo).	5.00	0.60

Fuente: RNE – OS070.

➤ **Tirante hidráulico**

Según R.N.E. OS 0.70 nos indica dos casos:

- Cuando la velocidad final (V_f) es superior a la velocidad crítica (V_c), la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo.
- La altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final (Q_f), igual o inferior a 75% del diámetro del colector.

➤ **Diámetro**

Diámetro es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, el orificio de la tubería es un círculo, en el sistema de la red de alcantarillado sanitario las distancias de las tuberías varían en función al diámetro.

Tabla 6

Diámetros Comerciales en Respecto a la Distancia

Diámetro Nominal de la Tubería	Distancia Máxima
(mm)	(m)
100	60
150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Fuente: Rotoplas (2017)

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado sanitario a través de los años, ha demostrado que para evitar obstrucciones el diámetro mínimo en las tuberías debe ser de 25cm (10”) (Nogales & Quispe, 2009).

➤ **Coefficiente de rugosidad de Manning**

En las alcantarillas, el coeficiente de rugosidad debe considerarse constante, cualquiera sea el material empleado para su fabricación, cuando el agua fluya a más de la mitad de la sección. La causa que determina un valor constante para el coeficiente de rugosidad independiente del material de la alcantarilla, es la presencia sobre la superficie interna de la misma de una capa grasienta, lisa, pegajosa y viscosa denominada manto biológico, originada por las aguas residuales (R. Quispe, 2013).

Tabla 7*Coefficientes de Rugosidad*

Material	Manning (N)
Tubos de concreto simple.	0.013
Tubos de arcilla vitrificada.	0.013
Tubos de asbesto cemento.	0.013
Tubos de hierro fundido.	0.012
Tubos de PVC.	0.009
Canales de mampostería de ladrillo.	0.015
Material	Manning (N)
Canales de mampostería de piedra cortada.	0.017
Canales de tierra.	0.025

Fuente: Libro de Ingeniería Sanitaria II.

➤ **Tensión tractiva**

Es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado (R. Quispe, 2013).

La ecuación de la tensión de arrastre, que representa un valor medio de la tensión a lo largo del perímetro mojado de la sección transversal considerada, está definida por:

$$\sigma_t = p * g * Rh * S$$

Donde:

- σ_t : *tensión tractiva media o tensión de arrastre (Pa)*
- P: densidad del agua (1000 kg/m³)
- G: aceleración de la gravedad (9.8 m/s²)
- Rh= radio hidráulico (m).
- S= pendiente del tramo de tubería (m/m).

2.4. Definición de Términos

Aguas pluviales: Son las aguas producto de la lluvia o precipitación que escurren sobre la superficie del terreno (Linsley et al., 1977).

Aguas residuales: El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo (Rodríguez & Rodríguez, 2014).

Área de drenaje: Se refiere al área de esorrentía drenada (Segeber & Villodas, 2006).

Área propia o total: Superficie inmediata al tramo de una tubería o estructura de la red donde se captan las aguas pluviales que llegan por escurrimiento sobre la superficie al correspondiente tramo de tubería o estructura (Marcia & Masias, 2017).

Alcantarilla: Conducto o red de conducto para transportar agua de lluvia, aguas residuales o una combinación de ellas. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006a)

BM: Son puntos referenciales tomados con una estación total, que nos permite ubicar el área de estudio con sus coordenadas (Quispe, 2013)

Buzón: Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1.20 m de diámetro. En la superficie tiene una tapa de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación (Cajigas, 2005).

Carga hidráulica: Es la medida específica de la presión del líquido por encima de la cota o datum geodésico, la carga hidráulica se usa para determinar el gradiente hidráulico entre uno o más puntos (Gómez, 2007).

Caudal: Cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo (Giles, 2009).

Coefficiente de Manning: Coeficiente de rugosidad de Manning, parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones (Cajigas, 2005).

Colapso: Deformación o destrucción brusca de un cuerpo por la acción de una fuerza (Quispe, 2013).

Conexión domiciliaria de alcantarillado. Conjunto de elementos sanitarios instalados con la finalidad de permitir la evacuación del agua residual proveniente de cada lote (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006b).

Cuenca: La cuenca es el área de terreno sobre el cual actúan las precipitaciones pluviométricas en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado (Gómez, 2007).

Cuenca urbana: La urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia (Gómez, 2007).

Cunetas: Es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación (camino, carreteras, autovías, etc.) y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006a).

Emisor de alcantarillado: Emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o más colectores o interceptores y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006b).

Escorrentía: Es una corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial. La escorrentía también se puede conocer como escurrimiento o aliviadero (Chereque, 2010).

Intensidad de lluvia: Es la lámina de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se expresa en milímetro por hora (mm/h) (Chereque, 2010).

Modelamiento hidráulico: Es la modelación que se usa para la simulación de situaciones reales que se producen en el prototipo y cuyo comportamiento se desea conocer (Ever, 2018).

Onda cinemática: El modelo de onda cinemática es de tipo conceptual, de eventos aislados, parámetros y entradas distribuidas, de tipo conceptual porque simula el complejo físico a través de un modelo más sencillo que contiene aquellos componentes más simples y repetitivos del ciclo hidrológico particular de la cuenca (Giles, 2009).

Pendiente mínima: Valor mínimo de la pendiente determinada utilizando el criterio de tensión tractiva que garantiza la autolimpieza de la tubería (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006b).

Periodo de retorno: Es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada (Gómez, 2007).

Precipitación: La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre, Este fenómeno incluye: lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo (Ruiz & Martínez, 2015).

Precipitación pluvial: Es el espesor de la lámina de agua medido en mm, que se forma a causa de la lámina de agua sobre una superficie plana e impermeable (Segeber & Villodas, 2006).

Puntos de descarga: Se refiere al vertido final de las aguas, en este caso aguas residuales combinadas (Rodríguez & Rodríguez, 2014).

Red de alcantarillado: Consiste en una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006b).

Rugosidad: Conjunto de irregularidades que posee una superficie (Trujillo & Velasquez, 2015).

Tensión tractiva: Es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006b).

Tiempo de concentración: Tiempo que requiere una gota de lluvia que cae en el punto más alejado en la cuenca, para llegar al punto de interés, es decir, cuando toda la cuenca contribuye a la escorrentía superficial en el punto de interés, alcanzándose el caudal pico (Segerer & Villodas, 2006).

Tirante hidráulico: Resultado de dividir el área hidráulica por el ancho superficial del agua, parámetro fundamental en el estudio del movimiento de un fluido en un canal abierto, y también, en un canal rectangular la distancia entre la lámina de agua y el fondo (Rodríguez & Rodríguez, 2014).

2.5. Hipótesis

Hipótesis General

La condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica es hidráulicamente mala.

2.6. Variables

Variable de estudio

Condición existente de la red de alcantarillado.

Dimensiones

- Buena
- Mala

Indicadores

- N° de viviendas
- Área de drenaje pluvial (m^2)
- Precipitación pluvial (mm)
- Diámetro de tubería (mm)
- Pendiente de los tramos (m/m)
- Caudal total (m^3/s)
- Factores externos en los buzones

2.7.Operacionalización de variables

Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, hubo la necesidad de operacionalizarla a través de sus variables y de los indicadores de cada una de ella.

Tabla 8

Definición Operativa de Variables

Variable de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medición	Escala de Medición
Condición existente de la red alcantarillado	La red de alcantarillado es un conjunto de tuberías que recolectan y transportan las aguas residuales generadas en una ciudad, evacuándolas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de tratarlas para luego verterlas y esta no genere alteración al cuerpo receptor.	La condición existente de la red de alcantarillado se dará a conocer a través de una evaluación de su estado actual y su comportamiento considerando el aporte pluvial, esto es a través de un programa que modela tal comportamiento y se determinará también que factores externos influyen en su estado, con el fin de determinar si su condición es hidráulicamente buena o mala.	Buena Mala	Nº de viviendas	Und.	Razón
				Área de drenaje pluvial	m ²	Razón
				Precipitación pluvial	mm	Razón
				Diámetro de tubería	mm	Razón
				Pendiente de los tramos	m/m	Razón
				Caudal total	m ³ /s	Razón
				Factores externos en los buzones	Bueno Regular malo	Ordinal

Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

La investigación se realizó durante la época de lluvia (octubre-diciembre del 2018 y enero- marzo del 2019), donde se recopilaron los datos como: apertura de los buzones, levantamiento topográfico y verificación a las viviendas sobre la manera de como evacuan su drenaje pluvial, en el cercado de Huancavelica.

3.1.2. Ámbito espacial

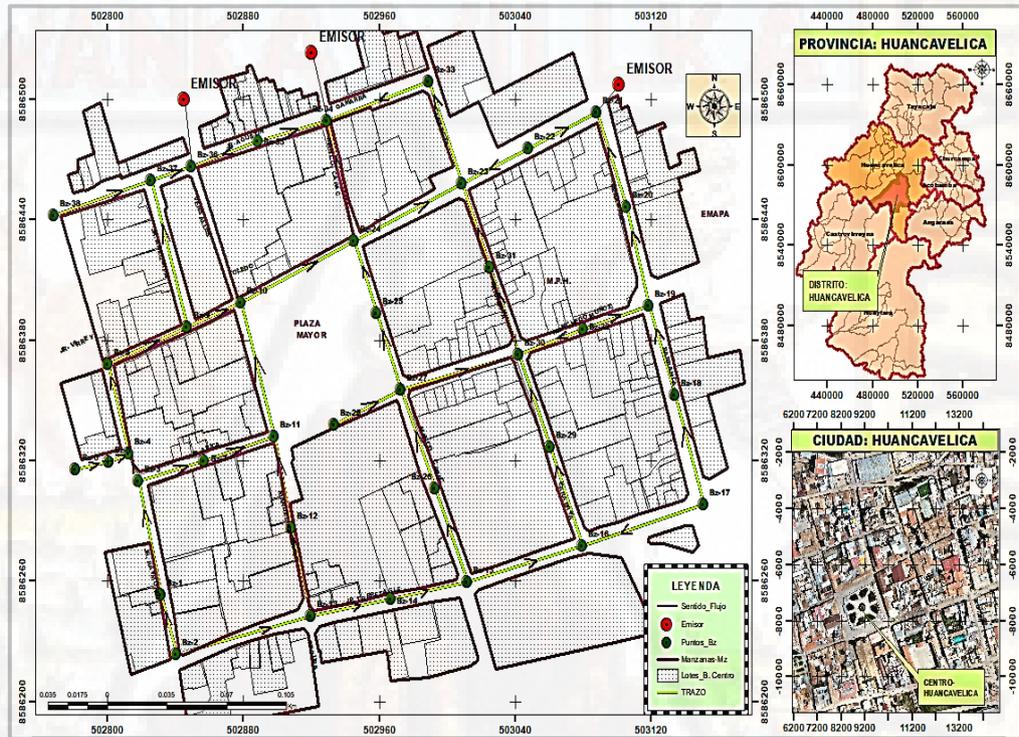
El espacio del presente trabajo de investigación se ubica en el departamento de Huancavelica el cual está ubicado en la región andina (parte centro- sur del país), entre los paralelos $11^{\circ} 59' 10''$ y $14^{\circ} 07' 43''$ latitud sur; y entre los $74^{\circ} 16' 15''$ y $75^{\circ} 48' 55''$ longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Ubicación política:

Departamento : Huancavelica
Provincia : Huancavelica
Distrito : Huancavelica
Barrio : Cercado de Huancavelica

Figura 7

Ubicación Geográfica y Vista Catastral del Barrio Centro de la Ciudad de Huancavelica



Fuente: Elaboración Propia.

3.2 Tipo de investigación

La investigación según el objetivo es aplicada, porque el estudio busca conocer, evaluar, para hacer, para actuar, contribuir o modificar una realidad, depende de la investigación básica puesto que esta le proporciona teoría y avances ultimas en esto (Arias, 2006).

3.3 Nivel de investigación:

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, esta reúne características de ser de un nivel descriptivo: ya que este nivel consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar como son y su manifestar. Con lo cual se busca especificar las propiedades, las características, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, siendo esta investigación descriptiva ya que busca evaluar el comportamiento de la red de alcantarillado con el aporte de la precipitación pluvial. Existen diseños experimentales y no experimentales (Arias, 2006).

3.4 Método de investigación

Método Científico- No experimental:

El método científico tiende a reunir una serie de características que permiten la obtención de nuevo conocimiento científico. Es el único procedimiento que no pretende obtener resultados definitivos y que se extiende a todos los campos del saber. Respecto al método de investigación científica, las etapas mencionadas se corresponden con: 1) Formulación del problema que motiva el comienzo de la investigación, 2) Enunciado de la hipótesis, 3) Recogida de datos, y 4) Análisis e interpretación de los datos y no experimental porque el estudio se realiza sin la manipulación deliberada de variables (Hernández et al., 2014).

3.5. Diseño de investigación

No experimental- transversal:

Es no experimental por que en los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos; y transversal descriptivo, debido a que se considera como la base del desarrollo en una investigación específica futura (Hernández et al. 2014).

M → O

Donde:

- M: Condición existente de la red de alcantarillado
- O: Observación

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

La población viene a ser la red de alcantarillado existente de la ciudad de Huancavelica, que consiste en 70.300km de tubería con diámetros entre 100mm a 350mm y 473 buzones existentes.

3.6.2. Muestra

Del sistema de alcantarillado existente se seleccionó al barrio Centro de la Ciudad de Huancavelica, el cual presenta en temporada de lluvia colapso en 03 puntos específicos. Del barrio centro de la ciudad de Huancavelica, se seleccionó el área en función a la conexión que existe entre la red de alcantarillado existente hacia los tres puntos de salida (buzones con problemas de colapso en tiempo de lluvia).

Figura 8

Plano de Ubicación de la Muestra- Barrio Centro de la Ciudad de Huancavelica



Fuente: Elaboración Propia.

Del área seleccionada se obtuvo lo siguiente: 38 buzones y 2263.68 ml de tubería de la red de alcantarillado existente.

- Se realizó un recorrido en el barrio centro con el plano de alcantarillado de la ciudad de Huancavelica otorgado por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA) a solicitud.
- Se ubicó los inicios y puntos de salida de las aguas residuales que coincidan en los 03 buzones que presente problemas de colapso en temporada de lluvia.
- Del cual se delimito el área de influencia directa en dicha red de alcantarillado que tienen 03 puntos de salida y que esas 03 son los buzones que presentan estos problemas y dentro de esa área se encuentran 215 lotes.

- Se le realizó una enumeración a los buzones y estos buzones o salidas son los Bz-36, Bz-22 y Bz-34.

3.4.3. Muestreo

No probabilística (Hernández et al., 2014); porque suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Mi muestra viene a ser la red de alcantarillado existente del cercado de Huancavelica entre el Jr. Agustín Gamarra y Virrey Toledo que son los puntos de descarga.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron los siguientes:

Técnicas:

- Observación: Esta técnica se utilizó para observar el flujo de las aguas residuales y las características en la que se encuentran los buzones existentes, también para verificar las tuberías de drenaje pluvial de cada lote del área de intervención.
- Check- list: Esta técnica se utilizó para describir la condición existente de los buzones durante la apertura.

Instrumentos:

Los instrumentos de recolección y registro de datos fueron: Fotografías, Imágenes satelitales (google earth pro), plano catastral del sistema de alcantarillado existente de Huancavelica y vuelo de Drone phantom 4 pro.

- Estación total (levantamiento topográfico): Este instrumento utilizamos para obtener las coordenadas exactas de los buzones del área de estudio y realizar el trazo de las tuberías de alcantarillado (este equipo tiene una precisión hasta 0.01cm).

- Drone: Reciben el nombre de cuadricópteros, sexacópteros u octacópteros, dependiendo de si tiene 4, 6 u 8 hélices. Por tanto, utilizamos este instrumento para obtener una imagen satelital de área de estudio a una elevación de 100m del suelo de Huancavelica el cual nos permitirá obtener las áreas de los techos de los lotes y el tipo de cobertura de cada lote (este equipo tiene una precisión hasta 0.01cm, a diferencia de la estación total, este depende del factor clima y luz)
- Flexo: Este instrumento nos permitió medir la profundidad de los buzones (cada una).
- Cámara fotografía: Captura fotografías de lo recolectado en campo.
- Herramientas manuales: Pico y punta.
- Aplicación del programa SWMM: El SWMM es un programa evolucionado o versiones que se van actualizando al pasar de los años del SWMM Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales), que es un paquete de cálculo hidrológico e hidráulico desarrollado entre 1969 y 1971, y apoyado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente norteamericana (EPA), de acceso libre lo que ha hecho que se haya convertido en un referente de cálculo en el ámbito del drenaje urbano. En la cual utilizamos para dar prueba de la ineficiencia hidráulica que presenta la red de alcantarillado existente del barrio Centro.

Procedimiento de recolección de datos de campo:

- **Selección del área de estudio:** Se determinó como área de estudio el barrio centro de la ciudad de Huancavelica, porque es una zona bien transitada y que generalmente presenta problemas de inundación (colapso en las rejillas) y colapso de los buzones y olores desagradables, generando malestar en los transeúntes, comerciantes y vehículos, esto en temporada de lluvias. Se tomó como referencias 03 puntos, que son los buzones que en temporada de lluvia tienden a colapsar:
- **Adquisición de catastro del sistema de alcantarillado y registro de agua residual:**

- Para identificar los trazos y conexión entre buzones hacia los 03 puntos de salida (buzones críticos).
- Para obtener el registro del agua residual que evacua las redes de alcantarillado existente del barrio Centro. **Adjunto en apéndices.**

Figura 9

Consolidado del Aporte de Agua Residual (1 años) a la Red de Alcantarillado por Jirones del Aplicativo que Maneja EMAPA.



Fuente: Propia.

Se determinó el área de investigación conveniente a los buzones de arranques y que cuyas descargas estén dentro del objetivo. Se identificó dentro del área 38 buzones y 49 tuberías (conductos), durante el recorrido se les codificó, siendo así esa numeración y que a partir de ello se trabajó con eso.

- **Levantamiento topográfico e imagen satelital:**

Estación Total: Se realizó el levantamiento topográfico en todos los puntos de ubicación de los buzones que se encuentran dentro del área de estudio (Bz-38), con el fin de obtener datos como coordenadas de ubicación de los buzones (cota de tapa) y distancia de buzón a buzón.

Figura 10

Levantamiento Topográfico de los Buzones en el Área de la Tesis del Barrio centro

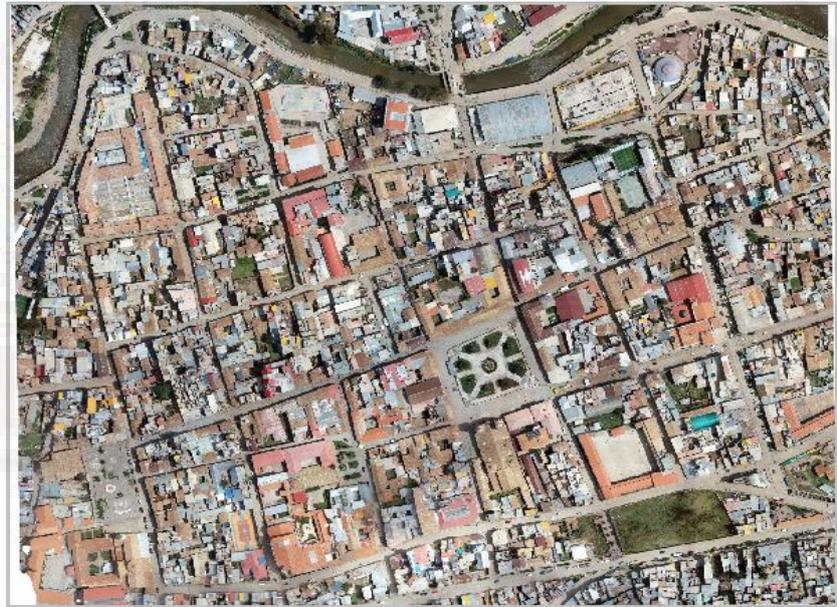


Fuente: Propia.

Drone: Con este instrumento obtuvimos una imagen satelital a 100m de altura del suelo del barrio Centro de Huancavelica, con el fin de identificar el tipo de cobertura de techo que estas viviendas tienen, y que a partir de ello se obtendremos que viviendas solo vierten su drenaje pluvial a la alcantarilla o para las calles (cuneta directa o indirectamente).

Figura 11

Vista a 100m del Nivel del Suelo de la Ciudad de Huancavelica con el Equipo Drone



Fuente: Propia.

A partir de esta imagen pudimos realizar los trazados de manzanas, lotes y áreas, y ubicarlos hacia la dirección de los buzones en las que realizan sus descargas residuales, también pudimos separar las áreas de los tipos de techos que las viviendas poseen.

- **Apertura de los buzones:** Con la apertura de los buzones pudimos determinar los parámetros hidráulicos y geométricos, y la condición actual de los buzones, y con la ayuda del Check-list identificar los factores externos que afecta o influye en el funcionamiento adecuado de la red de alcantarillado, este desarrollo se llevó a cabo con la ayuda del personal de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA)- Huancavelica que se solicitó.

Figura 12

Apertura de los Buzones del Área de Investigación para Realizar el Diagnóstico de su Estado Situacional



Fuente: Propia.

- **Visita in situ en temporada de lluvia:**

Realizamos varias visitas en temporada de lluvia en toda el área de estudio para identificar los tipos de montantes de cada vivienda o verificar la forma como evacuan su drenaje pluvial, si es hacia las cunetas o hacia la caja de registro de desagüe. Para ello se realizaron 03 visitas (30 de enero, 05 y 12 de marzo) en temporada de lluvia.

Figura 13

Drenaje de la Precipitación Pluvial a las Cunetas



Fuente: Propia.

Con la ayuda de la ortofoto obtenida de la imagen satelital del barrio centro tomado por el Drone, se trazó las manzanas, lotes y áreas, con estos datos más se pudo determinar el área por lote que drena hacia las cunetas o hacia la red de alcantarillado.

- **Adquisición del reporte de precipitación:**

Se adquirió el reporte de precipitación del año 2017 de hietograma obtenido de la estación Huancavelica de la investigación: “FOCAM calibración y validación lluvia escorrentía para la previsión de inundación en la cuenca experimental del distrito, provincia y región Huancavelica”, de la ESTACIÓN HUANCAVELICA- (ICHU-RIVER CALIBRATION) que está a cargo de la E. P. de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, para la elección del día que haya presentado mayor precipitación. **Adjunto en APÉNDICES.**

3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Para las técnicas y procesamiento de análisis de datos se utilizaron los siguientes:

Los programas fueron SWMM, autoCAD, ArcGIS, Microsoft Excel y Minitab versión 19.

3.9. Descripción de la prueba de hipótesis

Para validar la hipótesis se utilizó el programa Minitab versión 19, procesando los valores del tirante hidráulico de los diámetros existentes de la red de alcantarillado considerando el aporte pluvial, el cual nos indicara si su condición es buena o mala, para ello se analizó la prueba de normalidad con Shapiro Wilk- Ryan Joiner ($n < 50$), cumpliendo estos valores con el principio de normalidad, para el análisis estadístico se aplicó el estadístico paramétrico “T de Student”, siendo el nivel de significancia del 5%, que corresponde al error de los datos tomados, el cual implica, que se tiene el 95% de confiabilidad.

CAPITULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación de datos

4.1.1. Procesamiento de la información

Una vez recopilado toda la información de campo se realizó el procesamiento de datos, esto en función a obtener los resultados de cada objetivo específico y el general, el primer objetivo se basa en la precipitación pluvial, el segundo los parámetros geométricos de pendiente y diámetro existente de la red de alcantarillado y el tercero los factores externos que afectan su correcto funcionamiento de los buzones.

- **Aporte de la precipitación pluvial:**

Para obtener el aporte de la precipitación pluvial, se procesaron datos como: área de los lotes, modelo hidrológico, curva número y datos del registro de precipitación pluvial de las 24 horas.

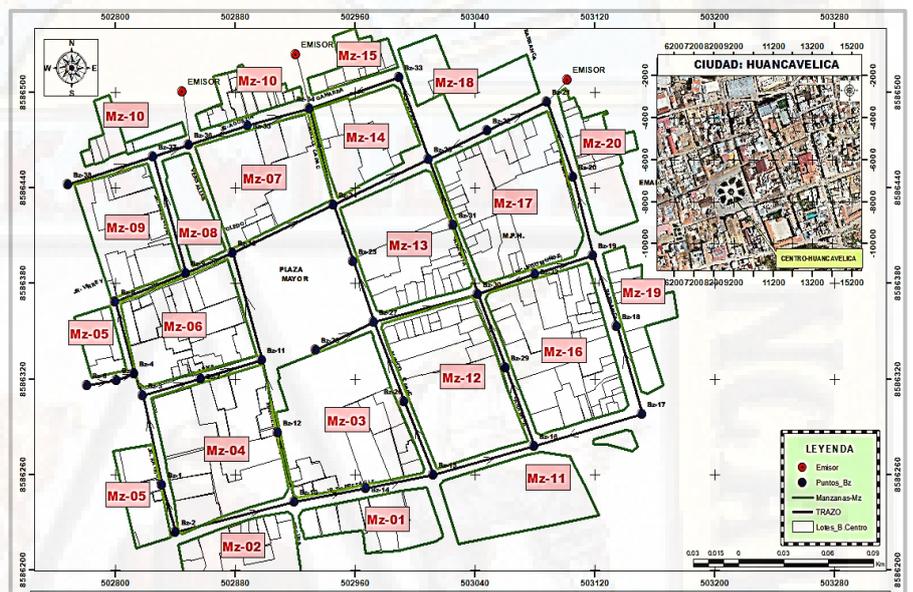
▪ **Área de drenaje a partir de los lotes:**

Nuestro sistema como cuenca urbana consiste: las áreas totales formadas se comportan como subcuencas y la red de alcantarillado existente como lo ríos o cauces.

Se identificaron dentro del área de estudio 215 lotes y se conformaron 20 manzanas, de la cual, se formaron áreas totales (unión de lotes en función a la dirección de la caja de registro y por ende buzón a la que descargan su drenaje residual) obteniéndose 61 áreas totales.

Figura 14

Mapa de Manzanas y Red de Alcantarillado Existente



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9

Resultado de Manzanas y Cantidad de Lotes a Partir de la Ortofoto

Manzanas	Cantidad de Lotes	Manzanas	Cantidad de Lotes
Mz-01	6	Mz-11	2
Mz-02	8	Mz-12	15
Mz-03	13	Mz-13	16
Mz-04	12	Mz-14	7
Mz-05	6	Mz-15	7
Mz-06	18	Mz-16	30
Mz-07	7	Mz-17	25
Mz-08	1	Mz-18	2
Mz-09	8	Mz-19	7
Mz-10	12	Mz-20	10

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, se identificaron 20 manzanas y un total de 215 lotes dentro del área de estudio.

Tabla 10

Resumen de Cantidad de Áreas por Manzanas

Manzanas	Cantidad de Áreas	Cant. de Áreas que Drenan	Manzanas	Cantidad de Áreas	Cant. de Áreas que Drenan
Mz-01	2	1	Mz-11	1	1
Mz-02	1	1	Mz-12	2	2
Mz-03	5	4	Mz-13	4	3
Mz-04	5	2	Mz-14	3	2
Mz-05	4	0	Mz-15	1	0
Mz-06	5	2	Mz-16	7	5
Mz-07	3	1	Mz-17	5	1
Mz-08	2	1	Mz-18	1	0
Mz-09	3	3	Mz-19	2	0
Mz-10	3	2	Mz-20	2	0
Total, de áreas				61	
Total, de áreas que drenan				31	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, dentro de cada área total formada, existen lotes que reciben aporte de la precipitación pluvial y estas lo descargan ya sea hacia las cunetas o de la red de alcantarillado, a partir del procesamiento se identificaron 31 áreas que descargan su drenaje pluvial a la red de alcantarillado, pero este no en su totalidad de área.

Esta conformación de áreas de drenaje se obtuvo a partir de los siguiente:

Tabla 11

Tipo de Cobertura de Lotes

Tipo de Descarga Pluvial	Cantidad de Lotes	Porcentaje (%)
Calamina con canaleta solo	22	10%
Calamina con canaleta y montante	34	16%
Calamina sin canaleta	31	14%
Teja con canaleta solo	12	6%
Teja con canaleta y montante	7	3%
Teja sin canaleta	48	22%

Tipo de Descarga Pluvial	Cantidad de Lotes	Porcentaje (%)
Concreto con tubería expuesta	58	27%
Concreto con montante	11	5%
Lotes sin uso (canchones)	5	2%

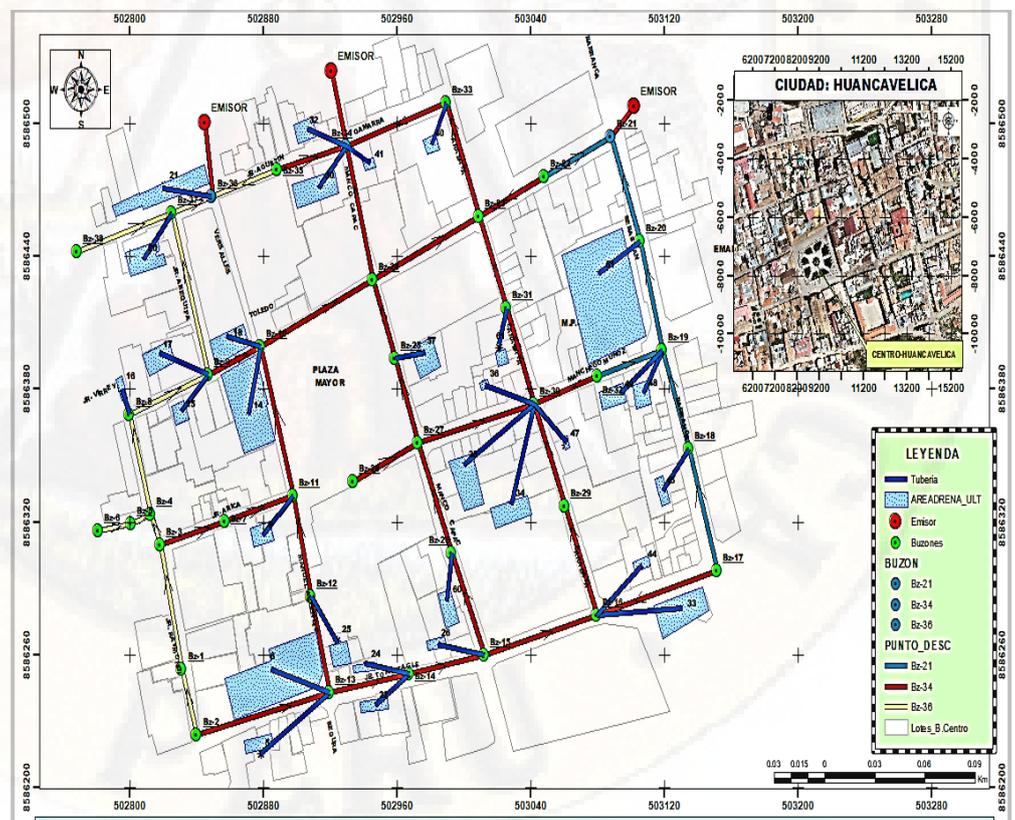
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, la finalidad de identificar los tipos de cobertura y la salida de los montantes de drenaje pluvial es para determinar por lotes, que lote evacua su drenaje hacia la cuneta, que lote hacia la caja de registro de desagüe- red de alcantarillado y que lote a ambos.

Dentro de nuestro de estudio se identificó 03 puntos de salida o puntos donde las recolecciones del agua residual se juntan.

Figura 15

Mapa de Áreas de Drenaje y Buzones Donde se Descargan



Fuente: Elaboración Propia.

Las áreas celestes son las áreas de drenaje, las líneas azules indican la dirección donde descargan su drenaje y los puntos rojos son las salidas (buzones: Bz-36, Bz-34 y Bz-21).

Modelo hidrológico número curva (CN)

La determinación del CN del área de estudio, se realizó a través de cuadros establecidos por el Número de curva del servicio de conservación de suelos (SCS-CN), para la determinación del grupo hidrológico a la que pertenece nuestra área de estudio.

Tabla 12

Número Curva del Área de Estudio

Descripción	CN	Grupo de Suelo
Sub- Cuenca urbana rio ichu	98	D

Fuente: Elaboración propia.

Por las características que presente nuestra área de estudio el numero curva es de 98.

Tiempo de concentración (t_c):

El cálculo del tiempo de concentración se realizó con el método de KIRPICH:

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

- L= longitud (m)
- S= pendiente (m/m)

Tabla 13*Tiempo de Concentración por Subcuenca (Área)*

N° Área	N° Buzón	Longitud (m) L	Pendiente (S) S	$L^{0.77}$	$S^{-0.385}$	Tc (H.)
5	13	49.000	1.500	20.0194	0.8555	0.1336
6	13	37.000	1.500	16.1256	0.8555	0.1076
9	11	26.000	1.500	12.2894	0.8555	0.0820
14	10	31.000	1.500	14.0718	0.8555	0.0939
15	9	24.000	1.500	11.5548	0.8555	0.0771
16	8	13.000	1.500	7.2067	0.8555	0.0481
17	9	31.000	1.500	14.0718	0.8555	0.0939
18	10	21.000	1.500	10.4258	0.8555	0.0696
20	37	28.000	1.500	13.0110	0.8555	0.0868
21	36	30.000	1.500	13.7209	0.8555	0.0916
22	14	25.000	1.500	11.9238	0.8555	0.0796
24	14	27.000	1.500	12.6517	0.8555	0.0844
25	12	27.000	1.500	12.6517	0.8555	0.0844
26	15	29.000	1.500	13.3674	0.8555	0.0892
30	34	25.000	1.500	11.9238	0.8555	0.0796
32	34	25.000	1.500	11.9238	0.8555	0.0796
33	16	51.000	1.500	20.6457	0.8555	0.1378
34	30	48.000	1.500	19.7041	0.8555	0.1315
35	30	51.000	1.500	20.6457	0.8555	0.1378
36	30	31.000	1.500	14.0718	0.8555	0.0939
37	25	19.000	1.500	9.6525	0.8555	0.0644
40	33	21.000	1.500	10.4258	0.8555	0.0696
41	34	16.000	1.500	8.4561	0.8555	0.0564
44	16	35.000	1.500	15.4501	0.8555	0.1031
45	18	25.000	1.500	11.9238	0.8555	0.0796
47	30	26.000	1.500	12.2894	0.8555	0.0820
48	19	23.000	1.500	11.1823	0.8555	0.0746
49	19	32.000	1.500	14.4200	0.8555	0.0962
51	20	30.000	1.500	13.7209	0.8555	0.0916
60	26	22.000	1.500	10.8060	0.8555	0.0721
61	31	17.000	1.500	8.8602	0.8555	0.0591

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, el tiempo de concentración nos indica, el tiempo necesario para que el caudal saliente se estabilice, esto se calculó por cada área total.

Tabla 14

Resultado del Tiempo de Concentración Promedio

Resultado del tiempo de concentración promedio		
	0.09	Horas
Tc=	5.28	Minutos
	0.00	Días

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, el tiempo de concentración promedio en horas dentro del área de estudio fue de 0.09.

Precipitación pluvial (Pp-mm):

Este reporte de precipitación pluvial se obtuvo del Hietograma estación Huancavelica – (ICHU RIVER CALIBRATION). El hietograma corresponde a la investigación: “FOCAM- CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN LLUVIA ESCORRENTÍA PARA LA PREVISIÓN DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA EXPERIMENTAL DEL RÍO ICHU DEL DISTRITO, PROVINCIA Y REGIÓN HUANCAVELICA”, este registro de precipitación está considerado cada 15 min, que son las más adecuadas para estudios de hidrología urbana ya que la finalidad de la tesis es evaluar su condición de la red de alcantarillado existente. Siendo el día que presentó mayor precipitación el 13/09/2017 un total de 96.675mm en 24 h. **Adjunto en apéndices el registro.**

Tabla 15

Registro de Precipitación de la Estación Huancavelica

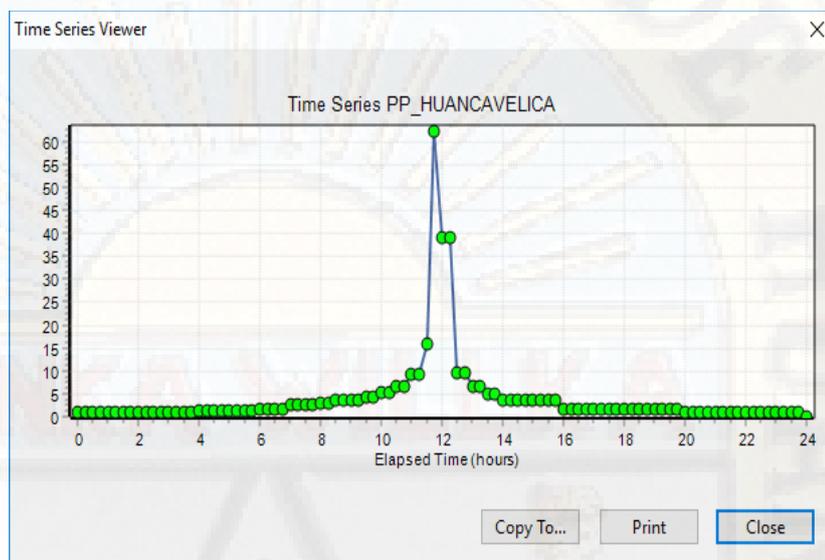
Fecha	Precipitación Total (mm) en 24h.
13/09/2017	96.675

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16

Hietograma del total de Precipitación Acumulada del Día

13/09/2017



Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, se muestra la precipitación acumulada de 24 horas registrada en la ciudad de Huancavelica del día 13/09/2017.

▪ **Parámetros de diseño:**

Los datos procesados de campo fueron: caudal de las aguas residuales, pendiente, diámetro de tubería y buzón, coeficiente de Manning y altura de buzón.

Se identificaron 38 buzones y 2263.68ml de tubería, las cuales tienen 03 puntos de salida o puntos donde se junta toda el agua residual. Durante el diagnóstico realizado en campo se describió su estado actual de funcionamiento de los buzones existentes del cual se obtuvo:

Tabla 16*Resultado de Diagnósticos de Buzones.*

N° Buzón	Tipo de Buzón	Diámetro de Buzón (mm)	Profundidad (m)	N° Buzón	Tipo de Buzón	Diámetro de Buzón (mm)	Profundidad (m)
BZ-01		120mm	1.35	BZ-20		120mm	2.00
BZ-02	Arranque	120mm	2.05	BZ-21		120mm	2.10
BZ-02	Arranque	120mm	1.95	BZ-22		120mm	1.50
BZ-03		120mm	1.00	BZ-23		120mm	1.50
BZ-03	Arranque	120mm	0.90	BZ-23	Arranque	120mm	1.40
BZ-04		120mm	1.65	BZ-24		120mm	1.30
BZ-05		90mm	0.80	BZ-24	Arranque	120mm	1.20
BZ-06		120mm	1.00	BZ-25		120mm	1.30
BZ-07		120mm	1.00	BZ-26		120mm	0.90
BZ-08		120mm	1.00	BZ-27		120mm	1.30
BZ-09		120mm	1.70	BZ-27	Arranque	120mm	1.20
BZ-09	Arranque	120mm	1.60	BZ-28		120mm	1.20
BZ-10		120mm	1.30	BZ-29		120mm	1.40
BZ-11		120mm	1.30	BZ-30		120mm	1.65
BZ-12		120mm	1.50	BZ-30	Arranque	120mm	1.55
BZ-13		120mm	1.20	BZ-31		120mm	1.80
BZ-13	Arranque	120mm	1.10	BZ-32		120mm	1.20
BZ-14		120mm	2.20	BZ-33		120mm	1.20
BZ-15		120mm	1.60	BZ-34		120mm	1.35
BZ-15	Arranque	120mm	1.50	BZ-35		120mm	1.10
BZ-16		120mm	1.30	BZ-36		120mm	1.50
BZ-16	Arranque	120mm	1.20	BZ-36	Arranque	120mm	1.40
BZ-17		120mm	2.10	BZ-37		120mm	1.40
BZ-18		120mm	1.50	BZ-38		120mm	1.30
BZ-19		120mm	1.30	BZ-20		120mm	2.00

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, se determinó las características existentes de los buzones que están dentro del área de estudio como sus salidas, diámetro y profundidad.

Figura 17

Mapa del Estado de los Buzones y Rutas de la Red de Alcantarillado Existente



Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se visualiza las 03 rutas de salida de la red de alcantarillado y su estado de operación actual de los 38 buzones del cercado de Huancavelica.

Tabla 17

Resultados de Parámetros Hidráulicos

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material de Tubería	Coefficiente de Manning	Pendiente (m/m)
Bz-01-Bz-03	45.3	200mm	PVC	0.013	0.043
Bz-02-Bz-01	45.5	200mm	PVC	0.013	0.088
Bz-02-Bz-13	85.1	200mm	PVC	0.013	0.006
Bz-03-Bz-04	16.4	200mm	PVC	0.013	0.073
Bz-03-Bz-07	42.8	200mm	PVC	0.013	0.001
Bz-04-Bz-08	44.3	200mm	PVC	0.013	0.018
Bz-05-Bz-04	13	200mm	PVC	0.013	0.067

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material de Tubería	Coficiente de Manning	Pendiente (m/m)
Bz-06-Bz-04	32.6	200mm	PVC	0.013	0.015
Bz-07-Bz-11	42.4	200mm	PVC	0.013	0.02
Bz-08-Bz-09	50.6	200mm	PVC	0.013	0.038
Bz-09-Bz-10	33.1	200mm	PVC	0.013	0.004
Bz-09-Bz-37	76.4	200mm	PVC	0.013	0.031
Bz-10-Bz-24	71.8	200mm	PVC	0.013	0.01
Bz-11-Bz-10	69.4	200mm	PVC	0.013	0.045
Bz-12-Bz-11	45.9	200mm	PVC	0.013	0.057
Bz-13-Bz-12	46.1	200mm	PVC	0.013	0.102
Bz-13-Bz-14	48.6	200mm	PVC	0.013	0.014
Bz-14-Bz-15	45.7	200mm	PVC	0.013	0.014
Bz-15-Bz-26	51.3	200mm	PVC	0.013	0.091
Bz-16-Bz-15	70.3	200mm	PVC	0.013	0.001
Bz-16-Bz-29	53	200mm	PVC	0.013	0.103
Bz-16-Bz-17	74.3	200mm	PVC	0.013	0.039
Bz-17-Bz-18	59	200mm	PVC	0.013	0.088
Bz-18-Bz-19	45.2	200mm	PVC	0.013	0.036
Bz-19-Bz-20	48.8	200mm	PVC - Concreto	0.013	0.066
Bz-20-Bz-21	51.9	200mm	PVC - Concreto	0.013	0.017
Salida		200mm	PVC	0.013	
Bz-22-Bz-21	43.8	200mm	PVC	0.013	0.021
Bz-23-Bz-33	53.3	200mm	PVC	0.013	0.038
Bz-23-Bz-22	42.8	200mm	PVC	0.013	0.011
Bz-24-Bz-34	64.6	200mm	PVC	0.013	0.037
Bz-24-Bz-23	73.4	200mm	PVC	0.013	0.017
Bz-25-Bz-24	34.3	200mm	PVC	0.013	0.042
Bz-26-Bz-27	51.4	200mm	Concreto	0.013	0.058
Bz-27-Bz-25	42.4	200mm	PVC	0.013	0.048
Bz-27-Bz-30	70.9	200mm	PVC	0.013	0.009
Bz-28-Bz-27	42.6	200mm	PVC	0.013	0.008
Bz-29-Bz-30	52.1	200mm	PVC	0.013	0.054
Bz-30-Bz-31	41.4	200mm	PVC - Concreto	0.013	0.053
Bz-30-Bz-32	40.6	200mm	Concreto	0.013	0.002
Bz-31-Bz-23	47.5	200mm	PVC	0.013	0.04
Bz-32-Bz-19	39.9	200mm	Concreto	0.013	0.032
Bz-33-Bz-34	63	200mm	PVC	0.013	0.014
Salida		200mm	PVC	0.013	
Bz-35-Bz-34	34.4	200mm	PVC	0.013	0.01
Salida		200mm	PVC	0.013	

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material de Tubería	Coficiente de Manning	Pendiente (m/m)
Bz-36-Bz-35	48.3	200mm	PVC	0.013	0.002
Bz-37-Bz-36	24.8	200mm	PVC	0.013	0.017
Bz-38-Bz-37	58.9	200mm	PVC	0.013	0.016

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, se determinaron los parámetros hidráulicos en los tramos existentes de la red de alcantarillado del área de estudio como: longitud, diámetro, material de tubería, coeficiente de rugosidad y la pendiente.

Para obtener el caudal residual, se consolido el reporte de la caja de registro de las aguas residuales que maneja E.M.A.P.A, tomadas por 1 año de las calles que conforman el área de estudio y procesándolas se obtuvo:

Tabla 18

Registro de Caudales de Desagüe

Calles (Av., Jirón, Calle, Etc.)	Caudal Promedio Qp (m ³ /día)	Caudal Promedio Qp (lt/seg)
Agustín Gamarra	14.51	0.1679
Arequipa	13.19	0.1527
Carabaya	32.7	0.3785
Jr. Arica	3.78	0.0438
Manco Cápac	36.53	0.4228
Manuel Ascencio segura	4.75	0.0550
Raimondi	5.87	0.0679
Sebastián Barranca	39.67	0.4591
Torre Tagle	13.87	0.1605
Virrey Toledo	3.45	0.0399

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla, se determinaron los caudales promedios en lt/seg por cada calle, del cual, dichos caudales son los que afectaran directamente a los buzones que se encuentren en las mismas calles, de esta manera, ya no es necesario calcular un caudal, sino, evaluar con el caudal real existente en la red de alcantarillado.

Tabla 19*Caudales Promedio de Área de Influencia*

Calles (Av., Jirón, Calle, Etc.)	Caudal Promedio Qp (m3/día)	Caudal Promedio Qp (lt/seg)
Barrio Santa Bárbara	16.60	0.1922

Fuente: Elaboración Propia

Dentro del área de estudio, se identificaron 05 buzones que reciben caudales adicionales, el criterio para obtener este caudal que se adiciona fue el promedio de los caudales existentes por calles. Siendo 0.1925 l/s el caudal que se le adiciono a los buzones: Bz-02, Bz-13, Bz-15. Bz-16 y Bz-21.

- **Factores externos:**

De todos los factores externos que podrían afectar el funcionamiento adecuado de la red de alcantarillado, se evaluaron tres factores, las cuales podría ser razón o podrían ser una adición a la cual en épocas de lluvia tienden a colapsar algunos de los buzones.

Tabla 20*Factores Externos que Podrían Afectar el Funcionamiento**Adecuado de los Buzones*

N°	Factores Externos		
Buzón	Presencia de RR. SS	Acumulación	Drenaje
estado	(papel, restos de comida, bolsas, etc.).	de sedimentos (piedras, área, lodo, etc.).	pluvial.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

Clasificación del Estado Situacional de los Buzones de la Red de Alcantarillado del Área de la Investigación

Buzón N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Residuos sólidos																																					
Presencia de bolsas de plástico			x	x						x								x	x		x		x														x
Presencia de botellas de plástico											x								x		x																x
Presencia de latas																																					x
Presencia de cartones - papeles																		x	x		x																x
Sedimentos																																					
Presencia de piedras	x	x	x		x	x				x		x				x	x	x	x	x	x		x			x			x			x	x	x			
Presencia de arena	x	x	x		x	x						x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Presencia de lodos	x	x	x	x	x	x				x		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x		
Drenaje Pluvial																																					
Presencia de conexiones clandestinas																			x	x																	x
Total	3	3	4	2	3	3	0	0	0	4	0	3	0	0	0	3	3	5	7	4	6	2	4	2	3	0	0	3	1	3	1	3	7	3	2	0	

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla, a partir del check list sobre el listado situacional de los buzones y su impacto de los factores externos hacia ellos, se le clasifico como: estado bueno, y estado malo.

Tabla 22

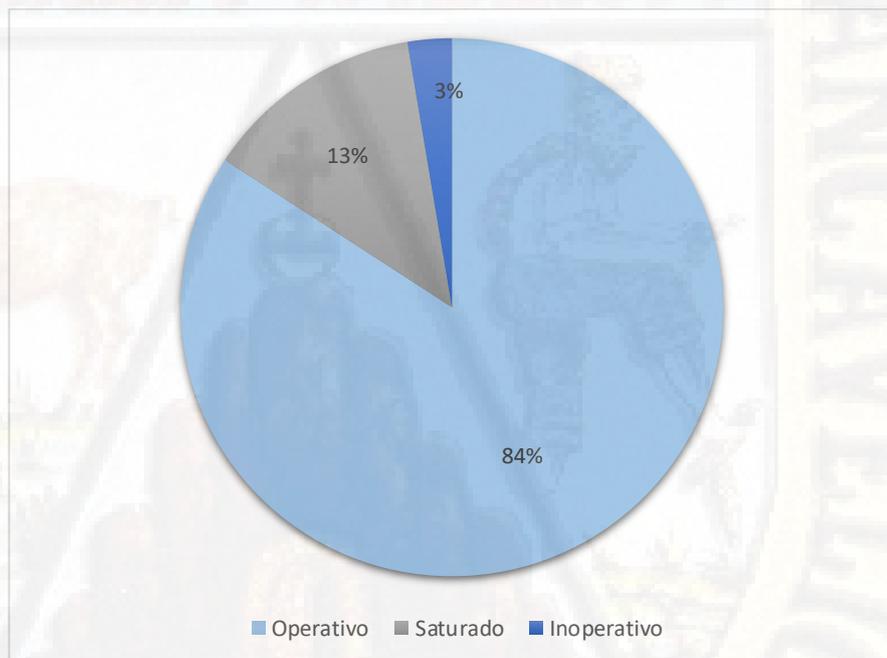
Estado de Funcionamiento de los Buzones

Estado de los Buzones	
Descripción	Cantidad
Operativo	32
Saturado	5
Inoperativo	1
Total	38

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18

Estado Actual de los Buzones en la Red de Alcantarillado



Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se observa que el 84% de buzones se encuentran en estado operativo, el 13% se encuentra en estado saturado (buzones acumulado con agua residual, restos sólidos, sedimentos) y el 3% se encuentra en estado inoperativo (colapsado).

Figura 19

*Buzón N°19, Ubicada en la Esquina de la Municipalidad
Provincial de Huancavelica*



Fuente: Propia.

4.1.2. Resultados

El desarrollo de la tesis se llevó en el barrio centro de la ciudad de Huancavelica, los constantes problemas de colapso en algunos buzones de este barrio nos llevaron a desarrollar y mostrar que la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial es hidráulicamente ineficiente, para ello se evaluó lo siguiente:

- **Número de viviendas (lotes)**

Dentro del área de estudio se identificaron 215 lotes.

Tabla 23

Total de Lotes que Generan Aporte Pluvial

Lotes que Generan Aporte Pluvial		
No	165	77%
Si	47	22%
Ambos	3	1%
Total	215	100%

Fuente: Elaboración propia.

Del total de lotes existentes del área de estudio 77% no generan aporte, 22% si generan aporte y el 1% realizan ambos.

- **Aporte pluvial**

El aporte pluvial en función al área de drenaje. Se formaron 61 áreas totales en las 20 manzanas del área de estudio, de las cuales no todas las áreas tenían un área de drenaje (lotes nos aportantes que conforman el área total).

Tabla 24

Áreas Totales que Existen por Manzanas

Lotes	Cantidad de Áreas	Porcentaje (%)
Total	61	100%
Descargan a los buzones	31	51%
Descargan a las cunetas	30	49%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, del total de áreas determinadas, 31 de las áreas totales presentan lotes aportante que conforman áreas de drenaje, siendo este un 51% del total de áreas totales que generan aporte pluvial.

El área total equivale al 100% de su espacio y el área de drenaje en función a la cantidad de lotes que drenan forman un espacio, siendo este:

Tabla 25

Resultados de Áreas Totales Respecto a Buzones

N° Manzana (mz)	N° de Área	N° Buzón	Área Total (m ²) =100%	Área de Aporte al Bz	Porcentaje de Área que Aporta al Bz (%)
Mz-2	5	13	1554.58	99.37	6.39
Mz-4	6	13	1570.32	1233.40	78.54
Mz-4	9	11	1450.53	108.03	7.45
Mz-6	14	10	1342.76	817.00	60.84
Mz-6	15	9	1407.94	73.07	5.19
Mz-9	16	8	37.29	37.29	100.00
Mz-9	17	9	988.22	174.29	17.64
Mz-8	18	10	233.77	233.77	100.00
Mz-9	20	37	1585.93	230.08	14.51
Mz-10	21	36	972.41	426.10	43.82

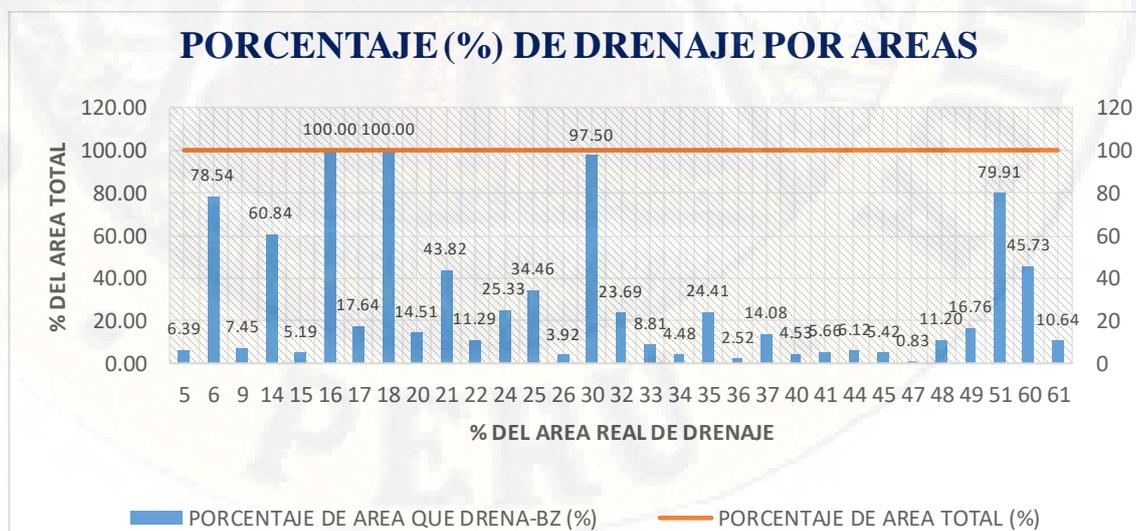
N° Manzana (mz)	N° de Área	N° Buzón	Área Total (m ²)=100%	Área de Aporte al Bz	Porcentaje de Área que Aporta al Bz (%)
Mz-1	22	14	744.58	84.04	11.29
Mz-3	24	14	177.87	45.05	25.33
Mz-3	25	12	316.48	109.07	34.46
Mz-3	26	15	1303.43	51.10	3.92
Mz-7	30	34	799.94	779.94	97.50
Mz-10	32	34	430.84	102.07	23.69
Mz-11	33	16	4633.42	408.01	8.81
Mz-12	34	30	4790.89	214.86	4.48
Mz-12	35	30	1339.08	326.94	24.41
Mz-13	36	30	632.77	15.93	2.52
Mz-13	37	25	1375.30	193.68	14.08
Mz-14	40	33	1183.73	53.64	4.53
Mz-14	41	34	538.90	30.52	5.66
Mz-16	44	16	747.66	45.77	6.12
Mz-16	45	18	1167.44	63.33	5.42
Mz-16	47	30	1934.28	16.14	0.83
Mz-16	48	19	872.87	97.72	11.20
Mz-16	49	19	716.61	120.14	16.76
Mz-17	51	20	2403.97	1921.07	79.91
Mz-3	60	26	293.38	134.18	45.73
Mz-13	61	31	395.27	42.06	10.64

Nota: bz= buzón y mz= manzanas
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, el porcentaje de área que aporta al buzón está en función al 100% de su área total.

Figura 20

Porcentaje del Área de Drenaje al Área Total



Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, 02 áreas totales drenan en su 100% del área total, 04 áreas están por encima del 50% y 25 áreas menores del 50%, estos datos de por sí ya nos indican que existe aporte pluvial a la red de alcantarillado. Evaluándolo en función a las áreas de drenaje tenemos:

Tabla 26

Resultado del Área de Aporte

Total de Áreas que Drenan		Porcentaje Promedio
Áreas totales	61	14%
Áreas que drenan	31	28%

Fuente: Elaboración Propia

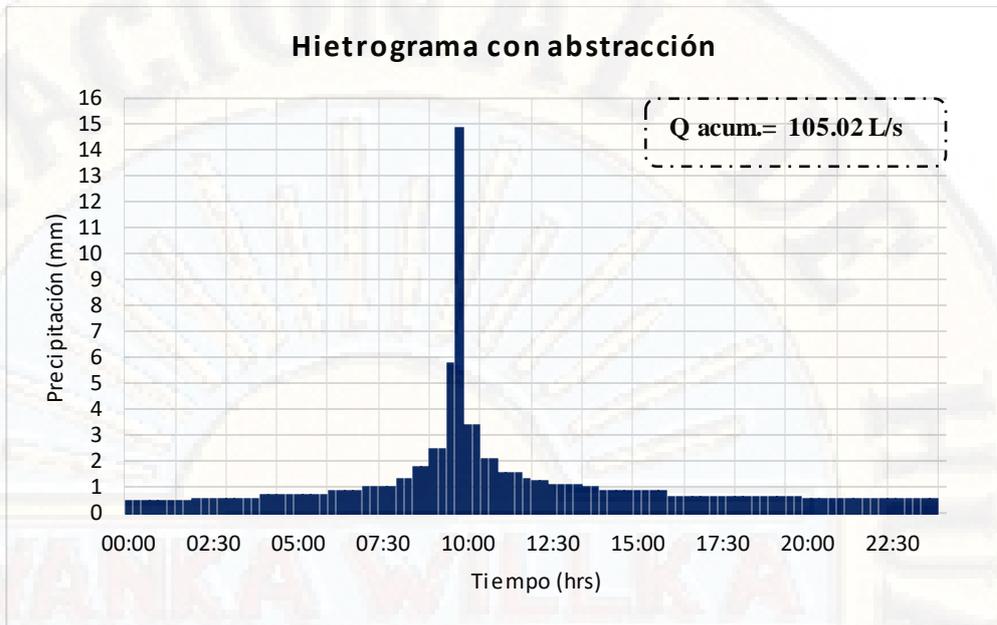
De la tabla, el aporte de la precipitación pluvial a la red de alcantarillado existente del barrio Centro de la ciudad de Huancavelica es de un 14%.

- **Precipitación pluvial**

Con el apoyo del programa SWMM, se evaluó el comportamiento de la precipitación pluvial en la red de alcantarillado, en función a las áreas de drenaje (subcuencas). Con el dato de precipitación obtenida de la estación Huancavelica del día que presentó mayor registro pluvial, tenemos los hidrogramas de cada subcuenca y el caudal total que le genera al buzón de descarga directa.

Figura 21

Precipitación Total Registrada en 24 horas del Día 13/09/2017

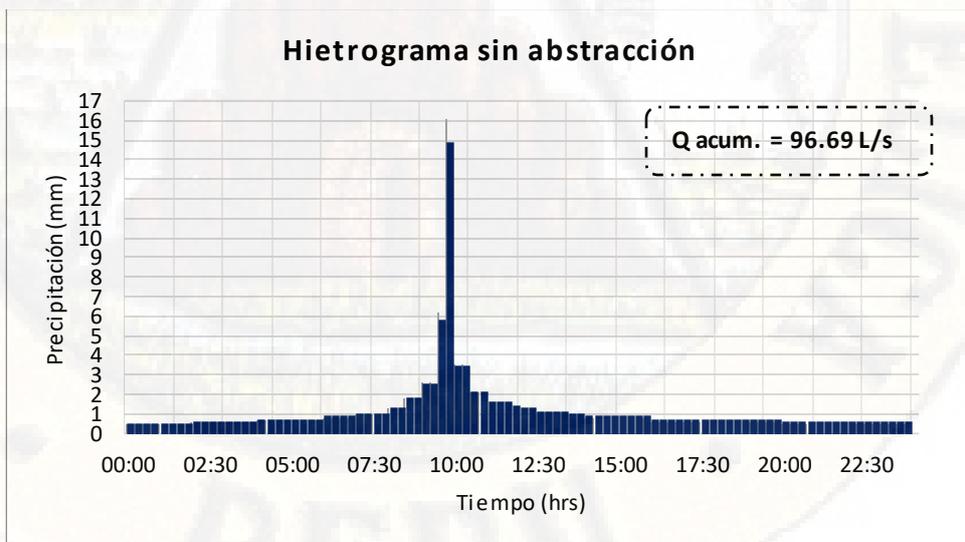


Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, nos indica la precipitación total registrada en ese día del año 2017, esta precipitación total comprende la precipitación efectiva más las abstracciones (flujo que no genera escorrentía).

Figura 22

Precipitación Efectiva Registrada en 24 horas del Día 13/09/2017



Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, nos indica la precipitación efectiva registrada en ese día del año 2017, esta precipitación efectiva la lluvia o flujo que genera escorrentía (no considera el flujo que se pierde ya sea por evapotranspiración, infiltración, etc.).

Hidrogramas de caudales de escorrentía.

Se determinó los caudales de precipitación en la dimensión de los hidrogramas de escorrentía para las 31 subcuencas, las cuales están consideradas para el área de drenaje y se presentan a continuación:

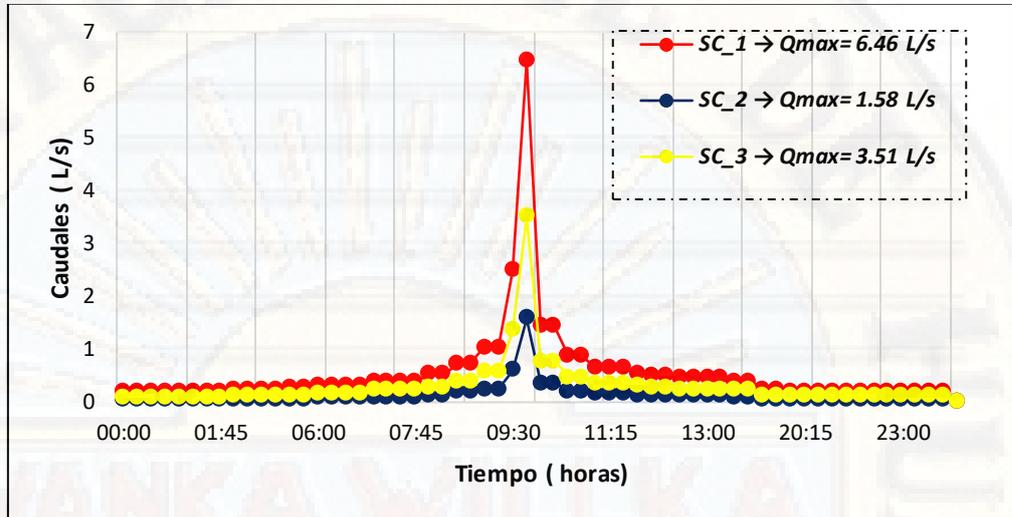
- Hidrograma para subcuencas (1,2,3) – Jr. Agustín Gamarra sector este, ver figura 29
- Hidrograma para subcuencas (4,5,6) – Jr. Agustín Gamarra sector oeste, ver figura 30
- Hidrograma para subcuencas (7,8,9) – Jr. Virrey Toledo sector este, ver figura 31
- Hidrograma para subcuencas (10,11,12) – Jr. Virrey Toledo sector oeste, ver figura 32
- Hidrograma para subcuencas (13,14,15) – Jr. Manco Cápac sector Sur, ver figura 33
- Hidrograma para subcuencas (16,17,18) – Av. Manchego Muñoz sector oeste, ver figura 34
- Hidrograma para subcuencas (19,20,21) – Jr. Sebastián Barranca sector norte, ver figura 35
- Hidrograma para subcuencas (22,23,24) – Jr. Torre Tagle sector este, ver figura 36
- Hidrograma para subcuencas (25,26,27) – Jr. Manco Cápac sector Norte, ver figura 37
- Hidrograma para subcuencas (28,29,30,31) – Jr. Torre Tagle sector oeste, ver figura 38

De las cuales se representan de esta manera:

Figura 23

Hidrogramas Obtenidos para SC_1 hasta SC_3- Jr. Agustín Gamarra

Sector Este

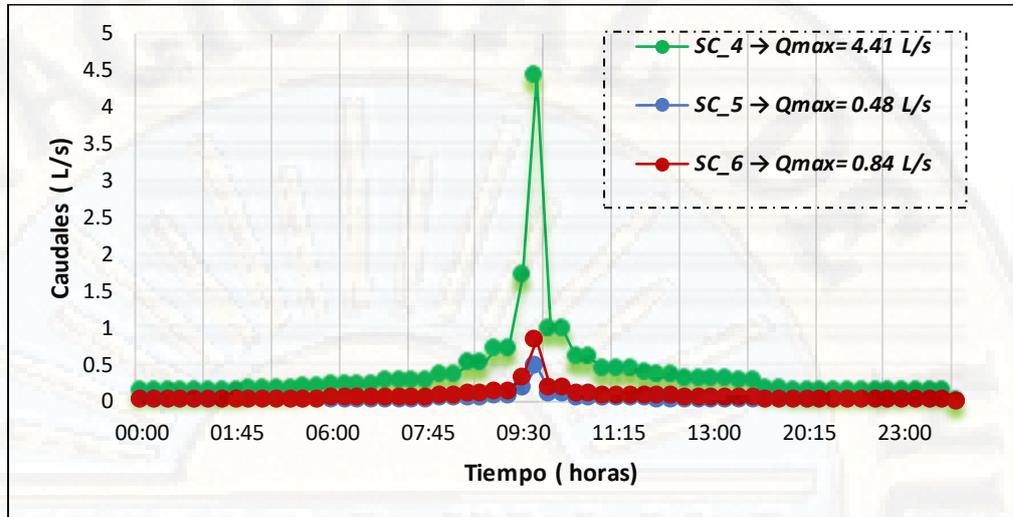


Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hidrograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Agustín Gamarra - sector este, donde se puede observar que la subcuenca n°1 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 6.46 l/s.

Figura 24

*Hidrogramas Obtenidos para SC_4 hasta SC_6- Jr. Agustín Gamarra
Sector Oeste*

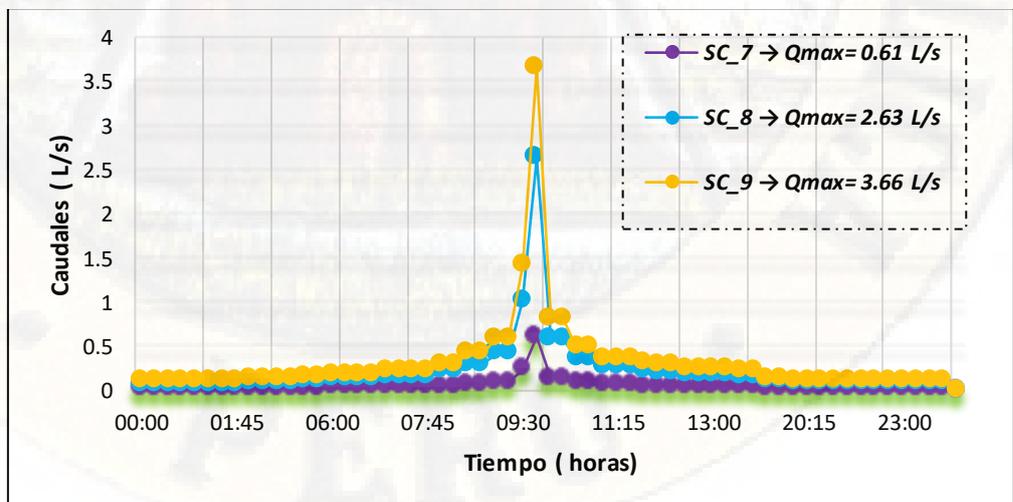


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hidrograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Agustín Gamarra - sector oeste, donde se puede observar que la subcuenca n°4 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 4.41 l/s.

Figura 25

*Hidrogramas Obtenidos para SC_7 hasta SC_9 - Jr. Virrey Toledo
Sector Este*

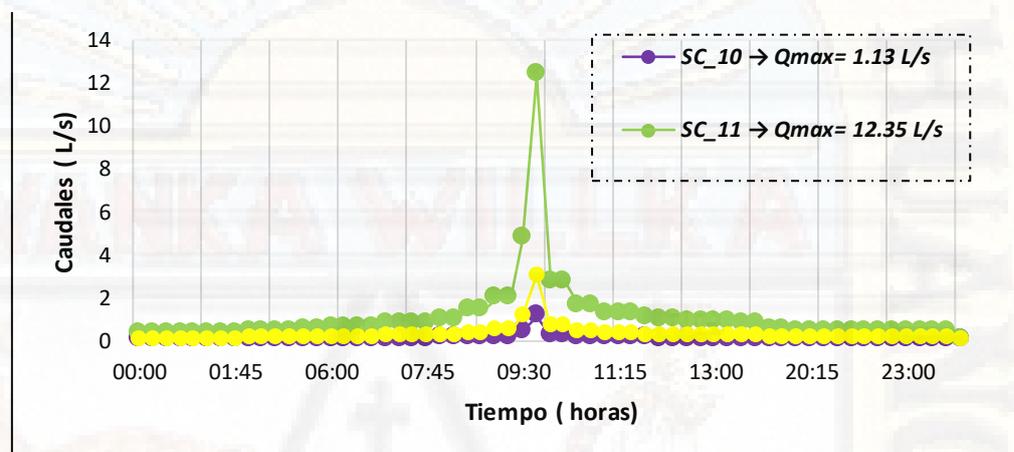


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Virrey Toledo sector este, donde se puede observar que la subcuenca n°9 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 3.66 l/s.

Figura 26

Hidrogramas Obtenidos para SC_10 hasta SC_12 - Jr. Virrey Toledo Sector Oeste

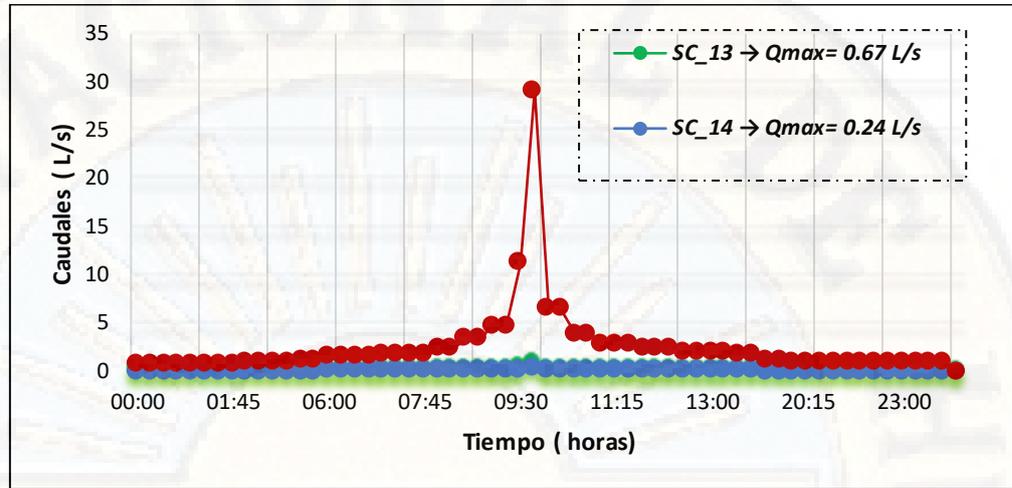


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Virrey Toledo sector oeste, donde se puede observar que existe una gran demanda de caudal en la subcuenca N°11 registrando así un caudal máximo calculado de 12.35 l/s, esto debido a que el área de drenaje de mencionado sector es mucho más grande respecto al área de drenaje de la subcuenca N°10 y subcuenca N°12.

Figura 27

Hidrogramas Obtenidos para SC_13 hasta SC_15 - Jr. Manco Cápac Sector Sur

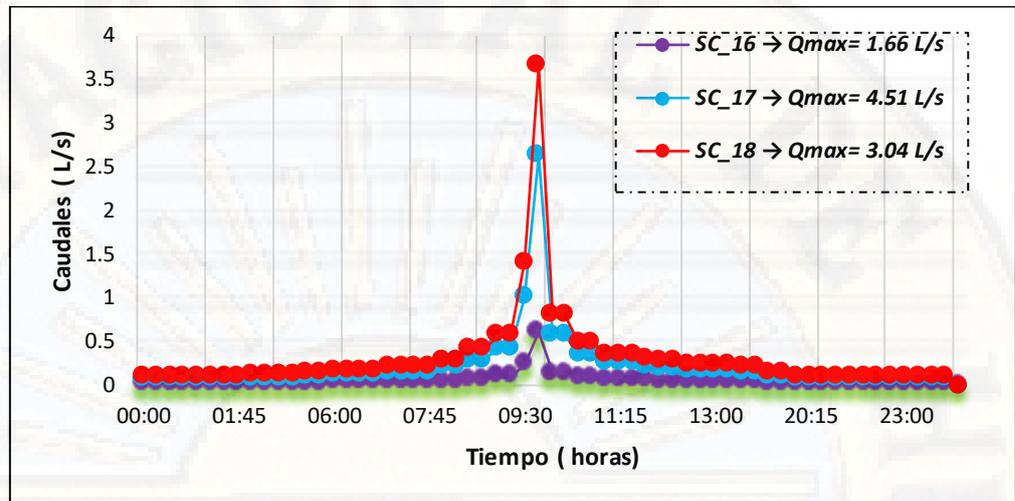


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hidrograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Manco Cápac sector sur, donde se puede observar que existe una gran demanda de caudal en la subcuena N°15 registrando así un caudal máximo calculado de 29.19 l/s, esto debido a que el área de drenaje de mencionado sector es mucho más grande respecto al área de drenaje de la subcuena N°13 y subcuena N°14, en el cual se observa caudales mínimos esto porque el tamaño del área de drenaje es muy pequeño.

Figura 28

Hidrogramas Obtenidos para SC_16 hasta SC_18 – Av. Manchego Muñoz Sector Oeste

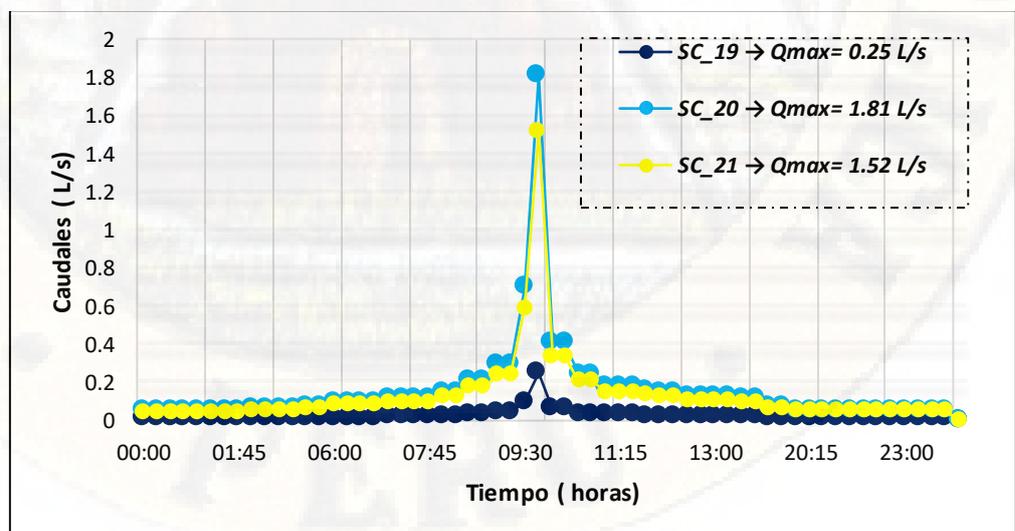


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para la Av. Manchego Muñoz sector oeste, donde se puede observar que la subcuenca N°17 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 4.51 l/s.

Figura 29

Hidrogramas Obtenidos para SC_19 hasta SC_21 – Jr. Sebastián Barranca Sector Norte

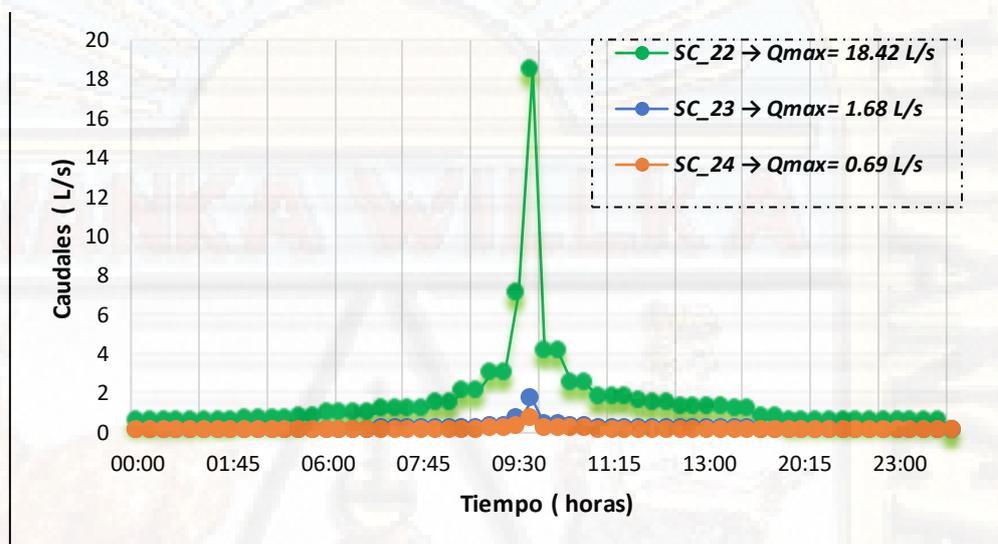


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Sebastián Barranca sector norte., donde se puede observar que la subcuenca N°20 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 1.81 l/s.

Figura 30

Hidrogramas Obtenidos para SC_22 hasta SC_24 – Jr. Torre Tagle Sector Este

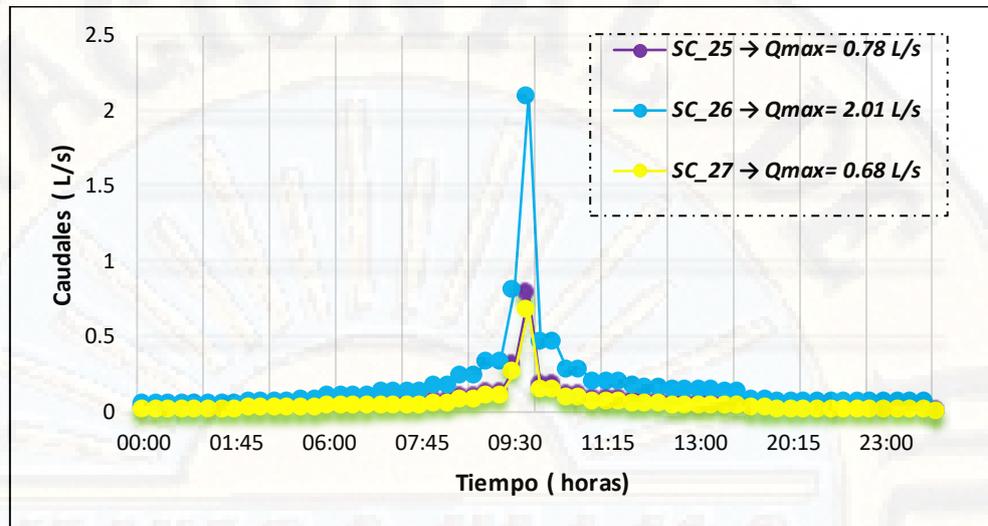


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Manco Cápac sector sur, donde se puede observar que existe una gran demanda de caudal en la subcuenca N°22 registrando así un caudal máximo calculado de 18.42 l/s, esto debido a que el área de drenaje de mencionado sector es mucho más grande respecto al área de drenaje de la subcuenca N°23 y subcuenca N°24, en el cual se observa caudales mínimos esto porque el tamaño del área de drenaje es muy pequeño.

Figura 31

Hidrogramas Obtenidos para SC_25 hasta SC_27 – Jr. Manco Cápac Sector Norte

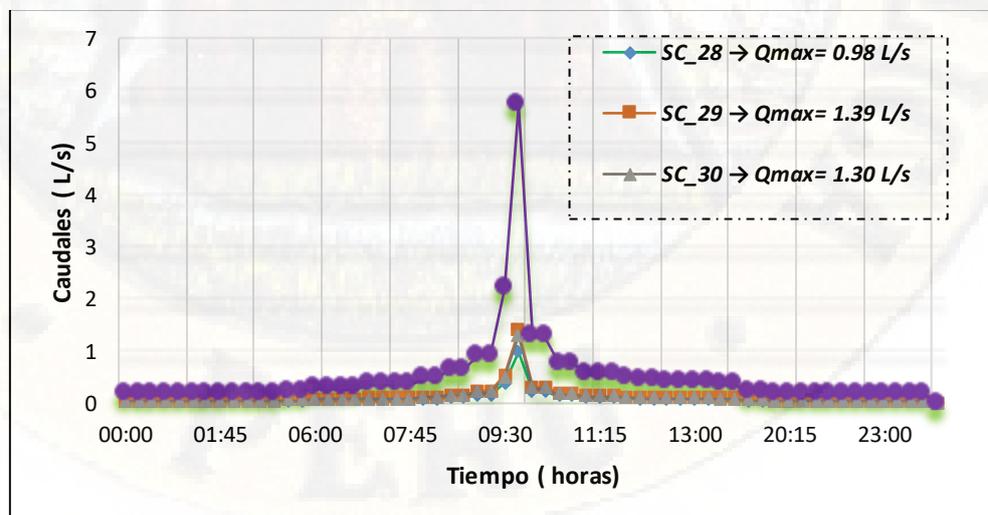


Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Manco Cápac sector norte., donde se puede observar que la subcuenca N°26 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 2.01 l/s.

Figura 32

Hidrogramas Obtenidos para SC_28 hasta SC_31 – Jr. Torre Tagle Sector Oeste



Fuente: Elaboración Propia

De la figura, se presenta la variación de caudales, basándose en el hietograma de precipitación máxima para un día, las cuales tendrán incidencia en las áreas de drenaje calculados para el Jr. Torre Tagle sector oeste., donde se puede observar que la subcuenca N°31 tiene mayor porcentaje de entrada de caudal, llegando a su pico más alto a las 9:45 horas, y con un caudal máximo calculado de 5.72 l/s.

- **Pendiente (S=m/m)**

La pendiente de la tubería de la red de alcantarillado nos permite direccionar el sentido del flujo, siendo 0.005m/m (0.5%) la pendiente mínima con la que debe contar una red de alcantarillado para garantizar el arrastre de los sólidos en la red. Dentro de nuestra área de estudio se identificaron 49 tuberías.

Tabla 27

Parámetros Existentes en las Tuberías de la Red de Alcantarillado del Barrio Centro.

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material de Tubería	Coefficiente de Manning	Pendiente	S%	Condición Actual
Bz-01-Bz-03	45.3	200mm	PVC	0.0013	0.043	4.30%	Cumple
Bz-02-Bz-01	45.5	200mm	PVC	0.0013	0.088	8.80%	Cumple
Bz-02-Bz-13	85.1	200mm	PVC	0.0013	0.006	0.60%	Cumple
Bz-03-Bz-04	16.4	200mm	PVC	0.0013	0.073	7.30%	Cumple
Bz-03-Bz-07	42.8	200mm	PVC	0.0013	0.001	0.10%	No cumple
Bz-04-Bz-08	44.3	200mm	PVC	0.0013	0.018	1.80%	Cumple
Bz-05-Bz-04	13	200mm	PVC	0.0013	0.067	6.70%	Cumple
Bz-06-Bz-04	32.6	200mm	PVC	0.0013	0.015	1.50%	Cumple
Bz-07-Bz-11	42.4	200mm	PVC	0.0013	0.02	2.00%	Cumple
Bz-08-Bz-09	50.6	200mm	PVC	0.0013	0.038	3.80%	Cumple
Bz-09-Bz-10	33.1	200mm	PVC	0.0013	0.004	0.40%	No cumple
Bz-09-Bz-37	76.4	200mm	PVC	0.0013	0.031	3.10%	Cumple
Bz-10-Bz-24	71.8	200mm	PVC	0.0013	0.01	1.00%	Cumple
Bz-11-Bz-10	69.4	200mm	PVC	0.0013	0.045	4.50%	Cumple
Bz-12-Bz-11	45.9	200mm	PVC	0.0013	0.057	5.70%	Cumple
Bz-13-Bz-12	46.1	200mm	PVC	0.0013	0.102	10.20%	Cumple
Bz-13-Bz-14	48.6	200mm	PVC	0.0013	0.014	1.40%	Cumple
Bz-14-Bz-15	45.7	200mm	PVC	0.0013	0.014	1.40%	Cumple
Bz-15-Bz-26	51.3	200mm	PVC	0.0013	0.091	9.10%	Cumple
Bz-16-Bz-15	70.3	200mm	PVC	0.0013	0.001	0.10%	No cumple
Bz-16-Bz-29	53	200mm	PVC	0.0013	0.103	10.30%	Cumple

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material de Tubería	Coefficiente de Manning	Pendiente	S%	Condición Actual
Bz-16-Bz-17	74.3	200mm	PVC	0.0013	0.039	3.90%	Cumple
Bz-17-Bz-18	59	200mm	PVC	0.0013	0.088	8.80%	Cumple
Bz-18-Bz-19	45.2	200mm	PVC	0.0013	0.036	3.60%	Cumple
Bz-19-Bz-20	48.8	200mm	PVC - Concreto	0.0013	0.066	6.60%	Cumple
Bz-20-Bz-21	51.9	200mm	PVC - Concreto	0.0013	0.017	1.70%	Cumple
Bz-21-Salida		200mm	PVC	0.0013		0.00%	No cumple
Bz-22-Bz-21	43.8	200mm	PVC	0.0013	0.021	2.10%	Cumple
Bz-23-Bz-33	53.3	200mm	PVC	0.0013	0.038	3.80%	Cumple
Bz-23-Bz-22	42.8	200mm	PVC	0.0013	0.011	1.10%	Cumple
Bz-24-Bz-34	64.6	200mm	PVC	0.0013	0.037	3.70%	Cumple
Bz-24-Bz-23	73.4	200mm	PVC	0.0013	0.017	1.70%	Cumple
Bz-25-Bz-24	34.3	200mm	PVC	0.0013	0.042	4.20%	Cumple
Bz-26-Bz-27	51.4	200mm	Concreto	0.0013	0.058	5.80%	Cumple
Bz-27-Bz-25	42.4	200mm	PVC	0.0013	0.048	4.80%	Cumple
Bz-27-Bz-30	70.9	200mm	PVC	0.0013	0.009	0.90%	Cumple
Bz-28-Bz-27	42.6	200mm	PVC	0.0013	0.008	0.80%	Cumple
Bz-29-Bz-30	52.1	200mm	PVC	0.0013	0.054	5.40%	Cumple
Bz-30-Bz-31	41.4	200mm	PVC - Concreto	0.0013	0.053	5.30%	Cumple
Bz-30-Bz-32	40.6	200mm	Concreto	0.0013	0.002	0.20%	No cumple
Bz-31-Bz-23	47.5	200mm	PVC	0.0013	0.04	4.00%	Cumple
Bz-32-Bz-19	39.9	200mm	Concreto	0.0013	0.032	3.20%	Cumple
Bz-33-Bz-34	63	200mm	PVC	0.0013	0.014	1.40%	Cumple
Bz-34-Salida		200mm	PVC	0.0013		0.00%	No cumple
Bz-35-Bz-34	34.4	200mm	PVC	0.0013	0.01	1.00%	Cumple
Bz-34-Salida		200mm	PVC	0.0013		0.00%	No cumple
Bz-36-Bz-35	48.3	200mm	PVC	0.0013	0.002	0.20%	No cumple
Bz-37-Bz-36	24.8	200mm	PVC	0.0013	0.017	1.70%	Cumple
Bz-38-Bz-37	58.9	200mm	PVC	0.0013	0.016	1.60%	Cumple

Nota: bz= buzón

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, el coeficiente de Manning para las tuberías de PVC es de 0.0009 (superficies lisas) , sin embargo como las tuberías son de PVC y concreto y debido a su tiempo de uso, la superficie cambia a rugosa por lo que se le considero de $n=0.0013$, en cuanto a la pendiente, si bien, esta red fue diseñada cumpliendo un sentido de flujo de la cual no todos los tramos lo cumplen como es el caso de los tramos del Bz- 16 al Bz-15, Bz-16al Bz-17, Bz-23 al Bz-22, Bz-30 al Bz-32, Bz- 36 al Bz-35, esta debería cumplir ese sentido pero es al contrario y le genera cargas adicionales al buzón que no le corresponde.

- **Diámetro (D=mm)**

El diámetro existente se le evaluó con dos caudales: solo caudal residual y caudal pluvial más residual. Si se sabe que, el diámetro está diseñado en función a la altura máxima del tirante hidráulico (según la OS0.70 al 75% en caso crítico).

Tabla 28

Parámetros Existentes en las Tuberías de la Red de Alcantarillado del Barrio Centro

Tubería	Diámetro (m)	Tirante hydr. sin aporte (Y)	Caudal residual (l/s)	Condición ($y < 75\% d = y < 0.15 md$)	Tirante hydr. con aporte (Y)	Caudal residual (l/s)	Hora del pico más alto (h)	Condición ($y < 75\% d = y < 0.15 md$)
C1	0.200	0.100	11.940	Cumple	0.10	1.15	07/25/2017 00:16	Cumple
C2	0.200	0.100	0.220	Cumple	0.10	1.49	07/25/2017 00:16	Cumple
C3	0.200	0.100	0.000	Cumple	0.10	1.56	07/25/2017 00:16	Cumple
C4	0.200	0.000	4.960	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C5	0.200	0.000	5.880	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:16	Cumple
C6	0.200	0.120	3.860	Cumple	0.14	2.45	07/25/2017 10:00	Cumple
C7	0.200	0.000	2.950	Cumple	0	10.78	07/25/2017 00:00	Cumple
C8	0.200	0.000	43.510	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C9	0.200	0.090	20.900	Cumple	0	2.79	07/25/2017 10:00	No cumple
C10	0.200	0.000	5.050	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C11	0.200	0.110	1.560	Cumple	0.19	6.64	07/25/2017 10:00	No cumple
C12	0.200	0.050	0.000	Cumple	0.05	0.22	07/25/2017 00:25	Cumple
C13	0.200	0.160	0.000	No cumple	0.16	1.70	07/25/2017 00:24	No cumple
C14	0.200	0.170	1.150	No cumple	0.32	10.78	07/25/2017 10:00	No cumple

Tubería	Diámetro (m)	Tirante hydr. sin aporte (Y)	Caudal residual (l/s)	Condición (y < 75% d = y < 0.15md)	Tirante hydr. con aporte (Y)	Caudal residual (l/s)	Hora del pico más alto (h)	Condición (y < 75% d = y < 0.15md)
C15	0.200	0.170	2.760	No cumple	0.33	19.22	07/25/2017 10:00	No cumple
C16	0.200	0.120	2.920	Cumple	0.34	22.55	07/25/2017 10:00	No cumple
C17	0.200	0.000	0.800	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C18	0.200	0.000	0.000	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C19	0.200	0.200	1.490	No cumple	0.58	26.66	07/25/2017 10:00	No cumple
C20	0.200	0.140	1.700	Cumple	0.41	24.38	07/25/2017 10:00	No cumple
C21	0.200	0.000	0.000	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C22	0.200	0.000	2.280	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C23	0.200	0.140	1.840	Cumple	0.19	5.67	07/25/2017 10:00	No cumple
C24	0.200	0.160	0.000	No cumple	0.24	8.58	07/25/2017 10:00	No cumple
C25	0.200	0.240	0.000	No cumple	0.33	9.84	07/25/2017 10:00	No cumple
C26	0.200	0.200	3.700	No cumple	0.81	42.23	07/25/2017 10:00	No cumple
C27	0.200	0.250	2.980	No cumple	0.39	13.67	07/25/2017 10:00	No cumple
C28	0.200	0.090	0.000	Cumple	0.22	7.66	07/25/2017 00:00	No cumple
C29	0.200	0.110	0.000	Cumple	0.23	8.40	07/25/2017 10:00	No cumple
C30	0.200	0.440	5.030	No cumple	0.69	27.63	07/25/2017 10:00	No cumple
C31	0.200	0.410	3.770	No cumple	0.60	31.28	07/25/2017 10:00	No cumple
C32	0.200	0.000	0.000	Cumple	0.00	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C33	0.200	0.590	11.430	No cumple	0.93	39.48	07/25/2017 10:04	No cumple
C34	0.200	0.250	1.290	No cumple	0.60	57.54	07/25/2017 10:00	No cumple
C35	0.200	0.000	2.040	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C36	0.200	0.000	13.400	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C37	0.200	0.000	22.860	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C38	0.200	0.410	0.000	No cumple	0.54	37.71	07/25/2017 10:01	No cumple

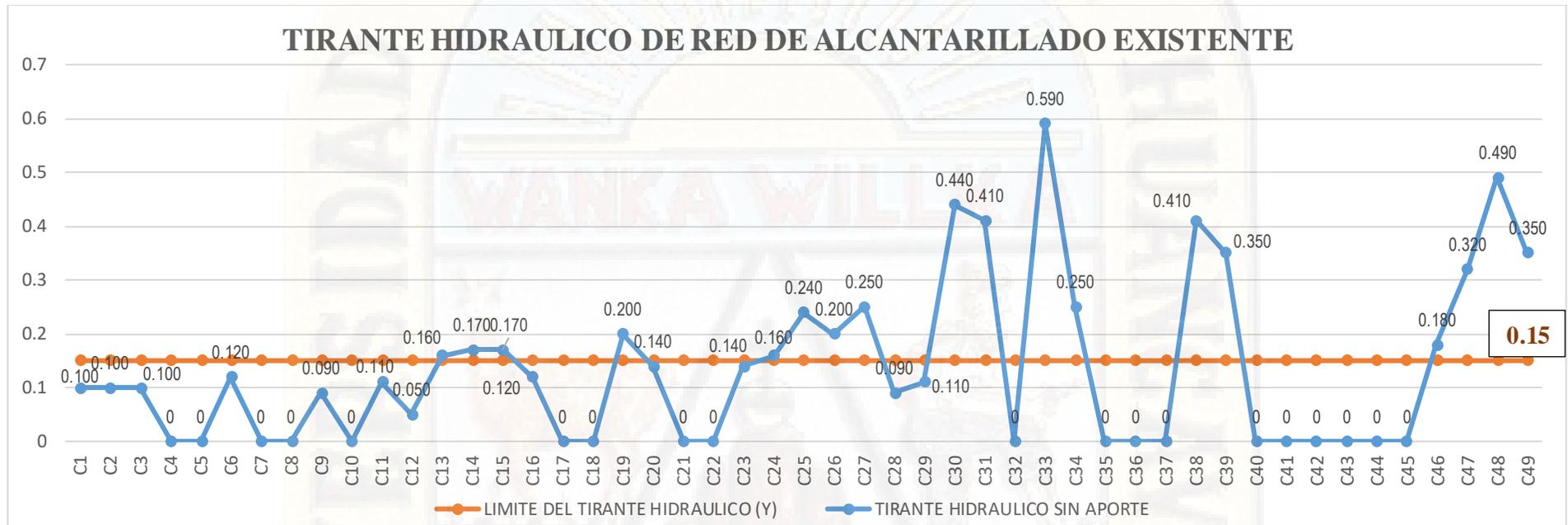
Tubería	Diámetro (m)	Tirante hidr. sin aporte (Y)	Caudal residual (l/s)	Condición ($y < 75\%d = y < 0.15md$)	Tirante hidr. con aporte (Y)	Caudal residual (l/s)	Hora del pico más alto (h)	Condición ($y < 75\%d = y < 0.15md$)
C39	0.200	0.350	23.620	No cumple	0.74	47.19	07/25/2017 10:00	No cumple
C40	0.200	0.000	0.000	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C41	0.200	0.000	0.000	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C42	0.200	0.000	0.000	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C43	0.200	0.000	0.000	Cumple	0	0.00	07/25/2017 04:03	Cumple
C44	0.200	0.000	13.780	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C45	0.200	0.000	16.430	Cumple	0	0.00	07/25/2017 00:00	Cumple
C46	0.200	0.180	0.000	No cumple	0.19	6.03	07/25/2017 10:00	No cumple
C47	0.200	0.320	0.000	No cumple	0.38	16.24	07/25/2017 100:00	No cumple
C48	0.200	0.490	0.000	No cumple	1.00	98.30	07/25/2017 09:55	No cumple
C49	0.200	0.350	0.000	No cumple	0.60	54.28	07/25/2017 10:00	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla, la gran parte de los tramos sobrepasan el tirante máximo del diámetro existente, esto evaluando dos escenarios: solo caudal residual y caudal residual más aporte pluvial.

Figura 33

Tirante Hidráulico Máximo al Diámetro Existente

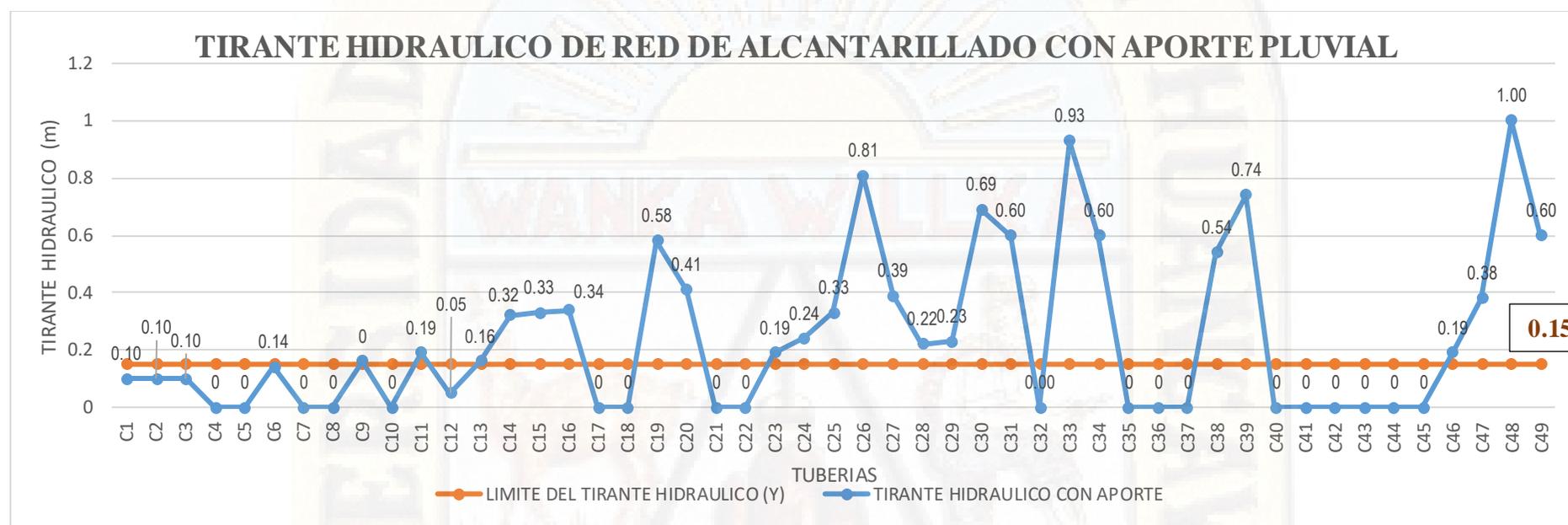


Fuente: Elaboración propia.

De la figura, de las 49 tuberías evaluadas, 19 corresponden a las tuberías de arranque y corresponden al tirante 0, de los 30 restantes son 12 las que cumplen la altura crítica del tirante y las 18 restantes no cumplen la altura crítica del tirante ya que se encuentran por encima de lo permitido; lo que nos indica que el diámetro no es adecuado para el caudal residual existente. En términos de condición existente, el 40% de los tramos con buenas ya que cumplen con el tirante máximo del diámetro y el 60% de los tramos son malos ya que no cumplen con el tirante máximo del diámetro.

Figura 34

Tirante Hidráulico Máximo al Diámetro Existente con Aporte Pluvial



Fuente: Elaboración propia.

De la figura, de las 49 tuberías evaluadas, 19 corresponden a las tuberías de arranque y corresponden al tirante 0, de los 30 restantes son 05 las que cumplen la altura crítica del tirante y las 25 restantes no cumplen la altura crítica del tirante ya que se encuentran por encima de lo permitido; lo que nos indica que el diámetro no es adecuado para el caudal residual existente. En término de condición existente ahora considerando el aporte pluvial, el 17% de los tramos son buenas ya que cumplen con el tirante máximo del diámetro y el 83% de los tramos son malos ya que no cumplen con el tirante máximo del diámetro.

- **Factores externos**

Se determinaron 03 factores externos que afectan al funcionamiento adecuado de la red de alcantarillado del barrio centro, los cuales se discretizaron de la siguiente manera y de la clasificación de bueno, regular y malo se obtuvo:

Tabla 29

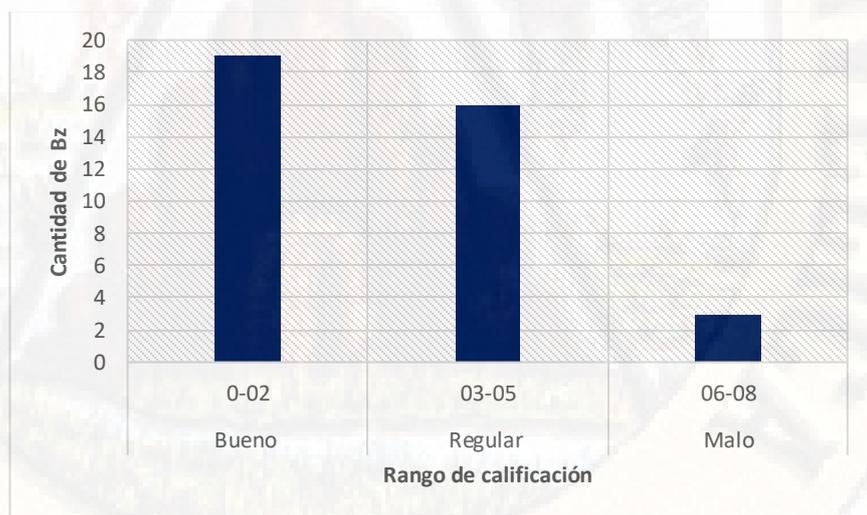
Resultado de Factores Externos de Acuerdo al Rango de Calificación

Calificación	Rango	Total, de Buzones	Porcentaje
Bueno	00-02	19	50%
Regular	03-05	16	42%
Malo	06-08	3	8%
Total	00-08	38	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 35

Gráfico de resultantes de la evaluación de los factores externos



Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, el 50% de los buzones se encuentran en buen estado y 42% se encuentran en estado regular, también se identificó 3 buzones que se encuentran en un estado malo, el 19, 21 y 35, aunque

estos buzones representan solo el 8% su estado crítico indica que al contar con la mayoría de factores externos causan una saturación total de los buzones e impiden su adecuado funcionamiento.

Por otro lado, podemos observar que en su mayoría de buzones los que más incidencia tienen de factores externos son la presencia de sedimentos, teniendo en estas la presencia de piedras en 17 buzones, presencia de arena en 22 buzones, presencia de lodos en 22 buzones. Mientras que el factor de residuos sólidos tiene muy poca incidencia, teniendo la presencia de bolsas de plástico en 8 buzones, la presencia de botellas de plástico en 4 buzones y la presencia de latas en 1 buzón. El drenaje pluvial tiene baja incidencia en buzones, solo contando con presencia de conexiones clandestinas en solo 3 buzones.

- **Caudal (m³/s)**

Se le evaluó el caudal (caudal residual más el aporte pluvial) en los 03 puntos de salidas (OF1, OF2 y OF3) que corresponde a los buzones Bz-21, Bz-34 y Bz-36.

Tabla 30

Resultado de Tirantes y Caudales Máximos Considerando el Aporte de la Precipitación Pluvial y el Caudal de Desagüe

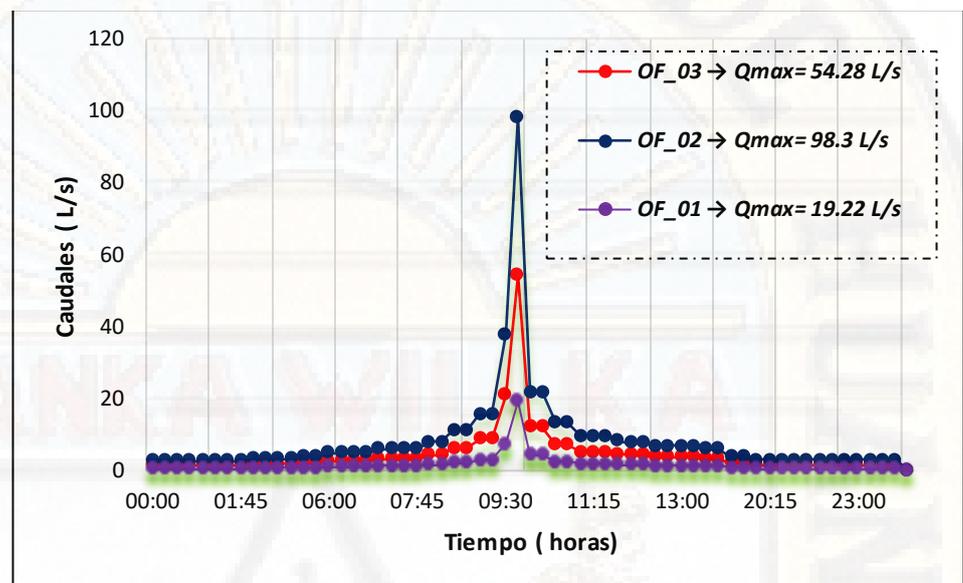
Punto de Descarga (OF)	Tirante Promedio (Yp)	Tirante Máximo (Ymax)	Caudal Máximo (Q.max)	Caudal Promedio (Qp.)
OF1	0.03	0.06	20.33	5.98
OF2	0.09	0.16	116.79	48.51
OF3	0.06	0.1	56.85	23.29

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, esta evaluación de tirante hidráulico en los 03 puntos de salida de la red de alcantarillado es a nivel de los buzones y considerando en el caudal residual, el caudal de aporte de la precipitación pluvial.

Figura 36

Hidrogramas del OF1, OF2, OF3 Considerando el Aporte de Precipitación y Caudal de Desagüe



Fuente: Elaboración Propia.

De la figura, el OF_02 es el que presenta mayor caudal de acumulación en dicho buzón, mientras que el OF_01 es el que presenta menor caudal, cabe recalcar que el OF_02 es el buzón 34 ubicado en el Jr. Agustín Gamarra, la misma que presenta problemas de colapso constantes en temporada de lluvia.

4.2. Proceso de prueba de hipótesis

4.2.1. Principios de investigación:

La prueba de normalidad o test de normalidad es una herramienta estadística en donde se involucran variables continuas o cuantitativas, es fundamental determinar si la información obtenida en el proceso, tiene un comportamiento mediante una distribución normal. Para ello la estadística posee algunas pruebas, entre ellas encontramos la prueba de Ji-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov Lilliefors, Shapiro y Wilks o la prueba de Anderson Darling; pero una manera muy sencilla de realizar la prueba de normalidad es construyendo un histograma de frecuencia.

Es muy útil visualizar las distribuciones de valores, detectar posibles errores y realizar pruebas de normalidad de los datos antes de realizar un análisis más complejo (Hernández et al., 2014).

Test de normalidad:

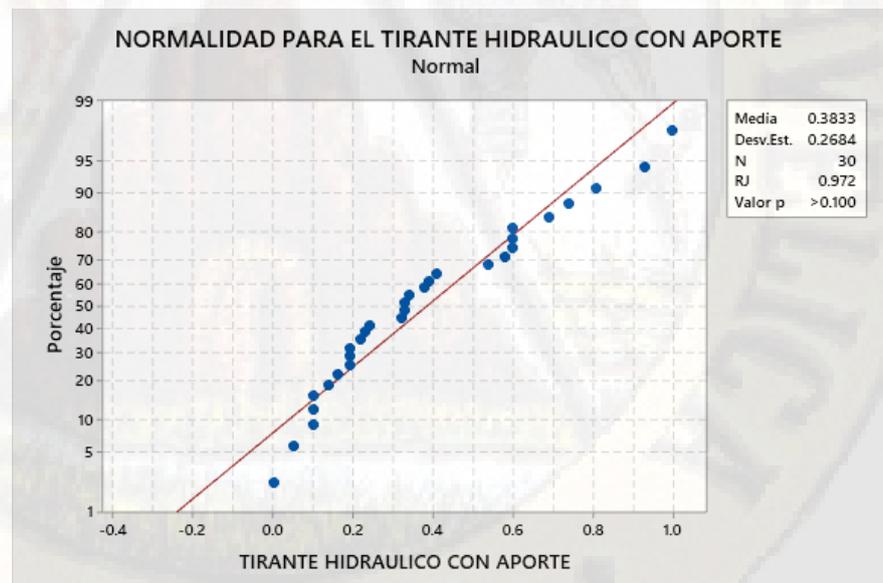
➤ Test de normalidad al objetivo general:

Para evaluar la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte pluvial, se aplicó el test de normalidad a los valores de los tirantes hidráulicos de los diámetros de la red de alcantarillado existente, siendo estos valores evaluados de 30 tramos.

Para este objetivo general, el estadístico para el test de normalidad que se uso es la de Shapiro Wilk- Ryan Joiner, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ($n < 50$).

Figura 37

Probabilidad de los tirantes hidráulicos de los diámetros de la red de alcantarillado existente con aporte de la precipitación pluvial.



Fuente: Elaboración Propia - Programa Minitab v19.

De la figura, mediante el estadístico Shapiro Wilk- Ryan Joiner, se pudo observar que los 30 datos que corresponden a los

valores de los tirantes hidráulicos de los diámetros de la red de alcantarillado existente considerando el aporte pluvial, si cumplen con la distribución normal debido a que el valor de P es mayor a 0.100, y este viene hacer mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que si cumple una distribución normal, por ello, se pudo deducir que el estadístico a utilizar será una prueba paramétrica denominada “T de Student”, este estadístico debido a la cantidad de datos ($n=30$).

4.2.2. Pruebas de hipótesis:

Es un proceso cuantitativo, las hipótesis se someten a prueba o escrutinio empírico para determinar si son apoyadas o refutadas, de acuerdo con lo que el investigador observa. En realidad, no podemos probar que una hipótesis sea verdadera o falsa, sino argumentar que fue apoyada o no de acuerdo con ciertos datos obtenidos en una investigación particular. Desde el punto de vista técnico, no se acepta una hipótesis por medio de un estudio, sino que se aporta evidencia a favor o en contra. Cuantas más investigaciones apoyen una hipótesis, más credibilidad tendrá y, por supuesto, será válida para el contexto (lugar, tiempo y participantes, casos o fenómenos) en que se comprobó. Al menos lo es probabilísticamente. Las hipótesis, en el enfoque cuantitativo, se someten a prueba en la “realidad” cuando se implementa un diseño de investigación, se recolectan datos con uno o varios instrumentos de medición, y se analizan e interpretan esos mismos datos.

➤ Prueba de hipótesis para el objetivo general:

Para demostrar este objetivo, nos basaremos en los resultados de los tirantes hidráulicos de los diámetros existente en la red de alcantarillado, considerando el aporte de la precipitación pluvial en el pico más alto.

Toda red de alcantarillado se diseña con un tirante hidráulico del 50% del diámetro de la tubería, pero con velocidades críticas se

puede aceptar hasta un tirante del 75% del diámetro de las tuberías de la red de alcantarillado, esto según RNE: OS 0.70; ya que la evaluación se está llevando a cabo en un escenario existente, entonces se toma el tirante crítico, si, el diámetro de la red de alcantarillado existente es de 200mm que es igual a 0.2m, el límite del tirante será al 75% de su diámetro que es igual a 0.15m.

Formular el Ho (hipótesis nula).

Ho: La condición existente de la red de alcantarillado es buena, si, los tirantes hidráulicos de los diámetros existente están por debajo del límite que es el 75% del diámetro ($D=0.20\text{m}$ y el 75% es igual a $D=0.15\text{m}$).

$$\text{Ho: } \mu \leq 0.15$$

Esto tomando con base teórica el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): OS 0.70.

Formular la Hi (hipótesis alterna).

Hi: La condición existente de la red de alcantarillado es mala, si, los tirantes hidráulicos de los diámetros existente están por encima del límite que es el 75% del diámetro ($D=0.20\text{m}$ y el 75% es igual a $D=0.15\text{m}$).

$$\text{Hi: } \mu > 0.15$$

Esto tomando con base teórica el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): OS 0.70.

Escoger con qué nivel de significancia trabajar ($\alpha=5\%$).

El nivel de significación con la que se trabajó en esta presente investigación es con un error de 5% que, es decir: $\alpha = 0.05$, por lo que el error del trabajo no debe ser mayor al planteado y con un grado de confianza de 95 %, es decir con $1 - \alpha = 0.95$.

Elegir la prueba de significación estadística adecuada.

El estadístico que se aplicó es el “T de Student”, esto al ser un estadístico para muestras con datos normales.

Prueba “T” Para: $H_0 \leq \mu$ o $H_0 \leq 0.15$ y $H_a > \mu$ o $H_a > 0.15$, se tuvo en consideración lo siguiente:

- Si “P valor” es menor a 0.05 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.
- Si “P valor” es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Establecer la región crítica y realiza la prueba de significación estadística adecuada.

Región crítica:

A partir de la hipótesis planteada la $H_a (>)$, indica que tendrá una cola hacia la derecha y cuando $H_a (<)$, indica que tendrá una cola hacia la izquierda para un nivel de confianza de 95% con un error $\alpha = 0.05$. En este caso tendrá una cola hacia la derecha.

Cálculo de la prueba estadística:

Resumen de la prueba de T de Student, prueba paramétrica, para los datos de los tirantes hidráulicos de los diámetros existente en la red de alcantarillado.

Tabla 31

Prueba Paramétrica de T de Student para el Tirante Hidráulico con Aporte

Tirante Hidráulico	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media	Límite Inferior de 95% para μ	Valor T	Valor P
Con Aporte	30	0.3833	0.2684	0.0490	0.3001	4.76	0.000

Fuente: Elaboración propia procesada en el programa Minitab v19.

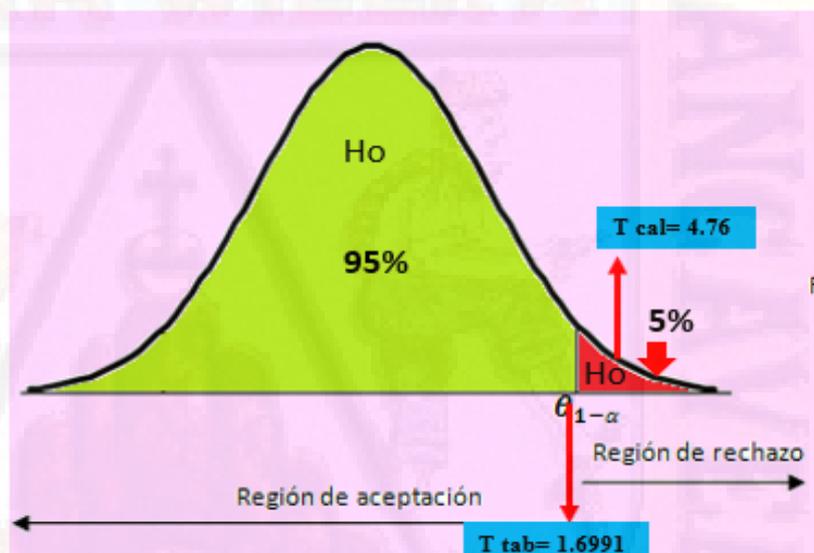
De la tabla, se pudo observar que al procesar los 30 datos mediante la prueba paramétrica de la prueba de T de Student, se obtuvo que el P valor es menor al nivel de significancia de 0.05 a un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 0.05.

➤ Para contrastar el resultado estadístico del “T de Student”, trabajaremos con el “T valor” o “T calculado”. Donde:

- Si “T valor” es menor a “T tabulado” se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.
- Si “T valor” es mayor a “T tabulado” se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Figura 38

*Demostración de la Prueba Estadística con el “T Valor”
en la Campana de Gauss*



Fuente: Elaboración propia.

De la figura, se demuestra el resultado obtenido de la prueba estadística “T de Student”, donde se observa que el T valor o T calculado es mayor al T tabulado (tabla de T de Student).

Decisión estadística: Rechazar la hipótesis nula (H_0) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

Para el objetivo general, se rechaza la Hipótesis Nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alternativa (H_1), debido a que el valor P por la prueba estadística paramétrica T de Student, es igual $P=0.00$ lo que indica que se encuentra en la región crítica que rechaza el H_0 . Lo mismo se contrasta con el T valor, donde esta es mayor al T tabulado ($T \text{ valor}=4.76$ y $T \text{ tabulado}=1.6991$), lo que también nos indica, que al ser T valor mayor al T tabulado, se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la Hipótesis Alternativa. Por lo tanto, se afirma que la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial es hidráulicamente mala, demostrando que el sistema existente no tiene la capacidad o la condición de evacuar este caudal adicional proveniente de la precipitación pluvial, esto con un nivel de significancia de 5%.

Los objetivos específicos describen las características existentes en la red de alcantarillado, por lo que no requiere de una prueba de hipótesis, ya que no se cuenta con datos medibles, sino que, ya se busca determinar su estado de algo existente.

4.3. Discusión de Resultados

Para el objetivo general, la red de alcantarillado existente en la ciudad de Huancavelica al largo de su periodo de vida aproximadamente de 12 años, ha presentado ineficiencias en su funcionamiento adecuado y esto ha sido reflejado en los colapsos de los buzones en los diferentes puntos de la ciudad, siendo frecuentes en temporada de lluvia en las siguientes calles: Jirón Tambo de Mora, Malecón Santa rosa, Jirón Agustín Gamarra, Av. Andrés Avelino Cáceres, Jirón Odonovan y Avenida Manchego Muñoz. Las redes de alcantarillado están diseñadas solo para evacuar aguas residuales y no considerando el aporte pluvial, este aporte le genera carga adicional de caudal saturando su capacidad para lo que fue diseñada.

Para el objetivo general, según el RNE OS.070 de Título II Habilitaciones Urbanas, II.3. Obras de Saneamiento, nos indica que la red de alcantarillado está diseñado para evacuar aguas residuales hasta un tirante hidráulico del 50% del diámetro de la tubería de diseño, con el fin de evitar saturación y malos olores, también nos indica que se puede diseñar hasta un tirante hidráulico del 75% del diámetro de la tubería en casos críticos justificables, en este caso, como la evaluación se está realizando en una red de alcantarillado existente se le está tomando el tirante del 75% del diámetro de la tubería. El diámetro de las tuberías de la red de alcantarillado existente del área de estudio es de 200mm que es igual a 0.20m, siendo el tirante al 75% del diámetro igual a 0.15m. En la evaluación realizada se identificaron 49 tramos, donde 19 pertenecen a las tuberías de arranque y solo 30 tramos son las que transportan las aguas residuales considerando el aporte de la precipitación pluvial hacia los 03 puntos de salidas, donde un 83% de los tramos sobrepasan el límite del tirante máximo ($Y < 0.15m$) y un 17% se encuentran por debajo del límite del tirante máximo, haciendo que su condición existente de la red de alcantarillado del cercado de Huancavelica sea hidráulicamente mala.

Para el objetivo general, según Lazo (2016) nos indica que las condiciones del servicio de alcantarillado sanitario de ENACAL es deficiente ya que actualmente hay muchos problemas de recolección de aguas residuales y que en algunos tramos recolectan también aguas pluviales, en la evaluación hidráulica realizada en la temporada de veranos los problemas de inundación no se dieron a cabo, pero en la evaluación realizada en temporada de lluvia ha presentado problemas de inundación en el PVS 284 con 2.77 l/s y la capacidad de la tubería 684 está al 100%, demostrando así deficiencias en el servicio de alcantarillado sanitario, lo mismo que ocurre en los diferentes puntos de cercado de Huancavelica en temporada de lluvia.

Para el objetivo general, según Rodríguez y Rodríguez (2014) en su investigación realizaron un modelamiento y evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado del municipio Choconta con el programa EPA SWMM, ese sistema se comportaba de tipo combinado con una red de 17.5 km y de

diámetros de 8” a 44”, donde la red colectora y los pozos de inspección se encontraban en estado regular debido a su tiempo de funcionamiento (40 años aproximados), donde la mayoría de los tramos del alcantarillado cuentan con diseños obsoletos y cuyas dimensiones no tienen la capacidad para suplir las necesidades del municipio, según los criterios técnicos indican que para redes de alcantarillado pluvial las secciones deben ser igual o mayor a 10” de diámetro; lo mismo ocurre en el cercado de Huancavelica, el sistema de alcantarillado es de tipo residual, pero se comporta como combinado y que según la normativa nos pide igual o mayor a 10” de diámetros, nuestro sistema incumple ya que los tramos son de 8” de diámetro. También en su evaluación en el programa EPA SWMM evidenciaron que en los intervalos de tiempo 30 y 75 minutos del evento hidráulico, la red de alcantarillado muestra ineficiencia en su infraestructura lo que presenta rebose por sus pozos generando la inundación en el casco urbano; lo mismo que ocurre en nuestro evento hidráulico del SWMM en la red de alcantarillado existente del cercado de Huancavelica, entre el pico 12:00- a 12:30 del mediodía genera esos mismos problemas de insuficiencia en su capacidad de transporte evidenciando en el colapso del buzón N°34 y toda su red que le antecede.

Para el objetivo general, según Vargas y Villegas (2013) y Marcia y Masias (2017), en su investigación por determinar el comportamiento de la red de alcantarillado sanitario y pluvial, hicieron uso del programa SWMM como herramienta que permite realizar el modelamiento hidráulico de inicio a fin de todo el sistema, con una evaluación de 24 horas a una evaluación de 10 años para diseño, permitiendo también, seleccionar los diámetros lógicos y coherentes de las tuberías para evacuar las aguas residuales y aguas de lluvia futuras. Efectivamente para la investigación, esta herramienta nos permitió evaluar el comportamiento actual de la red de alcantarillado existente en un periodo de 24 horas, donde se observó que los diámetros existentes son insuficientes en su capacidad para transportar el caudal actual.

Para el objetivo general, ante toda esta investigación y al evaluar la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la

precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica, se da a conocer que su condición es hidráulicamente mala, debido que ambos caudales son superiores a la capacidad de conducción de la red actual.

Para el objetivo específico 01, la adecuada evacuación del drenaje pluvial de las viviendas en la ciudad de Huancavelica han sido un gran problema, puesto que las viviendas que se construyen lo hacen sin un diseño adecuado sobre instalaciones sanitarias y los vienen evacuando a donde puedan, siendo en una mayoría directo a la caja de registro y evidenciándose en los colapsos de los buzones ubicados en el Jirón Agustín Gamarra y Jirón Virrey Toledo en temporada de lluvia. Las viviendas de cercado de Huancavelica evacuan su drenaje pluvial de la siguiente manera: el 14% de las viviendas con cobertura de techo de calamina no recolectan el drenaje pluvial, el 10% de las viviendas con cobertura de techo de calamina solo recolectan a través de canaleta y lo vierten hacia la calle, el 16% de las viviendas con cobertura de calamina recolectan su drenaje y a través de montantes lo vierten hacia las cunetas, el 22% de las viviendas con cobertura de teja no recolectan el drenaje pluvial, el 6% de las viviendas con cobertura de teja solo recolectan el drenaje a través de canaleta y lo vierten hacia la calle, el 3% de las viviendas con cobertura de teja recolectan el drenaje pluvial y lo vierten hacia las cunetas a través de montantes, el 27% de las viviendas de concreto vierten su drenaje pluvial hacia las calles, el 5% de la viviendas de concreto lo vierten a través de montantes hacia la cuneta y el 2% son lotes baldíos. Del total 215 lotes identificados en el área de estudio, el 51% de las viviendas descarga su drenaje pluvial a la red de alcantarillado a través de las cajas de registro, de esta manera generándole aporte adicional a las aguas residuales que evacua y transporta la red de alcantarillado existente.

Para el objetivo específico 01, según el RNE OS.060 de drenaje pluvial urbano de Título II Habilitaciones Urbanas, II.3. Obras de Saneamiento, nos establecen criterios generales de diseño que comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se

precipitan sobre un área urbana, sin embargo, esta normativa está desarrollado solo para las aguas pluviales que precipitan en las calles, que con el fin de evitar acumulaciones se diseñan las cunetas que son las que recolectan para luego descargarlas en una red de drenaje pluvial. Existiendo una deficiencia en la normativa sobre la evacuación del drenaje pluvial que se forman en las viviendas, que en su mayoría las descargan directamente hacia la caja de registro de desagüe que por ende va directo a la red de alcantarillado.

Para el objetivo específico 01, según Dueñas y Mayhuire (2015) la manera descontrolada como ingresan las aguas pluviales a la red colectora de aguas residuales de la urbanización Tupac Amaru, han generado rebalse en la capacidad de la red de conducción en la época de lluvia haciéndola crítica la calle Tinta por los constantes colapsos, donde el volumen rebasado es del 24% hasta 170% en relación a su capacidad de la red actual, haciéndola a su red existente insuficiente para conducir los volúmenes originados por la demanda de agua residuales de población incrementando con el volumen de agua generado por las aguas pluviales, en la investigación también se ha observado y demostrado que en la temporada de lluvia ciertas calles como Jr. Agustín Gamarra y Virrey Toledo, los buzones han colapsado y han inundado las calles.

Para el objetivo específico 01, según Ramirez (2019) para determinar el diseño del sistema de drenaje pluvial, discretizaron el área de estudio en áreas de drenaje con el fin de determinar CN y los modelos de transformación de lluvia- escorrentía, lo mismo que se realizó en la investigación, discretizar el área de estudio en área de drenaje para determinar el aporte de la precipitación pluvial a la red de alcantarillado existente. La inadecuada evacuación del drenaje pluvial en el cercado de Huancavelica ha generado problemas como: en la transitabilidad peatonal y vehicular, daños en las veredas y pavimentos, inundaciones, contaminación del agua pluvial, arrastre y acumulación de residuos sólidos y aporte adicional de caudal pluvial a la red de alcantarillado. Determinar el aporte de la precipitación pluvial es importante y necesario para

las consideraciones en los diseños futuros de la red de alcantarillado, que permitirán evitar estos problemas.

Para el objetivo específico 02, la red alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica tienen un último mejoramiento en el 2008, por lo cual se requiere conocer su estado actual de los parámetros geométricos del diámetro de las tuberías y la pendiente de los tramos, para determinar si los diámetros existente cumplen con la capacidad de evacuación y transporte del caudal actual de las aguas residuales y si la pendiente de los tramos favorecen para el arrastre de los sólidos producto de las heces y restos de comida que ingresan por los sumideros, con el fin evidenciar posibles problemas en cuanto a la capacidad de los diámetros existente y la pendiente.

Para el objetivo específico 02, según la norma técnica OS.070 (Redes de aguas residuales), la pendiente mínima que asegura el arrastre de los sólidos en la red de alcantarillado es de 0.5% (0.005m) y el diámetro de la tubería debe cumplir a un 75% como máximo del tirante hidráulico para evitar colapso y generar malos olores. Cuando la pendiente en la red de alcantarillado es menor a ese porcentaje (0.5%) no asegura el arrastre de los sólidos presentes en la red, generando así, acumulación de esos sólidos, atoro del flujo y colapso y un diámetro inadecuado lo conlleva aún más a problemas de colapso en diferentes puntos de los buzones en temporada de lluvia. De la investigación, en el cercado de Huancavelica existen 05 tramos que incumplen con su pendiente generándole aporte adicional al otro buzón, que el cual fue diseñado para un caudal dado y que el 83% de los tramos no cumplen con la capacidad de transporte del 75% del diámetro de la tubería existente. Esto evidenciándose en los colapsos de los buzones ubicados en el Jr. Agustín Gamarra y Jr. Virrey Toledo con Sebastián Barranca (zona muy transitada tanto vehicularmente como peatonal), generando consigo malestar en los habitantes circundantes.

Para el objetivo específico 02, según Vargas y Villegas (2013) nos indican que al modelar la red de alcantarillado sanitaria y pluvial de la urbanización Plaza Madrid, con el fin de conocer el comportamiento de las

redes desde el inicio hasta el final de la urbanización, nos propone que los diámetros lógicos y coherente con las que se deberían evacuar las aguas residuales y aguas pluviales en el futuro deben ser entre 0.184 (8") m a 0.227 (10") para agua residual y 0.284m (12") y 0.422m (18") para agua pluvial, para así, evitar problemas futuros de colapsos e inundaciones; de esta manera, según lo evaluado los diámetros adecuados para que la red de alcantarillado existente del barrio centro de la ciudad de Huancavelica puedan evacuar estos caudales reales (caudal residual más el caudal de aporte pluvial) sin problemas podría ser: para los tramos C-1 al C-8, C-10, C-12, C-17, C-18, C-21, C-22, C-32, C-35 al C-37 y del C-40 al C-47 un diámetro de 200mm, para los tramos C-9 y C-13 un diámetro de 250mm, para los tramos C-11, C-23, C-28, C-29 y C-46 un diámetro de 315mm, para el tramo C-24 un diámetro de 355mm, para los tramos C-14, C-15 y C-25 un diámetro de 450mm, para el tramo C-16 un diámetro de 500mm y para los tramos C-20, C-27, C-47, C-19, C-26, C-30, C-31, C-33, C-34, C-38 y C-39 superan diámetros de 26", que son poco comercial para una ciudad con esta población y los tramos C-48 y C-49 son los puntos de salida. Estos son los diámetros que podrían favorecer, para que la condición de la red de alcantarillado existente sea hidráulicamente buena, pero existen tramos donde sobrepasan el diámetro comercial y son sobre todo los tramos con mayor caudal que aportan a los buzones donde colapsan, estos tramos se ubican en los sistemas de salida del Bz-34 y Bz-21. Si todos los tramos transportarían un caudal promedio (caudal más aporte) y tendría un tirante hidráulico promedio, el diámetro adecuado sería el de 20" y así, si se cumple con el tirante hidráulico de diseño según la RNE OS 0.70: Redes de aguas residuales.

Para el objetivo específico 03, existen también factores externos que son causantes del colapso de la red de alcantarillado existente, evidenciándose esto en el colapso de los buzones. La inadecuada educación ambiental y sanitaria en los pobladores; es la que genera uno de estos factores identificado que es la presencia de residuos sólidos en los buzones, el inadecuado mantenimiento del sistema existente y conexiones que no han sido

consideradas en el diseño, son las causantes del colapso. En la apertura de los buzones se han podido evidenciar la presencia de residuos sólidos y sedimentos en los buzones que hacen que colapsen constantemente en temporada de lluvia y se evidencio también la existencia de conexiones clandestinas de drenaje pluvial, el cual le genera aporte al caudal de diseño. Su estado actual de los buzones es: el 50% está en estado “bueno”, 42% en estado “regular” y un 8” en estado “malo o colapsado”.

Para el objetivo específico 03, según Quispe (2013) nos indica que los constantes problemas que generaban el colapso de la red de alcantarillado existente del jirón La Cantuta, era que los tramos no cumplían con la pendiente mínima normada y que el caudal era mínimo para los diámetros existentes, si se sabe que la pendiente adecuada es fundamental para la autolimpieza de la tubería, del diagnóstico a los buzones determinaron que de los 14 buzones, 02 tienen una profundidad menor a la mínima, 03 se encuentran sedimentados y 01 parcialmente colapsados, esto debido a la acumulación de lodos y restos de residuos sólidos que no podían ser arrastrados por la deficiencia en la pendiente y el caudal mínimo. El problema es similar a los factores externos que influyen en el colapso de la red de alcantarillado existente, la falta constante de mantenimiento hace que los sedimentos y restos de residuos sólidos se acumulen y obstaculicen el paso de las aguas residuales haciendo que estas colapsen, esto se evidencia frecuentemente en los buzones.

Para el objetivo específico 03, la EPS- E.M.A.P.A. de Huancavelica, debería realizar constantemente el mantenimiento de los buzones; preferiblemente los que presentan frecuentemente estos problemas para así prevenir el colapso, y el cambio de los diámetros en la red de alcantarillado, sobre todo en las salidas (Bz-21, Bz-34 y Bz-36), y también dar uso a los buzones inoperativo (Bz-35).

CONCLUSIONES

- La condición existente de la red de alcantarillado del barrio Centro del mercado de Huancavelica es hidráulicamente mala, tras la evaluación de los tirantes hidráulicos de los diámetros existente de la red de alcantarillado considerando ambos caudales (residual más pluvial), tan solo el 17% de las tuberías se encuentran por debajo del tirante máximo permitido según RNE OS.070 y le 83% de las tuberías se encuentran por encima del tirante máximo permitido, haciendo que su condición existente no sea la adecuada.
- El aporte pluvial que se genera en el mercado de Huancavelica a la red de alcantarillado es de un 14%, esta determinación se obtuvo partir de las 61 áreas totales, donde 31 áreas presentan áreas de drenaje que en una cuenca urbana se comporta como subcuencas.
- Se evaluó parámetro de la pendiente en los 49 tramos (tuberías), donde 41 tuberías cumplen con su pendiente de diseño y 8 tuberías no cumplen su pendiente de diseño, generándoles aportes adicionales a las otras. Del parámetro del diámetro se evaluó la tirante hidráulica considerando el caudal residual, siendo el 40% de las tuberías que cumplen y un 60% de las tuberías que no cumplen su funcionamiento adecuado haciéndolas ineficiente tan solo con su diseño.
- Existen 03 factores externos: presencia de residuos sólidos, acumulación de sedimentos y conexiones clandestinas, que influyen en el colapso de la red de alcantarillado, evidenciándose esto en el estado actual de los buzones. De la evaluación de los buzones de acuerdo a estos factores el 50% se encuentra en buen estado, el 42% en estado regular y un 8% en estado malo, ósea colapsado.

RECOMENDACIONES

- La EPS E.M.A.P.A debería realizar su mantenimiento constante de todos los buzones y sobre todos de aquellos que siempre presentan estos problemas en temporadas de lluvia.
- La EPS E.M.A.P.A debería tener actualizado su plano de catastro y red de alcantarillado.
- La EPS E.M.A.P.A debería manejar un plano de conexiones domiciliarias.
- Se debería considerar este aporte de la precipitación pluvial en los diseños de la red de alcantarillado para evitar estos problemas por la sobrecarga de caudal.
- La municipalidad de la jurisdicción debería capacitar o concientizar a la población sobre la disposición correcta de evacuar su drenaje pluvial hacia las cunetas.
- La municipalidad de la jurisdicción debería intensificar capacitaciones en educación ambiental y sanitaria a la población, para evitar que los residuos sólidos sean evacuados en la red de alcantarillado y en las cunetas, el cual obstaculiza su pase generando colapsos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, V. (2018). Caudales de Precipitación en el Drenaje Pluvial en la Cuenca Urbana de la Ciudad de Huancavelica. *Universidad Nacional de Huancavelica*, 157. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agredo, G. (2013). La Cuenca Urbana Como Unidad Territorial Para La Planificación Del Desarrollo Sostenible En Ciudades De Media Montaña Del Trópico Andino. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 496.
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. En *Introducción a la metodología científica* (Vol. 1, Número 1). <https://doi.org/Q180.55-M4A7>
- Brown, S., Schail, J., Morris, J., Doherty, C., Stein, S., & Warner, J. (2001). *Urban Drainage Design Manual - HEC22* (Vol. 2009, Número 22). US Department of Transportation.
- Cajigas, A. (2005). Ingeniería de Aguas Residuales- Tratamiento, vertido y reutilización. En *McGraw-Hill* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chereque, W. (2010). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*.
- Chow, V. Te. (2014). Handbook of applied hydrology. En *McGraw-Hill* (Vol. 10, Número 1). <https://doi.org/10.1080/02626666509493376>
- Dueñas, O., & Mayhuire, H. (2015). Evaluación de la influencia de las aguas pluviales en la red colectora de aguas residuales de la urbanización Túpac Amaru del Distrito de San Sebastián. *Universidad Andina del Cusco*, 1-210.
- Ever, B. (2018). Modelamiento Hidráulico del Sistema de Alcantarillado en la Ciudad de Huancavelica, Provincia y Departamento de Huancavelica. *Universidad Nacional De Huancavelica Facultad De Ciencia de Ingeniería*.
- Giles, R. (2009). Hidrología e Hidráulica y Drenaje. En *Revista Internacional de Seguridad Social* (Vol. 62, Número 4). <https://doi.org/10.1111/j.1752-1734.2009.01342.x>
- Gómez, M. (2007). Hidrología urbana. *Colección CBI*, 235.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación.

- En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Jiménez, D. J. (2017). Modelaje De Un Sistema Urbano De Alcantarillado Pluvial En El Área De Drenaje De Los Esteros Miraflores Y Represado ... *Escuela Superior Politécnica del Litoral Centro de Investigacion Científica y Tecnología*, xx(May).
- Lazo, E. (2016). Aplicación de softwares libres en sistemas de alcantarillado sanitario en Nicaragua, tomando como estudio de caso el sistema de alcantarillado sanitario existente del casco urbano de la ciudad de Boaco en el período octubre 2015 a mayo 2016. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua Recinto Universitario Rubén Darío*, 1(1), 224.
- Linsley, R., Kohler, M., & Paulus, J. (1977). Hidrología para ingenieros. *McGraw-Hill*, 2, 398. <https://doi.org/10.1001/jama.1938.02790300058032>
- Marcia, M., & Masias, R. (2017). «Evaluacion y Propuesta de Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial de la Av. La Cultura en el Tramo: Garcilaso - Rio Cachimayo, Cusco». *Universidad Andina del Cusco*, c, 1-4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Nogales, S., & Quispe, D. (2009). Material de apoyo didactico de “Diseño y metodos constructivos de sistemas de alcantarillado y evaluacion de aguas residuales” para la materia de Ingenieria Sanitaria II. *Universidad Mayor de San Siimon*.
- Quispe, J., & Rojas, E. (2015). «Diseno del Sistema de Drenaje Pluvial de la Comunidad 3 de Mayo de Pucarumi del Distrito de Ascensión - Huancavelica». *Universidad Nacional de Huancavelica*, 119.
- Quispe, R. (2013). Evaluación de la red de alcantarillado sanitario del Jirón la Cantuta en la ciudad de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 1, 82.
- Ramirez, R. (2019). Simulacion de Lluvia Escorrentia para el Optimo Funcionamiento de Estructuras de Captacion en la Cuenca Urbana del Centro Historico de Huancavelica. *Universidad Nacional de Huancavelica*, 201. http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP_10101.pdf?sequence=1&isAllowed=y - UNH. ENF.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006a). Norma de Drenaje Pluvial Urbano OS.060. *Norma Os.060*. [https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/Título II Habilitaciones](https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/Título_II_Habilitaciones)

Urbanas/22 OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO.pdf

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006b). Redes de Aguas Residuales. *El Peruano*, 156.

<http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/458/TESIS.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Rodriguez, M. L., & Rodriguez, J. F. (2014). Modelación Y Evaluación Hidráulica Del Alcantarillado Del Municipio De Chocontá- Cundinamarca, Mediante El Uso Del Software Epa Swmm. *Universidad Católica de Colombia*, 1(1), 60. http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1686/1/Modelacion-evaluacion-hidraulica-alcantarillado-Choconta-con-software-EPA_SWMM.pdf

Rojas, P., & Humpiri, V. (2007). Evaluación, Diseño y Modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software swmm. *Universidad Nacional del Antiplano*, 47, 206. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.10.0022IPBS>

Rossmann, L. A. (2017). Storm Water Management Model Reference Manual Errata. *Environmental Protection*, II(EPA/600/R-17/111), 37-46. <https://doi.org/10.1145/948542.948544>

Ruiz, E., & Martínez, M. (2015). Hidrología aplicada: Tema 5. Escorrentía. *ocw-open course*, 57. https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/4576/mod_resource/content/1/... · A

Sanchez, J. (2017). *Hidrología Superficial y Subterráneo*.

Segeer, C., & Villodas, R. (2006). Hidrología I. *Universidad Nacional de Cuyo*, 26. <http://www.conosur-rih.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>

Siapa. (2015). Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades Alcantarillado Sanitario. En *SIAPA*.

Tito, D., & Aricoma, Q. (2009). Material de Apoyo Didáctico de «Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales» para la Materia de Ingeniería Sanitaria II. *Universidad Mayor de San Simón*.

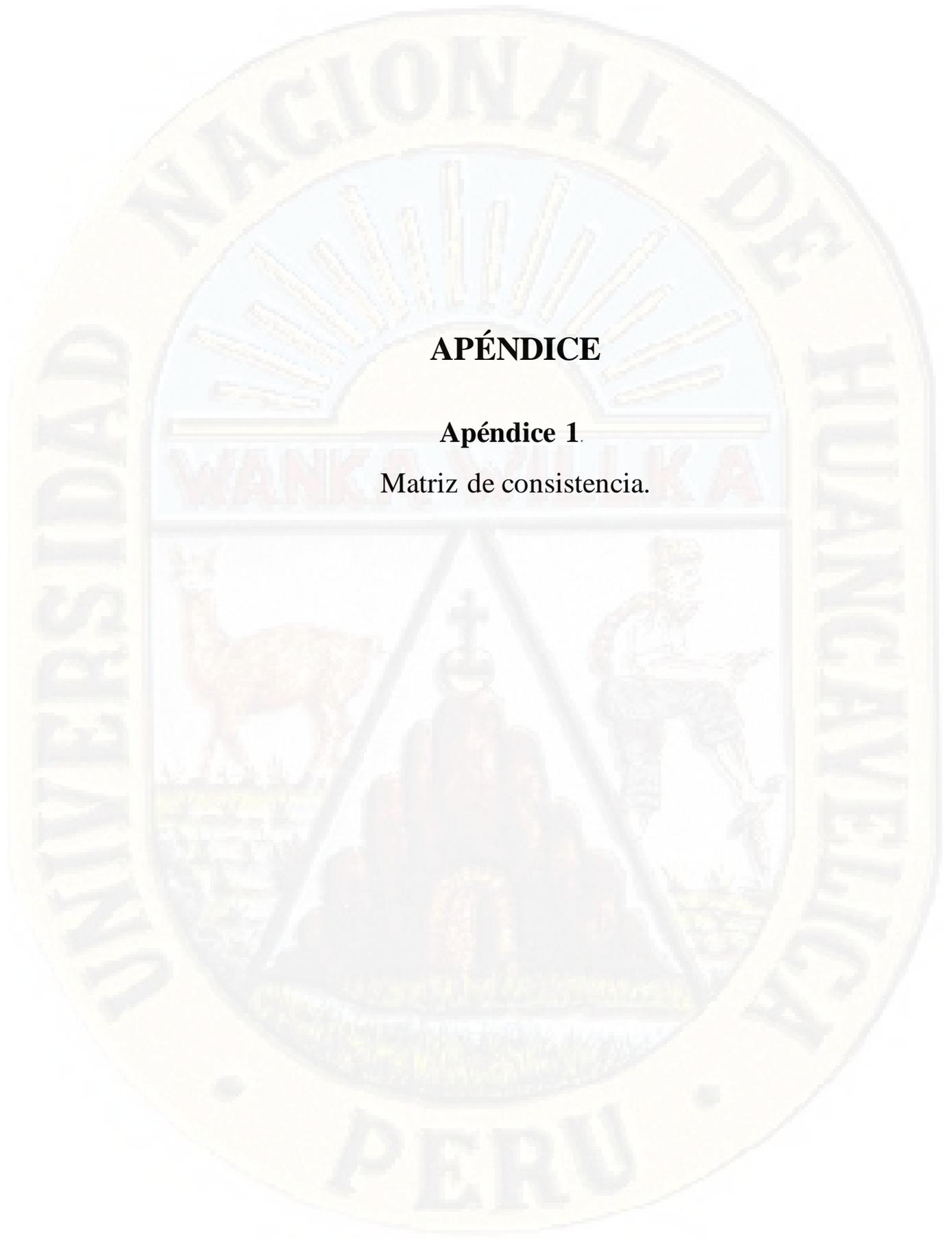
Trujillo, H., & Velasquez, J. (2015). Estudio de Hidráulica Fluvial y Simulación del Comportamiento, en Avenidas Máximas del Río Jequetepeque tramo Infiernillo-Pellejito de 19 km de Longitud, Provincia de Pacasmayo Departamento de la Libertad-2015 LINEA. *Universidad Privada Antenor Orrego*, 164.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Valdez, E. cesar, & Vázquez Gonzales, A. (2003). Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. *Fundación Ica*, 341. <https://civilgeeks.com/2016/08/01/ingenieria-los-sistemas-tratamiento-disposicion-aguas-residuales/>

Vargas, M., & Villegas, R. (2013). Modelación De La Red De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial De La Urbanización Plaza Madrid Mediante El Software Epa Swmm. *Universidad Catoilicad de Colombia*, 1(1), 58. <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1004/2/MONOGRAFIA ESPECIALIZACION.pdf>

Zimmermann, E. D. (2000). Adaptación del modelo de onda cinemática a los sistemas hidrológicos de llanura. *Universidad Nacional Rosario*, 19.



APÉNDICE

Apéndice 1.

Matriz de consistencia.

Tabla 32

Matriz de Consistencia

Evaluación de la Condición Existente de la Red de Alcantarillado Considerando el Aporte de la Precipitación Pluvial en el Cercado de Huancavelica					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables / Indicadores	Métodos y Técnica	Técnica de Recolección y Procesamiento
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el aporte de la precipitación pluvial a la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica? • ¿Cuál será la condición actual de los parámetros geométricos de la pendiente y diámetro de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica? • ¿Cuáles son los factores externos influyen en el colapso de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica? 	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar la condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el aporte de la precipitación pluvial a la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica. • Determinar la condición actual de los parámetros geométricos de la pendiente y diámetro de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica. • Determinar los factores externos que influyen en el colapso de la red de alcantarillado existente en el cercado de Huancavelica. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL La condición existente de la red de alcantarillado considerando el aporte de la precipitación pluvial en el cercado de Huancavelica es hidráulicamente mala.</p>	<p>VARIABLE DE ESTUDIO Condición existente de la red de alcantarillado.</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buena - Mala <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> -N° de vivienda -Área de drenaje pluvial (m²) -Precipitación pluvial (mm) -Caudal total (m³/s) -Pendiente en los tramos (m/m) -Diámetro de las tuberías (mm) -Factores externos en los buzones 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo.</p> <p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN Método Científico-experimental</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No experimental- transversal</p> <p style="text-align: center;">Modelo Matemático M → O</p> <p>POBLACIÓN Red de alcantarillado existente de la ciudad de Huancavelica.</p> <p>MUESTRA No probabilística La red de alcantarillado existente del cercado de Huancavelica entre el Jr. Agustín Gamarra y Virrey Toledo (38 buzones, 215 lotes y 2263.68ml de tubería).</p>	<p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación • Check- list. • Estación total • Dron • Nivel geométrico • Wincha de 5m <p>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Excel • Word • SWMM • ArcGIS • Civil 3D • Minitab versión 19

Fuente: Elaboración Propia.

Apéndice 2.

Registro de precipitación (mm) del 13/09/2017- Estación Huancavelica.

Figura 39

Precipitación (mm) del 13/09/2017 Huancavelica

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Fecha	Tiempo	Precipitación
13/09/2017	12:00 a.m.	1.0097	13/09/2017	12:00 p.m.	1.0077
13/09/2017	12:15 a.m.	1.0098	13/09/2017	12:15 p.m.	1.007
13/09/2017	12:30 a.m.	1.0099	13/09/2017	12:30 p.m.	1.0067
13/09/2017	12:45 a.m.	1.0097	13/09/2017	12:45 p.m.	1.0062
13/09/2017	1:00 a.m.	1.0096	13/09/2017	1:00 p.m.	1.0057
13/09/2017	1:15 a.m.	1.0096	13/09/2017	1:15 p.m.	1.0051
13/09/2017	1:30 a.m.	1.0096	13/09/2017	1:30 p.m.	1.0047
13/09/2017	1:45 a.m.	1.0095	13/09/2017	1:45 p.m.	1.0045
13/09/2017	2:00 a.m.	1.0093	13/09/2017	2:00 p.m.	1.0039
13/09/2017	2:15 a.m.	1.0093	13/09/2017	2:15 p.m.	1.0035
13/09/2017	2:30 a.m.	1.0094	13/09/2017	2:30 p.m.	1.0033
13/09/2017	2:45 a.m.	1.0095	13/09/2017	2:45 p.m.	1.0027
13/09/2017	3:00 a.m.	1.0092	13/09/2017	3:00 p.m.	1.0025
13/09/2017	3:15 a.m.	1.0089	13/09/2017	3:15 p.m.	1.0018
13/09/2017	3:30 a.m.	1.0089	13/09/2017	3:30 p.m.	1.0015
13/09/2017	3:45 a.m.	1.0089	13/09/2017	3:45 p.m.	1.0015
13/09/2017	4:00 a.m.	1.0089	13/09/2017	4:00 p.m.	1.0025
13/09/2017	4:15 a.m.	1.009	13/09/2017	4:15 p.m.	1.0026
13/09/2017	4:30 a.m.	1.0092	13/09/2017	4:30 p.m.	1.0023
13/09/2017	4:45 a.m.	1.0097	13/09/2017	4:45 p.m.	1.0023
13/09/2017	5:00 a.m.	1.01	13/09/2017	5:00 p.m.	1.0024
13/09/2017	5:15 a.m.	1.0101	13/09/2017	5:15 p.m.	1.0023
13/09/2017	5:30 a.m.	1.0103	13/09/2017	5:30 p.m.	1.0025
13/09/2017	5:45 a.m.	1.0103	13/09/2017	5:45 p.m.	1.0027
13/09/2017	6:00 a.m.	1.0105	13/09/2017	6:00 p.m.	1.0027
13/09/2017	6:15 a.m.	1.0107	13/09/2017	6:15 p.m.	1.0029
13/09/2017	6:30 a.m.	1.0109	13/09/2017	6:30 p.m.	1.0028
13/09/2017	6:45 a.m.	1.0111	13/09/2017	6:45 p.m.	1.0033
13/09/2017	7:00 a.m.	1.0113	13/09/2017	7:00 p.m.	1.0033
13/09/2017	7:15 a.m.	1.0116	13/09/2017	7:15 p.m.	1.0035
13/09/2017	7:30 a.m.	1.0119	13/09/2017	7:30 p.m.	1.0036

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Fecha	Tiempo	Precipitación
13/09/2017	7:45 a.m.	1.0122	13/09/2017	7:45 p.m.	1.0037
13/09/2017	8:00 a.m.	1.0121	13/09/2017	8:00 p.m.	1.0039
13/09/2017	8:15 a.m.	1.0124	13/09/2017	8:15 p.m.	1.0041
13/09/2017	8:30 a.m.	1.0125	13/09/2017	8:30 p.m.	1.0043
13/09/2017	8:45 a.m.	1.0123	13/09/2017	8:45 p.m.	1.0043
13/09/2017	9:00 a.m.	1.0121	13/09/2017	9:00 p.m.	1.0045
13/09/2017	9:15 a.m.	1.0118	13/09/2017	9:15 p.m.	1.0045
13/09/2017	9:30 a.m.	1.0116	13/09/2017	9:30 p.m.	1.0045
13/09/2017	9:45 a.m.	1.0112	13/09/2017	9:45 p.m.	1.0045
13/09/2017	10:00 a.m.	1.0109	13/09/2017	10:00 p.m.	1.0048
13/09/2017	10:15 a.m.	1.0107	13/09/2017	10:15 p.m.	1.0046
13/09/2017	10:30 a.m.	1.0101	13/09/2017	10:30 p.m.	1.0047
13/09/2017	10:45 a.m.	1.0096	13/09/2017	10:45 p.m.	1.0047
13/09/2017	11:00 a.m.	1.0091	13/09/2017	11:00 p.m.	1.0046
13/09/2017	11:15 a.m.	1.0088	13/09/2017	11:15 p.m.	1.0047
13/09/2017	11:30 a.m.	1.0084	13/09/2017	11:30 p.m.	1.0046
13/09/2017	11:45 a.m.	1.0081	13/09/2017	11:45 p.m.	1.0045

Fuente: Estación Huancaavelica - E.P de Ingeniería Civil- Proyecto FOCAM

Apéndice 3

Reporte de caudal residual de un 1 año por calles- EPS.

E.M.A.P.A.

Figura 40

Caudal residual del Jr. Agustín Gamarra

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
JR. AGUSTIN GAMARRA	561	34	6.41
JR. AGUSTIN GAMARRA	143	34	7.83
JR. AGUSTIN GAMARRA	114	34	3.45
JR. AGUSTIN GAMARRA	114	34	7.3
JR. AGUSTIN GAMARRA	135	34	4.21
JR. AGUSTIN GAMARRA	105	34	0.13
JR. AGUSTIN GAMARRA	106	34	9.72
JR. AGUSTIN GAMARRA	130	34	6.81
JR. AGUSTIN GAMARRA	108	34	2.16
JR. AGUSTIN GAMARRA	107(DISCOTECA SAUNA)	34	54.26
JR. AGUSTIN GAMARRA	107(DISCOTECA SAUNA)	34	134.39
JR. AGUSTIN GAMARRA	480(COPIADORAS O CGAMARRITA)	34	19.08
JR. AGUSTIN GAMARRA	480B	34	0.63
JR. AGUSTIN GAMARRA	103	34	0.16
JR. AGUSTIN GAMARRA	188	36	0.79
JR. AGUSTIN GAMARRA	192	36	0.81
JR. AGUSTIN GAMARRA	111(TAMBIEN DISCOTE)	36	51.97
JR. AGUSTIN GAMARRA	152	36	2.34
JR. AGUSTIN GAMARRA	160	36	3.73
JR. AGUSTIN GAMARRA	248	37	0.02
JR. AGUSTIN GAMARRA	258	37	2.94
JR. AGUSTIN GAMARRA	203	37	0.14

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 41*Caudal residual del Jr. Arequipa*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
JR. AREQUIPA	118	37	26.24
JR. AREQUIPA	149	37	1.3
JR. AREQUIPA	145	37	0
JR. AREQUIPA	137	37	28.55
JR. AREQUIPA	119	37	7.1
JR. AREQUIPA	153	37	15.94

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 42*Caudal residual Jr. Carabaya*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
CARABAYA	371	23	10.95
CARABAYA	INICIAL	23	72.23
CARABAYA	343	23	0.103
CARABAYA	PNP	23	53.13
CARABAYA	434	30	6.87
CARABAYA	439	30	2.13
CARABAYA	383	31	2.26
CARABAYA	383	31	2.94
CARABAYA	390	31	143.73

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 43*Caudal residual Jr. Arica*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
JR. ARICA	259	7	3.48
JR. ARICA	246	7	2.41
JR. ARICA	230	7	0.07
JR. ARICA	230	7	2.94
JR. ARICA	230	7	2.94
JR. ARICA	212	11	1.35
JR. ARICA	220	11	17.98
JR. ARICA	220	11	1.19
JR. ARICA	241	11	1.65

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 44*Caudal residual Jr. Manco Cápac*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
MANCO CAPAC	598	26	2.14
MANCO CAPAC	588	26	16.08
MANCO CAPAC	485	26	138.5
MANCO CAPAC	568	27	24.29
MANCO CAPAC	345	34	1.64

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 45*Caudal residual Jr. Manuel Ascencio Segura*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s)MAR/2018 - FEB 2019
MANUEL ASCENSIO.S	220	11	6.34
MANUEL ASCENSIO.S	248	12	3.04
MANUEL ASCENSIO.S	168	10	1.35
MANUEL ASCENSIO.S	S/N	10	10.07
MANUEL ASCENSIO.S	174	10	2.94

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 46*Caudal residual Jr. Raimondi*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s)MAR/2018 - FEB 2019
JR RAIMONDI	CARITAS	1	9.011
JR RAIMONDI	267	1	17.53
JR RAIMONDI	256	1	1.15
JR RAIMONDI	280	1	1.65
JR RAIMONDI	OBISPADO	3	2.7
JR RAIMONDI	INC	4	3.18

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 47*Caudal residual Jr. Sebastián Barranca*

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
SEBASTIAN BARRANCA	365	18	34.12
SEBASTIAN BARRANCA	360	18	4.8
SEBASTIAN BARRANCA	380	18	1.81
SEBASTIAN BARRANCA	374	18	0.8
SEBASTIAN BARRANCA	394	18	4.12

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
SEBASTIAN BARRANCA	348	18	4.24
SEBASTIAN BARRANCA	398	18	2.34
SEBASTIAN BARRANCA	395	18	7.58
SEBASTIAN BARRANCA	366	18	34.73
SEBASTIAN BARRANCA	VILCHEZ CARDENAS RICARDO	19	23.92
SEBASTIAN BARRANCA	346	19	14.26
SEBASTIAN BARRANCA	335	19	1.72
SEBASTIAN BARRANCA	316	19	0.51
SEBASTIAN BARRANCA	315	19	0.66
SEBASTIAN BARRANCA	344	19	52.05
SEBASTIAN BARRANCA	CENZANO BREÑA LUIS	20	0.73
SEBASTIAN BARRANCA	BOZA 366	20	34.25
SEBASTIAN BARRANCA	AUDITORIO M. MUÑOZ	21	653.13
SEBASTIAN BARRANCA	ENRIQUEZ HUAMAN CRECENCIA	21	2.45
SEBASTIAN BARRANCA	215	21	5.98
SEBASTIAN BARRANCA	CENZANO BREÑA LUIS	21	82.68
SEBASTIAN BARRANCA	CENZANO BREÑA LUIS	21	3.65
SEBASTIAN BARRANCA	CENZANO BREÑA LUIS	21	1.36
SEBASTIAN BARRANCA	CENZANO BREÑA LUIS	21	18.65
SEBASTIAN BARRANCA	220	21	1.13

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Figura 48

Caudal residual Jr. Virrey Toledo

CALLE	USUARIO	DESTINO BZ N°	CAUDAL PROMEDIO (l/s) MAR/2018 - FEB 2019
VIRREY TOLEDO	265	9	2.94
VIRREY TOLEDO	265 INT	9	5.48
VIRREY TOLEDO	272	9	9.89
VIRREY TOLEDO	265	9	2.38
VIRREY TOLEDO	235	10	5.33
VIRREY TOLEDO	221	10	2.51
VIRREY TOLEDO	235	10	5.33
VIRREY TOLEDO	274	21	0.97
VIRREY TOLEDO	262	21	2.16
VIRREY TOLEDO	176	23	0.64
VIRREY TOLEDO	BIBLIOTECA	24	0.53

Fuente: E.M.A.P.A.-Elaboración propia.

Apéndice 4

Diagnóstico del estado situacional de los buzones.

Diagnóstico de los Buzones de Alcantarillado	
Buzón (Bz)-01	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro 1.20m, con una profundidad de 1.35m, presenta una tapa de material hierro fundido, el tipo de tubería es de PVC de D= 8", a la altura del pase de agua es de un 25% del diámetro de tubería, este buzón está funcionando tal como indica el plano de alcantarillado de EMAPA.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Con gran cantidad de presencia de sedimentos (arena y piedras). ➤ Ese buzón está funcionando tal como indica su diseño, ese recibe el aporte también del buzón N°02.
Buzón (Bz)-02	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m de profundidad de 2.05m la tubería es de PVC de diámetro D=8", la tapa es de hierro fundido y la altura de agua de pase por la tubería de salida es del 25% del diámetro, este buzón se encuentra operativo y no está cumpliendo con la función como indica en el plano de alcantarillado de EMAPA.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón es de pase directo y de doble arranque, pero uno de sus arranques no tiene la adecuada pendiente para que el flujo se descargue en el buzón correspondiente, por lo que esta regresa e ingresa al mismo buzón de arranque, y de esa manera no cumple su función además de adicionar una descarga, de ello se observa también que la descarga viene

	<p>hacer producto del drenaje pluvial de esas viviendas. El otro punto de arranque tiene una piedra colocada en el ingreso para evitar el ingreso del aporte residual.</p>
Buzón (Bz)-03	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro 1.20m y una profundidad de 1.00m, la tubería de pase es de PVC de 8" y la tapa es de hierro fundido, la altura de pase de agua por la tubería de salida es del 40% del diámetro, se encuentra operativo y cumple la función tal como indica su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también el aporte del buzón N°01 y tiene dos salidas, hacia el buzón N°07 y N°04..
Buzón (Bz)-04	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y una profundidad de 1.65m, la tubería de pase es de PVC de 8" y la tapa de hierro fundido, el pase de agua es del 25" del diámetro, se encuentra operativo y cumple su función de diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe además el aporte del buzón N°03, N°6 y de la buzóneta N°04 (exclusivo del instituto santa rosa).
Buzón (Bz)-05	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzoneta de 0.90mx0.90m de una profundidad de 0.80m, tiene una tubería de PVC con tapa de hierro fundido, se encuentra en estado operativo y esta funcionando según su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este es una buzóneta que recibe el aporte del residual y pluvial instituto santa rosa, este se encontró con gran cantidad de sedimentos

	(arena y lodo), el cual está obstruyendo el pase de la descarga, ya que este sedimento tiene una altura aproximado de 0.18m,
Buzón (Bz)-06	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.00m, con tubería de PVC de 8", tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 25% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Buzón de doble arranque, es el aporte del buzón N°04. ➤ Unos de sus arranques se encuentra obstruida por los lodos y una parte de la base está cubierta de lodos.
Buzón (Bz)-07	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.00m, con tubería de PVC de 8", tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 25% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe el aporte del buzón N°03 y es el aporte para el buzón N°11.
Buzón (Bz)-08	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.00m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 25% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón tiene pase directo y un punto de arranque, este recibe el aporte también del buzón N°04. ➤ Este buzón se encuentra en peligro, puesto que no tiene los 0.20m de espesor de la losa superior (tapa del buzón), sino que solo es cubierto por la plataforma del piso de esa calle (0.05m aproximadamente).
Buzón (Bz)-09	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.70m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <p>Este buzón recibe el aporte del Bz-08 y es el aporte para los Bz- 10 y 37.</p>
Buzón (Bz)-10	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe el aporte de los Bz- 19 y 11 y es el aporte para el Bz-24. ➤ Se encontró plásticos pequeños.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La tapa de concreto dificulta el mantenimiento del mismo, puesto que es muy pesado.
Buzón (Bz)-11	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 25% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe el aporte del Bz-07 y 12 y es el aporte del Bz-10. ➤ El peso de la tapa de concreto dificulta realizar el mantenimiento.
Buzón (Bz)-12	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.50m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Se encontró pequeñas cantidades de sedimentos (arena y piedras). ➤ Ese buzón está funcionando tal como indica su diseño, este recibe el aporte también del buzón N°13.
Buzón (Bz)-13	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.20m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 25% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta un arranque que descarga la Bz N°14, pero independiente este aporta al Bz N°12. ➤ Este buzón no presenta ningún tipo de residuo y se encuentra funcionando adecuadamente.
Buzón (Bz)-14	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 2.20m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este Bz aporta al Bz N°15. ➤ El espesor de 0.10cm de la losa superior (tapa), genera un peligro puesto que está ubicado en una zona de tránsito vehicular y esta tiende a hacer muy débil. ➤ Este buzón no presenta ningún tipo de residuo, por lo que se encuentra funcionando adecuadamente.
Buzón (Bz)-15	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.60m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 75% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ A interior de la tapa y alrededores se encuentra óxidos. ➤ El recubrimiento o el espesor de la losa superior (tapa) es muy débil, ya que esta no

	<p>llega ni a los 0.10m y los aceros se encuentran expuesto,</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón tiene un punto de arranque, este recibe el aporte del Bz-14 y aporta para el Bz-26. ➤ No se encontró ningún tipo de residuos y está funcionando adecuadamente.
Buzón (Bz)-16	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 100% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón tiene un punto de arranque, recibe el aporte del Bz- 15 y aporta para el Bz- 29, ese punto de arranque no funciona como tal ya que su aporte residual regresa al Bz de origen generando un aporte extra y de esa manera no cumpliendo con la función de su diseño. ➤ La tapa de ingreso es de un aproximado de 0.4m, el cual impide el ingreso del personal para realizar el mantenimiento. ➤ Este buzón por las características de construcción se muestra muy antiguo, dentro de ellas se encontró gran cantidad de sedimentos y restos de comida. ➤ Se encontró residuos como: restos de comida y sedimentos (lodo y arena). ➤ El incumplimiento de la función de diseño del buzón.

Buzón (Bz)-17	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 2.10m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 15% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta poca cantidad de sedimentos (arena y piedras). ➤ Ese buzón no cumple su función de diseño, puesto que no recibe el aporte del Bz N°16 y está funcionando como Bz de doble arranque. ➤ Este buzón por las características que muestran, es antiguo, posee una escalera de gato oxidado, las paredes oxidadas.
Buzón (Bz)-18	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.50m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Se encontró pocos restos de residuos sólidos como: cartones y maderas. ➤ Se encontró en pequeña cantidad de sedimentos (arena y piedras). ➤ Este buzón recibe el aporte del Bz- 17 y genera aporte para el Bz- 19. ➤ Este buzón muestra al interior óxidos en el concreto y en la tapa.
Buzón (Bz)-19	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de salida de PVC de 8” y de entrada de concreto de 8” de tapa de concreto, con una altura de agua amulada en el buzón, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta en grandes cantidades restos fecales, comida, papel, etc. ➤ Con gran cantidad de presencia de sedimentos (arena y piedras). ➤ Recibe aporte adicional pluviales. ➤ Incumplimiento de su función, puesto que se encuentra colapsado el pase del flujo acumulándose en el buzón. ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-18 y 32, y genera aporte para el Bz-20
Buzón (Bz)-20	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 2.00m, tubería de PVC de 8” de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 95% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño. Tiene una tubería de ingreso directo de drenaje pluvial proveniente de la Municipalidad Provincial de Huancavelica.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Con poca cantidad de presencia de sedimentos (arena, lodo y piedras). ➤ Ese buzón recibe un aporte adicional de drenaje pluvial de la MPH, a través de una tubería de concreto. ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-19 y genera aporte para el Bz- 21. ➤ La carga de flujo está al límite de la tubería de la alcantarilla.

Buzón (Bz)-21	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 2.10m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua acumulada en el buzón, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Con gran cantidad de presencia de residuos sólidos (restos de comida, papel, etc.) y restos fecales. ➤ Con gran cantidad de presencia de sedimentos (arena y piedras). ➤ Este buzón por la sola imagen se muestra que se encuentra colapsada, debido a carga que presenta. ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-20 y 22.
Buzón (Bz)-22	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.50m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 10% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón no cumple su función de pase del flujo, sino la de doble arranque, siendo su profundidad la desventaja del incumplimiento de su función ➤ Le genera un aporte al Bz N°21 y Bz N°23.
Buzón (Bz)-23	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.50m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 100% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta poca cantidad de sedimentos y restos de residuos sólidos. ➤ Recibe su aporte de drenaje pluvial. ➤ Incumple sus funciones, puesto que recibe un aporte adicional del Bz N°22. ➤ En temporada de lluvia este es uno de los Buzones que presenta problemas de colapso.
Buzón (Bz)-24	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, con tubería de ingreso de PVC de 8" y de salida de PVC de 8", de tapa de concreto, con una altura de agua del 75% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón le genera aporte al Bz N°34. ➤ No presenta restos de residuos sólidos ni sedimentos.
Buzón (Bz)-25	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 100% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ No presenta restos solidos ni sedimentos. ➤ Le genera aporte alBz N°24 y recibe el aporte del BZ N°27.
---	--

Buzón (Bz)-26

Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 0.90m, tubería de concreto de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe el aporte también del Bz-14 y genera aporte de descarga para el Bz-27. ➤ Este presenta una tubería de salida de concreto. ➤ Se encontró pequeña cantidad de sedimentos.

Buzón (Bz)-27

Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de PVC de 8" de ingreso y de 10" de salida de tapa de concreto, con una altura de agua del 100% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta poca cantidad de sedimentos (arena y piedras).

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-26 y 28 y genera aporte de descarga para el Bz-25, y tiene un punto de arranque para el Bz-30.
Buzón (Bz)-28	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.20m, tubería de PVC de 8" de tapa de concreto, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón de arranque que genera aporte para el Bz- 27. ➤ No se encontró restos de residuos sólidos ni sedimentos.
Buzón (Bz)-29	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.40m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 90% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-16 y genera aporte de descarga para el Bz- 30. ➤ No se encontró restos de residuos y sedimentos. ➤ El aporte que recibe del Bz-16 es en fuerte cantidad, puesto que la tubería pasa casi llena.
Buzón (Bz)-30	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.65m, tubería de ingreso de PVC de 8" y una tubería de concreto de 8", de tapa hierro fundido, con una altura de agua acumulada en el buzón, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta en poca cantidad de sedimentos (arena y piedras). ➤ Incumple su función de diseño, puesto que, recibe un aporte adicional del Bz N°32 el cual la hace de arranque. ➤ Hay presencia de sedimento como: área y lodo el cual general obstrucción para el paseo de la descarga.
Buzón (Bz)-31	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.80m, tubería de concreto de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 75% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también aporte del Bz-30 y genera aporte para el Bz-23. ➤ Se encontró en pequeñas cantidades sedimentos (arena). ➤ Por lo que se muestra, este buzón tiene las partes internos (paredes) oxidadas, la escalera de gato oxidados y débiles.
Buzón (Bz)-32	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.20m, tubería de concreto de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 100% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño. Tiene una tubería de ingreso pluvial.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también el aporte del punto de arranque del Bz-30 y genera aporte para el Bz-19. ➤ En la imagen se muestra el ingreso del drenaje pluvial. ➤ La tubería de entrada y salida pasan llenos.
Buzón (Bz)-33	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.20m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 50% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-23 y genera aporte para Bz-34. ➤ El espesor de la losa superior o recubrimiento es muy débil, puesto que no cumplen los 0.20m, y como se muestra en la imagen los aceros se encuentran expuestos y la zona donde se encuentra ubicada es bien transitada tanto peatonal como vehicular. ➤ Presencia de poca cantidad de sedimentos (arena).
Buzón (Bz)-34	
Fotografía	Descripción

	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.35m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 100% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta poca cantidad de residuos sólidos sedimentados. ➤ Con gran cantidad de presencia de sedimentos (arena y piedras). ➤ Este buzón es el que presenta mayor problema, puesto que está ubicada en una zona transitada peatonalmente como vehicular y alrededor se encuentra galerías, centros técnicos, colegio, y centro recreacional. ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-24,33 y 35 y solo tiene un punto de salida. ➤ Hay presencia de residuos como excremento y sedimentos. ➤ Este buzón genera fuertes olores desagradables en la temporada de sequía y en la temporada de lluvia tienden a colapsar, tanto las rejillas de drenaje pluvial.
Buzón (Bz)-35	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.10m, tubería de PVC de 8" de concreto, se encuentra en estado inoperativo, colapsado tal como se muestra en la imagen.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón no cumple su función y está cumpliendo la función de doble arranque, puesto que ese aporte se dirige a ambas direcciones y como se muestra en la imagen se encuentra colapsada
Buzón (Bz)-36	

Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.50m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de acumulada en el buzón, se encuentra en estado operativo y no está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Con gran cantidad de presencia de sedimentos (arena y piedras). ➤ Ese buzón este incumplimiento su función de diseño, puesto que recibe un aporte adicional del Bz N°35. ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-37 y tiene un punto de arranque para el Bz-35 y genera aporte para un solo punto, el cual no se está cumpliendo la función ya que el punto de arranque también genera ingreso de aporte. ➤ Se encontró presencia de lodo y el punto de salida esta obstruido por la mitad por una piedra.
Buzón (Bz)-37	
Fotografía	Descripción
	<p>Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.40m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 75% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.</p> <p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Este buzón recibe también el aporte del Bz-9 y del punto de arranque del Bz-38 y genera aporte para el Bz-36. ➤ Se encontró lodo en pequeña cantidad y el pase de la descarga en la tubería es casi lleno.
Buzón (Bz)-38	
Fotografía	Descripción



Buzón de diámetro de 1.20m y de profundidad de 1.30m, tubería de PVC de 8" de tapa hierro fundido, con una altura de agua del 75% del diámetro de tubería, se encuentra en estado operativo y está funcionando tal como su diseño.

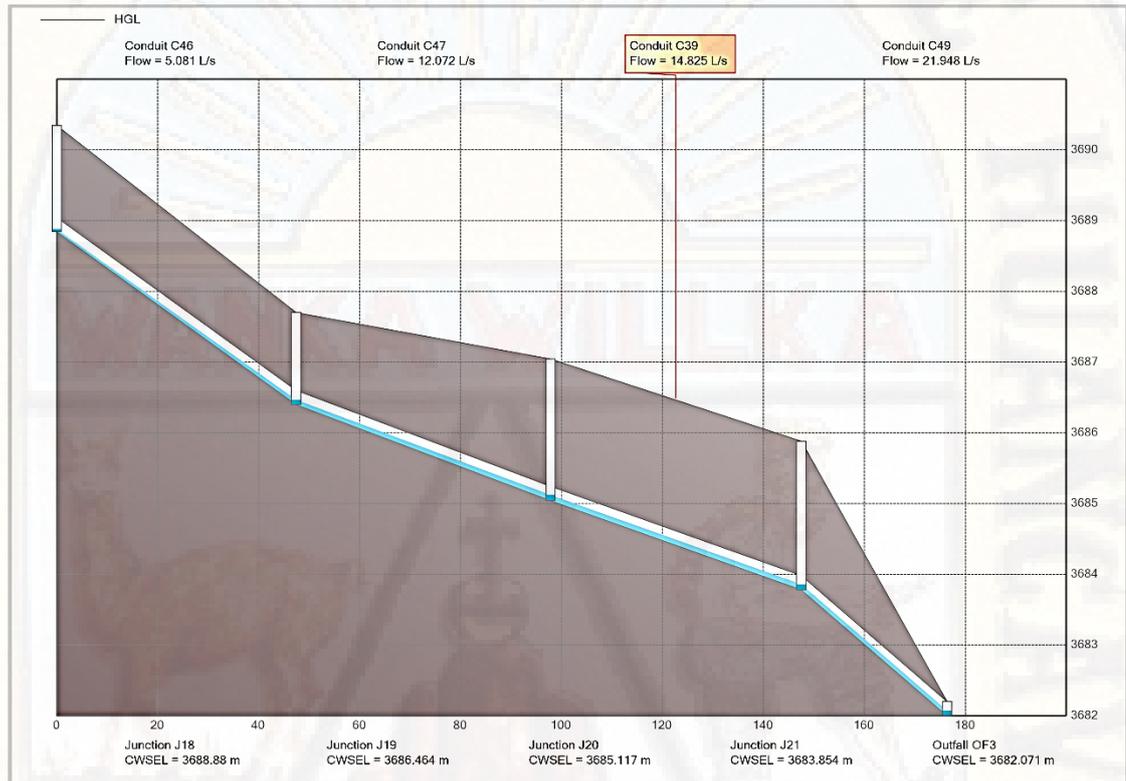
Observaciones:

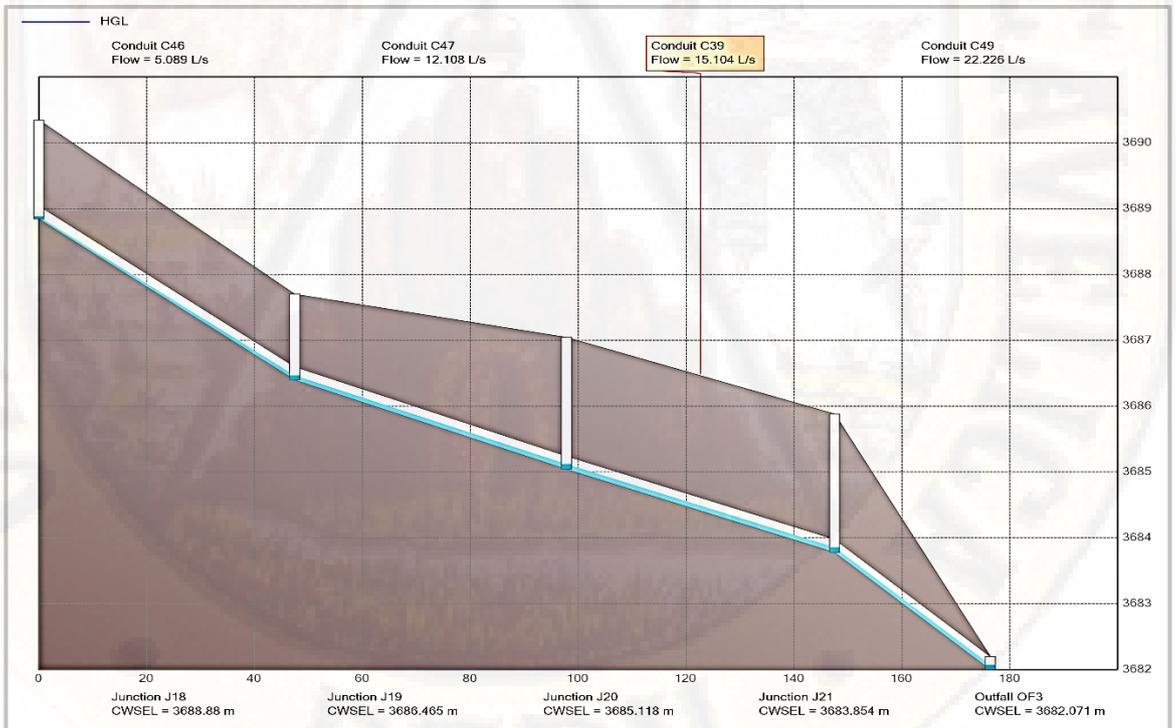
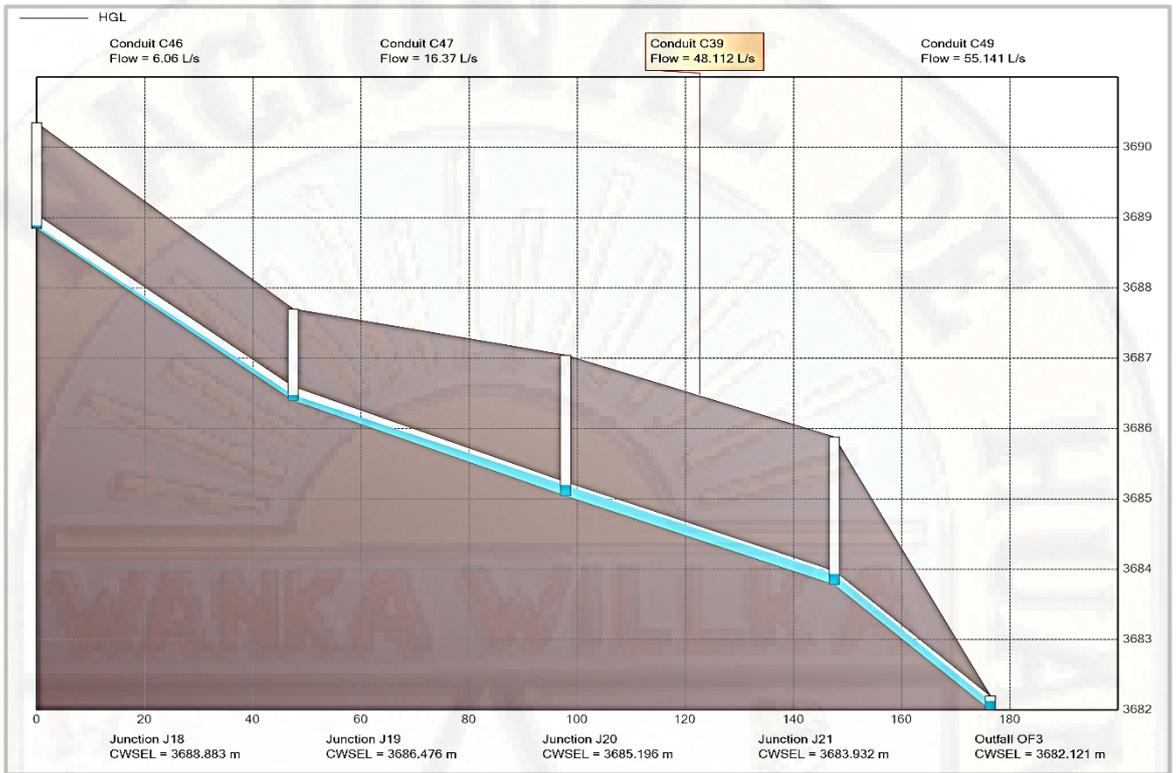
- Este buzón dentro de nuestra área de estudio tiene un punto de arranque, el cual está dentro del área y genera un aporte de descarga para el Bz-37.
- No se encontró restos de residuos.

Apéndice 5

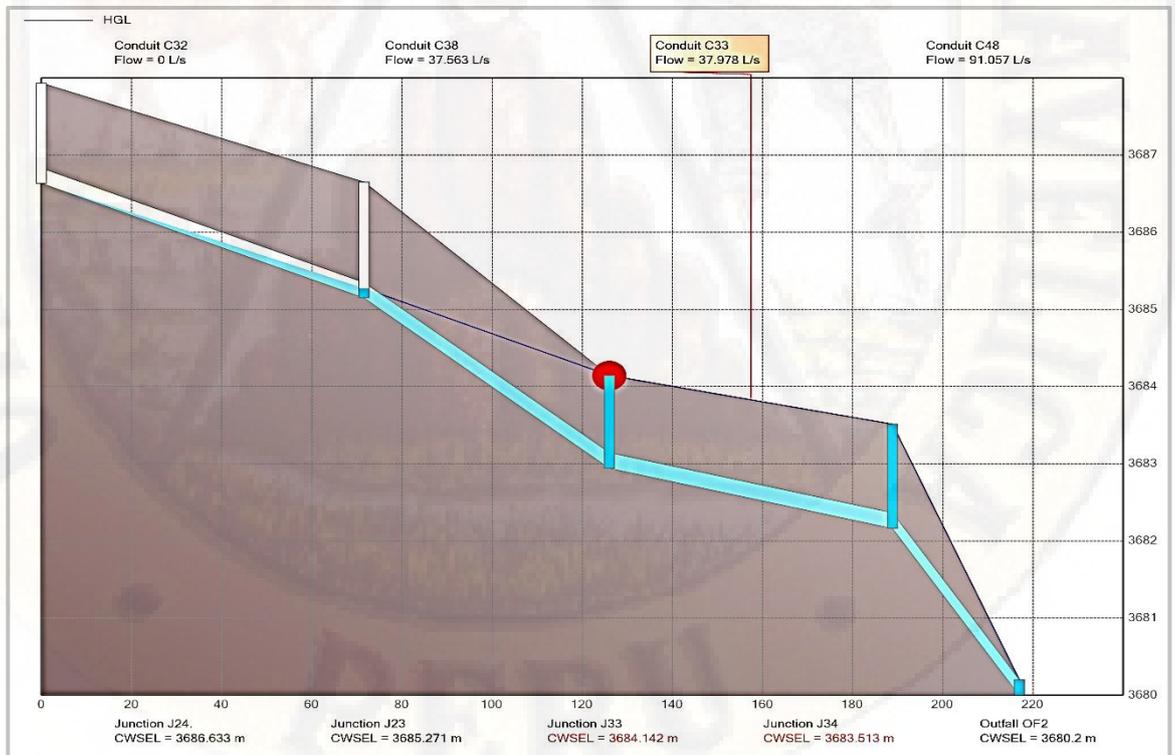
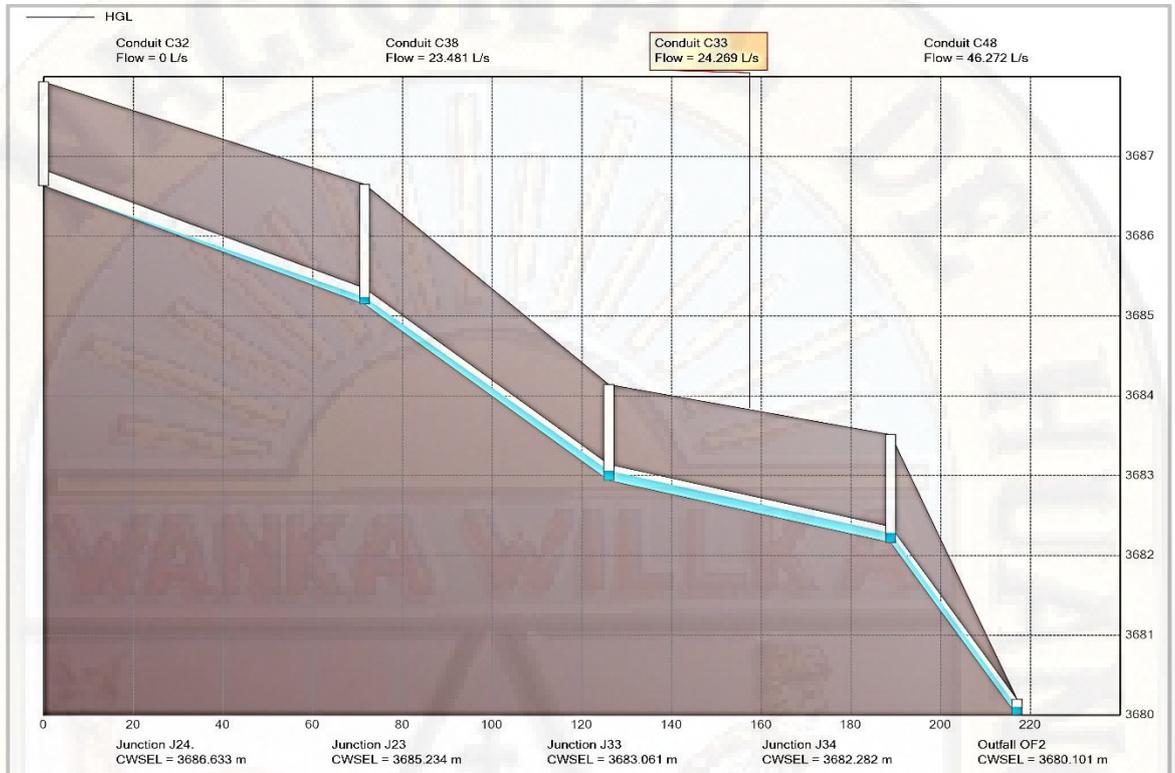
Perfiles hidráulicos en las salidas de la red de alcantarillado existente

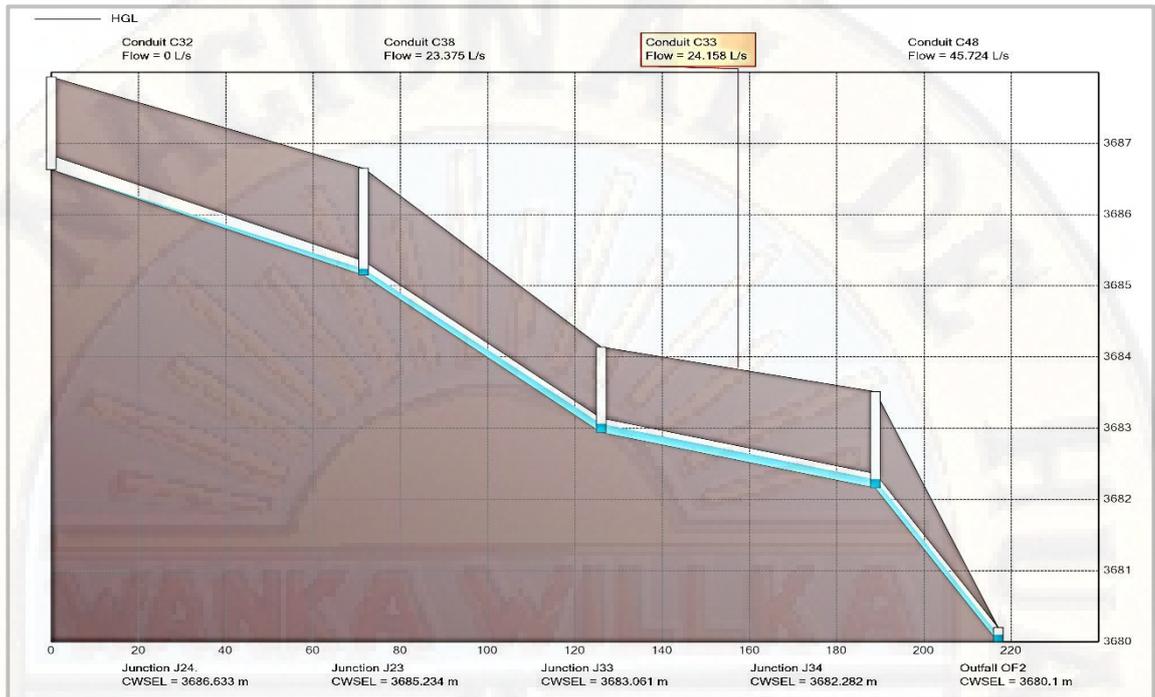
➤ Buzón N°21: En las horas punta (08:00am, 12:00m y 06pm)



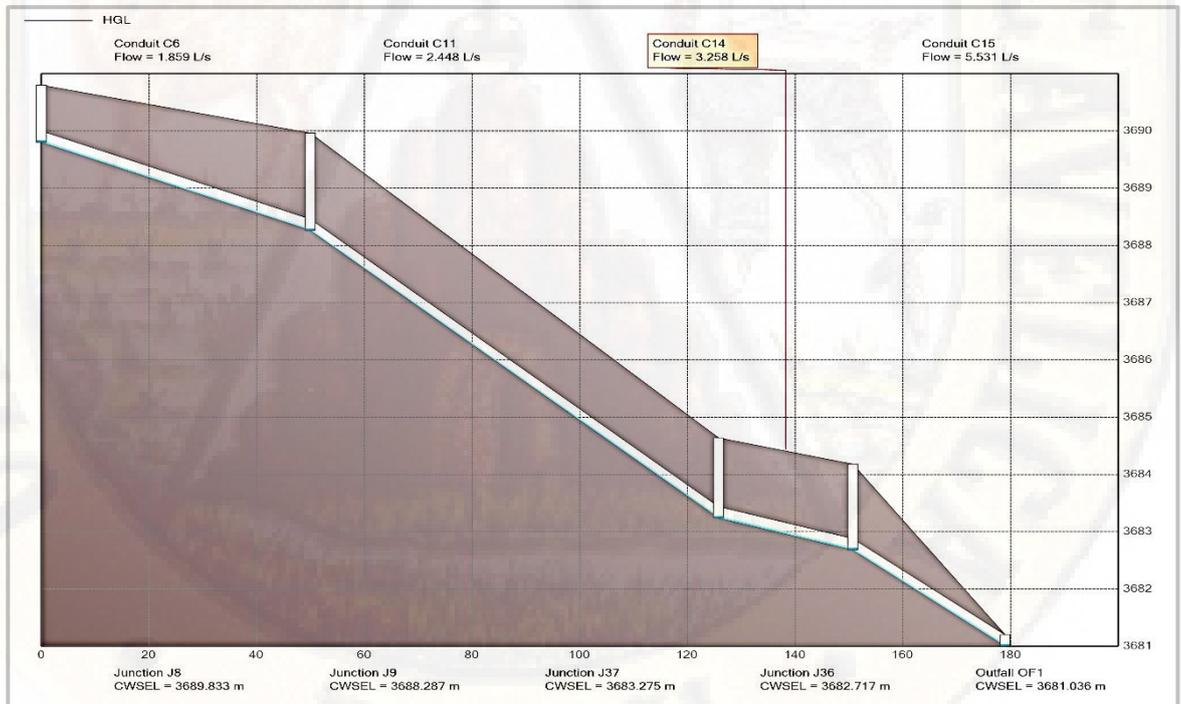


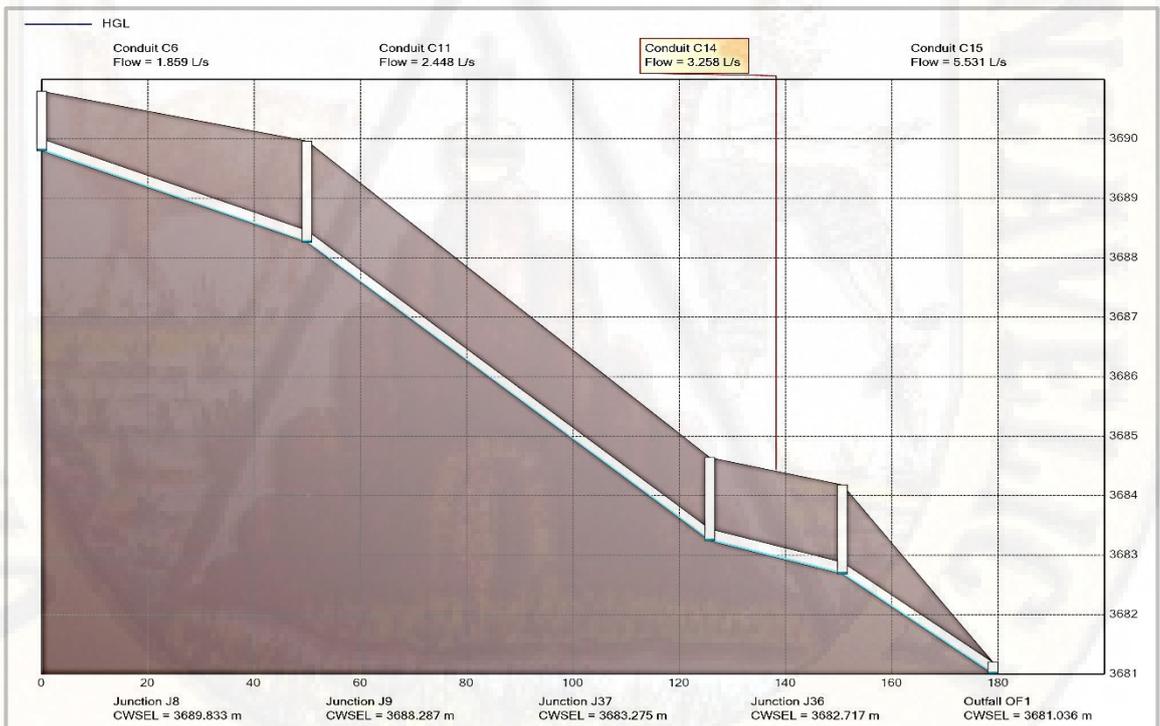
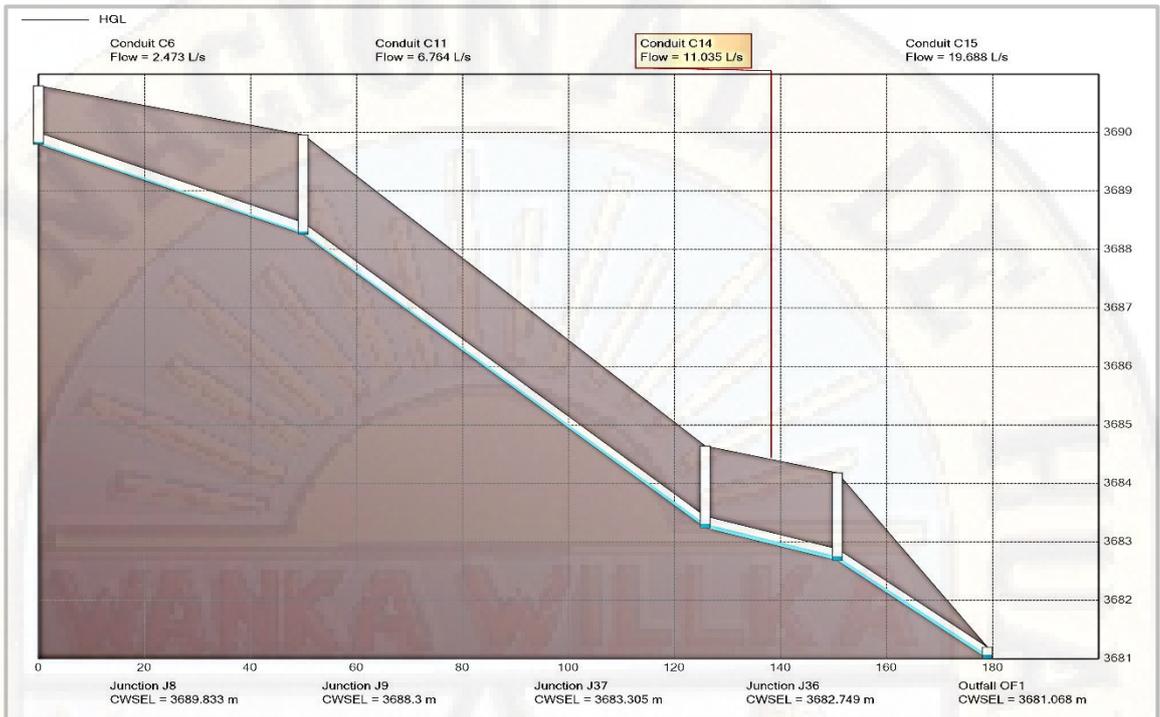
➤ **Buzón N°34: En las horas punta (08:00am, 12:00m y 06pm)**





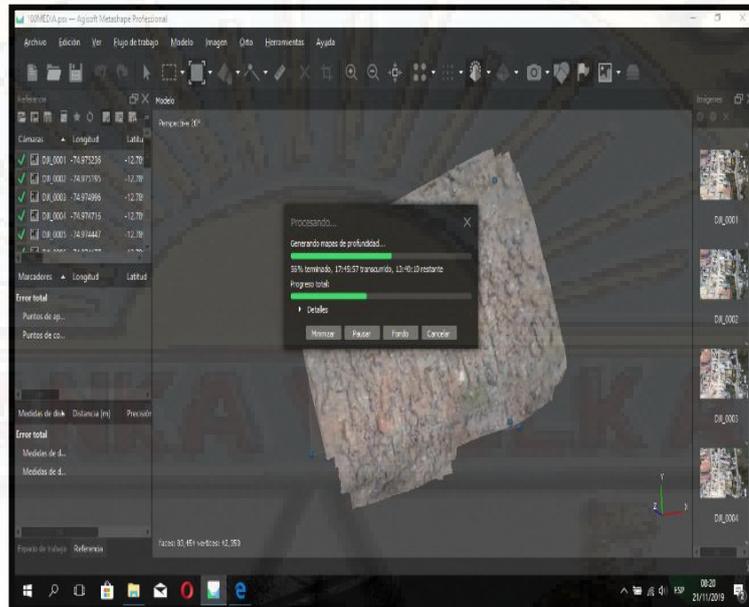
➤ **Buzón N°36: En las horas punta (08:00am, 12:00m y 06pm)**



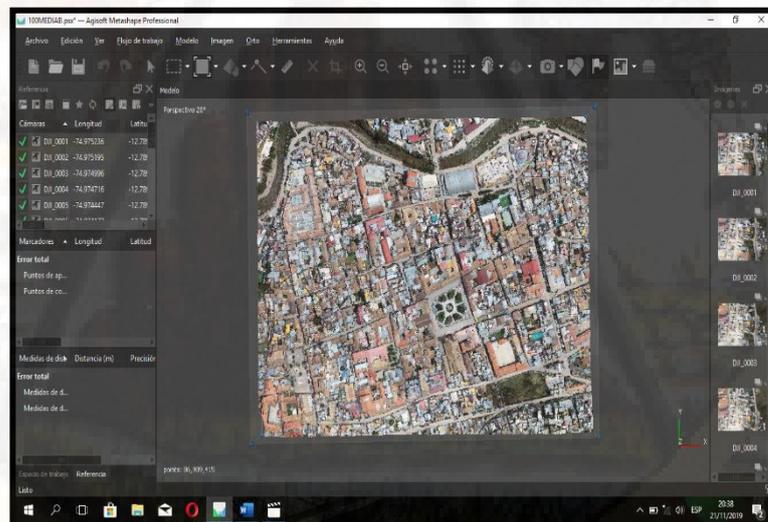


Apéndice 6

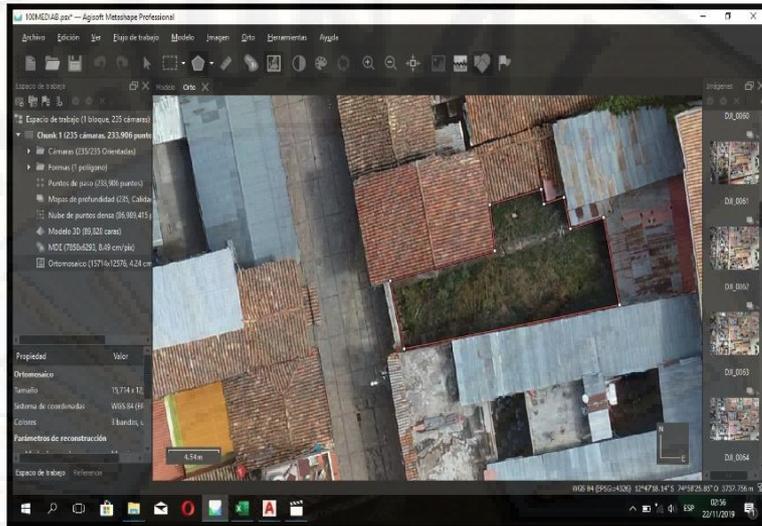
Panel Fotográfico



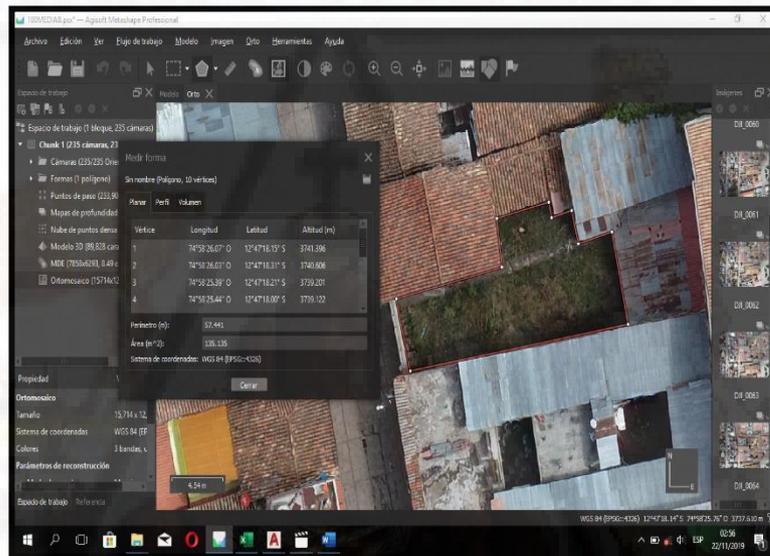
Fotografía 1. Consolidado y Procesamiento de imágenes satelitales obtenidas con el DRONE.



Fotografía 2. Imagen Satelital Final del área de estudio procesado con el software Agisoft.



Fotografía 3. Delimitación y reconocimiento satelital del área y tipo de suelo de las áreas de estudio



Fotografía 4. Exportación de datos al software AutoCAD para su procesamiento y análisis de datos.

Procedimiento del levantamiento topográfico.



Fotografía 5: Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Raimondi y Jr. Torre Tagle).



Fotografía 6: Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Raimondi y Jr. Arica).



Fotografía 7. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Arica y Jr. Manuel Ascencio Segura).



Fotografía 8. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Virrey Toledo y Jr. Manuel Asencio).



Fotografía 9. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Manche Muñoz y Jr. Carabaya).



Fotografía 10. Levantamiento topográfico- ubicación de los puntos de estación.



Fotografía 11. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Virrey Toledo y Jr. Carabaya).



Fotografía 12. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Virrey Toledo y Jr. Manco Capac).



Fotografía 13. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Virrey Toledo y Jr. Manco Cápac).



Fotografía 14. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Virrey Toledo y Jr. Sebastián Barranca).



Fotografía 15. Levantamiento topográfico en el área de estudio (Jr. Agustín Gamarra).



Fotografía 16. Tesistas presentes apoyando en el levantamiento topográfico.



Fotografía 17. Equipo técnico en el levantamiento topográfico.

Apertura de los buzones



Fotografía 18. Apertura del Buzón con la ayuda del personal de EMAPA.



Fotografía 19. Medición de la altura del Buzón con la ayuda del personal de EMAPA, en el Jr. Torre Tagle.



Fotografía 20. Apertura del Buzón en el Jr. Virrey Toledo con la ayuda del personal de EMAPA, este buzón no cumplía su cobertura de la losa, siendo muy riesgoso.



Fotografía 21. Apertura del Buzón en la intersección del Jr. Torre Tagle y Carabaya, siendo su estado del buzón muy antiguo y el diámetro de la interior es menor a la de la tapa.



Fotografía 22. Apertura y el llenado de las fichas de las características que presentan los buzones.



Fotografía 23. Apertura de Buzón que genera problemas de colapso en épocas de lluvia, en la intersección de los Jr. Sebastián Barranca y Manchego Muñoz.



Fotografía 24. Apertura del buzón inoperativo ubicado en el Jr. Agustín Gamarra.



Fotografía 25. Buzón inoperativo, por falta de mantenimiento ubicado en el Jr. Agustín Gamarra.



Fotografía 26. Apertura del buzón de salida ubicado en el Jr. Agustín Gamarra, siendo también uno de los buzones que colapsa en épocas de lluvia.



Fotografía 27. Apertura del buzón que presenta colapso en época de lluvia y está ubicada entre el Jr. Agustín Gamarra y Manco Cápac.

Inspección en tiempo de lluvia



Fotografía 28. Visita insitu a las viviendas para identificar la dirección y el tipo de montante que tiene las viviendas.



Fotografía 29. Tipos de montantes o tuberías por las que drenan la lluvia hacia las cunetas.



Fotografía 30. Tipos de montantes o tuberías por las que drenan la lluvia hacia las cunetas.



Fotografía 31. Tipos de montantes o tuberías por las que drenan la lluvia hacia las cunetas.



Fotografía 32. Tipos de montantes o tuberías por las que drenan la lluvia hacia las cunetas.



Fotografía 33. Tipos de montantes o tuberías por las que drenan la lluvia hacia las cunetas.

Otros



Fotografía 34. Colapso de los buzones en épocas de lluvias, esto en el Jr. Agustín Gamarra y en el Barrio de Santa Ana.



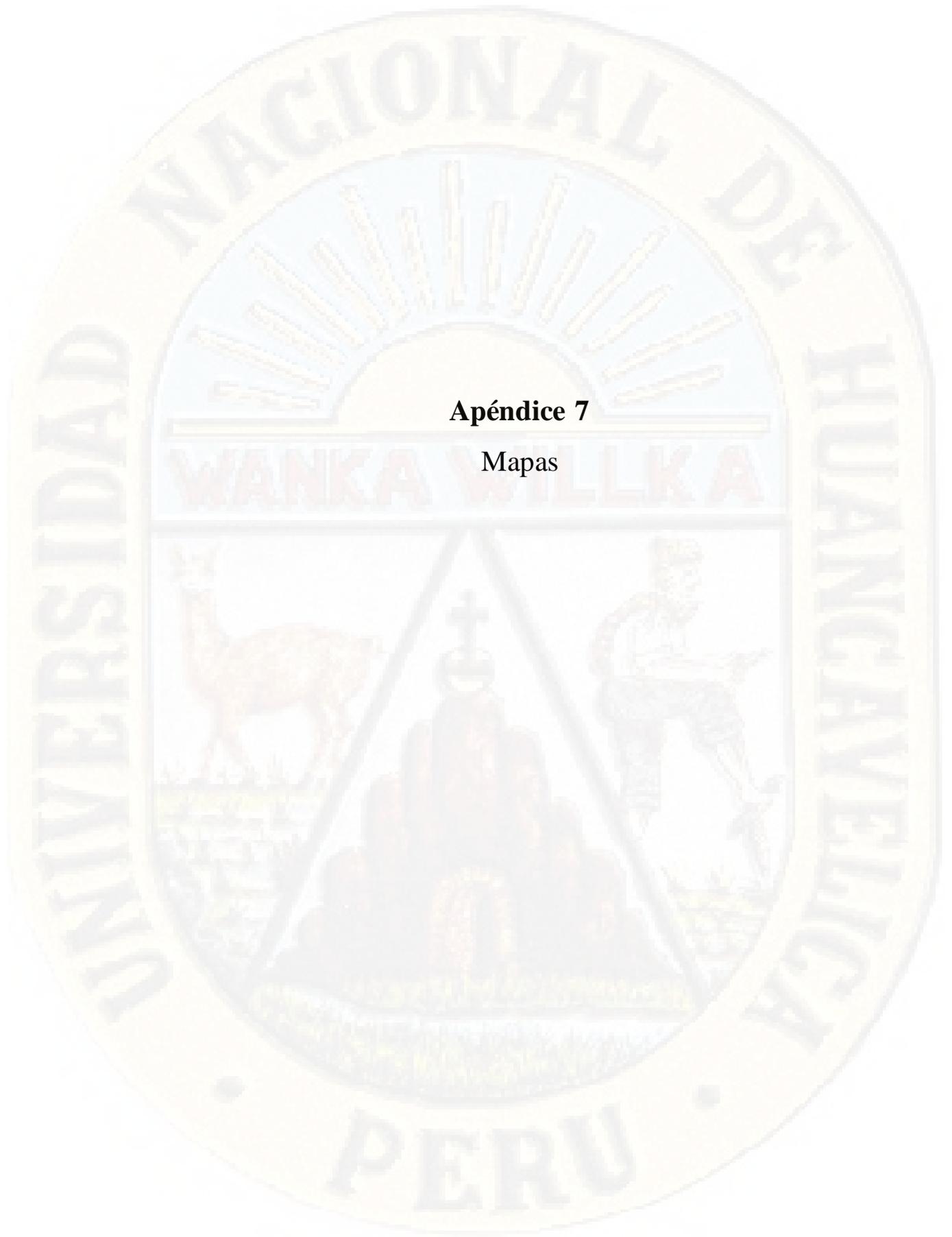
Fotografía 35. El Jr. Virrey Toledo inundado en época de lluvia, esto es a sido constante.



Fotografía 36. Solicitud y consulta en el área de comercialización de EMAPA.

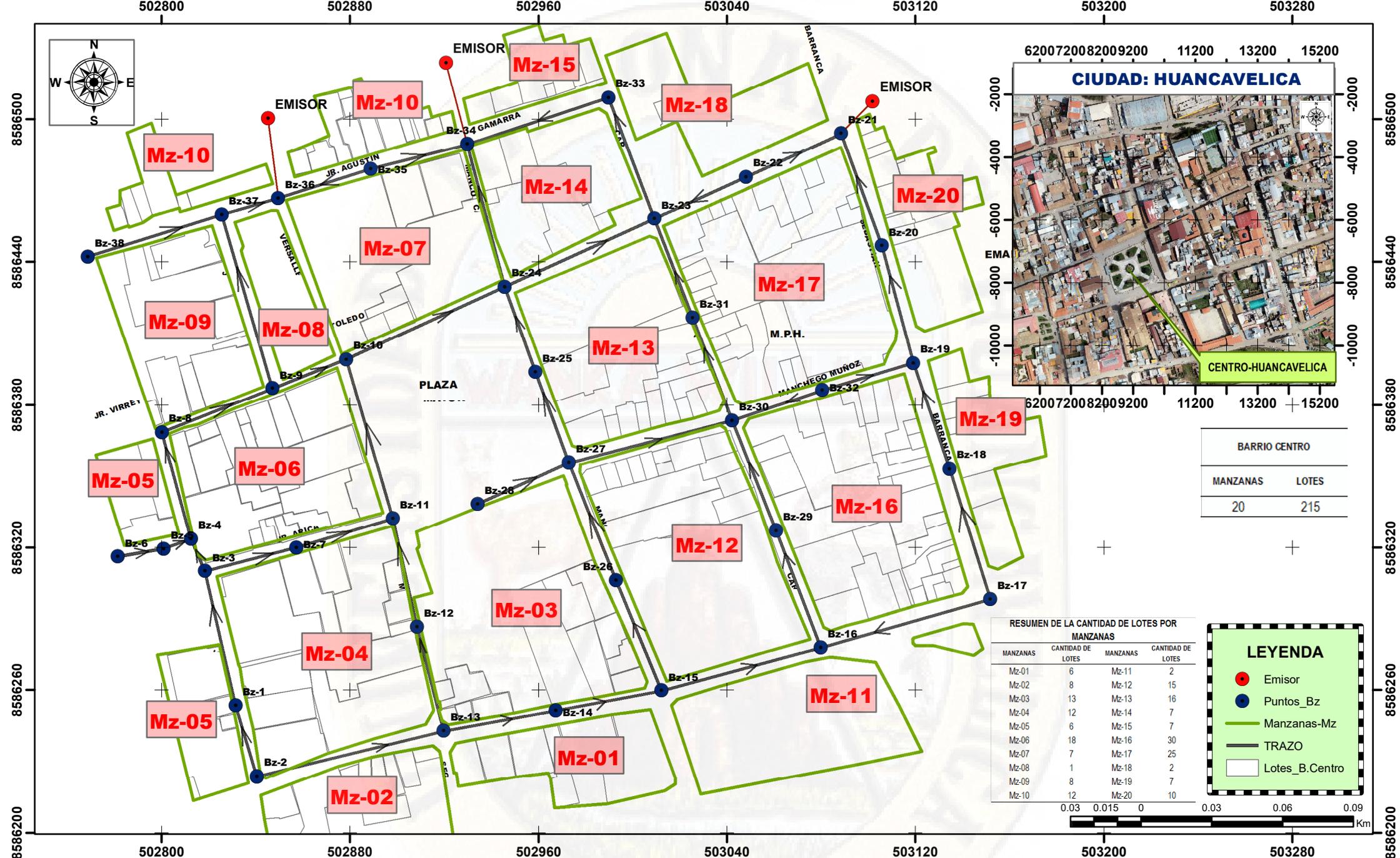


Fotografía 37. Fuga de la caja de registro de agua residual, esto ubicado en el Jr. Carabaya.



Apéndice 7

Mapas

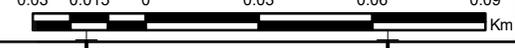


BARRIO CENTRO	
MANZANAS	LOTES
20	215

RESUMEN DE LA CANTIDAD DE LOTES POR MANZANAS			
MANZANAS	CANTIDAD DE LOTES	MANZANAS	CANTIDAD DE LOTES
Mz-01	6	Mz-11	2
Mz-02	8	Mz-12	15
Mz-03	13	Mz-13	16
Mz-04	12	Mz-14	7
Mz-05	6	Mz-15	7
Mz-06	18	Mz-16	30
Mz-07	7	Mz-17	25
Mz-08	1	Mz-18	2
Mz-09	8	Mz-19	7
Mz-10	12	Mz-20	10

LEYENDA

- Emisor
- Puntos_Bz
- Manzanas-Mz
- TRAZO
- Lotes_B.Centro



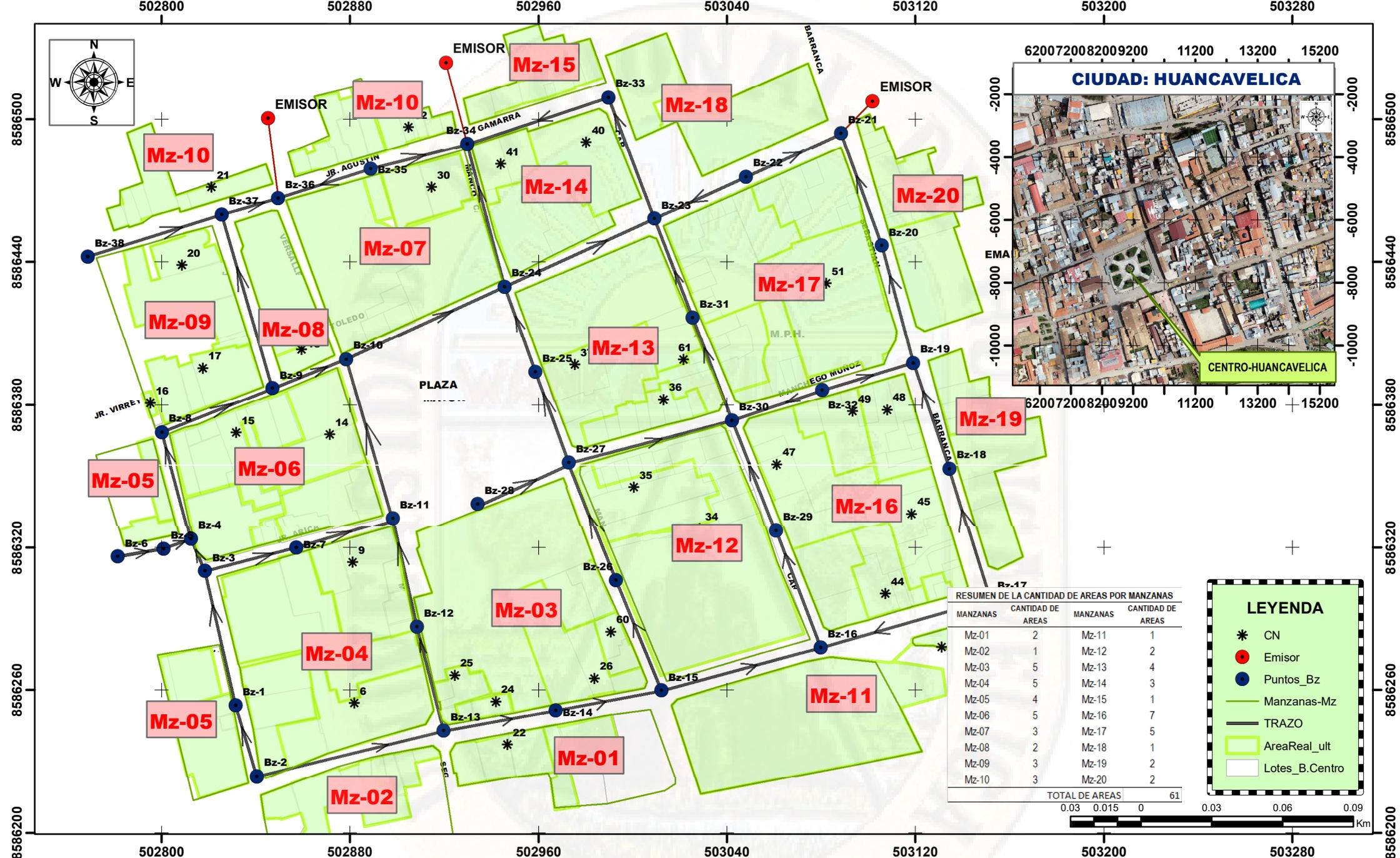
PROYECTO:
 "EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE
 ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APOORTE DE LA
 PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCAO DE HUANCAVELICA"



PLANO: LOTES DEL BARRIO CENTRO
UBICACION: Departamento-Provincia-Distrito
 Huancavelica Huancavelica Huancavelica
TESISTAS: Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza | Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne

LAMINA:
P-01

DATUM: WORLD GEODESIC SYSTEM 84
SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA: UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)
ZONA UTM: 18 SUR- CUADRICULA L
F.E: 2020



RESUMEN DE LA CANTIDAD DE AREAS POR MANZANAS

MANZANAS	CANTIDAD DE AREAS	MANZANAS	CANTIDAD DE AREAS
Mz-01	2	Mz-11	1
Mz-02	1	Mz-12	2
Mz-03	5	Mz-13	4
Mz-04	5	Mz-14	3
Mz-05	4	Mz-15	1
Mz-06	5	Mz-16	7
Mz-07	3	Mz-17	5
Mz-08	2	Mz-18	1
Mz-09	3	Mz-19	2
Mz-10	3	Mz-20	2
TOTAL DE AREAS		61	
0.03		0.015	
0		0.03	
0.06		0.09	

LEYENDA

- * CN
- Emisor
- Puntos_Bz
- Manzanas-Mz
- TRAZO
- AreaReal_ult
- Lotes_B.Centro



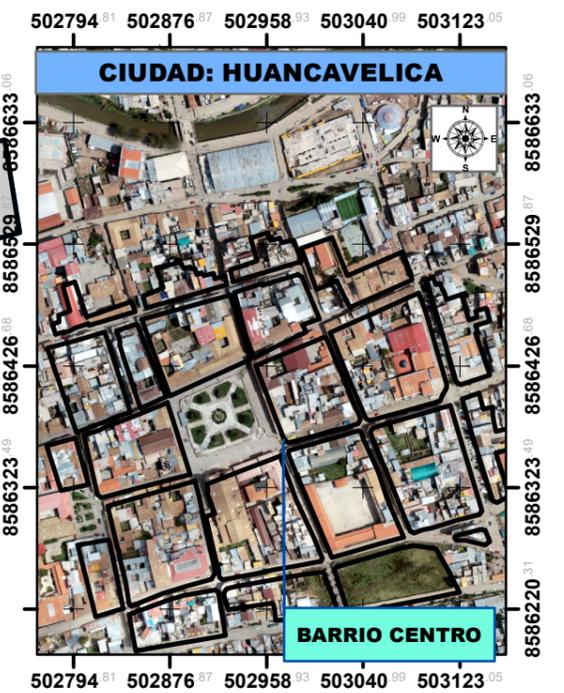
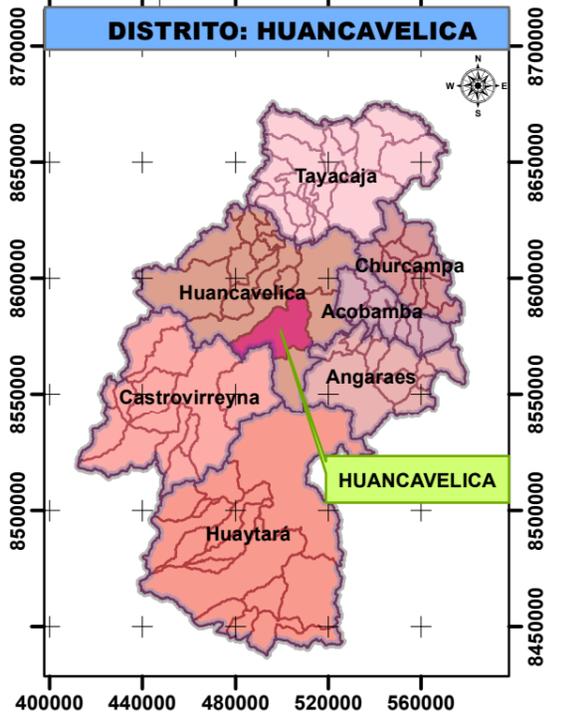
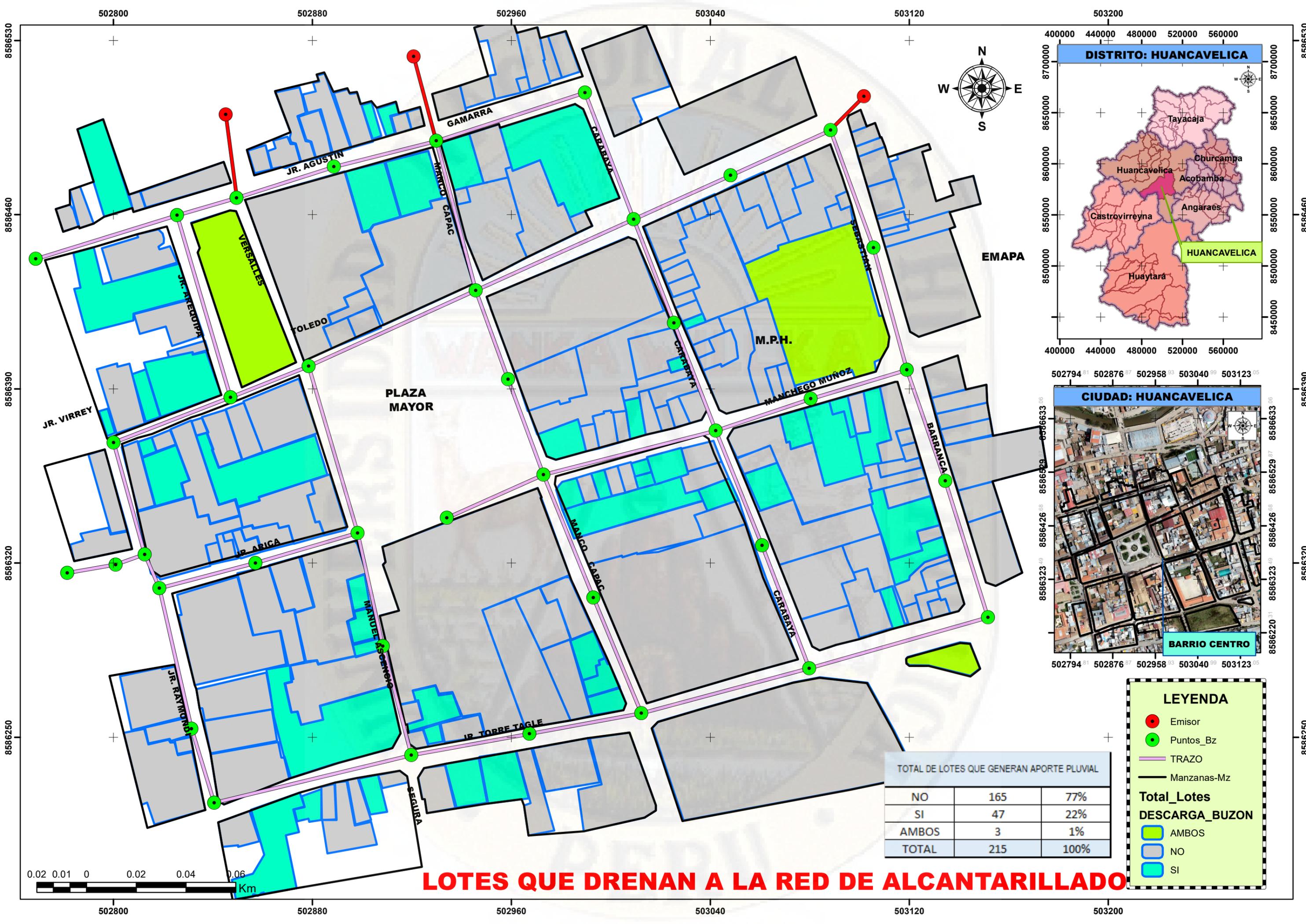
PROYECTO:
 "EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE
 ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APOORTE DE LA
 PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCAO DE HUANCAVELICA"



PLANO:	AREAS TOTALES		
UBICACION:	Departamento-Provincia-Distrito		
	Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica
TESISTAS:	Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza	Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne	

LAMINA:
P-01

DATUM:
 WORLD GEODESIC SYSTEM 84
SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA:
 UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR
 (UTM)
ZONA UTM:
 18 SUR- CUADRICULA L
 F.E: 2020



TOTAL DE LOTES QUE GENERAN APORTE PLUVIAL

NO	165	77%
SI	47	22%
AMBOS	3	1%
TOTAL	215	100%

LEYENDA

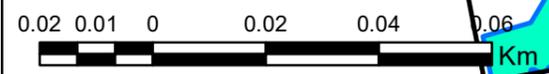
- Emisor
- Puntos_Bz
- TRAZO
- Manzanas-Mz

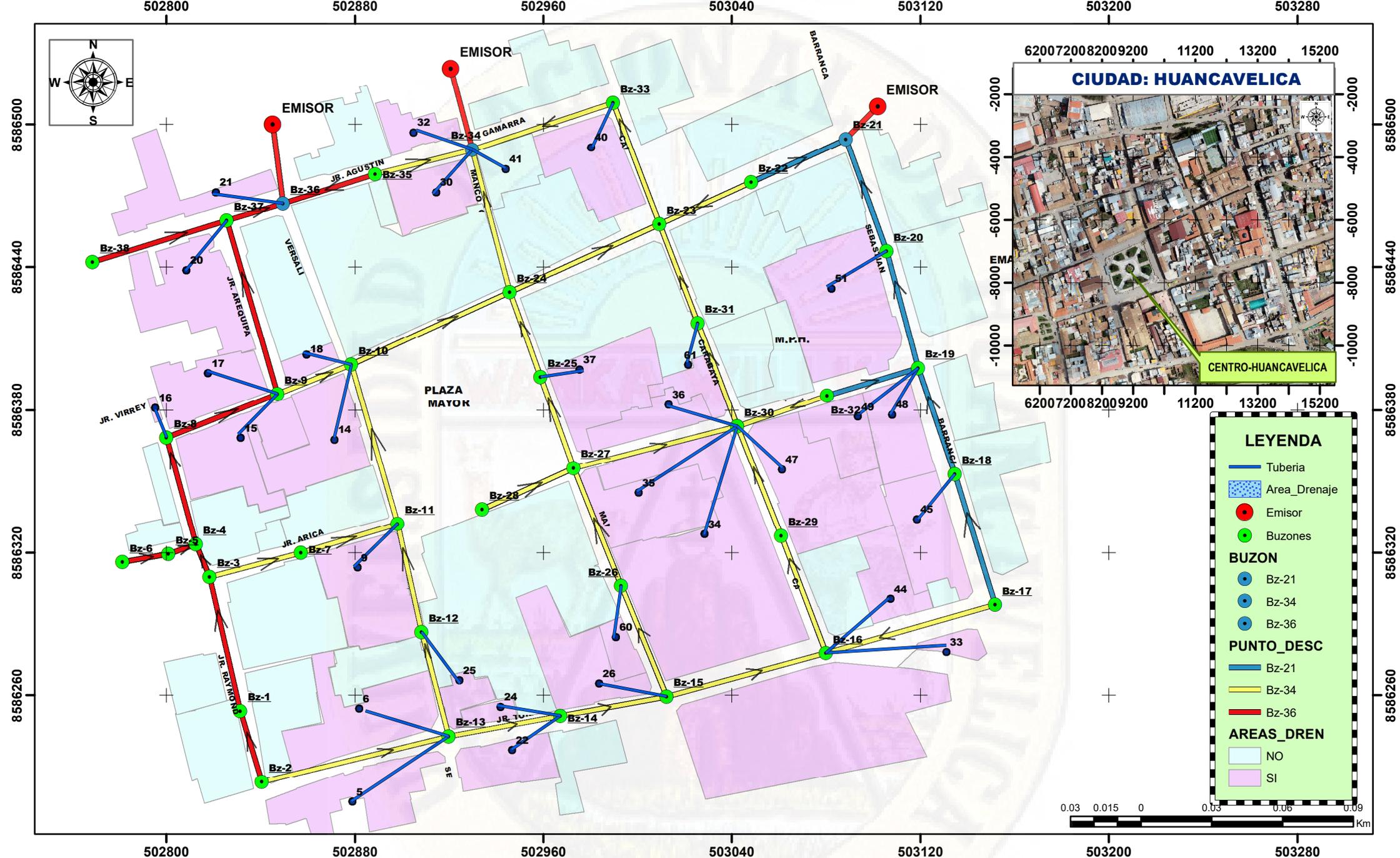
Total_Lotes

DESCARGA_BUZON

- AMBOS
- NO
- SI

LOTES QUE DRENAN A LA RED DE ALCANTARILLADO





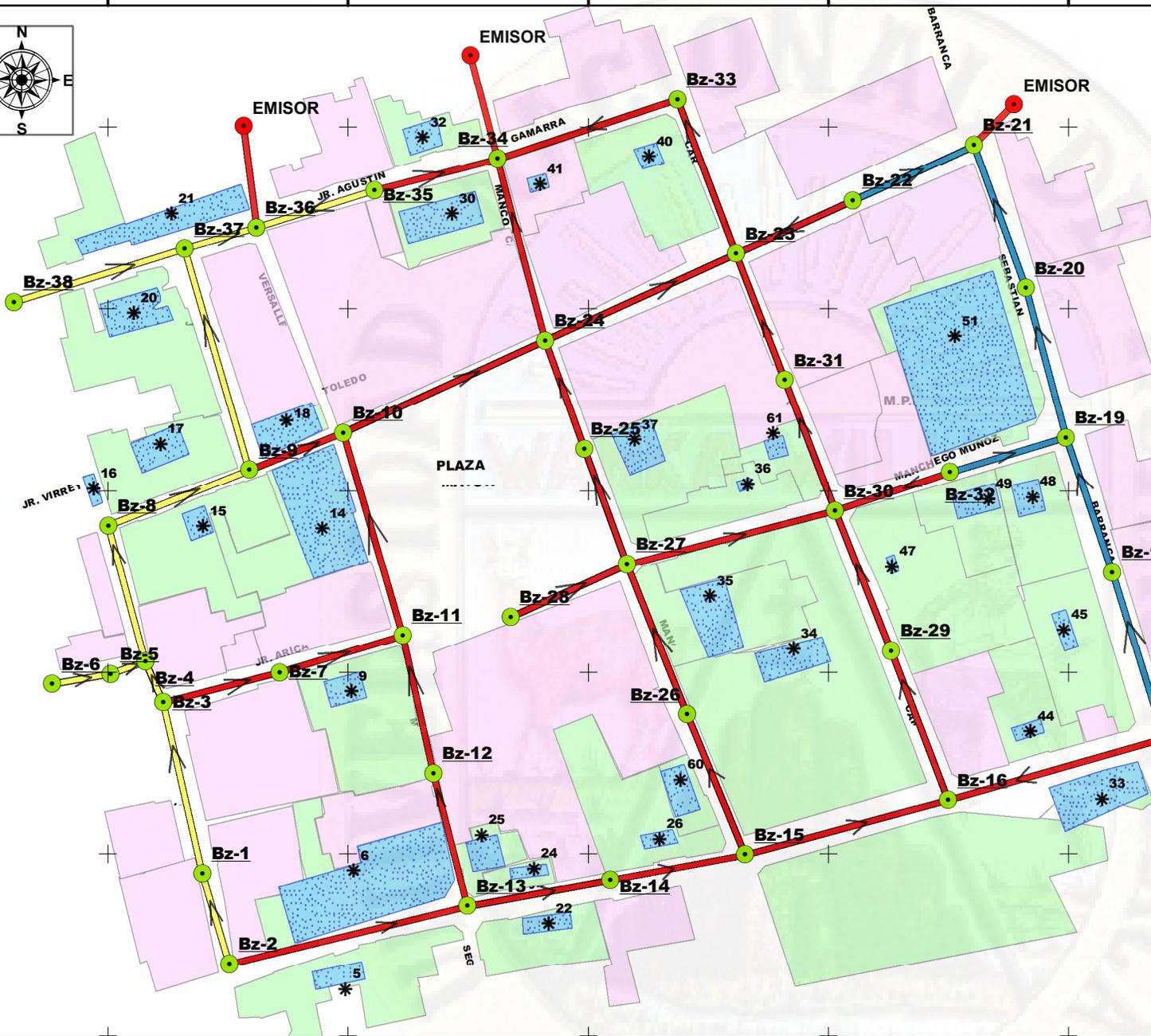
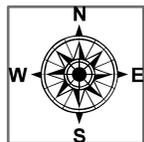
PROYECTO:
 "EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE
 ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APOORTE DE LA
 PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCADO DE HUANCAMELICA"



PLANO:	AREAS TOTALES		
UBICACION:	Departamento-Provincia-Distrito		
	Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica
TESISTAS:	Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza	Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne	

LAMINA:	P-01
----------------	-------------

DATUM: WORLD GEODESIC SYSTEM 84
 SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA: UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)
 ZONA UTM: 18 SUR- CUADRICULA L
 F.E: 2020



RESUMEN DE LA CANTIDAD DE AREA DE DRENAJE POR MANZANA

MANZANAS	CANTID. AREAS DE DRENAJE	MANZANAS	CANTID. AREAS DE DRENAJE
Mz-01	1	Mz-11	1
Mz-02	1	Mz-12	2
Mz-03	4	Mz-13	3
Mz-04	2	Mz-14	2
Mz-05	0	Mz-15	0
Mz-06	2	Mz-16	5
Mz-07	1	Mz-17	1
Mz-08	1	Mz-18	0
Mz-09	3	Mz-19	0
Mz-10	2	Mz-20	0

LEYENDA

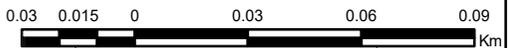
- * CN
- Emisor
- Puntos_Bz

PUNTO_DESC

- Bz-21
- Bz-34
- Bz-36
- ▨ AREADRENA_ULT
- ▨ <all other values>

AREAS_DREN

- ▨ NO
- ▨ SI

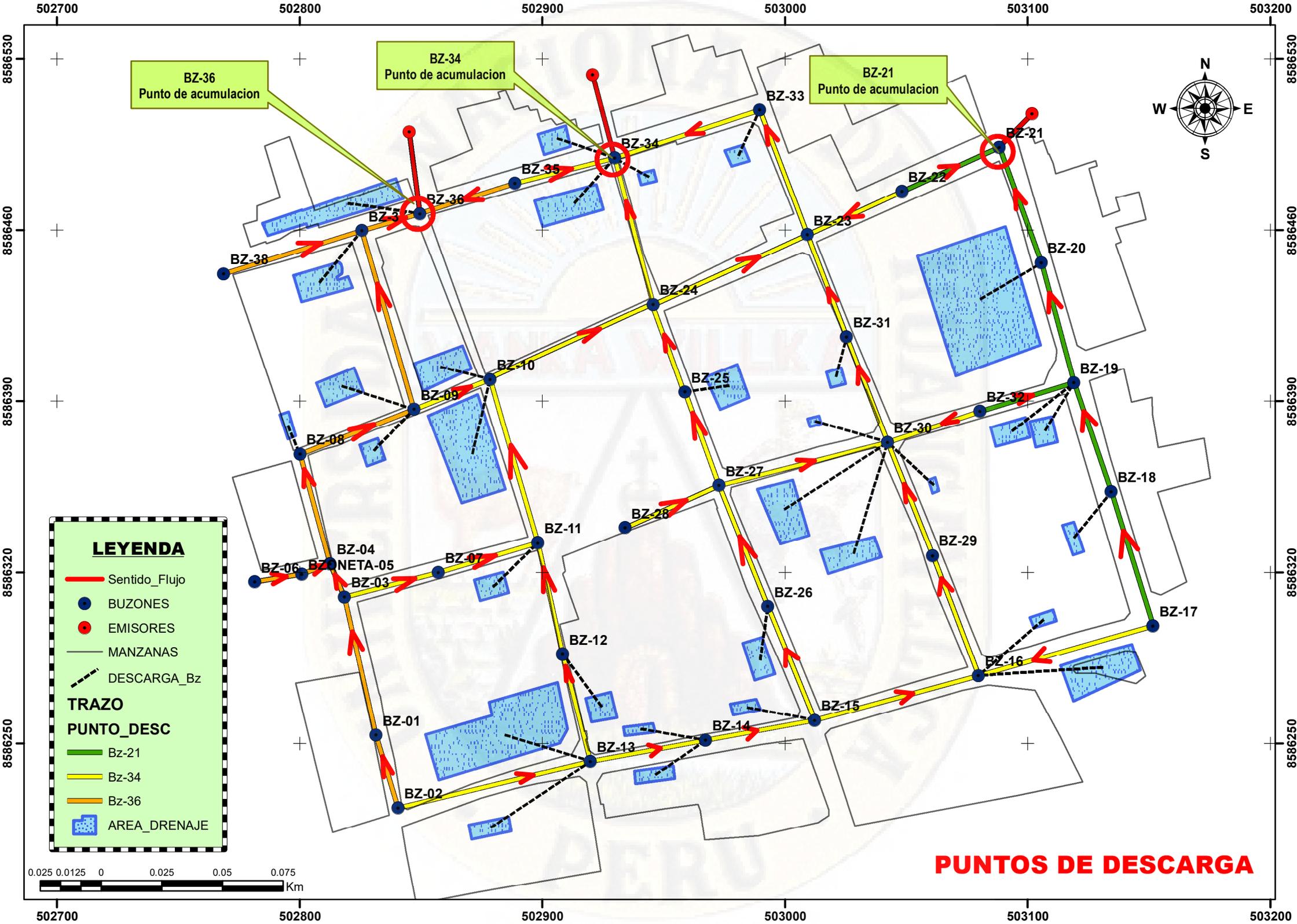


PROYECTO:
 "EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE
 ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APOORTE DE LA
 PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCADO DE HUANCAVELICA"



PLANO:	AREAS DE DRENAJE	LAMINA:
UBICACION:	Departamento-Provincia-Distrito	P-01
	Huancavelica Huancavelica Huancavelica	
TESISTAS:	Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza	Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne

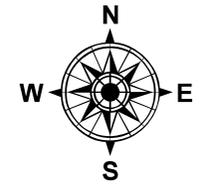
DATUM:
 WORLD GEODESIC SYSTEM 84
SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA:
 UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR
 (UTM)
ZONA UTM:
 18 SUR- CUADRICULA L
 F.E: 2020



BZ-36
Punto de acumulacion

BZ-34
Punto de acumulacion

BZ-21
Punto de acumulacion



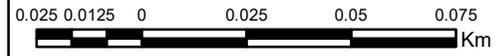
LEYENDA

- Sentido_Flujo
- BUZONES
- EMISORES
- MANZANAS
- - - - - DESCARGA_Bz

TRAZO

PUNTO_DESC

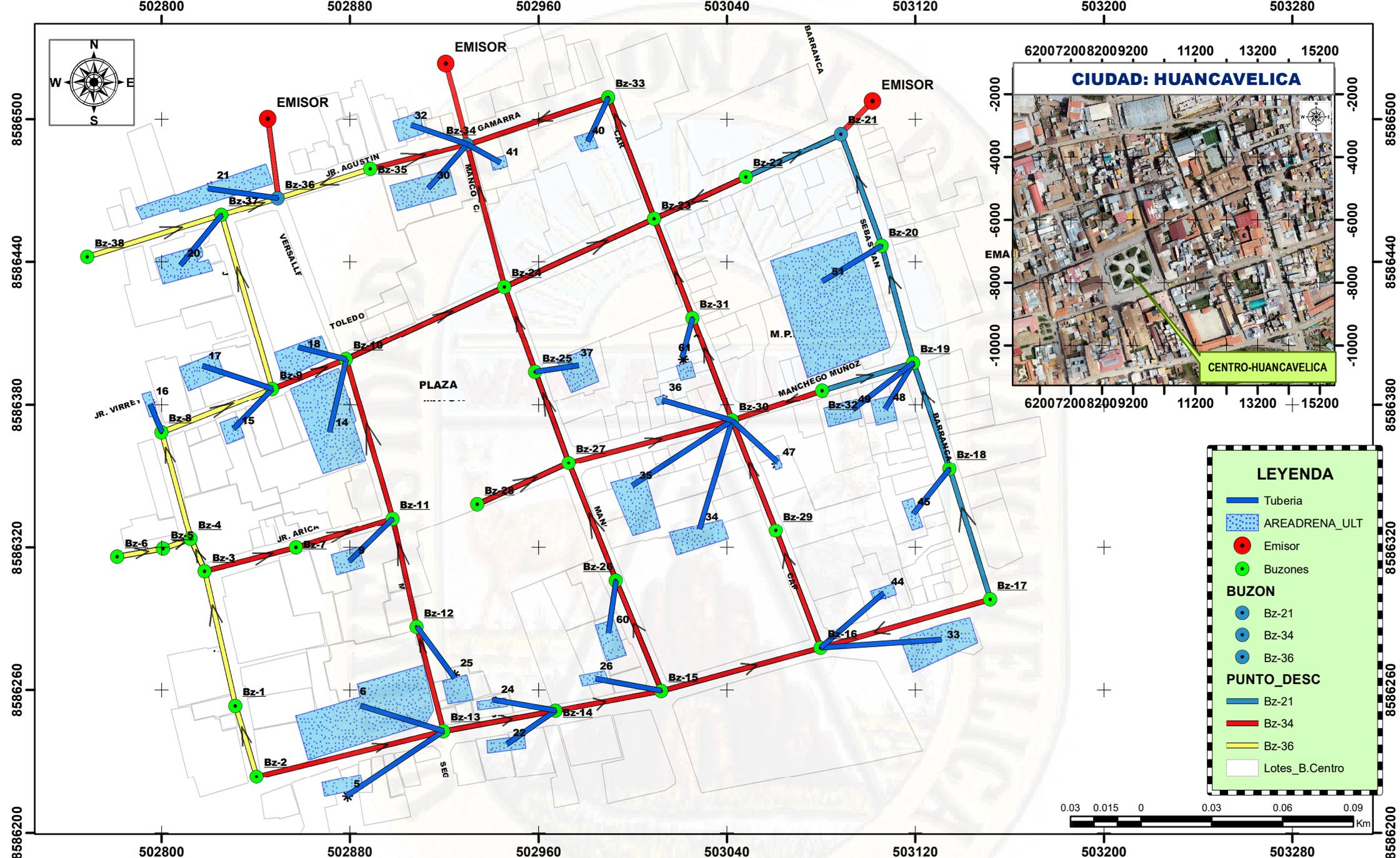
- Bz-21
- Bz-34
- Bz-36
- AREA_DRENAJE



PUNTOS DE DESCARGA

502700 502800 502900 503000 503100 503200

8586530
8586460
8586390
8586320
8586250



LEYENDA

- Tuberia
- AREADRENA_ULT
- Emisor
- Buzones

BUZON

- Bz-21
- Bz-34
- Bz-36

PUNTO_DESC

- Bz-21
- Bz-34
- Bz-36
- Lotes_B.Centro



PROYECTO:
"EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APOORTE DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCADO DE HUANCAVELICA"



PLANO:	AREAS DE DRENAJE CON DESCARGA A BUZONES
UBICACION:	Departamento-Provincia-Distrito Huancavelica Huancavelica Huancavelica
TESISTAS:	Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne

LAMINA:	P-01
----------------	-------------

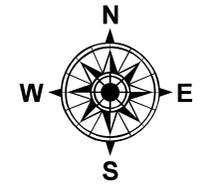
DATUM: WORLD GEODESIC SYSTEM 84
 SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA: UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)
 ZONA UTM: 18 SUR- CUADRICULA L
 F.E: 2020



BZ-36
Punto de acumulacion

BZ-34
Punto de acumulacion

BZ-21
Punto de acumulacion



LEYENDA

- Sentido_Flujo
- BUZONES
- EMISORES
- MANZANAS
- DESCARGA_Bz

TRAZO

TIRANTE_SI

- Cumple
- No cumple
- AREA_DRENAJE



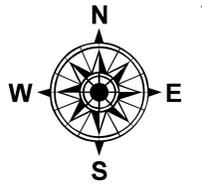
TIRANTE DE DIAMETRO QUE NO CUMPLEN SIN APORTE PLUVIAL



BZ-36
Punto de acumulacion

BZ-34
Punto de acumulacion

BZ-21
Punto de acumulacion



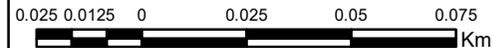
LEYENDA

- Sentido_Flujo
- BUZONES
- EMISORES
- MANZANAS
- DESCARGA_Bz

TRAZO

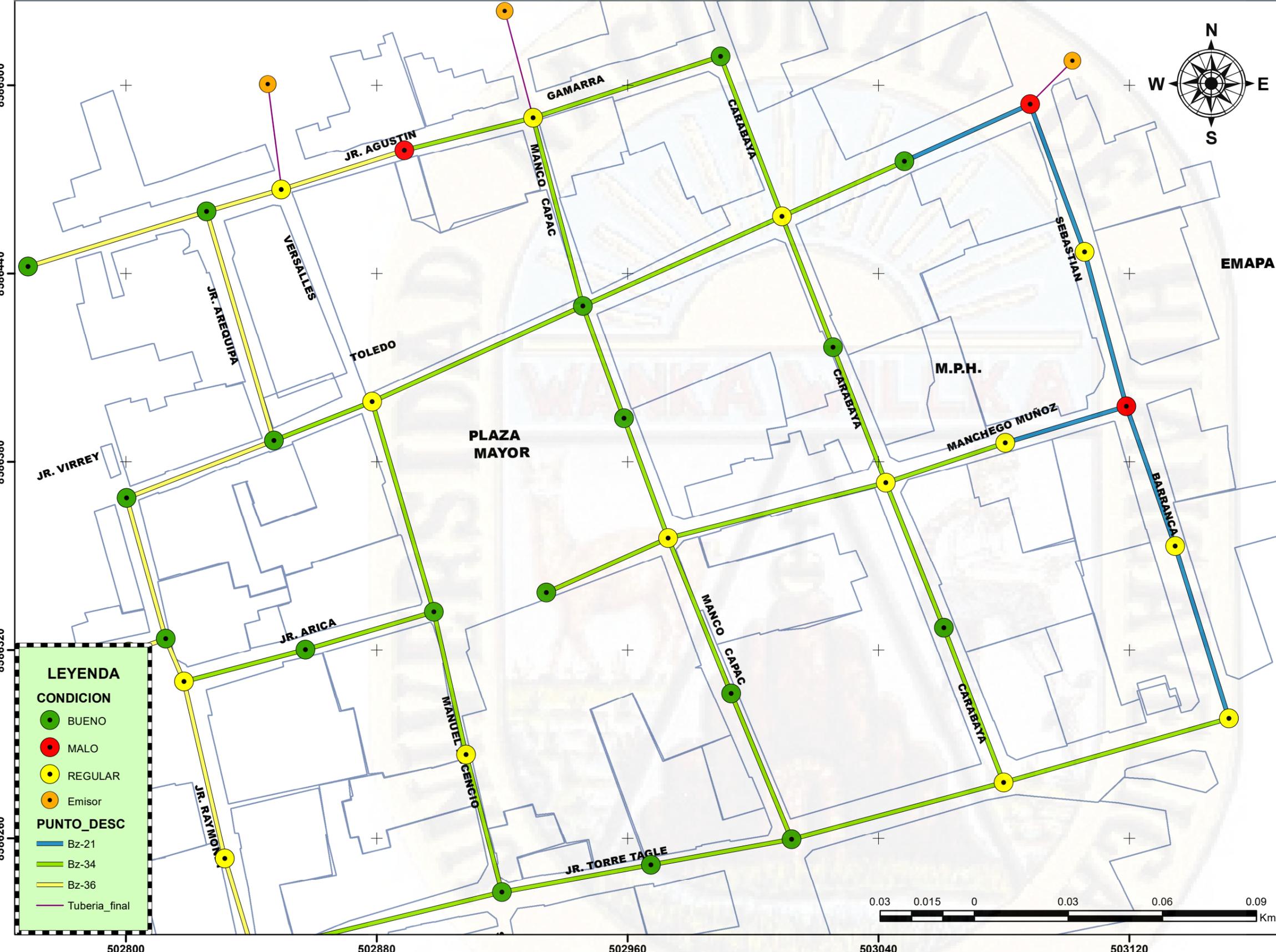
TIRANTE CON APORTE

- Cumple
- No cumple
- AREA_DRENAJE



TIRANTE DE DIAMETRO QUE NO CUMPLEN CON APORTE PLUVIAL

ESTADO ACTUAL DE LOS BUZONES DEL AREA DE ESTUDIO



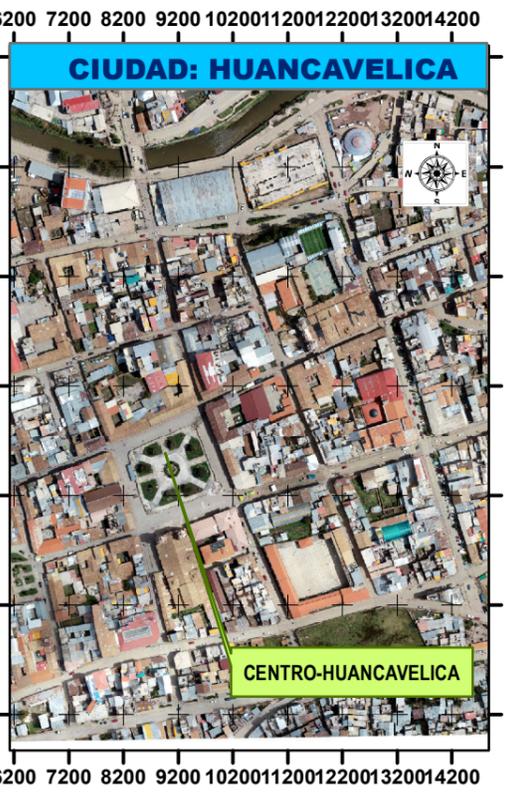
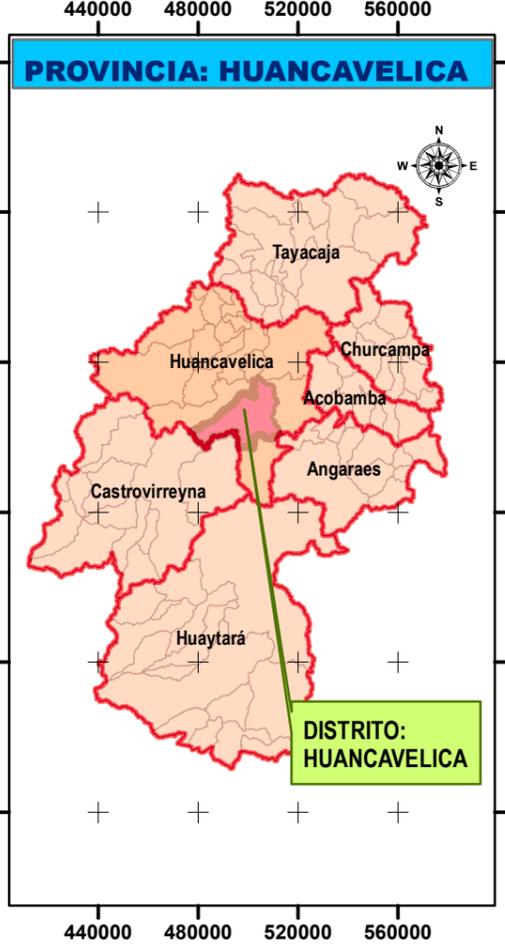
LEYENDA

CONDICION

- BUENO
- MALO
- REGULAR
- Emisor

PUNTO_DESC

- Bz-21
- Bz-34
- Bz-36
- Tuberia_final



PROYECTO:
"EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APORTE DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCADO DE HUANCVELICA"



PLANO:	EVALUACION DE LOS BUZONES SEGUN LOS FACTORES EXTERNOS	LAMINA:	
UBICACION:	Departamento-Provincia-Distrito	PEBE-01	
	Huancavelica Huancavelica Huancavelica	ESC: 1:1250	
TESISTAS:	Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza	Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne	

DATUM:
 WORLD GEODESIC SYSTEM 84
SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA:
 UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)
ZONA UTM:
 18 SUR- CUADRICULA L
F.E: 2020

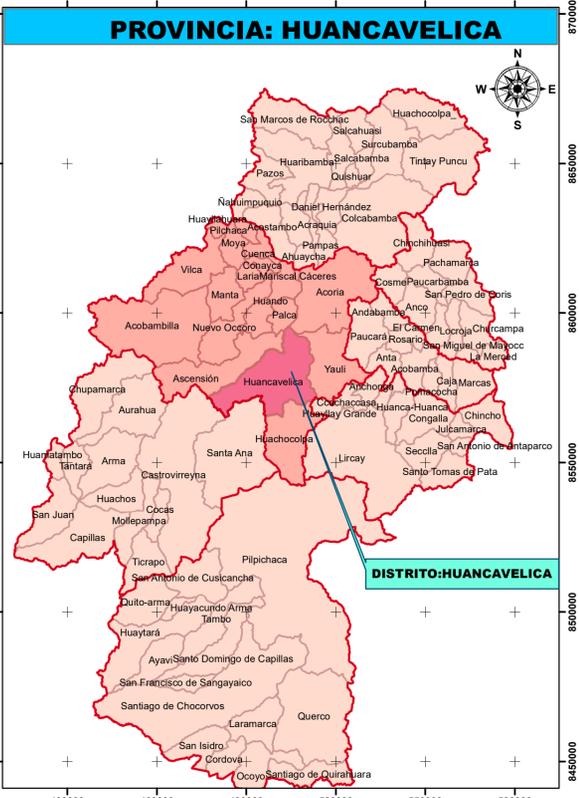
ESTADO SITUACIONAL DE LOS BUZONES



ESTADO DE LOS BUZONES	
DESCRIPCION	CANTIDAD
OPERATIVO	32
SATURADO	5
INOPERATIVO	1
TOTAL	38



LEYENDA	
● Emisor	
● Puntos_Bz	
— PUNTO_DESC	
— Bz-21	
— Bz-34	
— Bz-36	
■ LOTES	
■ DESCARGA_BUZON	
■ AMBOS	
■ NO	
■ SI	



PROYECTO: "EVALUACION DE LA CONDICION EXISTENTE DE LA RED DE ALCANTARILLADO CONSIDERANDO EL APORTE DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN EL CERCADO DE HUANCAVELICA"	
TESISTAS: Bach. Ramos Gomez, Edith Juliza Bach. Urbina Licapa, Bryan Tayne	PLANO: ESTADO SITUACIONAL DE LOS BUZONES
UBICACION: DEPARTAMENTO- PROVINCIA- DISTRITO HUANCAVELICA HUANCAVELICA HUANCAVELICA	ESCALA: 1:600
DATUM: WORLD GEODESIC SYSTEM 84 SISTEMA DE PROYECCION CARTOGRAFICA: UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM) ZONA UTM: 18 SUR- CUADRICULA L F.E: 2020	LAMINA: PESB-01

