

“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION E IMPUNIDAD”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY



TESIS:

**“MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE
HUANCAMELICA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
HUANCAMELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA SANEAMIENTO Y MEDIO AMBIENTE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

BELITO PAQUIYAURI, Ever Eliakim

ASESOR:

MG. Franklin, SURICHAQUI GUTIERREZ

LIRCAY - HUANCAMELICA

2018

ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRCAY

EN LA CIUDAD DE LIRCAY, EN EL PARANINFO DE LA FIMCA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, A LOS 19 DÍAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2018 A HORAS 05:00 P.M. SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR, CONFORMADO DE LA SIGUIENTE MANERA:

PRESIDENTE: ING. ENRIQUE RIGOBERTO CAMAC OJEDA

SECRETARIO: ING. URIEL NEIRA CALSIN

VOCAL: ING. ÑAHUI GASPAR ANDRES ZOSIMO

RATIFICADOS CON RESOLUCION DE CONSEJO DE FACULTAD N° 354 - 2018 – FIMCA – UNH, DE LA FECHA 17 DE DICIEMBRE DEL 2018, PARA SUSTENTAR LA TESIS TITULADO: “MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCAMELICA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA”

CUYO AUTORES ES (EL) (LOS) GRADUADOS (S):

BACHILLER (S): BELITO PAQUIYAURI, EVER ELIAKIM

A FIN DE PROCEDER CON LAS SUSTENTACION DE LA TESIS FINAL DE INVESTIGACION CIENTIFICA.

ACTO SEGUIDO SE INVITA A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL ABANDONAR EN AUDITORIO POR UNOS MINUTOS PARA LA **DELIBERACIÓN DE LOS RESULTADOS**; LUEGO SE INVITAR A PASAR NUEVAMENTE AL AUDITORIO A LOS SUSTENTANTES Y PÚBLICO EN GENERAL, EN LA QUE SE DA LA LECTURA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN, SIENDO EL RESULTADO **APROBADO POR UNANIMIDAD**, CULMINANDO A LAS 6:30 P.M., DEL DÍA 19 DE DICIEMBRE, Y SE DA POR CONCLUIDO EL ACTO DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.

BACHILLER: BELITO PAQUIYAURI, EVER ELIAKIM

PRESIDENTE:

APROBADO

SECRETARIO:

APROBADO

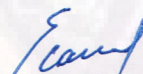
VOCAL:

APROBADO

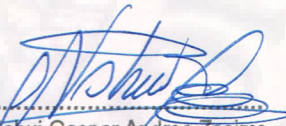
RESULTADO FINAL:

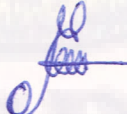
APROBADO POR UNANIMIDAD

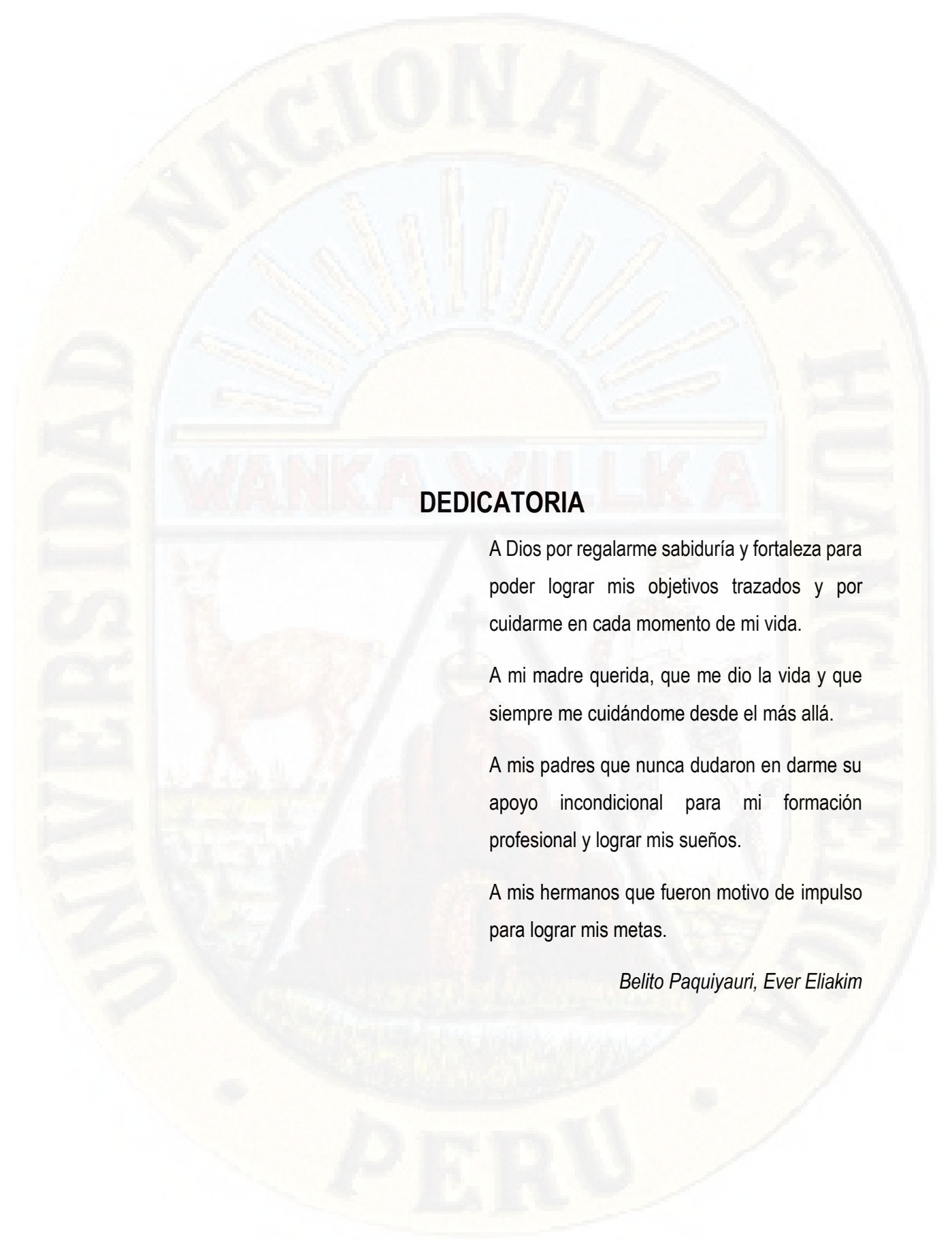
EN CONFORMIDAD A LO ACTUADO FIMAMOS AL PIE, EN SEÑAL DE COMFORMIDAD.


Ing. Enrique Rigoberto Camac Ojeda
Presidente


Ing. Uriel Neira Calsin
Secretario


Ing. Nahui Gaspar Andres Zosimo
Vocal


Belito Paquiyauri, Ever Eliakim
Sustentante



DEDICATORIA

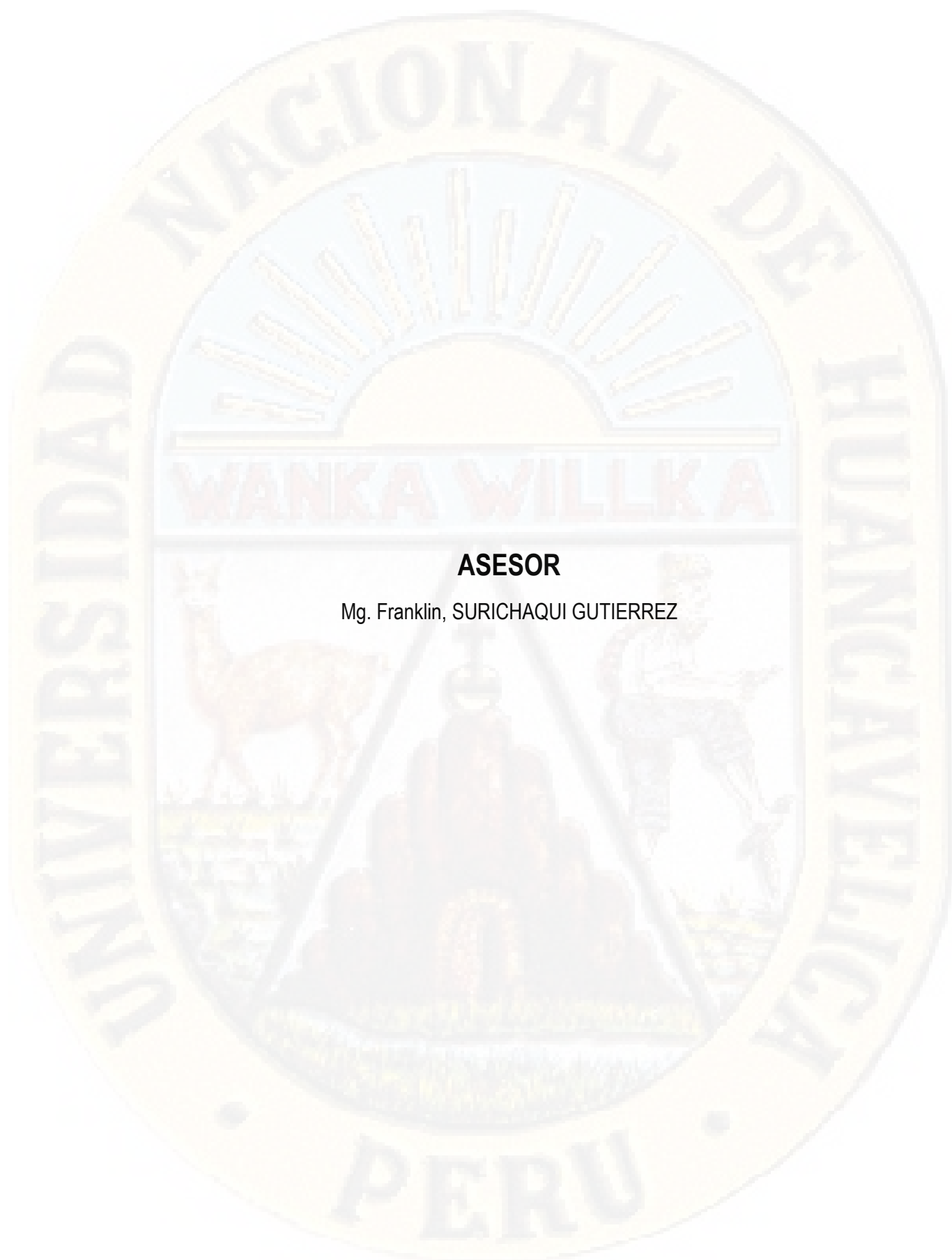
A Dios por regalarme sabiduría y fortaleza para poder lograr mis objetivos trazados y por cuidarme en cada momento de mi vida.

A mi madre querida, que me dio la vida y que siempre me cuidándome desde el más allá.

A mis padres que nunca dudaron en darme su apoyo incondicional para mi formación profesional y lograr mis sueños.

A mis hermanos que fueron motivo de impulso para lograr mis metas.

Belito Paquiyauri, Ever Eliakim



ASESOR

Mg. Franklin, SURICHAQUI GUTIERREZ

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado "MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCVELICA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA", consta del estudio y diseño de las redes del sistema de alcantarillado sanitario del barrio San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, siendo esto muy necesario para el tratamiento adecuado de las aguas residuales que evacuan todas las viviendas, institucionales, etc. Haciendo que las redes de desagüe ya no desemboquen directamente al río Ichu, como actualmente se da, contaminando al medio ambiente e incumpliendo institucionalmente la normativa legal.

Para el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario se obtuvieron las siguientes informaciones como topografía del terreno, plano de lotización de la zona, población actual y futuro, caudales de diseño, entre para metros que fueron necesarios para el modelamiento hidráulico.

Finalmente se utilizó el programa de SewerGEMS CONNECT EDITION, que es un software para diseño de sistemas de alcantarillados sanitarios, aplicando las diferentes metodologías implementadas por los métodos de tensión tractiva, pendientes mínimas, capacidad operativa, etc. Haciendo esto la optimización de la inversión en la infraestructura de drenaje con una gran variedad de herramientas de análisis y diseño poderosa que cuenta el Programa de SewerGEMS CONNECT EDITION.

Palabras Clave: Red de alcantarillado, Caudal sanitario, Tensión Tractiva, modelamiento hidráulico.

ABSTRAC

This research work entitled "HYDRAULIC MODELING OF SANITARY SEWER SYSTEM IN THE CITY OF HUANCVELICA, PROVINCE AND DEPARTMENT OF HUANCVELICA", consists of a study and design of Sanitary sewer system networks in the San Cristobal neighborhood of the city of Huancavelica, being this very necessary for the adequate treatment of the residual waters that evacuate all the houses, institutional, etc. Making design networks no longer flow directly into the Ichu River, as it currently occurs, contaminating the environment and institutionally violating the legal regulations.

For the hydraulic mode of the sanitary sewer system, the following tasks were obtained such as the topography of the land, the plan of the lotification of the area, the current and future population, the design numbers, among the meters that are not necessary for the hydraulic isolation mode.

Finally, it is the SewerGEMS CONNECT EDITION program, which is software for sanitary sewer systems. applying the methodologies implemented by the tractive tension method, minimum slopes, operative capacity, etc. This is done by optimizing the investment in the drainage infrastructure with a wide variety of powerful analysis and design tools that the SewerGEMS CONNECT EDITION Program has.

Keyword: *Sewage network, Sanitary Flow, Tractive Voltage, Hydraulic Modeling.*

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
ASESOR.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRAC	vi
ÍNDICE	vii
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas del Anexo	xiii
Índice de Planos del Anexo	xiii
Índice de Figuras del Anexo	xiii
Índice de fotografías del Anexo	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPITULO I	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. Problema General	19
1.2.2. Problemas Específicos	19
1.3. OBJETIVOS:	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN	20
CAPITULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES	22
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. Sistema de Alcantarillado.....	28
2.2.2. Red de alcantarillado.....	28

2.2.3.	Aguas residuales	33
2.2.4.	Tipos de sistemas de alcantarillado	34
2.2.5.	Metodología de diseño de la red de alcantarillado Sanitario	36
2.2.6.	Modelamiento Hidráulico	64
2.2.7.	Modelo Hidraulico - SewerGEMS CONNECT EDITION.	65
2.3.	HIPÓTESIS.....	67
2.3.1.	Hipótesis General.	67
2.3.2.	Hipótesis Específicas.....	67
2.4.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	67
2.5.	DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES	69
CAPITULO III		70
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		70
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.1.1.	Tipo de Investigación	70
3.1.2.	Nivel de Investigación	70
3.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.2.1.	Método científico.	70
3.2.2.	Método Deductivo.....	71
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	71
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA	71
3.4.1.	Población.	71
3.4.2.	Muestra.....	71
3.4.3.	Tipo de Muestreo.....	71
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	72
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	72
CAPITULO IV		73
RESULTADOS		73
4.1.	PRESENTACIÓN DE DATOS	73

4.2. ANÁLISIS DE DATOS	125
------------------------------	-----

CONCLUSIONES

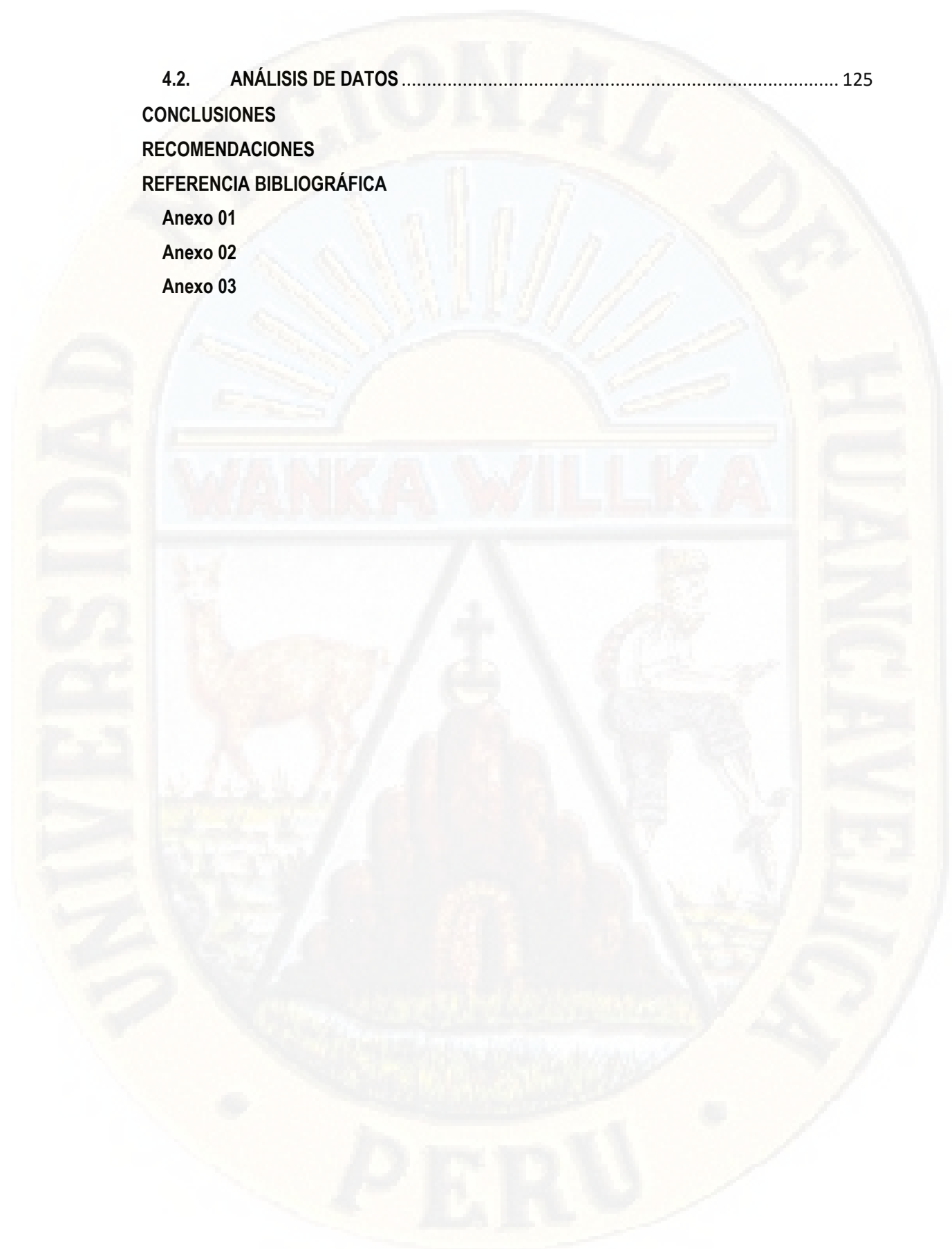
RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Anexo 01

Anexo 02

Anexo 03



Índice de Tablas

Tabla 1. Separación máxima entre cámaras de inspección.	32
Tabla 2. Periodos de diseño.	38
Tabla 3. Dotación promedio diaria anual por habitante.	40
Tabla 4. Dotación de agua para piscina y natatorios.	42
Tabla 5. Dotación de agua para las plantas de producción.	43
Tabla 6. Dotación de agua para las estaciones de servicio.	43
Tabla 7. Dotación de agua para edificaciones destinadas al alojamiento de animales.	44
Tabla 8. Dotación de agua para mataderos públicos o privados.	44
Tabla 9. Dotación de agua para bares.	45
Tabla 10. Dotación de agua para locales de salud.	45
Tabla 11. Dotación de agua para lavanderías.	45
Tabla 12. Coeficientes de variaciones de consumo (Habilitaciones Urbanas).	46
Tabla 13. Coeficientes de rugosidad para cualquier tipo de material de tubería.	56
Tabla 14. Coeficientes de rugosidad para tubería PVC y HDPE Corrugado.	57
Tabla 15. Pendientes mínimas para las alcantarillas de aguas residuales.	61
Tabla 16. Tipos de materiales en tuberías.	63
Tabla 17. Prototipos de alcantarillado.	66
Tabla 18. Operacionalización de Variables.	69
Tabla 19. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.	72
Tabla 20. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	72
Tabla 21. Periodo de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	75
Tabla 22. Diferentes usuarios en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	75
Tabla 23. Población actual en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	76
Tabla 24. Tasa de crecimiento para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	76
Tabla 25. Densidad poblacional para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	77
Tabla 26. Población futura para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	77
Tabla 27. Dotación de agua para consumo doméstico, en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	78
Tabla 28. Dotación de agua para otros usos, en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	79
Tabla 29. Coeficiente de variación para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	80
Tabla 30. Datos generales para el cálculo del sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	81
Tabla 31. Caudal de contribución al desagüe de uso doméstico en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.	81

Tabla 32.	<i>Caudal de contribución al desagüe de I.E. Inicial.</i>	83
Tabla 33.	<i>Caudal de contribución al desagüe de I.E. Primaria.</i>	83
Tabla 34.	<i>Caudal de contribución al desagüe de I.E. Primaria Especial</i>	83
Tabla 35.	<i>Caudal de contrib. al desagüe de I.E. Secundaria Estatal.</i>	84
Tabla 36.	<i>Caudal de contribución al desagüe de I.E. Secundaria Priv.</i>	84
Tabla 37.	<i>Caudal de contribución al desagüe de UGEL.</i>	84
Tabla 38.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Registros Públicos.</i>	85
Tabla 39.	<i>Caudal de contribución al desagüe de COFOPRI.</i>	85
Tabla 40.	<i>Caudal de contribución al desagüe de RENIEC.</i>	85
Tabla 41.	<i>Caudal de contribución al desagüe de MVCyS.</i>	86
Tabla 42.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Área Técnica Municipal de Saneamiento Ambiental.</i>	86
Tabla 43.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Casa del Artesanal.</i>	86
Tabla 44.	<i>Caudal de contribución al desagüe de SUNASS.</i>	87
Tabla 45.	<i>Caudal de contribución al desagüe de CONAFOVICER.</i>	87
Tabla 46.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Piscina.</i>	87
Tabla 47.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Plaza de Toros.</i>	88
Tabla 48.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Iglesia.</i>	88
Tabla 49.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Centro Policial.</i>	88
Tabla 50.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Centro de Salud.</i>	89
Tabla 51.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Plaza San Cristóbal.</i>	89
Tabla 52.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Cancha deportiva.</i>	89
Tabla 53.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Mini Grass Deportivo.</i>	90
Tabla 54.	<i>Caudal de contribución al desagüe de Grass Deportivo Virgen de Candelaria.</i>	90
Tabla 55.	<i>Resumen de caudales provenientes del sistema de distribución de agua.</i>	90
Tabla 56.	<i>Coeficiente por infiltración.</i>	91
Tabla 57.	<i>Caudal por infiltración en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.</i>	92
Tabla 58.	<i>Coeficiente de permeabilidad.</i>	93
Tabla 59.	<i>Intensidad de lluvia.</i>	93
Tabla 60.	<i>Porcentaje de Viviendas que Descargan las Aguas de Lluvia al Alcantarillado.</i>	94
Tabla 61.	<i>Caudal por conexiones erradas.</i>	95
Tabla 62.	<i>Caudal de diseño total para el sistema de alcantarillado sanitario.</i>	95
Tabla 63.	<i>Coeficiente de rugosidad para la red de alcantarillado.</i>	96
Tabla 64.	<i>Caudales iniciales en los buzones de arranque del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.</i>	98
Tabla 65.	<i>Velocidades en las tuberías de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.</i>	100
Tabla 66.	<i>Tensiones tractivas de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.</i>	104
Tabla 67.	<i>Pendientes en las tuberías de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.</i>	107

Tabla 68. Relación tirante/Diámetro en las tuberías de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	108
Tabla 69. Diámetros mínimos de las tuberías en la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	109
Tabla 70. Profundidades en las cámaras de inspección de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	110
Tabla 71. Caudales modificados en los buzones de arranque del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	111
Tabla 72. Velocidades en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	113
Tabla 73. Tensiones tractivas en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	114
Tabla 74. Pendientes en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	115
Tabla 75. Relación tirante/Diámetro en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	116
Tabla 76. Diámetros mínimos de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	116
Tabla 77. Profundidades de cámaras de inspección de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	117
Tabla 78. Diámetros mínimos finales en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	118
Tabla 79. Profundidades finales de las cámaras de inspección en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	119
Tabla 80. Caudales finales en los buzones de arranque del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	120
Tabla 81. Velocidades finales en las tuberías del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	121
Tabla 82. Tensiones tractivas finales en las tuberías en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	122
Tabla 83. Pendientes finales en las tuberías en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	123
Tabla 84. Relación tirante/Diámetro finales en las tuberías en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.	124

Índice de Figuras

Figura 1. Detalle de la cámara de inspección.	30
Figura 2. Dispositivo de caída dentro del buzón.	32
Figura 3. Radio Hidraulico, perímetro mojado, diámetro de tubo totalmente lleno y parcialmente lleno.	52
Figura 4. Propiedades hidráulicas de la sección circular tubo parcial y totalmente lleno. .	55
Figura 5. Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular.	58
Figura 6. Pendiente del terreno.	59
Figura 7. Esquema de modelamiento hidraulico.	64
Figura 8. Hoja de cálculo de SewerGEMS CONNECT EDITION.	66
Figura 9. Lotización del área de estudio.	74
Figura 10. Trazado de redes del área de estudio.	74
Figura 11. Red de tuberías guardado en formato DXF.	91
Figura 12. Red de tuberías importado al QGis.	92
Figura 13. Delimitación de áreas tributarias en AutoCAD.	93
Figura 14. Calculo de áreas tributarias en QGis.	94

Índice de Tablas del Anexo

Tabla A 1. Matriz de Consistencia.
Tabla A 2. Cronograma de Actividades.
Tabla A 3. Presupuesto.
Tabla A 4. Reporte de caudales por conexiones erradas
Tabla A 5. Reporte de caudales por infiltración

Índice de Planos del Anexo

Plano A 1 Plano de Lotización.
Plano A 2 Plano de Modelamiento hidraulico.
Plano A 3 Plano de Perfiles Longitudinales.

Índice de Figuras del Anexo

Figura A 1. Delimitación del Área del proyecto de investigación - Barrio San Cristóbal.	30
Figura A 2. Calculo de las áreas tributarias en el software QGis, para los cálculos de caudales de infiltración.	
Figura A 3. Definición de los caudales de consumo en el software QGis, para los cálculos de caudales de provenientes de las concesiones de agua.	
Figura A 4. Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en el software SewerGEMS CONNECT EDITION.	

Índice de fotografías del Anexo

Fotografía A 1. Aguas residuales en las riberas del río Ichu, tramo puente del ejército.

Fotografía A 2. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu, tramo malecón virgen de la candelaria.

Fotografía A 3. Buzones de alcantarillado sanitario en contacto con las aguas del río Ichu, tramo puente de tablas.

Fotografía A 4. Buzones de alcantarillado sanitario en contacto con las aguas del río Ichu, tramo malecón virgen de la candelaria.

Fotografía A 5. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 6. Empozamiento de aguas residuales en las riberas del río Ichu por motivos de descarga directa de estas.

Fotografía A 7. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 8. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu, tramo puente colgante.

Fotografía A 9. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 10. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 11. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 12. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.

Fotografía A 13. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.

Fotografía A 14. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.

Fotografía A 15. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu, tramo puente de san Cristóbal.

Fotografía A 16. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 17. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 18. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 19. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 20. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.

Fotografía A 21. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.

Fotografía A 22. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.

Fotografía A 23. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.

Fotografía A 24. Colapso de buzones de alcantarillado sanitario, en el barrio de san Cristóbal.

Fotografía A 25. Colapso de buzones de alcantarillado sanitario, en el barrio de san Cristóbal.

Fotografía A 26. Encharcamiento de aguas residuales por el mal funcionamiento de las redes de alcantarillado.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día es necesario que las entidades gubernamentales desarrollen la mayor cobertura en lo posible, en cuanto a servicios públicos se refieren, en este caso en el sistema de alcantarillado, de igual manera garantizar la óptima prestación del servicio, con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios, disminuyendo los focos de contaminación producidos por los niveles de saneamientos inadecuados que se dan actualmente.

La concentración de los habitantes en núcleos cada vez mayores, trae consigo problemas ambientales, como es la contaminación atmosférica, el transporte y disposición de desechos sólidos, líquidos, etc. Por eso el hombre ha buscado para su establecimiento los lugares que le ofrezcan mayores facilidades y comodidades para el desarrollo de sus actividades diarias, procurando así tener cerca una fuente de abastecimiento de agua y de fácil evacuación de aguas residuales. (Nogales, Quispe, 2009, p.1)

Así mismo para apoyar las ampliaciones o modificaciones de los sistemas de alcantarillado sanitario las entidades deben realizar una evaluación con sus equipos técnicos de ingeniería, haciendo el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillados, los mismos que buscan obtener información sobre el funcionamiento general, la capacidad máxima, la eficiencia y los diferentes criterios operacionales, esto con el objetivo de manejar adecuadamente las aguas residuales.

El sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Huancavelica, está conformado por conexiones domiciliarias, recolección y disposición final de las aguas residuales que son descargadas directamente al medio ambiente (rio Ichu), sin tratamiento adecuado, atentando contra la salud pública.

En la actualidad las redes del sistema de alcantarillo son utilizados tanto para aguas residuales y pluviales en este caso aguas de lluvia, que son conectados mediante rejillas a las tuberías, haciendo esto que colapse en tiempos de lluvia por superar su máxima capacidad de la conducción, conllevando esto a un gran impacto ambiental en la ciudad.

Cabe mencionar también que el crecimiento poblacional de la Ciudad de Huancavelica es proporcional a la producción de aguas residuales, es así como, antiguamente el verter los desagües a cuerpos receptores como el caso de los ríos no influía significativamente, pero

en la actualidad es lo contrario; la contaminación por las aguas residuales domésticas, institucionales, comerciales, entre otros, afectan el medio biótico y antrópico de las riveras del río Ichu. Incumpliendo con la ley de Recursos Hídricos, atentando contra la salud de los habitantes y contra la conservación del medio ambiente. La investigación que se realiza tiene por objetivo modelar el sistema de alcantarillado sanitario con la finalidad de elevar la calidad de vida de los usuarios y contribuir a la disminución de enfermedades como gastrointestinales y parasitarias que se dan actualmente.

La Tesis: "MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCAMELICA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA", cuyo objetivo específico de contribuir en la manejo y evacuación adecuado del Servicio de alcantarillado sanitario en el barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, cuyos resultados permitirán además elaborar y proponer para futuro una planta de tratamiento de aguas residuales, así también un plan estratégico para su recuperación y preservación del río Ichu.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El siguiente trabajo de investigación es enfocado en el Modelamiento Hidráulico del Sistema de alcantarillado Sanitario en la ciudad de Huancavelica, del distrito de Huancavelica – Huancavelica - Huancavelica, problema reconocido es la contaminación del medio biótico y antrópico por descarga directa de las aguas residuales al medio ambiente, en este caso al río Ichu e incumplimiento institucional de la normativa legal en un grado superior a los límites implantados por la ley General de las Aguas, esto debido a su alto contenido de microorganismos y materia orgánica, quienes atentan contra la salud de la población y la conservación del medio ambiente. Por lo cual hace muy necesario hacer un modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario cumpliendo con los parámetros exigibles de la norma. Para así tener una evacuación adecuada de las aguas residuales y su tratamiento adecuado de las mismas para la reducción de la contaminación que hoy en día se dan a la vista de todos.

Así mismo el problema encontrado en el sistema de alcantarillado sanitario es la deficiencia en el funcionamiento de las estructuras netas del sistema, como diámetros muy pequeños e inadecuados en las tuberías que generan colapso de buzones, atoros en las redes, mala ubicación y distribución de los buzones, pendientes incorrectos, entre otros.

Por lo dicho del anterior, a nivel mundial la mayoría de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales se deben al funcionamiento inadecuado y manejo incorrecto de las aguas residuales provenientes de las viviendas, instituciones, comerciales, industriales, etc. Los microorganismos patógenos que sobresalen en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades.

Tener presente que no es posible garantizar una prestación eficiente del servicio de saneamiento si no se cuenta con los estudios, con la operación y mantenimiento de cada componente del sistema, este último con personal capacitado.

Así también en todo lugar o población dotados de agua potable, se requiere de un sistema de evacuación de aguas negras, ya que la falta de éste produce una alteración en los sistemas ambientales, tanto al edáfico como al hídrico, siendo responsables de una serie de enfermedades parasitarias.

Por lo tanto, resulta necesario un Modelamiento Hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, y a partir de los resultados que se obtienen se puedan plantear alternativas de solución y establecer las acciones que fueran necesarias para mejorar la calidad de los servicios, así garantizando las condiciones sanitarias que necesitan los usuarios.

Por otro lado, el crecimiento poblacional en el barrio de San Cristóbal es proporcional a la generación de las aguas residuales. Anteriormente el vertido de los desagües a los diferentes cuerpos receptores como el caso de ríos no afectaba de forma impactante, pero hoy en día si lo es. La contaminación por aguas residuales domésticas, institucionales, comerciales entre otros, en la ciudad están afectando al medio biótico y antrópico de las riveras del río Ichu. Incumpliendo con ley de Recursos Hídricos, atentando contra la salud de los usuarios y contra la conservación del medio ambiente. La investigación realizada tiene por propósito evaluar, la optimización del funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, esto con la finalidad de elevar la calidad de vida de los diferentes usuarios y contribuir la disminución de enfermedades parasitarias y gastrointestinales. La Tesis: "MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCVELICA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA", siendo el objetivo específico de contribuir a la optimización de los servicios de alcantarillados sanitarios del barrio de san Cristóbal, cuyos resultados permitirán proponer y elaborar un plan estratégico para su recuperación y preservación.

Se debe tener en cuenta que el único responsable de todos los diseños, construcciones y mantenimientos de los sistemas de alcantarillado sanitario es el ingeniero, por lo que se debe precisar que una persona profesional, siempre debe estar

presente en cada desarrollo de este tipo de proyectos, ya que estas actividades representan un gran beneficio, que es, para la salud de los usuarios.

En todo proceso de transformación encaminado a mejorar el nivel de vida de los habitantes de determinada región, juegan un papel importante las políticas de desarrollo, que tienen por objetivo promover un cambio positivo en el modo de vida de los pueblos. Entre los proyectos que contribuyen a realizar estos cambios en las comunidades, están aquellos destinados a satisfacer las necesidades básicas de cada uno de sus pobladores.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿El modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario mejora la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Como se puede prevenir el vertido directo de las aguas residuales al rio Ichu del Barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, mediante el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario?
- b) ¿El diseño del alcantarillado sanitario cumple con los parámetros exigibles según la norma OS.070 (Redes de aguas residuales), del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES?
- c) ¿Se puede identificar la deficiencia del funcionamiento actual de las redes de alcantarillado sanitario mediante el modelamiento hidráulico, en la ciudad de Huancavelica?

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1. Objetivo general.

Realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos.

- a) Prevenir el vertido directo de las aguas residuales al río Ichu de la ciudad de Huancavelica, mediante el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.
- b) Diseñar el alcantarillado sanitario cumpliendo con los parámetros exigibles según la norma OS.070 (Redes de aguas residuales), del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.
- c) Identificar la deficiencia del funcionamiento actual de las redes de alcantarillado sanitario mediante el modelamiento hidráulico, en la ciudad de Huancavelica.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se vuelve necesario para la búsqueda de alternativas de solución, en este proyecto se busca la minimización de la contaminación del medio ambiente que se dan debido al tratamiento y evacuación inadecuado actual de las aguas residuales que se evacúan de todas las diferentes edificaciones que componen la zona urbana, en este caso la evacuación directa de las aguas residuales al río, lo cual es incorrecto, siendo esto una contaminación grande, de igual manera el funcionamiento deficiente de las componentes del sistema, hacen que se genere los colapsos de buzones y encharcamiento de aguas residuales en las calles y avenidas, ya que hasta la actualidad no se han controlado con estudios verídicos pertinentes a este tipo de fenómenos en la ciudad de Huancavelica, que causa perjuicios a la población urbana. Por ello surge la necesidad de realizar un buen modelamiento hidráulico de los sistemas de alcantarillados cumpliendo con los parámetros exigibles según la normatividad.

Se justifica el presente estudio, por tratarse de un servicio básico, siendo de vital importancia para el bienestar de la ciudad, satisfaciendo las demandas crecientes, que son producto del crecimiento poblacional acelerado y evitando así la contaminación del medio ambiente y daños a la salud de la población, que son de la disposición final de las aguas servidas al medio ambiente. Por lo que es necesario los análisis correspondientes

de cada emisor y es justificable bajo el punto de vista que se efectúe este estudio, permitiendo beneficiar a toda la población. (Malgarejo, 2015, p.14).

Durante largo tiempo, la priorización de las autoridades tanto municipales y departamentales estaban más ocupadas en construir redes de agua potable y así dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillados, lo cual era incorrecto, por lo cual actualmente las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones. (Alfaro, Carranza e Ítalo, 2012, p.27)

El crecimiento de la población misma en los últimos años y la deficiencia hidráulica en las redes de alcantarillado sanitario, han traído consigo como consecuencia la poca capacidad y calidad de servicio de saneamiento en el barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, así también el colapso de los buzones, lo que aumenta la incidencia de las diferentes enfermedades gastrointestinales y esto perjudicando principalmente a la población de menor de edad. Lo que hace la necesidad de evaluar la red de alcantarillado sanitario, para diagnosticar la situación real y los parámetros que incumplen de acuerdo con lo establecido en las normas de aguas residuales.

El proyecto investigación será importante aporte científico para los futuros proyectos ingenieriles en nuestra ciudad y región Huancavelica debido a que utilizarán base de datos más confiables y objetivas para que pueden diseñarse las redes de alcantarillado, buzones y estructuras de evacuación. Haciendo importante para el planteamiento futuro de una planta de tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

- **INTERNACIONALES:**

Mercedes (2012). “Diseño Del Sistema De Alcantarillado Sanitario, Aguas Lluvias Y Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para El Área Urbana Del Municipio De San Isidro, Departamento De Cabañas”. En el presente trabajo el autor presenta propuestas de diseño de alcantarillado de aguas negras, aguas de lluvia y una planta de tratamiento de aguas residuales, para el municipio de San Isidro. Detallando inicialmente las condiciones climatológicas, geográficas, poblacionales entre otras características del entorno.

De igual manera se desarrollan los diseños del sistema de alcantarillado de aguas lluvias y aguas negras para la urbanización del municipio de San Isidro, especificaciones técnicas, planos, detalles constructivos y presupuesto. Así mismo se presentan dos alternativas para el tratamiento de las aguas residuales netamente de origen doméstico, sus especificaciones técnicas, planos y detalles constructivos y presupuesto para cada una de las alternativas dadas. Para zonas que no se cubren con alcantarillado, se presentaron tres alternativas para el tratamiento y disposición de las aguas residuales, siendo el uso de fosas sépticas, letrina de tipo abonera seca familiar y letrina solar.

La investigación se realizó con el objetivo de presentar el diseño de red de aguas negras y de lluvias con su respectiva planta de tratamiento de aguas residuales para la zona urbana del municipio San Isidro, perteneciente al departamento de Cabañas, cuyo diseño será para satisfacer aproximadamente 557 viviendas. No obstante, se le aumentará una proyección futura de viviendas.

Se presentarán dos alternativas de la PTAR, que sean factibles, técnica y económicamente, también como el presupuesto para cada uno. Se empleará la

normativa nacional para el diseño de sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, al igual se aplicará a los parámetros del efluente de la PTAR.

Vargas (2013). “Modelación De La Red De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial De La Urbanización Plaza Madrid Mediante El Software EPA SWMM”. El Trabajo de investigación se hace debido a que se está dando el crecimiento de los habitantes circundantes de la ciudad de Bogotá, los cuales se les debe ofrecer los servicios básicos como lo son el servicio de agua potable y alcantarillado. Es por ello que la presente propuesta, contiene los modelos Hidráulicos para las redes del sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Urbanización “Plaza Madrid”, que está ubicada en el Municipio de Madrid.

El contenido del presente documento se ha desarrollado teniendo en cuenta las disposiciones del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS y la utilización del software de modelación para los sistemas de Alcantarillado (Epa Smww).

Por migración de la zona rural a urbana, también el crecimiento poblacional, se prioriza el planteamiento de soluciones de vivienda, los cuales deben contar con los servicios públicos necesarios, para mejorar la calidad de vida de los usuarios. Principalmente el caso de la Urbanización Plaza Madrid aportaría solución de vivienda a por lo menos Cuatrocientas cincuenta personas (450 Hab), esto deberá contar con todos los servicios básicos necesarios, por tal motivo se hace necesario el modelamiento mediante un software las redes de alcantarillado sanitario y Pluvial.

Mendez (2011). “Diseño Del Alcantarillado Sanitario Y Pluvial Y Tratamiento De Aguas Servidas De La Urbanización San Emilio”. En el presente trabajo se desarrollan los diseños de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la Urbanización San Emilio, así también el Tratamiento de las Aguas Servidas. Al contar con estos diseños, lo que se pretende es recolectar todas las aguas servidas y aguas lluvias de la urbanización, empleando un nuevo diseño, con lo cual se evitará la contaminación ambiental y se combatirá la insalubridad.

Cabe mencionar, que en este proyecto se hizo un estudio de impacto ambiental en la zona, para evitar graves daños en la naturaleza existente y tratar de contrarrestar los posibles efectos negativos.

También el trabajo tiene como propósito, la de contribuir al saneamiento básico de la Urbanización San Emilio, ubicada en el Valle de los Chillos y provincia de Pichincha. Incluyendo de igual manera el estudio, cálculos, diseños, presupuesto y planos. El plan de Saneamiento Básico permite obtener las alternativas para la identificación y solución de los problemas de higiene en la población, promoviendo un manejo adecuado de las aguas y una disposición correcta de los residuos sólidos y excretas. Por tal motivo, preocupados por los problemas debido a un sistema de alcantarillado deficiente, las condiciones de insalubridad y contaminación podrían producirse en un futuro dentro de la urbanización San Emilio, se plantea el diseño de un sistema de alcantarillado separado, como sanitario y pluvial.

Por último, se usa el Programa SewerGEMS CONNECT EDITION, que es un software de diseño, del cual se obtuvieron los diseños del Sistema de Alcantarillado Pluvial y Sanitario. Adicionalmente, se diseñó la Planta de Tratamiento de las Aguas Servidas y se realizó un presupuesto referencial de la obra.

Aldas (2011). “Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de 4 Lotizaciones Unidas (Varios Propietarios), Del Cantón el Carmen”. La presente investigación de grado fue desarrollada como un fin, que es la contribuir hacia los pobladores del sector Manabi Libre, perteneciente al Canton El Carmen-Manabi. Conteniendo de siete capítulos en donde se detalla paulatinamente el análisis y de un sistema de alcantarillado por separado y tratamiento de aguas residuales.

En el siguiente proyecto de tesis se realiza el alcance y beneficios de la implementación del proyecto, como los datos generales y básicos para su elaboración respectiva. Al implementarse el siguiente proyecto se mejorará la calidad de vida de los pobladores, también se creará fuentes de trabajo y mejorar el ecosistema de dicho sector.

También se basa en el diseño de la red de alcantarillado con sus respectivos chequeos de presiones en las tuberías, y las respectivas medidas de mitigación para evitar los posibles impactos ambientales. De igual forma tiene por objetivo dar las especificaciones de construcción y la forma de pago de la obra, al igual de la elaboración

del presupuesto de la obra y forma de pago de la obra y finalmente consta de la elaboración del cronograma.

Banda (2012). “Diseño De Los Sistemas De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial, Estación Depuradora De Aguas Residuales (Edar) Para El Centro De Albergue, Formación, Y Capacitación Juvenil De La Fundación Don Bosco – Loja”.

El presente tema resume los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto de fin de carrera, enfocándose objetivamente en el estudio y diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, atribuyendo las nuevas metodologías implementadas por los métodos de tensión tractiva, seleccionar un sistema de depuración de aguas residuales que sea económicamente accesible, fácil de construir con materiales disponibles en el medio, fácil de operación y mantenimiento, ocupando la menor cantidad de espacio y sea amigable con el medio ambiente, dando condiciones de salubridad adecuadas a los usuarios de dicho proyecto. Los contenidos del presente proyecto de fin de carrera muestran los lineamientos que a continuación se mencionan: generalidades, diseño de la red de alcantarillado pluvial, diseño de la red de alcantarillado sanitario, diseño de la estación depuradora de aguas residuales, manual de operación y mantenimiento, estudios de impacto ambiental, presupuesto de los componentes, conclusiones, recomendaciones y finalmente sus anexos.

- **NACIONALES:**

Lázaro (2016). “Modelamiento Hidráulico Del Sistema De Alcantarillado Primario Del Distrito De Puente Piedra, Carabayllo Y San Martín De Porres”. El trabajo de investigación se desarrolla debido que en la actualidad y en vista del crecimiento desmesurado de la población, hacen que consuman el líquido vital agua potable, por ende, descargar sus aguas residuales a los sistemas de alcantarillado secundario y posterior a los colectores primarios.

Debido al gran incremento de la demanda de la zona norte de Lima, se ha visto afectado la capacidad de conducción del colector primario denominado Puente Piedra, dicho colector en la actualidad está constituido por diversas áreas de drenaje que conforman los distritos de Puente Piedra, parte Carabayllo y parte de San Martín de Porres y si a eso le sumamos los consumos de los proyectos inmobiliarios, proyectos de

vivienda del estado, ha causado que el colector Puente Piedra, sea considerado uno de los temas críticos, toda vez que a la fecha se está restringiendo la dotación de agua potable por dos horas diarias en ciertas zonas del área de drenaje, causando malestar entre la población al no tener un óptimo sistema de alcantarillado primario.

En el año 1998 se suscribió el Contrato de obra N° 102-98-CW-31700/BIRF-SEDAPAL para la ejecución de la obra “Rehabilitación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de Lima y Callao. Esquema de alcantarillado del distrito de Puente Piedra”, entre SEDAPAL con Meyer & John - Arsa Asociados, el proyecto de rehabilitación en mención, se ejecutó y construyó el colector Puente Piedra, el cual tiene a la fecha una antigüedad aproximada de 14 años desde su puesta en operación, y fue diseñado para una capacidad máxima 960 lps, mediante el cual descarga sus aguas residuales a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra, cuya capacidad de diseño (caudal promedio) para tratamiento es 422 lps, aunque a la fecha se registran caudales máximos que superan los 1000 lps.

El colector existente Puente Piedra ya superó su periodo óptimo de diseño en algunos tramos, esto es debido a que el incremento de caudal radica básicamente en el desarrollo y ejecución de grandes proyectos inmobiliarios o complejos habitacionales (obras ejecutadas por sector privado) así como ejecución de redes autofinanciadas, que han incrementado la densidad poblacional de la zona, crecimiento de zonas de expansión, cuyas descargas de aguas residuales es dirigida al colector primario Puente Piedra existente.

Del mismo modo, el crecimiento industrial en la zona de cobertura ha demandado grandes volúmenes de agua, que han sido cubiertos con la perforación de pozos, para abastecerse de agua en sus procesos, cuyas aguas residuales incrementan en forma significativa el caudal afluente en el colector por antes mencionado.

Melgarejo (2015). “Evaluación Para Optimizar El Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Ciudad De Marcará, Del Distrito De Marcará Provincia De Carhuaz Ancash 2014”. El trabajo realizado tiene como objetivo evaluar para la optimización del sistema de alcantarillado sanitario, con la finalidad de elevar la calidad de vida de los usuarios y contribuir con la disminución de enfermedades gastrointestinales y parasitarias. La tesis cuyo objetivo específico es la de contribución para optimizar el

servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad de Marcará, cuyos resultados permitirán elaborar y proponer un plan estratégico para su debida recuperación y preservación.

De la misma manera optimizar el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Marcará, el objetivo fundamental es la evaluación del estado actual del sistema de alcantarillado de la ciudad y su disposición final. El problema identificado es la contaminación del medio biótico y antrópico por descarga directa al medio ambiente e incumplimiento, que posteriormente se descarga al río Chancos y río Santa, en un grado mayor al límite establecido en la ley General de las Aguas, esto debido al alto contenido de microorganismos y materia orgánica, perjudicando la salud de la población y contra la preservación del medio ambiente. Cabe indicar que, no es posible garantizar la eficiencia en la prestación de determinado servicio, si no se cuenta con la evaluación, así como la operación y mantenimiento de los componentes. Por lo tanto, hace necesaria la evaluación de la red de alcantarillado sanitario, para que de esto los resultados obtenidos se pueda proponer alternativas de solución y establecer las acciones necesarias para superar la calidad de estos servicios sanitarios en la ciudad de Marcará.

Cerquin (2013). “Evaluación De La Red De Alcantarillado Sanitario Del Jirón La Cantuta En La Ciudad De Cajamarca”. Este trabajo tiene por objetivo la evaluación de las estructuras del sistema de alcantarillado sanitario existente en el Jirón La Cantuta. Haciendo la recolección de los datos de campo en el mes de febrero del año 2013, donde se usaron, un nivel de ingeniero para nivelar las tapas de buzón, una wincha para medir la profundidad de buzones y el tirante de agua por tramos y por último una estación total para realizar el levantamiento topográfico de toda zona. En la zona de estudio se evaluó 14 buzones, de los cuales 2 tienen una profundidad menor a la mínima, 3 se encuentran sedimentados y 2 parcialmente colapsados, de igual manera se identificó que un tramo no cumple con el criterio de la tensión tractiva y pendiente mínima indicadas en la norma y 5 de ellos tienen una velocidad inferior a la mínima. Se determinó también que un tramo de red, la separación máxima entre buzones es superior a la máxima permitida, haciendo esto un funcionamiento hidráulico deficiente e inadecuado para su mantenimiento, con esto se define que, para mejorar la capacidad hidráulica del sistema, será necesario una combinación del sistema condominal y convencional en los tramos iniciales.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Sistema de Alcantarillado.

Según Lázaro (2016.p.8) Los sistemas para evacuar las aguas residuales y las aguas de lluvia son redes colectoras, conectado por pozos de inspección instalados en excavaciones a determinadas profundidades en las vías públicas. Estas aguas están compuestas por contribución de las aguas de uso doméstico, industrial, institucional y comercial, lo cual hace que en su cuantificación se incluyan consideraciones pertinentes a los caudales de diseño del sistema de acueducto. El caudal transportado por el sistema de alcantarillado tiene su disposición final a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en el cual son tratadas con diversos procesos (lodos activados, SBR, lagunas de oxidación), a fin de que el agua residual tratada sea transportada hacia el cuerpo receptor bajo condiciones establecidas en el RNE.

2.2.2. Red de alcantarillado

Según Morales, (2004, p.17) Una red de alcantarillado es una manera de manipular, conducir y desechar toda clase de aguas servidas y de lluvia juntas o separadas independientemente y transportarlas a una planta de tratamiento, donde serán depurados todos los sólidos que estas lleven, para no provocar un daño significativo al cuerpo receptor, teniendo como destino final un acuífero que permita conducir por tramos largos el caudal, el cual, en el trayecto, será regenerado.

Según Alfaro, Carranza e Ítalo (2012, p.26,27) La mayoría de los alcantarillados en localidades medianas y grandes se diseñan y construyen para que funcione en forma combinada, considerando las aportaciones pluviales. A través de los tiempos se ha observado que esta práctica genera problemas de contaminación y de operación de los sistemas, por la imposibilidad de tratar, en época de lluvias, la totalidad de las aguas captadas. Aprovechando esta experiencia, los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, se deben de diseñarse en forma separada.

El Sistema de Alcantarillado Está Integrado Por:

a) Red de recolección

Conjunto de tuberías principales y ramales colectores que permiten la recolección de las aguas residuales generadas en las viviendas. (RNE-OS.070 Redes de Aguas Residuales, 2009).

b) Ramal de colector

Es la tubería que se ubica en la vereda de los lotes, recolecta el agua residual de una o más viviendas y la descarga a una tubería principal. (RNE-OS.070 Redes de Aguas Residuales, 2009).

c) Ramal Condominial

Es el colector ubicado en el frente del lote, que recibe las aguas residuales provenientes del condominio y descarga en la tubería principal de alcantarillado. No se permitirán ramales por el fondo de lote. (Melgarejo, 2015, p.43).

d) Tubería principal

Es el colector que recibe las aguas residuales provenientes de otras redes y/o ramales colectores. (RNE-OS.070 Redes de Aguas Residuales, 2009).

Es el colector que recibe las aguas residuales provenientes de los ramales condominiales. (Melgarejo, 2015, p.43).

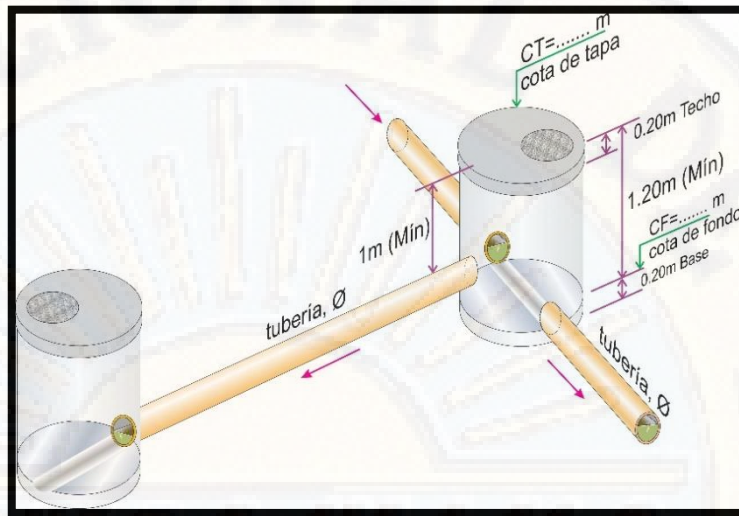
e) Conexión domiciliaria de alcantarillado

Según Melgarejo (2015, p.43) Conjunto de elementos sanitarios instalados con la finalidad de permitir la evacuación del agua residual proveniente de cada lote.

f) Cámara de inspección

Las cámaras de inspección podrán ser cajas de inspección, buzonetas y/o buzones de inspección. (RNE-OS.070 Redes de Aguas Residuales, 2009).

Figura 1. Detalle de la cámara de inspección.



Fuente: Elaboración propia

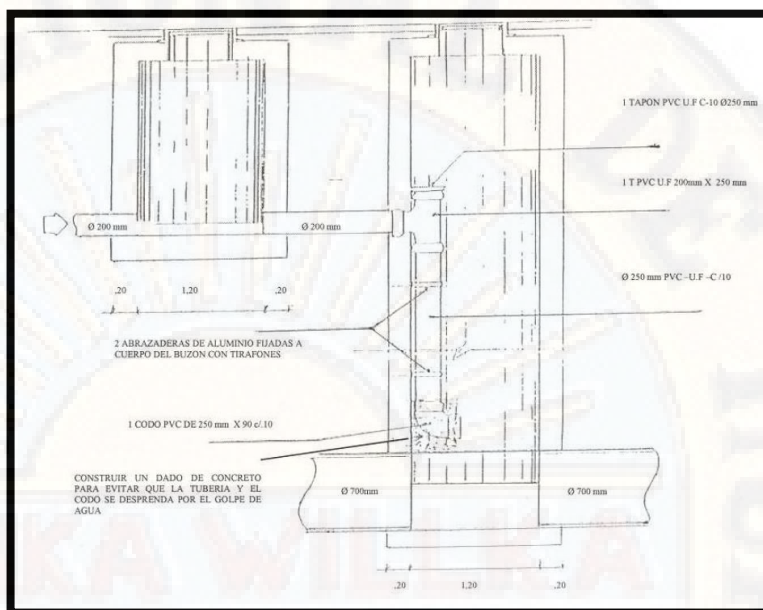
- **Las cajas de inspección:** son las cámaras de inspección que se ubican en el trazo de los ramales colectores, destinadas a la inspección y mantenimiento de este, puede formar parte de la conexión domiciliaria de alcantarillado. Se construirán en los siguientes casos:
 - ✓ Al inicio de los tramos de arranque del ramal colector de aguas residuales.
 - ✓ En el cambio de dirección del ramal colector de aguas residuales.
 - ✓ En un cambio de pendiente de los ramales colectores.
 - ✓ En lugares donde se requieran por razones de inspección y limpieza.
- **Las buzonetas:** se utilizan en tuberías principales de las vías peatonales cuando la profundidad es menor a 1.0m sobre la clave del tubo. Se proyectarán solo para tuberías principales de hasta 200mm de diámetro. El diámetro de las buzonetas será de 0.60m. (p.6).
- **Los buzones de inspección:** se usan cuando la profundidad es mayor de 1.0m sobre la clave de la tubería.
El diámetro interior de los buzones será de 1.20m para tuberías de hasta 800mm de diámetro y de 1.50m 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 0.60m de diámetro. (p.7).

Según Vargas y Villegas, (2013, p.26) La profundidad máxima de colectores a la cota clave es del orden de 5m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción.

- Las buzonetas y buzones se proyectarán en todos los lugares donde será necesario por razones de inspección, limpieza y en los siguientes casos:
 - ✓ En el inicio de todo colector.
 - ✓ En todos los empalmes de colectores.
 - ✓ En los cambios de dirección.
 - ✓ En los cambios de pendiente.
 - ✓ En los cambios de diámetro y en los cambios de material de las tuberías. (p.7).
- En los cambios de diámetro, debido a variaciones de pendiente o aumento de caudal, las buzonetas y/o buzones se diseñarán de manera tal que las tuberías coincidan en la clave, cuando el cambio sea de menor a mayor diámetro y en el fondo cuando el cambio sea mayor a menor diámetro. (p.7).
- Para tuberías principales de diámetro menor a 400mm, si el diámetro inmediato aguas abajo, por mayor pendiente puede producir un mismo caudal en menor diámetro, no se usará este menor diámetro, debiendo emplearse el mismo del tramo aguas arriba. (p.7).
- En las camas de inspección cuando las tuberías no lleguen al mismo nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la altura de descarga o caída con respecto al fondo de la cámara sea mayor de 1.0m. (p.7).

Figura 2. Dispositivo de caída dentro del buzón.



Fuente: RNE.OS.070 (REDES DE AGUAS RESIDUALES)

- La distancia entre las cámaras de inspección y de limpieza consecutivas está limitada por el alcance de los equipos de limpieza. También la separación máxima depende del diámetro de las tuberías y para el caso de tuberías principales la separación será como indica en la tabla:

Tabla 1. Separación máxima entre cámaras de inspección.

DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
100-150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Fuente: RNE.OS.070 (REDES DE AGUAS RESIDUALES)

- Las cámaras de inspección podrán ser prefabricadas o construidas en obra. En el fondo se proyectarán canaletas en la dirección del flujo. (p.7).

g) Canaletas media caña

Según (OPS/CEPIS, 2005). En el fondo de las cámaras de inspección, se deberá diseñar media caña en dirección del flujo y una pendiente del 25% entre el borde de la media caña y las paredes laterales de la cámara.

h) Control de remanso

Según OPS/CEPIS, (2005, p.41) Para evitar la formación de remansos, el fondo de la cámara de inspección deberá tener una pendiente similar a la pendiente mayor de los conductos que llegan a ella

i) Emisor

Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final. (Melgarejo, 2015, p.44).

j) Planta de tratamiento de Aguas Residuales

Es la implementación de una Infraestructura y procesos que permite la depuración de aguas residuales. En una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. Se pueden clasificar en estaciones de tratamientos primarios, secundarios o terciarios. (Melgarejo, 2015, p.44).

k) Disposición Final

El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada. (Melgarejo, 2015, p.44).

2.2.3. Aguas residuales

2.2.3.1. Aguas residuales domésticas.

Son las provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros usos. 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 domestica debe ser estimado para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema. El caudal de contribución domestica debe ser calculado en función del número de lotes, la tasa de

crecimiento, área de contribución, densidad poblacional, dotación y el coeficiente de retorno. (Nogales, Quispe 2009, p.31).

2.2.3.2. Aguas residuales comerciales.

Son las aguas que se desechan de los comercios, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial, depende del establecimiento a considerarse. (Quijada, 2004,17).

2.2.3.3. Aguas residuales públicos o institucionales.

Son aquellas que provienen de las diferentes instituciones como escuelas, colegios y universidades, hospitales, cárceles, etc. (Vargas y Villegas, 2013, p.18)

2.2.3.4. 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, requiriendo estos ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado. (Nogales, Quispe 2009, p.32).

2.2.3.5. Aguas de lluvia

Son aguas que provienen de la precipitación pluvial, debido a su efecto de lavado 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. (Nogales, Quispe 2009, p.32).

2.2.4. Tipos de sistemas de alcantarillado

Según Melgarejo, (2015) Los sistemas de recolección y evacuación de las aguas residuales domésticas y pluviales se clasifican según su tipo en:

2.2.4.1. Sistemas Convencionales

Los alcantarillados convencionales, son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. En zonas rurales y pequeñas localidades, cuando el número de viviendas aumenta y se reduce la

dispersión, también cuando las viviendas están dotadas de unidades sanitarias, es necesario proveer un sistema para recolección de las aguas residuales generadas. El alcantarillado convencional es el sistema usualmente utilizado en zonas urbanas, siendo también empleado en algunos casos en zonas rurales o pequeñas comunidades. (p.46)

- **Alcantarillado Combinado:** las aguas residuales y pluviales son recolectadas y transportadas por un mismo sistema. El sistema combinado puede ser utilizado cuando es indispensable transportar las aguas de lluvias por conductos enterrados y no se pueden emplear sistemas de drenaje superficiales, esto debido al tamaño de las áreas a drenar, la configuración topográfica del terreno o las consecuencias económicas de las inundaciones. (p.47)

Según Byron y Fabian (2012, p.27) La ventaja de este tipo de sistemas es que su implementación es más económica, mientras que su desventaja radica en que una lluvia fuerte producirá un inadecuado tratamiento que puede provocar en el efluente cierto nivel de contaminación peligroso, esto provoca que el tratamiento para este tipo de sistemas sea más costoso.

- **Alcantarillado Separado:** Según Melgarejo, (2015, p.48) La recolección y transporte se desarrolla de forma independientemente:
 - a. **Alcantarillado sanitario:** Es el sistema de recolección diseñado exclusivamente para llevar las aguas residuales domésticas, comerciales, industriales, etc.
 - b. **Alcantarillado pluvial:** Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.

Según Alfaro, Carranza y Gonzales (2012, p.28-29) Para fines de cuidado del ambiente, es necesario contar con plantas de tratamiento que resultan más económicas por unidad de volumen tratado cuando las cantidades de agua que manejan son mayores. Aquí surge la conveniencia de los sistemas separados, pues los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores a los correspondientes de aguas

residuales en proporción de 50 a 200 veces o más. Es así entonces que una planta de tratamiento es más económica si solo se encarga de tratar aguas residuales de cierto tipo.

2.2.4.2. Sistema No Convencionales

Según Melgarejo, (2015, p.48-49) Los Sistemas alternativos de menor costo que los convencionales basado en consideraciones de diseño adicionales y utilizando una mejor tecnología para operación y mantenimiento, se dividen en:

- Alcantarillado simplificado.
- Alcantarillado Condominial.
- Alcantarillado sin arrastre de sólidos.

2.2.4.3. Sistemas In situ

Según Melgarejo, (2015, p.49) Son sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales como las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego. Sistemas de muy bajo costo.

2.2.5. Metodología de diseño de la red de alcantarillado Sanitario

2.2.4.4. Levantamiento topográfico

Nogales y Quispe (2009, p.27) El primer trabajo a realizar de un proyectista para un sistema de alcantarillado, es la topografía del área o ciudad a diseñarse. Los trabajos topográficos a diseño deberán satisfacer y regirse en la Norma. Para realizar trabajos de levantamientos topográficos, se deberá recabar previamente, la información básica al respecto, de instituciones públicas y privadas, como ser planimetrías, nivelaciones, aerofotogrametría, planos reguladores, catastrales y demás información. Según RNE.OS.070 (2006) La información topográfica para la elaboración de proyectos incluirá:

- El plano de lotización del área de estudio, con las curvas de nivel a cada 1m indicando la ubicación y detalles de los servicios existentes y/o cualquier referencia importante. (p.2).

- Perfil longitudinal a nivel del eje del trazo de las tuberías principales y/o ramales colectores en todas las calles del área de estudio y en el eje de la vía donde técnicamente sea necesario. (p.3).
- Secciones transversales de todas las calles. Cuando se utilicen ramales, mínimo 3 a 100 metros en terrenos planos y mínimo 6 por cuadra, donde exista desnivel pronunciado entre ambos frentes de calle y donde exista cambio de pendiente. En todos los casos deben incluirse nivel de lotes. (p.3).
- Perfil longitudinal de los tramos que se encuentren fuera del área de estudio, pero que sean necesarios para el diseño de los empalmes con las redes del sistema de alcantarillado existente. (p.3).
- Se ubicará en cada habilitación un BM auxiliar como mínimo y dependiendo del tamaño de la habilitación se ubicarán dos o más, en puntos estratégicamente distribuidos para verificar las cotas de cajas de inspección y/o buzones a instalar. (p.3).

2.2.4.5. Suelos.

Según RNE.OS.070 (2006) se deberá contemplar el reconocimiento general del terreno y el estudio de evaluación de sus características, considerando los siguientes aspectos:

- Determinación de la agresividad del suelo con indicadores del PH, sulfatos, cloruros y sales solubles totales.
- Otros estudios necesarios en función de la naturaleza del terreno, a criterio del proyectista.

2.2.4.6. Periodo de diseño:

Según Guía de Orientación para Elaboración de Expedientes Técnicos de Proyectos de Saneamiento (2016, P.24) Es el periodo de tiempo en el cual la capacidad de producción de un componente, de un sistema de agua potable o alcantarillado, cubre la demanda proyectada minimizando el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento durante el periodo de análisis del proyecto. Es recomendable su cálculo. Proponiéndose los siguientes periodos de diseño:

Tabla 2. Periodos de diseño.

SISTEMA / COMPONENTE	PERIODO (Años)
Redes del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado	20 años
Reservorios, Plantas de tratamiento	Entre 10 y 20 años
Sistemas a Gravedad	20 años.
Sistemas de Bombeo	10 años.
UBS (Unidad Básica de Saneamiento) de material noble	10 años
UBS (Unidad Básica de Saneamiento) de otro material	5 años

Fuente: *Guía de Orientación Para Elaboración de Expedientes Técnicos de Proyectos de Saneamiento (2016).*

2.2.4.7. Población actual y futura:

Según Guía de Orientación para Elaboración de Expedientes Técnicos de Proyectos de Saneamiento (2016, p.22) La población actual del ámbito del proyecto será definida por el número viviendas y la densidad en (hab./vivienda). Para justificar la población actual, se deberá recurrir a la información del INEI y de no tener las tasas de crecimiento poblacional definidas por el INEI, se deberá determinar esta mediante censos de poblaciones anteriores, siendo estos debidamente sustentadas.

Según RNE-OS.070 (2009, p.3) Se debe determinar la población y la densidad poblacional para el periodo de diseño adoptado. La determinación de la población final para el periodo de diseño adoptado se realizará a partir de proyecciones, utilizando la tasa de crecimiento por distritos y/o provincias establecida por el organismo oficial que regula estos indicadores. Según Viteri, (p.65) Para determinar la población futura existen tres métodos comúnmente usados que se pueden obtener datos confiables siendo estos métodos los siguientes: Método aritmético, Método Geométrico y Método Exponencial:

- a. **Método aritmético:** Considerado como el más simple de los métodos debido a su planteamiento, considera un crecimiento lineal y constante de la población, en el que se considera que la cantidad de habitantes que se incrementa va a ser la misma para cada unidad de tiempo.

$$pf = Pa * (1 + r * n)..... (01)$$

Donde:

n: Periodo de tiempo (años)

r: Tasa de crecimiento (%)

Pf: Población Futura (Hab)

Pa: Población actual (Hab)

- b. **Método Geométrico:** En este método lo que se mantiene constante es el porcentaje de crecimiento por unidad de tiempo y no por unidad de monto, aunque los elementos de la ecuación son los mismos del método aritmético.

$$pf = Pa * (1 + r)^n..... (02)$$

Donde:

n: Periodo de tiempo (años)

r: Tasa de crecimiento (%)

Pf: Población Futura (Hab)

Pa: Población actual (Hab)

- c. **Método Exponencial:** A diferencia del modelo geométrico, el modelo exponencial supone que el crecimiento se produce de forma continua y no por cada una unidad de tiempo. Este supuesto obliga a sustituir la expresión $(1 + r)^n$ a e^{r*n}

$$pf = Pa * e^{r*n}..... (03)$$

Donde:

n: Periodo de tiempo (años)

r: Tasa de crecimiento (%)

Pf: Población Futura (Hab)

Pa: Población actual (Hab)

2.2.4.8. Dotación:

Según Aldas, (2011, p.23) Dotación es la cantidad de agua por habitante por día, que se proporciona a un sistema de abastecimiento público, para satisfacer las diferentes necesidades de consumo: doméstico, comercial, industrial y de servicio público.

Según RNE.OS.100 – CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA (2009) La dotación promedio diaria anual por habitante, se obtendrá en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprueba la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará, los valores indicados en el cuadro:

Tabla 3. Dotación promedio diaria anual por habitante.

Ítem	Criterio	Dotación (L/hab/día)		
		Clima Templado	Clima Frio	Clima Cálido
1	Sistemas con conexiones domiciliarias	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90m ²	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas publicas	30-50	30-50	30-50

Fuente: RNE.OS.100 – Consideraciones Básicas De Diseño De Infraestructura Sanitaria (2009).

Según RNE.IS.010 - INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES (2009, p.6-8) Las dotaciones diarias mínimas de agua para diferentes tipos de uso serán como sigue:

- Para viviendas se considerará una dotación de 150 L/hab/día
- Para riego de jardines se considerará una dotación de 5 L/m²/día
- Para estacionamientos se considerará una dotación de 2 L/m²/día
- Para oficinas se considerará una dotación de 20 L/hab/día
- Para tiendas se considerará una dotación de 6 L/hab/día
- Para hospitales y centros de salud se considerará una dotación de 800 L/cama/día
- Para para asilos y orfanatos se considerará una dotación de 300 L/huésped/día

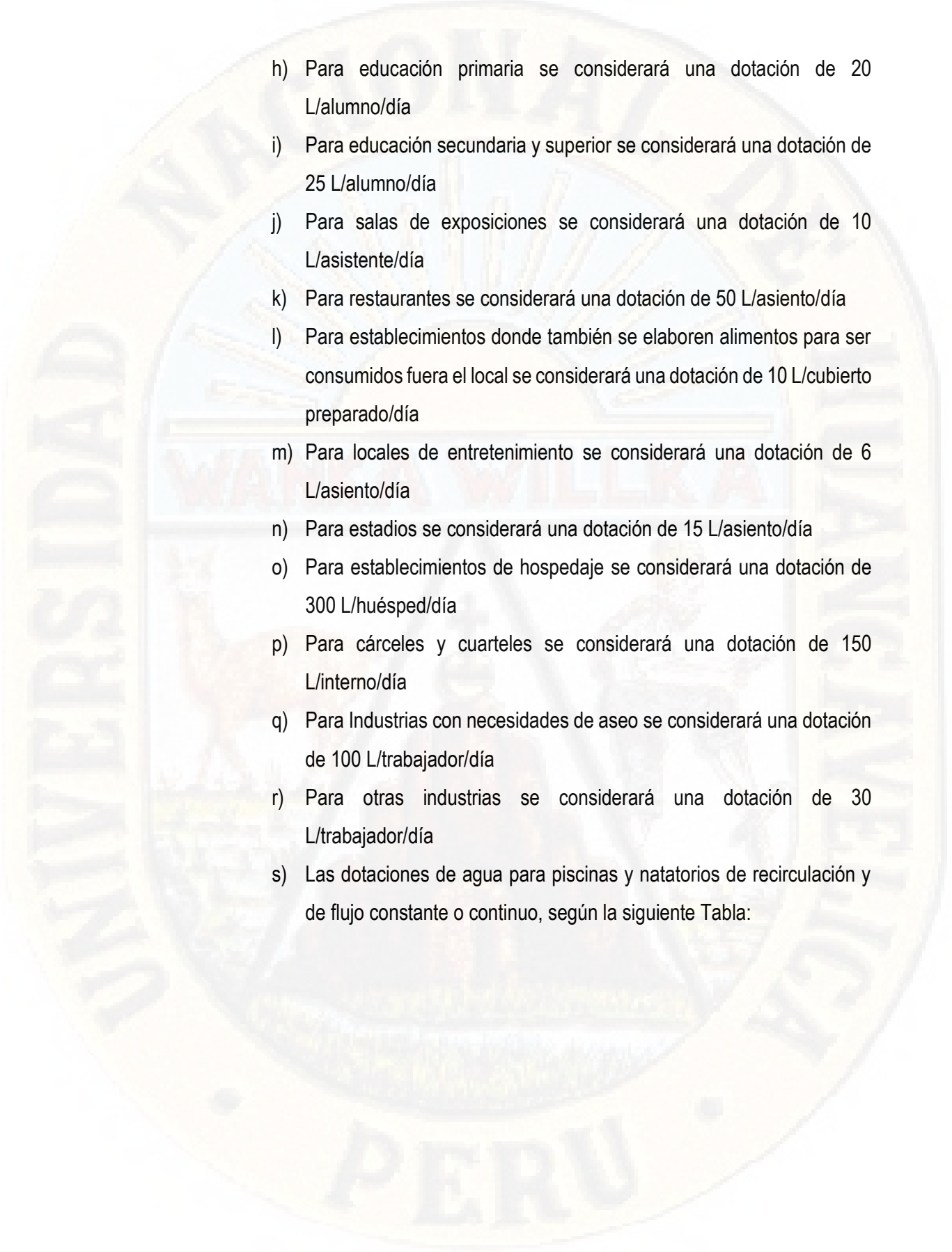
- 
- h) Para educación primaria se considerará una dotación de 20 L/alumno/día
 - i) Para educación secundaria y superior se considerará una dotación de 25 L/alumno/día
 - j) Para salas de exposiciones se considerará una dotación de 10 L/asistente/día
 - k) Para restaurantes se considerará una dotación de 50 L/asiento/día
 - l) Para establecimientos donde también se elaboren alimentos para ser consumidos fuera el local se considerará una dotación de 10 L/cubierto preparado/día
 - m) Para locales de entretenimiento se considerará una dotación de 6 L/asiento/día
 - n) Para estadios se considerará una dotación de 15 L/asiento/día
 - o) Para establecimientos de hospedaje se considerará una dotación de 300 L/huésped/día
 - p) Para cárceles y cuarteles se considerará una dotación de 150 L/interno/día
 - q) Para Industrias con necesidades de aseo se considerará una dotación de 100 L/trabajador/día
 - r) Para otras industrias se considerará una dotación de 30 L/trabajador/día
 - s) Las dotaciones de agua para piscinas y natatorios de recirculación y de flujo constante o continuo, según la siguiente Tabla:

Tabla 4. Dotación de agua para piscina y natatorios.

1. De circulación	Dotación
Con recirculación de las aguas de rebose	10 L/d por m ² de proyección horizontal de la piscina.
Sin recirculación de las aguas de rebose	25 L/d por m ² de proyección horizontal de la piscina.
2. De flujo constante	Dotación
Publicas.	125 L/h por m ³
Semi-publicas (clubes, hoteles, colegios, etc.)	80 L/h por m ³
Privadas o residenciales.	40 L/h por m ³

Fuente: RNE.IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

La dotación que se requiere para los aparatos sanitarios en los vestuarios y cuartos de aseo anexos a la piscina se calculará adicionalmente a razón de 30 L/m²/día de proyección horizontal de la piscina. En aquellos casos que contemplen otras actividades recreacionales, se aumentará proporcionalmente esta dotación.

- t) **La dotación de agua para depósitos de materiales**, equipos y artículos manufacturados se calculará a razón de 0.50 L/m²/día, siendo el área útil del local y por cada turno de trabajo de 8 horas o fracción.
- u) Para oficinas anexas, el consumo de las mismas se calculará adicionalmente de acuerdo a lo estipulado en esta Norma para cada caso, considerándose una dotación mínima de 500 L/d.
- v) **La dotación de agua para locales comerciales** dedicados a comercio de mercancías secas será de 6 L/m² área útil del local/día, considerando una dotación mínima de 500 L /d.
- w) **La dotación de agua para mercados y establecimientos**, para la venta de carnes, pescados y similares serán de 15 L/m² de área del local/día.

- x) **El agua para consumo industrial** deberá calcularse de acuerdo con la naturaleza de la industria y su proceso de manufactura. En los locales industriales la dotación de agua para consumo humano en cualquier tipo de industria será de 80 litros por trabajador o empleado, por cada turno de trabajo de 8 horas o fracción.
- y) **La dotación de agua para plantas de producción**, e industrialización de leche será según la siguiente Tabla:

Tabla 5. Dotación de agua para las plantas de producción.

Plantas de Producción e industrialización	Dotación
Estaciones de recibo y enfriamiento.	L por cada 1000 litros de leche recibidos por día.
Plantas de pasteurización.	1500 L por cada 1000 litros de leche a pasteurizar por día.
Fábrica de mantequilla, queso o lecho en polvo.	150 L por cada 1000 litros de leche a procesar por día.

Fuente: RNE. IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

- z) **La dotación de agua para las estaciones de servicio**, según la siguiente Tabla:

Tabla 6. Dotación de agua para las estaciones de servicio.

Estaciones y Parques de Estacionamientos	Dotaciones
Lavado automático.	12800 L/d por unidad de lavado.
Lavado no automático.	8000 L/d por unidad de lavado.
Estación de gasolina.	300 L/d por surtidor.
Garajes y parques de estacionamiento de vehículos por área cubierta.	2 L por m ² de área.

Fuente: RNE.IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

- aa) **Las dotaciones de agua para edificaciones destinadas al alojamiento de animales**, tales como caballerizas, establos, porquerizas, granjas y similares, según la siguiente Tabla:

Tabla 7. Dotación de agua para edificaciones destinadas al alojamiento de animales.

Alojamiento de Animales	Dotación
Ganado lechero	120 L/d por animal
Bovino y equinos	40 L/d por animal
Ovinos y porcinos	10 L/d por animal
Aves	20 L/d por cada 100 aves

Fuente: RNE. IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

Las dotaciones anteriores no incluyen para riego de áreas verdes u otras instalaciones.

- bb) **La dotación de agua para mataderos públicos o privados** estará de acuerdo con el número y clase de animales a beneficiar, según la siguiente Tabla:

Tabla 8. Dotación de agua para mataderos públicos o privados.

Clase de animal	Dotación diaria
Bovinos.	500 L por animal.
Porcinos.	300 L por animal.
Ovinos y caprinos.	250 L por animal.
Aves en general.	16 L por cada Kg.

Fuente: RNE.IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

- cc) **La dotación de agua para bares**, fuentes de soda, cafeterías y similares, según la siguiente Tabla:

Tabla 9. Dotación de agua para bares.

Área de locales, m2	Dotación diaria
Hasta 30	1500 L
De 31 a 60	60 L/m2
De 61 a 100	50 L/m2
Mayor de 100	40 L/m2

Fuente: RNE.IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

dd) La dotación de agua para locales de salud según la siguiente Tabla:

Tabla 10. Dotación de agua para locales de salud.

Local de Salud	Dotación
hospitales y clínicas de hospitalización.	600 L/d por cama.
Consultorios médicos.	500 L/d por consultorio.
Clínicas dentales.	1000 L/d por unidad dental.

Fuente: RNE.IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

La dotación para servicios especiales, tales como riego de áreas verdes, viviendas anexas, servicios de cocina y lavandería se calcularán adicionalmente de acuerdo con lo estipulado en esta Norma.

ee) La dotación de agua para lavanderías, según la siguiente Tabla:

Tabla 11. Dotación de agua para lavanderías.

Tipo de local	Dotación diaria
Lavandería.	40 L/kg de ropa.
Lavandería en seco, tintorerías y similares.	30 L/kg de ropa.

Fuente: RNE.IS.010-Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones (2009).

ff) La dotación de agua para áreas verdes será de 2 L/m2/día. No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación.

2.2.4.9. Variación de Consumo (Coeficientes de Variación K1, K2)

Según RNE.OS.070 (2006, p.11) En los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidas al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes, indicados en el Cuadro:

Tabla 12. Coeficientes de variaciones de consumo (Habilitaciones Urbanas).

Ítem	Coeficiente	Valor
1	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Diaria (K1)	1.3
2	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Horaria (K2)	1.8 a 2.5

Fuente: RNE.OS.070-Redes de Aguas Residuales (2009).

También conocido como factor de mayoración o factor Pico.

2.2.4.10. Caudal de Diseño

a) Caudal Provenientes del Sistema de Distribución de Agua:

Están conformados por los siguientes usos:

- Uso Doméstico
- Uso Comercial
- Uso Industrial
- Uso Público o Institucional.

Según RNE.OS.070-REDES DE AGUAS RESIDUALES (2009, P.3) El caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80% del caudal de agua potable consumida (Qmh). determinándose para el inicio y fin del periodo de diseño.

$$QdPSDA = QCDD + QCDC + QCDI + QCDP..... (04)$$

Donde

QdPSDA= Caudal Provenientes del Sistema de Distribución de Agua.

QCDD=Caudal de Contribución al Desagüe de Uso Doméstico.

QCDC=Caudal de Contribución al Desagüe de Uso comercial.

QCDI=Caudal de Contribución al Desagüe de Uso industrial.

QCDP=Caudal de Contribución al Desagüe de Uso Público o Institucional.

b) Caudal por Infiltración (QINF):

Son las aguas que se filtran al colector.

Las infiltraciones se dan a través de:

- Las uniones defectuosas (Entre tubo y tubo)
- Rotura y/o grietas y/o fisuras en las paredes de las tuberías.
- Paredes de los buzones, cámaras de bombeo de desagüe, cajas de registro u otras estructuras.
- Anclajes defectuosos.
- Conexiones domiciliarias.

La cantidad de agua de infiltración depende principalmente:

- Características del suelo.
- Nivel freático.
- Conductos (Porosidad del material de la tubería, Tipo de juntas).
- Estado y calidad de instalación de las estructuras del sistema de desagüe.

Según RNE.OS.070 (2009, p.11) La tasa de contribución de infiltración que depende de las condiciones locales, tales como: Nivel del acuífero, naturaleza del subsuelo, material de la tubería y tipo de junta utilizada.

El valor adoptado debe ser justificado y da como referencia: 0.05 a 1.0 l/(s.km)

$$QINF = f_L * L \dots\dots\dots (05)$$

Donde:

QINF=Caudal por infiltración (l/s)

fL=coeficiente de infiltración

L=Longitud del tramo (Km)

Según Banda, (2012, p.19) Al diseñarse con tubería de PVC esta probabilidad es muy pequeña, sin embargo, por seguridad en el diseño

se ha tomado en cuenta estos caudales que, relativamente no tienen una mayor incidencia en el diámetro de los conductos.

c) Caudal de Conexiones erradas o ilícitas (QLLCC):

Según Martínez, (2011, p.16) Es la cantidad de agua de lluvia que ingiere el drenaje, proveniente principalmente de usuarios que conectan las bajadas de aguas pluviales al sistema. Este caudal daña el sistema, debe evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, de la permeabilidad del suelo, así como de la intensidad de lluvia.

Según Aldas, (2011, p.28) también indica que son las aguas de lluvia de jardinerías, tapas de los pozos o cajas de revisión del alcantarillado sanitario.

Es un sistema de alcantarillado del tipo separado, no se permite el ingreso de aguas de lluvia, pero existen un porcentaje de las viviendas que conectan las aguas de lluvia recolectados de sus tejados, patios, etc.

$$QLLCC = CI \times I \times A \times K \dots\dots\dots (06)$$

Donde:

QLLCC=Caudal de aguas de lluvia provenientes de conexiones erradas

CI= coeficiente de impermeabilidad o Escorrentía del Suelo

I=intensidad de lluvia (l/s/Ha)

A=área neta de viviendas (Ha)

K=porcentaje de viviendas que descargan las aguas de lluvia al alcantarillado.

K=2% para áreas de estudio 1-10 Ha

K=3% para áreas de estudio > 10 Ha

POR LO TANTO, LOS CAUDALES DE DISEÑO SERÁN:

- **PARA SISTEMAS SEPARADOS**

$$QD = DdPSDA + QINF + QLLCC \dots\dots\dots (07)$$

Donde

QdPSDA= Caudal Provenientes del Sistema de Distribución de Agua

QINF= Caudal por Infiltración

QLLCC=Caudal de aguas de lluvia provenientes de conexiones erradas

- **SISTEMA UNITARIO O COMBINADO**

$$QD = QdPSDA + QINF + QLL..... (08)$$

Donde

QdPSDA=Caudal de aguas de lluvia provenientes de conexiones erradas

QINF= Caudal por Infiltración

QLL=Caudal de Lluvia Superficial

Según RNE.OS.070-REDES DE AGUAS RESIDUALES (2009, P.3) en todos los tramos de la red deben calcularse los caudales inicial y final (Qi y Qf). El valor mínimo del caudal a considerar será de 1.5 L/s.

2.2.4.11. Velocidades permisibles

a) Velocidad mínima:

Según Méndez, (2013, p.18) La velocidad mínima para el flujo que corresponde al 50% del caudal máximo es 0.6 m/s.

Según Barriga, Plazas y Rivera, (2006p.44) Los alcantarillados sanitarios que transportan aguas residuales domesticas deben tener una velocidad mínima de 0.6 m/Seg a tubo lleno cuando las aguas residuales sean típicamente industriales, se debe aumentar la velocidad mínima para evitar la formación de sulfuros y la consiguiente corrección de la tubería

Según Méndez (2011, p.22) El cálculo de las velocidades mínimas son para evitar que ocurra sedimentación en el fondo de las tuberías, es decir, evitar que se depositen materiales sólidos en los conductos, ya que estos provocarían una disminución en la sección transversal de la tubería y un menor tiempo de vida del sistema de alcantarillado.

Determinar las velocidades mínimas es de suma importancia, pues esto permite que existan condiciones de auto limpieza en la tubería.

La velocidad mínima en secciones llenas no deber ser menor que 0,60 m/s y para tuberías parcialmente llenas será de 0,30 m/s.

b) Velocidad máxima:

Según Mendez (2011, p.23) Las velocidades máximas deben ser controladas, puesto que a velocidades superiores a las máximas permisibles provocarían un deterioro de las paredes de la tubería, como también en la estructura de los pozos de revisión, debido a las acciones erosivas. Se debe evitar la mezcla entre aguas negras y aire, limitando velocidades más de 5 m/s.

En general, se recomienda que la velocidad máxima real no sobrepase 5 m/s. Los valores mayores deben justificarse apropiadamente para ser aceptados por la EPS.

Según SEDAPAL, la velocidad máxima es $V_{max}=3\text{m/s}$.

La velocidad máxima depende del tipo del material de la tubería:

- Para tubería de arcilla vitrificada la $V_{max}=5\text{ m/s}$.
- Para tubería de asbesto–cemento y PVC la $V_{max}=3\text{ m/s}$.
- Para tubería de F°F° y Acero la $V_{max}=5\text{ m/s}$.
- Para tubería de CSN la $V_{max}= 3\text{ m/s}$.

Según Nogales y Quispe, (2009, p.78) El cálculo de la velocidad en las tuberías se efectuó utilizando la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (09)$$

En donde:

V = velocidad en m/s

n = coeficiente de rugosidad

R = Radio hidráulico

S = Pendiente m/m

Según RNE.OS.070 (2009, p.4) Recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final $V_f=5\text{m/s}$. y las situaciones especiales serán sustentadas por el proyectista.

2.2.4.12. Tirante hidráulico

Según Morales, (2004) Es la Altura del flujo sanitario que abarca una sección parcial de tubería.

Según RNE- Norma OS.070, (2006, p.4) 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 (Qf), igual o inferior a 75% del diámetro del colector.

Según Lázaro, (2016, p.10) Uno de los principales parámetros para evaluar el correcto funcionamiento de las redes de alcantarillado será la verificación de la capacidad de conducción de las tuberías vs el tirante (demanda considerada par el nuevo colector a diseñarse en el horizonte de 20 años). El tirante máximo admisible es de 75% (y/D) para el caudal máximo horario, donde “y” es el tirante del nivel de agua (desagüe), y “D” es el diámetro interno de la tubería de alcantarillado.

La parte vacía de la sección por encima de la lámina de agua se emplea para ventilación, movimiento de los gases, sirviendo además para los flujos excepcionales.

Estudios más recientes recomiendan mantener el nivel de agua en las alcantarillas por encima del 20% del diámetro de la tubería (0,2 D). Pero en no necesariamente, debido a que la norma no lo menciona un valor mínimo de agua en la alcantarilla.

2.2.4.13. Ecuación de Manning

Según Nogales y Quispe, (2009, p.45) Por lo general la fórmula de Manning se ha usado para canales, en tuberías la fórmula se usa para canal circular parcial y totalmente lleno. Las variaciones del coeficiente por velocidad, si las toma en cuenta, aunque el valor se considera para efectos de cálculo constante, la fórmula aplicada a tubos es:

$$V = \frac{(R_h)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \dots \dots \dots (10)$$

$$R_h = \frac{A}{Pm} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

V=Velocidad del flujo (m/s)

A=Área del tubo (m²)

n=Coeficiente de Rugosidad (adim)

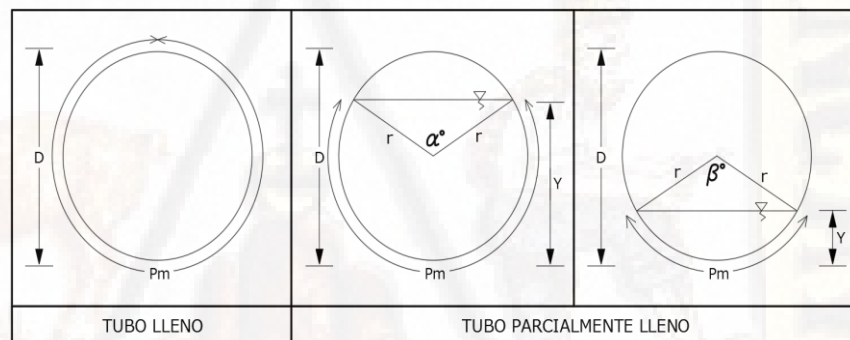
Pm=Perímetro Mojado (m)

S=Pendiente del tubo (m/m)

Rh=Radio Hidráulico (m)

La ecuación de Manning es la más recomendable por su sencillez y los resultados satisfactorios, que da su aplicación en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas. La figura siguiente indica los elementos hidráulicos en un tubo parcial y totalmente lleno.

Figura 3. Radio Hidraulico, perímetro mojado, diámetro de tubo totalmente lleno y parcialmente lleno.



Fuente: Nogales y Quispe 2009; *Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.*

A partir de la ecuación de continuidad, se obtiene

$$Q = \frac{A}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (12)$$

Donde

Q: Caudal en (m³/s)

A: Área del tubo (m²)

n: Coeficiente de Rugosidad (adim)

S: Pendiente del tubo (m/m)

Rh: Radio Hidraulico (m)

a) Para tubo completamente lleno

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \dots \dots \dots (13)$$

$$Pm = \pi * D \dots \dots \dots (14)$$

$$R_h = \frac{A}{Pm} = \frac{\frac{\pi * D^2}{4}}{\pi * D} = \frac{D}{4} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

D: Diámetro interno de la tubería (m)

La fórmula de Manning, para tubo completamente lleno, es la siguiente:

$$V = \frac{0.397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (16)$$

$$Q = \frac{0.312}{n} * D^{8/3} * S^{1/2} \dots \dots \dots (17)$$

b) Para tubo parcialmente lleno

Cuando es tubo parcialmente lleno, la fórmula es un poco más compleja.

- Para tubo lleno por arriba de la mitad ($d/D > 0.5$) las fórmulas del área, perímetro mojado y radio hidráulico son:

$$A = \frac{D^2}{4} * \left(\pi - \frac{\alpha}{2} + \frac{\sin \alpha^\circ}{2} \right) \dots \dots \dots (18)$$

$$Pm = \frac{D}{2} * (2 * \pi - \alpha) \dots \dots \dots (19)$$

$$R_h = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\sin \alpha^\circ}{(2 * \pi - \alpha)} \right) \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

α° : Ángulo formado desde la superficie del agua hasta el centro del tubo

$$\alpha^\circ = 4 * \tan^{-1} * \left(\frac{1 - K}{\sqrt{K - K^2}} \right) (Grados) \dots \dots \dots (21)$$

$$\alpha = \alpha^\circ * \frac{\pi}{180} (Rad) \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

$K = d/D$ para $K > 0.5$

- Para tubos por abajo de la mitad del diámetro ($d/D < 0.5$) las fórmulas del área, perímetro mojado y radio hidráulico son:

$$A = \frac{D^2}{4} * \left(\frac{\beta}{2} - \frac{\sin \beta^\circ}{2} \right) \dots \dots \dots (23)$$

$$Pm = \frac{D}{2} * \beta \dots \dots \dots (24)$$

$$R_h = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\sin \beta^\circ}{\beta} \right) \dots \dots \dots (25)$$

Donde:

β° : Ángulo formado desde la superficie del agua hasta el centro del tubo

$$\beta^\circ = 4 * \tan^{-1} * \left(\frac{K}{\sqrt{K - K^2}} \right) (Grados) \dots \dots \dots (26)$$

$$\beta = \beta^\circ * \frac{\pi}{180} (Rad) \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

$K = d/D$ para $K \leq 0.5$

Durante el diseño del sistema de alcantarillado, normalmente se conoce la relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno (q/Q) y se desea hallar la relación entre el diámetro real y el diámetro a tubo lleno (d/D), radio hidráulico real y radio hidráulico a tubo lleno (r_h/R_H), la velocidad real y la velocidad a tubo lleno (v/V). La solución a este problema no es directa, pero se puede obtener en forma sencilla, tomando las fórmulas anteriores y reemplazando en la fórmula de Manning a tubo lleno. (p.48).

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{2} * \left(1 - \cos \frac{\beta^\circ}{2} \right) \dots \dots \dots (28)$$

$$\frac{r_h}{R_H} = 1 - \frac{180 * \sin \beta^\circ}{\pi * \beta} \dots \dots \dots (29)$$

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{180 * \sin \beta^\circ}{\pi * \beta} \right) \dots \dots \dots (30)$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\beta}{360} - \frac{\sin \beta^\circ}{2 * \pi} \right) * \left(1 - \frac{180 * \sin \beta}{\pi * \beta} \right) \dots \dots \dots (31)$$

Con las 4 fórmulas anteriores se implementa la figura y la tabla que se muestra a continuación, para el cálculo más sencillo a tubo lleno.

Donde:

q : Caudal a tubo parcialmente lleno (1/s).

Q : Caudal a tubo lleno (1/s).

d : Diámetro a tubo parcialmente lleno (mm).

D : Diámetro a tubo lleno (mm).

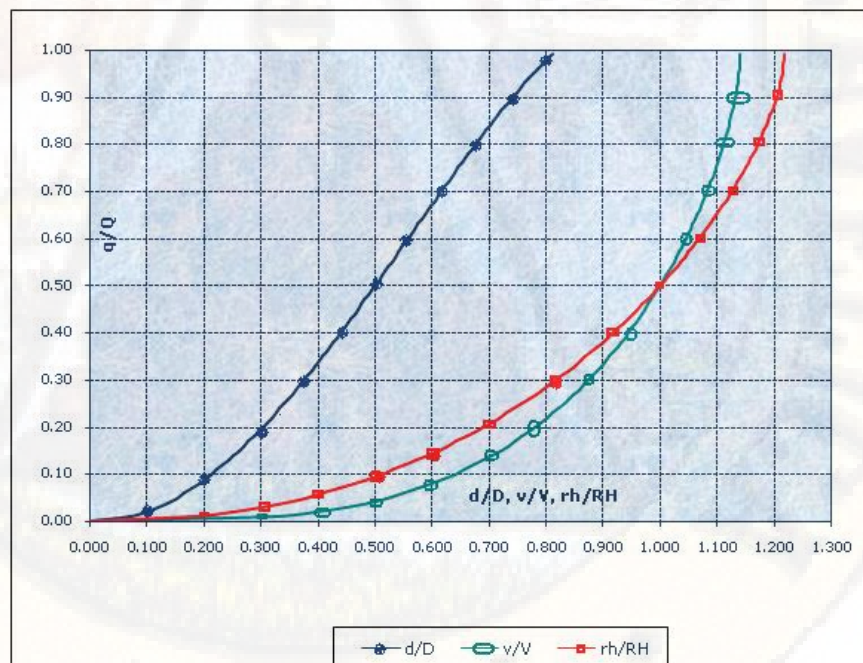
rh : Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno (m).

Rh : Radio hidráulico a tubo lleno (m).

v : Velocidad a tubo parcialmente lleno (m/s).

V : Velocidad a tubo lleno (m/s).

Figura 4. Propiedades hidráulicas de la sección circular tubo parcial y totalmente lleno.



Fuente: Nogales y Quispe 2009; Diseño y Método constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.

2.2.4.14. Coeficiente de Rugosidad

Según Nogales y Quispe, (2009, p.53) En las alcantarillas, el coeficiente de rugosidad deberá considerarse constante, a pesar de cualquier tipo de material empleado para su fabricación, cuando el agua fluya a más de la mitad de la sección. El motivo que determina un valor constante para el coeficiente de rugosidad, independiente del material de alcantarillo, es debido a 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. El valor de n será de 0.013 en alcantarillado, para cualquier tipo de material de tubería.

Tabla 13. Coeficientes de rugosidad para cualquier tipo de material de tubería.

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
Canales de mampostería de piedra cortada	0.017
Canales de tierra	0.025

Fuente: Nogales y Quispe 2009; *Diseño y Método constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.*

Según OPS/CEPIS/05.169 (2005, p.26 y 27) Para los diseños de alcantarillas nuevas y en la comprobación de la capacidad de alcantarillas existentes bien construidas, se recomienda usar un coeficiente de rugosidad de Manning y Kutter-Ganguillet (n) igual a 0.013. Debiendo utilizarse valores mayores de n en alcantarillas ya construidas, en las cuales se realice observaciones como desgaste considerable, desviaciones en las alineaciones y pendientes, variaciones de las dimensiones interiores, existencia de sedimentos y construcción de baja calidad. El valor de n igual

a 0.013, se deberá emplear incluso con tuberías de materiales relativamente lisos como PVC o arcilla vitrificada, la resistencia al flujo de una tubería no depende principalmente de su tipo de material, más bien de un conjunto de factores tales como, la capa de película biológica que se desarrolla en las paredes de las tuberías, el número de conexiones domiciliarias, pozos de registro y otras instalaciones complementarias que perturban el flujo permaneciendo invariables, independientemente del material del conducto. Por lo tanto, teniendo en cuenta el grado de incertidumbre inherente al proyecto y construcción de alcantarillas, el valor de n a considerarse para el diseño de todos los sistemas de alcantarillado no debe de ser menor a 0.013.

Según el Reglamento de proyectos de SEDAPAL y El Reglamento Nacional de Edificaciones, el coeficiente de Manning “ n ” para las tuberías de PVC y Polietileno de alta densidad, el valor de diseño debe ser igual a 0.010 y 0.009 respectivamente (ver Tabla 6), sin importar el tiempo en operación o periodo de diseño. Sin embargo, se ha tomado valores conservadores para tener en cuenta el incremento de la rugosidad que con el tiempo sufre el colector debido a las incrustaciones, sedimentos, atascos, etc. y la existencia de cámaras de inspección, alineaciones no rectas y cambios bruscos de dirección, lo que supone un incremento aproximado de la rugosidad de un 20% respecto a aguas limpias, tubo nuevo y alineación recta. Por lo que se emplearon las siguientes rugosidades.

Tabla 14. Coeficientes de rugosidad para tubería PVC y HDPE Corrugado.

MATERIAL	N DEL FABRICANTE	N DE DISEÑO	
		Año 1	Mayor a Año 10
PVC	0.010	0.010	0.013
HDPE Corrugado	0.009	0.009	0.010

Fuente: Reglamento de proyectos de SEDAPAL 2010

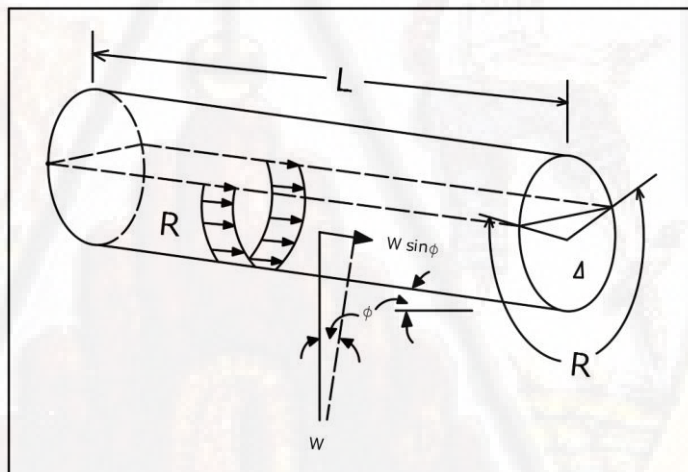
2.2.4.15. Tensión tractiva

Según Cerquin, (2013, p.14) Es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, que es ejercido por el líquido sobre el material depositado.

El criterio de la Fuerza Tractiva para fines de cálculo de colectores busca establecer una pendiente para el tramo que es capaz de provocar una Fuerza suficiente como para arrastrar el material que se deposita en el fondo. La Fuerza Tractiva es igual a la fuerza de arrastre, dividida por el área sobre la cual actúa. La fuerza de arrastre es el componente tangencial del peso del líquido que se desplaza en un plano inclinado.

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 (Norma Boliviana 688).

Figura 5. Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular.



Fuente: OPS 2005; Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado

$$\sigma_{\tau} = \rho * g * R_h * S = \gamma * R_h * S \dots \dots (32)$$

σ_{τ} : Tensión tractiva medía o tensión de arrastre, en Pa.

ρ : Densidad del agua, 1000 kg/m³

γ : Peso específico del Líquido

g : Aceleración de la gravedad, 9.8 m/s.

R_h : Radio Hidráulico, en m

S : Pendiente del tramo de tubería, en m/m

Según RNE.OS.070, (2006, p.4) La tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado deberá tener como valor mínimo: $T_{min}=1Pa$.

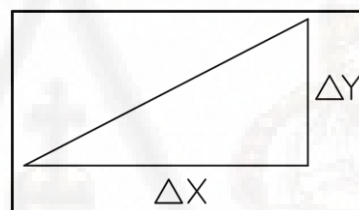
Según Lazaro, (2016, p.10) El valor mínimo que se recomienda para la Fuerza Tractiva es de 1Pa para PVC. Para los tramos de arranque, se deberá verificar una Fuerza Tractiva mínima de 0.60 Pa.

2.2.4.16. Pendiente

Según (Ibáñez, Gisbert y Moreno 2011). La definición de la pendiente en sí, es la relación que existe entre el desnivel (ΔY) y la distancia en horizontal (ΔX) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados.

$$Pendiente (o/oo) = \frac{\Delta Y}{\Delta X} * 100 \dots \dots \dots (33)$$

Figura 6. Pendiente del terreno.



Fuente: Ibáñez, Gisbert y Moreno 2011, La pendiente del terreno

a) Pendiente mínima

Según RNE.OS.070, (2006, p.4) La pendiente de las tuberías deben cumplir la condición de autolimpieza, aplicando así el criterio de tensión tractiva. Por ello cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media (σ_t) con un valor mínimo $\sigma_t= 1.0Pa$ calculado para el caudal inicial (Q_i). Por lo tanto:

La pendiente para tuberías con sección llena (Norma Boliviana 688).

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * R_h} \dots \dots \dots (34)$$

La pendiente para tuberías con sección parcialmente llena (Norma Boliviana 688).

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * \frac{D}{4} \left[1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right]} \dots \dots (35)$$

Donde:

S_{min} = Pendiente mínima del tramo de tubería, en (m/m)

τ_{min} = Tensión tractiva mínima, en (Pa)

ρ = Densidad del agua = 1000 (Kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad = 9.81 (m/s²)

R_h = Radio hidráulico en, (m)

D = Diámetro del conducto, en (m)

θ° = Angulo, en grados sexagesimal

Según RNE.OS.070, (2006, p.4) la mínima pendiente que satisface esta condición puede ser determinada por la siguiente expresión aproximada:

$$S_{o,min} = 0.0055 * Qi^{-0.47} \dots \dots (36)$$

Donde:

S_{min} : Pendiente mínima (m/m)

Q_i : Caudal inicial (L/s)

Según RNE.OS.070 $Q_i=1.5$ L/s, lo cual se tendrá:

- $S_{min}=0.005$ m/m=0.5% (Redes Simplificadas y Condominiales).
- $S_{min}=0.008$ m/m=0.8% (Pendiente Mínima Convencional).

La pendiente de 5 por mil es más ventajosa que la pendiente mínima recomendada en el diseño de redes convencionales de 8 por mil, debido a que los costos de construcción se reducen, porque demanda menores profundidades de instalación para las tuberías y a su vez menores costos de excavación, especialmente en zonas de topografía plana.

A continuación, se presenta una tabla de pendientes mínimas adecuadas para conductos de tamaño pequeño en la red de alcantarillado:

Tabla 15. Pendientes mínimas para las alcantarillas de aguas residuales.

Diámetro (mm)	Pendiente (m/m)
200	0.004
250	0.003
300	0.0022
375	0.0015
450	0.0012
525	0.001
600	0.0009
675 y mayores	0.0008

Fuente: Metcalf & Eddy, *Tratamiento y Depuración de las aguas residuales*, Barcelona, 1977.

Según OPS/CEPIS/05.169 UNATSABAR (2005, p.33) El diseño usual del alcantarillado convencional considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se logra mantener la velocidad mínima de $v_{min}=0.6m/s$, transportando el caudal máximo con un nivel de agua del 75% del diámetro. Si no se consiguiera condiciones de flujo favorables debido al pequeño caudal evacuado, en los tramos iniciales de cada colector (primeros 300 m) se deberá mantener una pendiente mínima del 0.8%.

b) Pendiente máxima

Según RNE.OS.070, (2006, p.4) La máxima pendiente admisible es la que corresponde a una velocidad final $V_f=5m/s$.

2.2.4.17. Diámetro mínimo en las tuberías en alcantarillado sanitario.

Según Vargas y Villegas, (2013, p.23) El diámetro interno real mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales de tipo alcantarillado sanitario convencional es de 200mm (8") tanto en habilitaciones de uso de viviendas y de uso industrial, con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes que son introducidos al sistema. Cuando se pretende evacuar las aguas

residuales de 10 viviendas en adelante, es recomendable utilizar como diámetro mínimo 200mm.

Según OPS/CEPIS (2005, p.35) Excepcionalmente y sólo en habilitaciones de uso de vivienda, se podrá utilizar diámetros de 160 mm (6"), siempre y cuando su necesidad se sustente en buenas condiciones hidráulicas de funcionamiento o por su ubicación en zonas accidentadas con calles angostas, pero con fuertes pendientes.

Según Norma ExIEOS El diámetro mínimo está en función de las características hidráulicas de la tubería y no de la dificultad o facilidad de taponarse. El diámetro mínimo para tuberías de alcantarillado sanitario recomendado por el Ex IEOS es de 200mm sin embargo para las conexiones domiciliarias se puede utilizar de hasta 100mm y 160mm de diámetro y 250mm para alcantarillado pluvial.

Para las conexiones domiciliarias se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal.

Según RNE.OS.070 (2006, p.8) El diámetro mínimo de la conexión será de 100mm.

2.2.4.18. Tipos de materiales para tuberías de alcantarillado sanitario

Los materiales aceptados para los sistemas de alcantarillado se muestran a continuación: (Nogales y Quispe 2009).

Tabla 16. Tipos de materiales en tuberías.

TIPO DE TUBERÍA	MATERIALES ACEPTADOS
Tubería Metálica	Tubería de fierro fundido
	Tubería de fierro dúctil
	Tubería de acero
	Otros
Tubería No Metálica	Tubería de cerámica
	Tubería de hormigón simple
	Tubería de hormigón armado reforzado
	Tubería de fibrocemento
	Tubería de poli cloruro de vinilo (PVC)
	Tubería de polietileno (PE)
	Tubería de termoplástica
	Tubería de polietileno de alta densidad
	Tubería de plástica termo-estable
	Tubería de fibra de vidrio (resina termo-estable reforzada) RTR
	Tubería de mortero plástico reforzado RPM

Fuente: Nogales y Quispe 2009, *Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales*.

A. Tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).

Según Aguilar, (2007, p.44) El policloruro de vinilo (PVC) es el material que más se emplea en la actualidad, esto es debido a que es más económico, más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe, pero también tiene muchas desventajas, es más frágil y no se puede dejar en la intemperie, ya que se vuelve quebradizo.

B. Tubos de Hormigón Simple

Nogales y Quispe (2009, p.183) afirman; el uso de este tipo de tuberías se remonta a la construcción de alcantarillas en Roma, 800 años a.c. y en nuestro continente las primeras instaladas fueron hechas por EEUU, en el año 1842 aproximadamente. Los tubos pueden ser de hormigón simple o de hormigón armado.

C. Tubos de HDPE Corrugado

Según reglamento de proyectos SEDAPAL (2010, p.9) Los diámetros varían de 200mm a 355mm con profundidad de instalación hasta 7m, mientras los diámetros mayores a 355mm son a toda profundidad.

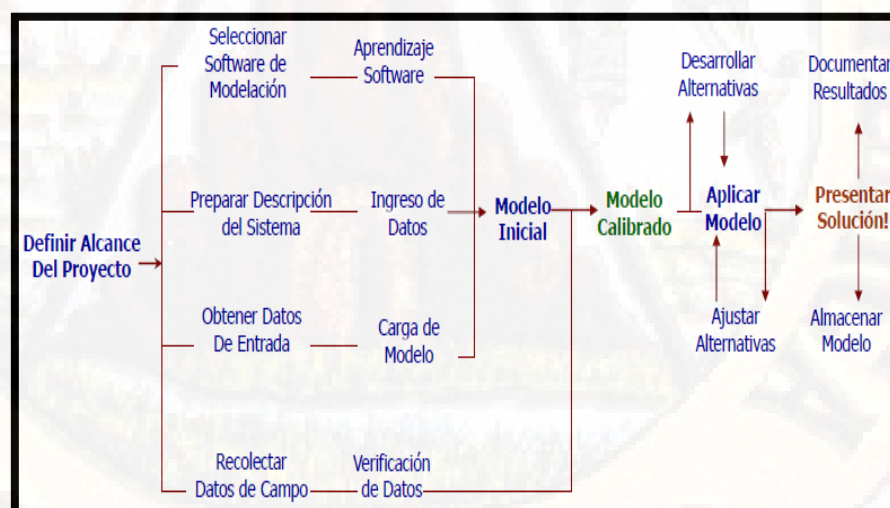
2.2.6. Modelamiento Hidráulico

Muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y dentro del campo de la hidráulica son tan complejos que no es fácil tratarlos únicamente con métodos matemáticos.

Por lo dicho del anterior es conveniente recurrir al empleo de técnicas experimentales, como son las herramientas en la obtención de soluciones prácticas, aplicadas a problemas de ingeniería, estuarios, fluvial y obras hidráulicas en general.

En hidráulica, el término modelo corresponde a un sistema que simula un objeto real llamado prototipo, mediante el ingreso de cierta información se procesa y se presenta adecuada para emplearse en el diseño y operación de obras de ingeniería civil. Un modelo físico a escala reducida es una representación a escala del objeto real o prototipo, y cumple ciertas condiciones matemáticas definidas.

Figura 7. Esquema de modelamiento hidraulico.



Fuente: Manual de usuario SewerGEMS CONNECT EDITION.

2.2.6.1. Partes de un Modelamiento Hidráulico

a) Planimetría.

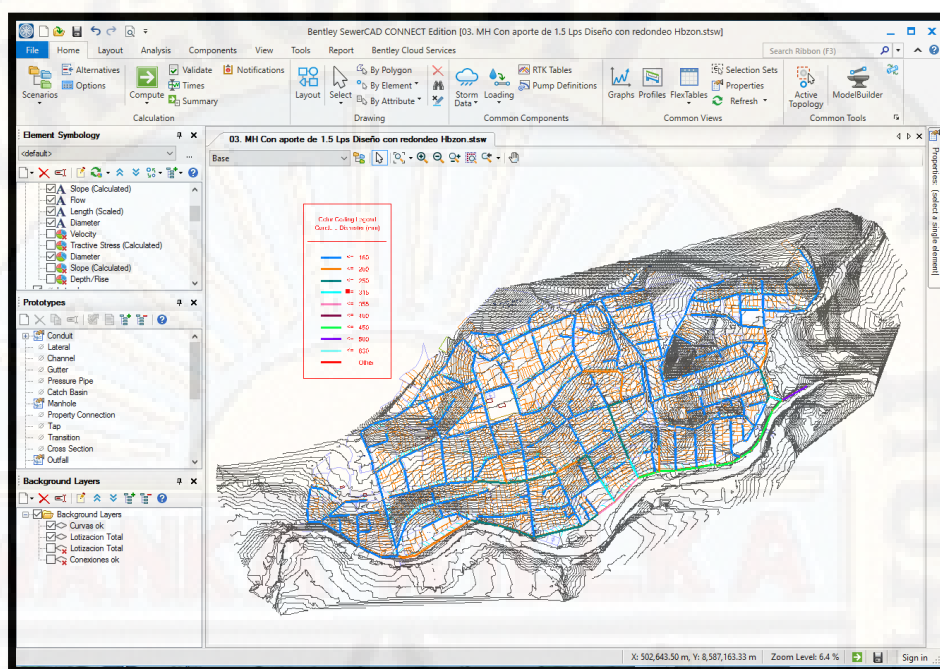
- ✓ Mapas.
- ✓ Cartografía del sistema.
- ✓ Planos catastro.
- b) Construcción Topológica.
 - ✓ Archivos Cad Gis.
 - ✓ Procesos Automáticos.
 - ✓ Identificadores de Nodos y Conexiones.
 - ✓ Verificación en Campo.
 - ✓ Revisión de la conectividad entre elementos.
 - ✓ Involucrar operador del sistema.
- c) Información de los Componentes
 - ✓ Datos Físicos.
 - ✓ Datos Operacionales.
 - ✓ Datos de Condiciones Frontera.
 - ✓ Datos de Carga.
- d) Algoritmo de Calculo Hidráulico.
- e) Análisis de Resultados.

2.2.7. Modelo Hidraulico - SewerGEMS CONNECT EDITION.

Para el Modelamiento Hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario se empleará el software SewerGEMS CONNECT EDITION, siendo un software de análisis y diseño de sistemas de drenaje urbano con énfasis en Sistemas Sanitarias, basado en un algoritmo de cálculo de Flujo Gradualmente Variado (FGV). Esto implica, que el motor de cálculo realiza un análisis de línea de energía del fluido a través del método estándar considerando las condiciones de flujo (Subcrítico, Crítico, o Supercrítico).

SewerGEMS CONNECT EDITION ofrece la posibilidad de hacer análisis estáticos o cuasi-estáticos (Periodo Extendido). Durante una simulación en Periodo Extendido, las cargas sanitarias con variación en el tiempo o hidrogramas de caudales entrantes (que también pueden ingresarse directamente) son "ruteados" a través del sistema de colectores a gravedad para tener en cuenta el tiempo de viaje del agua a través del sistema por traslación y otros efectos.

Figura 8. Hoja de cálculo de SewerGEMS CONNECT EDITION.



Fuente: Manual de usuario SewerGEMS CONNECT EDITION.

Para efectuar el cálculo hidráulico con el Programa de Cómputo SewerGEMS CONNECT EDITION, se debe modelar los colectores primarios de alcantarillado en base a los siguientes Prototipos, ver Cuadro:

Tabla 17. Prototipos de alcantarillado.

Prototipo	Simbología	Descripción
Manhole		Modelar las estructuras de registro, como: buzones, buzonetas, cámaras de reunión, otros. En estos elementos se asigna la contribución de desagüe de cada una de las áreas de drenaje.
Conduit		Modelan las tuberías que operan parcialmente llenas, como: colectores, interceptores, emisores, otros.
Outfall		Modela las estructuras de llegada, como: buzones, buzonetas, cámaras de reunión, otros. En estos elementos descarga el desagüe de cada una de las áreas de drenaje.

Fuente: Manual de usuario SewerGEMS CONNECT EDITION.

Básicamente se calcula:

- Caudales, velocidades, tirantes, tensión tractiva, presiones, mediante el cálculo hidráulico y modelo matemático usado.

- El diseño hidráulico de la red de alcantarillado, consiste en estimar las dimensiones del conducto, teniendo presente restricciones técnicas.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis General.

Con el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, se mejorará significativamente la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica.

2.3.2. Hipótesis Específicas.

- a) Se prevendrá significativamente en el vertido directo de las aguas residuales al río Ichu de la ciudad de Huancavelica, mediante el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.
- b) El diseño del alcantarillado sanitario cumplirá con los parámetros exigibles según la norma OS.070 (Redes de aguas residuales) del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.
- c) Se logrará identificar la deficiencia del funcionamiento actual de las redes de alcantarillado sanitario mediante el modelamiento hidráulico, en la ciudad de Huancavelica.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Caudal Sanitario:** Son aquellas que provienen de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos de los diferentes usuarios. 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 es calculado en función del número de habitantes, la tasa de crecimiento, la densidad poblacional, la dotación del consumo, entre otros factores. (Nogales, Quispe 2009, p.31).
- **Pendiente:** El concepto de pendiente, es la relación que existe entre el desnivel (ΔY) y la distancia en horizontal (ΔX) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados (Ibañez, Gisbert y Moreno 2011).

- **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.

El criterio de la Fuerza Tractiva para fines de cálculo de colectores busca establecer una pendiente para el tramo que es capaz de provocar una Fuerza suficiente como para arrastrar el material que se deposita en el fondo. La Fuerza Tractiva es igual a la fuerza de arrastre, dividida por el área sobre la cual actúa. La fuerza de arrastre es el componente tangencial del peso del líquido que se desplaza en un plano inclinado.

- **Tirante hidráulico:** Altura del flujo sanitario que abarca una sección parcial de tubería (Morales 2004).

La altura de la lámina de agua siempre se debe calcular 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 (RNE- Norma OS.070).

Uno de los principales parámetros para evaluar el correcto funcionamiento de las redes de alcantarillado será la verificación de la capacidad de conducción de las tuberías vs el tirante (demanda considerada par el nuevo colector a diseñarse en el horizonte de 20 años).

El tirante máximo admisible es de 75% (y/D) para el caudal máximo horario, donde “y” es el tirante del nivel de agua (desagüe), y “D” es el diámetro interno de la tubería de alcantarillado.

- **Modelamiento hidráulico:** Muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y dentro del campo de la hidráulica son tan complejos que no es fácil tratarlos únicamente con métodos matemáticos. Por lo dicho del anterior es conveniente recurrir al empleo de técnicas experimentales, como son las herramientas en la obtención de soluciones prácticas, aplicadas a problemas de ingeniería, estuarios, fluvial y obras hidráulicas en general.
- **Conexiones domiciliarias:** Las conexiones intradomiciliarias son el conjunto de cañerías y accesorios que permiten a la población contar con el servicio de agua potable y saneamiento básico, mediante una conexión a la red principal.

2.5. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

Tabla 18. Operacionalización de Variables.

OBJETIVO	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Realizar el modelamiento hidraulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica.	INDEPENDIENTE	• Aguas Grises. • Aguas Negras. • Aguas industriales. • Aguas Blancas	Aguas residuales de duchas Aguas residuales de lavatorios Aguas residuales de Inodoros Aguas residuales con Metales. Aguas de Infiltración de Lluvia
	DEPENDIENTE	Sistema de Alcantarillado Sanitario • Conexión Domiciliaria. • Cámaras de Inspección. • Red de Tuberías. • Estructuras de Descarga.	Caudal Tirante hidraulico Perfil hidraulico Perímetro mojado Pendiente Diámetro Velocidad Tensión Tractiva

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

El proyecto de Investigación está enfocado al tipo de investigación Aplicada debido a que esta investigación es una parte de la realidad concreta que se da en el tiempo y ocupa espacio, como indica, (caballero, 2013).

Aplicada debido a que permite comprender la descripción, registro, análisis e interpretación de los datos obtenidos, y su relación con los objetivos de la investigación. Por ende, se aplican los conocimientos adquiridos en la vida universidad, al igual que la experiencia profesional.

3.1.2. Nivel de Investigación

La investigación está enfocado al nivel Descriptivo, ya que este nivel consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con lo cual se busca especificar las propiedades, las características, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. (Sampiere, 2014), por ende, la presente investigación recae en el nivel descriptivo, ya que se evaluará y comparará los modelos hidráulicos en el diseño de los parámetros de las redes de alcantarillado sanitario.

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Método por emplearse en la siguiente tesis:

3.2.1. Método científico.

Se hará uso del método científico como método general, debido a que esto se caracteriza por su utilización combinada y sistemática de las diferentes estrategias de investigación, dirigidas a la comprobación empírica del planteamiento, y que a su vez este está adecuada a las características del objeto de estudio y a los

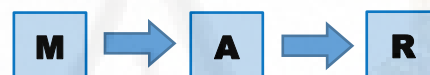
objetivos de la investigación, (Velázquez y Rey, 2007), por lo tanto este método nos permitirá utilizar las diferentes estrategias y métodos durante el proceso de investigación para llegar a concretar nuestros objetivos trazados, como se planteó inicialmente.

3.2.2. Método Deductivo.

Se utilizará como método específico, debido a que se analizará la teoría y se implantará en la realidad, partiendo de lo particular a lo general (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2006).

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación que se aplicara en la presente tesis es del tipo Descriptivo-Correlacional de tipo Transversal, debido a que se considera como la base del desarrollo y prueba de hipótesis de una investigación específica.



Donde:

M = Redes de alcantarillado del Barrio San Cristóbal.

A = Modelamiento Hidráulico.

R = Diámetro optimo, Capacidad hidráulica, Capacidad de Autolimpieza y Tensión Tractiva.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población.

En la presente tesis se considerará como población a un barrio de la ciudad de Huancavelica (Barrio San Cristóbal).

3.4.2. Muestra.

En la presente tesis se considerará como muestra a las 103 manzanas del barrio de San Cristóbal.

3.4.3. Tipo de Muestreo.

El tipo de muestreo será No Probabilística Intencionado.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 19. *Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Recopilación de datos	• Equipos topográficos. • Cuaderno de registros. • Lista de cotejos.
Análisis y recopilación de documentos	• Guías, fichas, libros, revistas y artículos científicos, imágenes satelitales.
Observación	• Guías de observación. • Juicio de expertos.

Fuente: *Elaboración Propia.*

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En las técnicas de procesamiento de datos y análisis de datos se utilizarán los siguientes medios:

Estadística descriptiva, Software SewerGEMS CONNECT EDITION. y el estadístico inferencial de Pearson.

Tabla 20. *Técnicas de procesamiento y análisis de datos.*

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	
TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	Software SewerGEMS CONNECT EDITION. Software de Sistema de Información Geográfica (QGIS). Software AutoCAD y Civil 3D. Ms Office (Ms Word, Ms Excel, Ms Power Point).
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	Proceso general de acuerdo a la norma OS.070 (Redes de Aguas Residuales), del RNE. Tabulación de datos hidráulicos. Interpretación de la tensión tractiva y pendiente.

Fuente: *Elaboración Propia.*

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE DATOS

4.1.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El estudio del presente trabajo se desarrollará como indica a continuación:

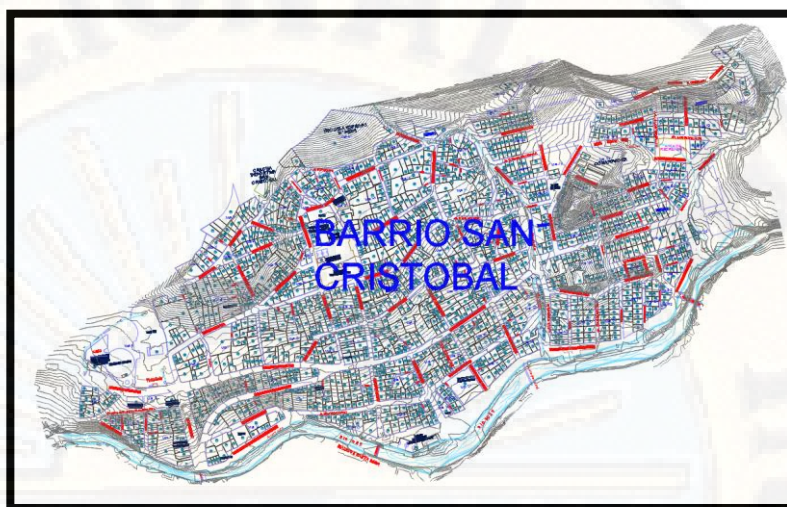
- El barrio de San Cristóbal se Ubica en:
 - Distrito: Huancavelica
 - Provincia: Huancavelica
 - Departamento: Huancavelica
- El barrio de San Cristóbal limita con:
 - Por el Norte: UNH.
 - Por el Sur: Distrito de Ascensión.
 - Por el Este: Barrio se Santa Ana.
 - Por el Oeste: Cerro Potocchi.
- El departamento de Huancavelica está limitado por:
 - Norte: Departamento de Junín.
 - Sur: Departamento de Ayacucho.
 - Este: Departamento de Ayacucho.
 - Oeste: Departamento de Ica.

4.1.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1.2.1. Lotización:

Para inicio de todo esto se tiene que hacer la lotización de la zona de estudio, dibujando en el programa de AutoCAD, en el cual se tiene que identificar los numero de lotes, identificando viviendas, instituciones públicas, privadas, educación, salud, deporte, etc. También identificando manzanas, calles, ríos, puentes, entre otros, de igual manera se generarán las curvas de nivel.

Figura 9. Lotización del área de estudio.



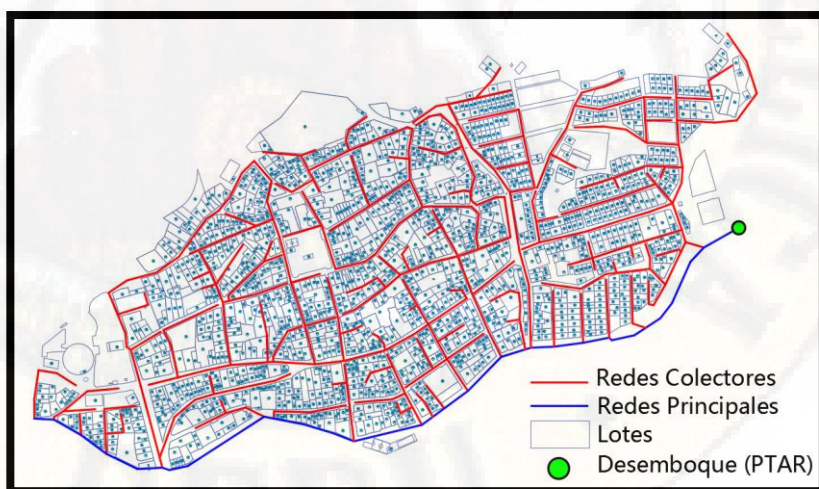
Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.2. Trazado de redes:

Una vez hecho nuestra lotización proseguimos a trazar nuestras redes colectores y principales, de igual manera la ubicación de buzonetas, buzones de arranque, buzones de intersección y la ubicación del desemboque (emisor).

Para las distancias máximas de tuberías entre buzones se tomaron en cuenta las condiciones que señala el RNE.OS.070 en la tabla 01.

Figura 10. Trazado de redes del área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.3. Periodo de diseño (T)

El periodo de diseño se asigna teniendo en consideración el tiempo en el cual la capacidad de producción de los componentes del sistema de alcantarillado cubrirá las demandas que se proyectan y así disminuyendo el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento durante el periodo de análisis del proyecto. Proponiéndose el siguiente periodo de diseño a partir de la tabla 02:

Tabla 21. Periodo de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	SISTEMA / COMPONENTE	PERIODO (Años)
01	Redes del Sistema de Alcantarillado	20

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.4. Población actual y futura:

a) Población actual (Pa)

Para la población actual del ámbito de estudio, al igual para determinación de la cantidad de viviendas, comercios, locales, instituciones públicas, privadas, entre otros se recurrió a la información brindada por la empresa prestadora de servicio EMAPA. Con lo cual se obtuvieron lo siguiente:

Tabla 22. Diferentes usuarios en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	USUARIO	CANT
01	Viviendas	1,666
02	I.E. Inicial	01
03	I.E. Primaria - San Cristóbal	01
04	I.E. Primaria Especial	01
05	I.E. Secundaria - San Cristóbal	01
06	I.E. Secundaria Privado	01
07	Ugel	01
08	Registros Públicos	01
09	Cofopri	01

10	Reniec	01
11	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento	01
12	Área Técnica Municipal de Saneamiento Ambiental	01
13	Casa del Artesano	01
14	Sunass - El Regulador de Agua Potable	01
15	Conafover	01
16	Piscina	01
17	Plaza de Toros	01
18	Iglesia	01
19	Centro Policial	01
20	Centro de Salud	01
21	Plaza San Cristóbal	01
22	Cancha Deportiva San Cristóbal	01
23	Mini Gras Deportivo	01
24	Gras Deportivo - Virgen Candelaria	01

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla se tiene un total de 1,666 Viviendas y 23 Instituciones públicas, Privadas y Otros:

Tabla 23. Población actual en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	USUARIO	CANTIDAD (hab)
01	Población Actual - Barrio San Cristóbal	9,561

Fuente: Elaboración Propia.

b) Tasa de crecimiento (r)

Para el presente cálculo se tomó la tasa de crecimiento a nivel de departamento de huancavelica:

Tabla 24. Tasa de crecimiento para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
1	Tasa de Crecimiento – Departamento HVCA.	1.19

Fuente: Elaboración Propia.

c) Densidad Poblacional

Para los cálculos se consideró la densidad poblacional como se muestra en la tabla que es habitantes/vivienda:

Tabla 25. Densidad poblacional para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (hab/viv)
1	DENSIDAD POBLACIONAL	5.7

Fuente: Elaboración Propia.

d) Población Futura

Para determinar la población futura existen tres métodos comúnmente usados que se pueden obtener datos confiables siendo estos métodos los siguientes: Método aritmético, Método Geométrico y Método Exponencial. Para nuestro calculo utilizaremos el Método Aritmético:

Método aritmético: Considerado como el más simple de los métodos debido a su planteamiento, considera un crecimiento lineal y constante de la población, en el que se considera que la cantidad de habitantes que se incrementa va a ser la misma para cada unidad de tiempo.

Entonces los cálculos de la población futura se hicieron con la fórmula 01, teniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla:

Tabla 26. Población futura para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

T	AÑO	POBLACIÓN (hab)	DENSIDAD	Nº CONEXIONES
00	2018	9,561	5.7	1,666
01	2019	9,676	5.7	1,686
02	2020	9,790	5.7	1,706
03	2021	9,905	5.7	1,725
04	2022	10,020	5.7	1,745
05	2023	10,135	5.7	1,765
06	2024	10,249	5.7	1,785
07	2025	10,364	5.7	1,805
08	2026	10,479	5.7	1,825
09	2027	10,594	5.7	1,844

10	2028	10,708	5.7	1,864
11	2029	10,823	5.7	1,884
12	2030	10,938	5.7	1,904
13	2031	11,053	5.7	1,924
14	2032	11,167	5.7	1,944
15	2033	11,282	5.7	1,963
16	2034	11,397	5.7	1,983
17	2035	11,511	5.7	2,003
18	2036	11,626	5.7	2,023
19	2037	11,741	5.7	2,043
20	2038	11,856	5.7	2,063

Fuente: Elaboración Propia.

De los cálculos se obtiene para el periodo de diseño de 20 años:

- Población de 11,856 habitantes.
- Conexión de 2,063 conexiones domiciliarias.

4.1.2.5. Dotación:

e) Para Uso Doméstico:

La dotación promedio diaria anual por habitante, se definirá en base a un estudio de consumos técnicamente justificado. Según RNE la dotación en zona urbana, para uso doméstico con conexión domiciliaria y con clima frío (tabla 03), que cuenta el barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica es:

Tabla 27. Dotación de agua para consumo doméstico, en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	CRITERIO	CLIMA	DOT (L/hab/día)
01	Sistema con Conexión Domiciliaria	Frio - Ciudad de Hvca.	180

Fuente: Elaboración Propia.

f) Para otros usos:

Las dotaciones diarias mínimas que se consideran para uso comercial, industrial, institucional, riego de jardines u otros fines, serán los que indican en el RNE I.S.010-Instalaciones Sanitarias para Edificaciones.

En nuestro ámbito de estudio que es el Barrio de San Cristóbal se tiene diferentes Instituciones públicas, privadas, sociales, comercios entre otros, que a continuación se detallan con sus dotaciones respectivas:

Tabla 28. Dotación de agua para otros usos, en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

ITEM	USUARIO	UNIDAD	DOT
01	I.E. Inicial	L/hab/día	15
02	I.E. Primaria - San Cristóbal	L/hab/día	20
03	I.E. Primaria Especial	L/hab/día	20
04	I.E. Secundaria - San Cristóbal	L/hab/día	25
05	I.E. Secundaria Privado	L/hab/día	25
06	Ugel	L/hab/día	20
07	Registros Públicos	L/hab/día	20
08	Cofopri	L/hab/día	20
09	Reniec	L/hab/día	20
10	Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento	L/hab/día	20
11	Área Técnica Municipal de Saneamiento Ambiental	L/hab/día	20
12	Casa del Artesano	L/m2/día	06
13	Sunass - El Regulador de Agua Potable	L/hab/día	20
14	Conafovicer	L/m2/día	06
15	Piscina	L/m2/día	10
16	Plaza de Toros	L/espectador/día	01
17	Iglesia	L/asiento/día	03
18	Centro Policial	L/m2/día	06
19	Centro de Salud-San Cristóbal	L/Consultorio/día	500
		L/Cama/día	600
20	Plaza San Cristóbal	L/m2/día	02
21	Cancha Deportiva San Cristóbal	L/espectador/día	01
22	Mini Gras Deportivo	L/espectador/día	01
23	Gras Deportivo - Virgen Candelaria	L/espectador/día	01

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.6. Variación de Consumo (Coeficientes de Variación K1, K2)

También conocido como factor de mayoración o factor Pico. Para nuestro abastecimiento por conexiones domiciliarias, los coeficientes de

variaciones de consumo, referidas al promedio diario anual de la demanda, se tomarán como indica el RNE.

En este caso para las aguas residuales provenientes del sistema de distribución de agua, se tomarán un porcentaje de los caudales máximos horarios, por lo cual el coeficiente máximo anual de la demanda horaria será como se muestra a continuación:

Tabla 29. *Coeficiente de variación para el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.*

ITEM	COEFICIENTE	VALOR
01	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Horaria (K2)	2.0

Fuente: *Elaboración Propia.*

4.1.2.7. Caudal de Diseño

a) Caudal Provenientes del Sistema de Distribución de Agua:

Para nuestra zona de estudio que es el Barrio de San Cristóbal los caudales que van a considerarse de la distribución de agua, serán generados por los siguientes usos:

- Uso Doméstico
- Uso Institucional Público y Privado.
- Uso Comercial.
- Entre otros.

El caudal de contribución al alcantarillado se calculará con un coeficiente de retorno (C) del 80% del caudal de agua potable consumida (Qmh).

En otras palabras, toda el agua potable que entra por una conexión domiciliaria a un determinado lote, solo el 80% ingresaran a la red de alcantarillado sanitario para ser evacuado, lo demás serán utilizados como desperdicio en la intemperie y no ingresaran a las conexiones de desagüe. ($Q_{alcant} = 80\%Q_{mh}$). Por lo cual se utilizó la fórmula 04.

De los cálculos iniciales, tenemos los siguientes parámetros que serán base para el cálculo de caudal:

Tabla 30. Datos generales para el cálculo del sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

NOMBRE DE PARÁMETROS	DATOS	FUENTE
Periodo de Diseño (T)	20	RNE
Coefficiente de Var Horaria (K2)	2	RNE
Población actual (hab)	9,561	EPS EMAPA S.A.
Densidad poblacional (hab/viv)	5.7	---
N° de Viviendas total o conexiones	1,666	EPS EMAPA S.A.
N° de Instituciones	23	CATASTRO - HVCA
Tasa de crecimiento poblacional (%)	1.19	INEI
Dotación Domestico (l/hab/día)	180	RNE.OS.100
Dotación Instituciones	Ver Tabla 28	RNE.OS.010

Fuente: Elaboración Propia.

• **Caudal de Contribución al Desagüe de Usos Doméstico (QCDD):**

Primeramente, se harán los cálculos de los caudales que contribuyan al desagüe de uso doméstico, lo cual se muestra a continuación:

Tabla 31. Caudal de contribución al desagüe de uso doméstico en el sistema de alcantarillado sanitario - Barrio San Cristóbal.

AÑO	POBLACIÓN (hab)	DENSIDAD	N° CONEXIONES	DOTACIÓN (L/hab/día)	AGUA			DESAGÜE	
					Qp (L/s)	K2	Qmh (L/s)	FACTOR DE RETORNO	QCDD (L/s)
2018	9561	5.7	1666	180	19.92	2	39.84	80%	31.87
2019	9676	5.7	1686	180	20.16	2	40.31	80%	32.25
2020	9790	5.7	1706	180	20.39	2	40.79	80%	32.63
2021	9905	5.7	1726	180	20.63	2	41.26	80%	33.01
2022	10020	5.7	1746	180	20.87	2	41.73	80%	33.39
2023	10135	5.7	1766	180	21.10	2	42.21	80%	33.77
2024	10249	5.7	1786	180	21.34	2	42.68	80%	34.15
2025	10364	5.7	1806	180	21.58	2	43.16	80%	34.52
2026	10479	5.7	1826	180	21.82	2	43.63	80%	34.9
2027	10594	5.7	1846	180	22.05	2	44.10	80%	35.28

2028	10708	5.7	1866	180	22.29	2	44.58	80%	35.66
2029	10823	5.7	1886	180	22.53	2	45.05	80%	36.04
2030	10938	5.7	1906	180	22.76	2	45.53	80%	36.42
2031	11053	5.7	1926	180	23.00	2	46.00	80%	36.8
2032	11167	5.7	1946	180	23.24	2	46.47	80%	37.18
2033	11282	5.7	1966	180	23.47	2	46.95	80%	37.56
2034	11397	5.7	1986	180	23.71	2	47.42	80%	37.94
2035	11511	5.7	2006	180	23.95	2	47.90	80%	38.32
2036	11626	5.7	2026	180	24.19	2	48.37	80%	38.7
2037	11741	5.7	2046	180	24.42	2	48.85	80%	39.08
2038	11856	5.7	2066	180	24.66	2	49.32	80%	39.46

Fuente: Elaboración Propia.

De la siguiente tabla de obtiene:

- ✓ Caudal de diseño con respecto al consumo doméstico es QCDD = 39.46 Litrs/seg.
- ✓ Por lo tanto, se tendrá un caudal Unitario:
 - Para crecimiento horizontal: $Q_u=0.0191\text{L/s}$, con una contribución de caudal horizontal de 7.59 L/s.
 - Para crecimiento vertical: $Q_u=0.0237\text{ L/s}$.

Nota: Para el barrio de San Cristóbal, el crecimiento población se tomará verticalmente.

• **Caudal de Contribución al Desagüe de Usos Comercial, Institucional, Publico (QCDCP):**

Se harán los cálculos de los caudales que contribuyen al desagüe de usos comerciales, institucionales, públicos, privados y otros, lo cual se muestra a continuación:

Tabla 32. Caudal de contribución al desagüe de I.E. Inicial.

1.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES ESTATALES				ALCANTARILLADO	
I.E. INICIAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ Alumnos} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0234 L/s	FR:	80%
N° de Alumnos	125 alumnos			K2:	2
N° de docentes	10 docentes			0.038 L/s	
Dotación estatal	15 L/hab/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33. Caudal de contribución al desagüe de I.E. Primaria.

2.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES ESTATALES				ALCANTARILLADO	
I.E. PRIMARIA - SAN CRISTOBAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Instituciones servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ Alumnos} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0403 L/s	FR:	80%
N° de Alumnos	159 alum			K2:	2
N° de docentes	15 doc			0.064 L/s	
Dotación estatal	20 L/hab/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 34. Caudal de contribución al desagüe de I.E. Primaria Especial

3.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES ESTATALES				ALCANTARILLADO	
I.E. PRIMARIA ESPECIAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Instituciones servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ Alumnos} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0148 L/s	FR:	80%
N° de Alumnos	59 alumnos			K2:	2
N° de docentes	5 docentes			0.024 L/s	
Dotaciones estatales	20 L/hab/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35. Caudal de contrib. al desagüe de I.E. Secundaria Estatal.

4.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES ESTATALES				ALCANTARILLADO	
I.E. SECUNDARIA - SAN CRISTÓBAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Instituciones servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ Alumnos} \times \text{Dot}}{86400}$	0.1016 L/s	FR:	80%
N° Alumnos	329 alum			K2:	2
N° docentes	22 doc			0.163 L/s	
Dot estatales	25 L/hab/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36. Caudal de contribución al desagüe de I.E. Secundaria Priv.

5.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES PRIVADAS				ALCANTARILLADO	
I.E. SECUNDARIA PRIVADO		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Instituciones servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ Alumnos} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0420 L/s	FR:	80%
N° de Alumnos	135 alumnos			K2:	2
N° de docentes	10 docentes			0.067 L/s	
Dotación estatales	25 L/hab/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 37. Caudal de contribución al desagüe de UGEL.

6.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
UGEL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Instituciones servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ habit} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0063 L/s	FR:	80%
Habitantes total Pa:	27 hab			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día			0.010 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 38. Caudal de contribución al desagüe de Registros Públicos.

7.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
REGISTROS PÚBLICOS		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ}_{habit} \times Dot}{86400}$	0.0021 L/s	FR:	80%
Habitantes total Pa:	9 hab			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día			0.003 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39. Caudal de contribución al desagüe de COFOPRI.

8.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
COFOPRI		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ}_{habit} \times Dot}{86400}$	0.0030 L/s	FR:	80%
Habitantes total Pa:	13 hab			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día			0.005 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 40. Caudal de contribución al desagüe de RENIEC.

9.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
RENIEC		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ}_{habit} \times Dot}{86400}$	0.0023 L/s	FR:	80%
Habitantes total Pa:	10 hab			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día			0.004 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 41. Caudal de contribución al desagüe de MVCyS.

10.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
MVCyS		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N°		$Q_p = \frac{N^{\circ}_{habit} \times Dot}{86400}$	0.0028 L/s	FR:	80%
Instituciones servidas	01 inst			K2:	2
Habitantes total Pa:	12 hab				
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día				0.004 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42. Caudal de contribución al desagüe de Área Técnica Municipal de Saneamiento Ambiental.

11.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
ÁREA TÉCNICA MUNICIPAL DE SANEAM. AMBIENTAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N°		$Q_p = \frac{N^{\circ}_{habit} \times Dot}{86400}$	0.0016 L/s	FR:	80%
Instituciones servidas	01 inst			K2:	2
Habitantes total Pa:	7 hab				
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día				0.003 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43. Caudal de contribución al desagüe de Casa del Artesanal.

12.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
CASA DEL ARTESANO		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N°		$Q_p = \frac{Area \times Dot}{86400}$	0.0197 L/s	FR:	80%
Instituciones servidas	01 inst			K2:	2
Area Útil del local	284 m ²				
Dotación diaria (RNE)	6 L/m ² /día				0.032 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44. Caudal de contribución al desagüe de SUNASS.

13.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES		ALCANTARILLADO	
SUNASS - EL REGULADOR DE AGUA POTABLE		Caudal Promedio Qp (L/s)	Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)
N° Instituciones servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ}_{habit} \times Dot}{86400}$	FR: 80%
Habitantes total Pa:	7 hab		K2: 2
Dotación diaria (RNE)	20 L/hab/día		0.003 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45. Caudal de contribución al desagüe de CONAFOVICER.

14.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES		ALCANTARILLADO	
CONAFOVICER		Caudal Promedio Qp (L/s)	Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{Area \times Dot}{86400}$	FR: 80%
Area Útil del local	540 m ²		K2: 2
Dotación diaria (RNE)	6 L/m ² /día		0.060 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 46. Caudal de contribución al desagüe de Piscina.

15.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES		ALCANTARILLADO	
PISCINA		Caudal Promedio Qp (L/s)	Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{Area \times Dot}{86400}$	FR: 80%
Area Útil del local	387 m ²		K2: 2
Dotación diaria (RNE)	10 L/m ² /día		0.072 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 47. Caudal de contribución al desagüe de Plaza de Toros.

16.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
PLAZA DE TOROS		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N°		$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ espect.} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0064 L/s		
Instituciones servidas	01 inst			FR:	80%
N° de Espectadores	550 espectadores			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	1 L/espect/día			0.010 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 48. Caudal de contribución al desagüe de Iglesia.

17.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
IGLESIA		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ asiento} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0012 L/s	FR:	80%
N° de Asientos	35 asientos			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	3 L/asiento/día			0.002 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 49. Caudal de contribución al desagüe de Centro Policial.

18.- CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
CENTRO POLICIAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{\text{area} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0624 L/s	FR:	80%
Area	898 m2			K2:	2
Dotación diaria (RNE)	6 L/m2/día			0.100 L/s	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 50. Caudal de contribución al desagüe de Centro de Salud.

19.-CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLA-DO	
CENTRO DE SALUD		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst		0.011 L/s	FR:	80%
Consultorio médico	2 und				
Dotación diaria (RNE)	500 L/consult/d	$Q_{p1} = \frac{N^{\circ} \text{ consult} \times \text{Dot}}{86400}$	$Q_{p2} = \frac{N^{\circ} \text{ camas} \times \text{Dot}}{86400}$	K2:	2
N° de camas	15 camas		0.104 L/s		
Dotación diaria (RNE)	600 L/cama/día				0.185 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51. Caudal de contribución al desagüe de Plaza San Cristóbal.

20.-CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLA-DO	
PLAZA SAN CRISTÓBAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst			FR:	80%
Area	2545 m ²	$Q_p = \frac{A \times \text{Dot}}{86400}$	0.058	K2:	2
Dotación diaria (RNE)	2 L/m ² /día		9 L/s		0.094 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 52. Caudal de contribución al desagüe de Cancha deportiva.

21.-CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLA-DO	
CANCHA DEPORTIVA SAN CRISTÓBAL		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst			FR:	80%
N° de Espectadores	45 espectad.	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ espect.} \times \text{Dot}}{86400}$	0.001	K2:	2
N° de jugadores	10 jugadores		3 L/s		
Dotación diaria (RNE)	1 L/espect/día				0.002 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 53. Caudal de contribución al desagüe de Mini Grass Deportivo.

22.-CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLA-DO	
MINI GRAS DEPORTIVO		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ espect.} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0004 L/s	FR:	80%
N° de Espectadores	10 espectadores			K2:	2
N° de jugadores	8 jugadores			0.001 L/s	
Dotación diaria (RNE)	1 L/espect/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 54. Caudal de contribución al desagüe de Grass Deportivo Virgen de Candelaria.

23.-CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO PARA INSTITUCIONES SOCIALES				ALCANTARILLADO	
GRAS DEPORTIVO - VIRGEN CANDELARIA		Caudal Promedio Qp (L/s)		Caudal sujeto No cons. domést. Qscnd (L/s)	
N° Inst. servidas	01 inst	$Q_p = \frac{N^{\circ} \text{ espect.} \times \text{Dot}}{86400}$	0.0014 L/s	FR:	80%
N° de Espectadores	50 espectadores			K2:	2
N° de jugadores	12 jugadores			0.002 L/s	
Dotación diaria (RNE)	1 L/espect/día				

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, tendremos los caudales domésticos y no domésticos provenientes del sistema de distribución de agua:

Tabla 55. Resumen de caudales provenientes del sistema de distribución de agua.

RESUMEN DE CAUDAL PROVENIENTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	
CAUDAL POR SUJETO DE CONSUMO DOMESTICO	39.46 L/s
CAUDAL POR SUJETO DE CONSUMO NO DOMESTICO	0.95 L/s
TOTAL	40.40 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

b) Caudal por Infiltración (QINF):

Como se sabe en el proceso de ejecución de todos los componentes de la red de alcantarillado, no siempre estarán instaladas de la mejor calidad. Por tal motivo en el sistema del barrio de San Cristóbal se consideran los caudales de infiltración.

Para los cálculos del caudal de infiltración se utilizará la fórmula 05. Cálculo de los parámetros:

- **El coeficiente de infiltración:** se opta como indica el RNE:

Tabla 56. Coeficiente por infiltración.

ITEM	COEFICIENTE	VALOR (L/s/km)
01	Coeficiente de Infiltración - fL	0.05

Fuente: Elaboración Propia.

Para las redes de alcantarillado de la zona de estudio se diseñarán con tubería de PVC, por lo cual la infiltración se da en poca probabilidad o es muy pequeña, sin embargo, por seguridad en el diseño se ha tomado en cuenta estos caudales que relativamente no tienen una mayor incidencia en el diámetro de los conductos.

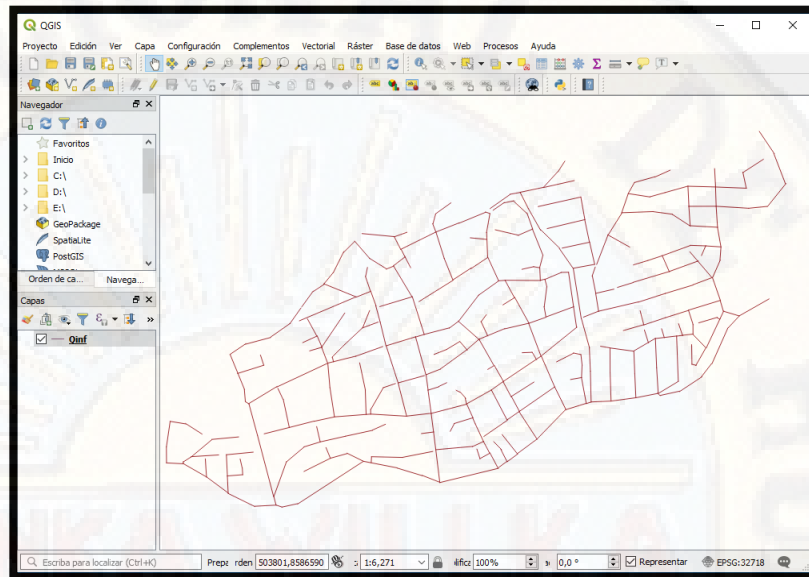
- **Importación de tuberías al QGis:** Guardar el trazado de la red que se hizo en el AutoCAD, en formato DXF para importar al QGis.

Figura 11. Red de tuberías guardado en formato DXF.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12. Red de tuberías importado al QGis.



Fuente: Elaboración Propia.

Obteniendo del programa una longitud total de la red **L=15.52 km**.
Teniendo estos datos calculamos el caudal de infiltración como indica a continuación:

Tabla 57. Caudal por infiltración en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

Datos		Caudal por Infiltración Q_{inf} (L/s)
Coefficiente de Infiltración	$f_L : 0.05 \text{ L/s/km}$	$Q_{inf} = f_L \times L$ 0.776
Longitud del tramo	$L : 15.52 \text{ km}$	

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo cual el Caudal de Infiltración se tiene **$Q_{inf}=0.776 \text{ L/s}$** .

c) Caudal de Conexiones erradas o ilícitas (QLLCC):

En el diagnóstico de nuestra zona de estudio se pudo percatar que la mayoría de los usuarios desvían las aguas de lluvia al desagüe, provenientes principalmente de las bajadas de techos y patios.

Por lo tanto, para nuestro cálculo del caudal de conexiones erradas se tomará un porcentaje del total de conexiones, como una función del

área de techos y patios, de la permeabilidad del suelo, así como de la intensidad de lluvia. Por lo tanto, para el cálculo de caudal de conexiones erradas se utilizará la fórmula 06.

Cálculo de los parámetros:

- **Coeficiente Medio De Impermeabilidad:** la zona de estudio tendrá el siguiente coeficiente de permeabilidad a partir del RNE:

Tabla 58. Coeficiente de permeabilidad.

ITEM	características de la superficie	VALOR
01	Concreto / Techos	0.88

Fuente: Elaboración Propia.

- **Intensidad de Lluvia:** la intensidad de lluvia en la ciudad de Huancavelica será:

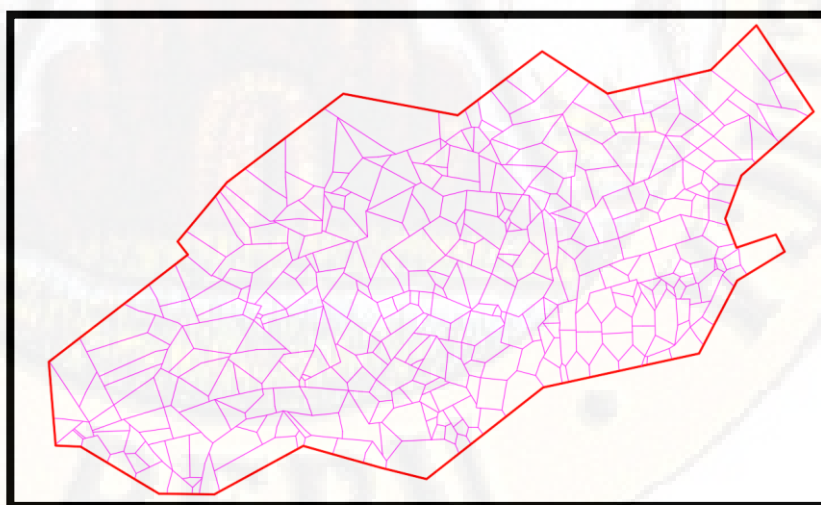
Tabla 59. Intensidad de lluvia.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR (L/s/ha)
01	Intensidad de Lluvia en la ciudad de Hvca.	2.00

Fuente: Elaboración Propia.

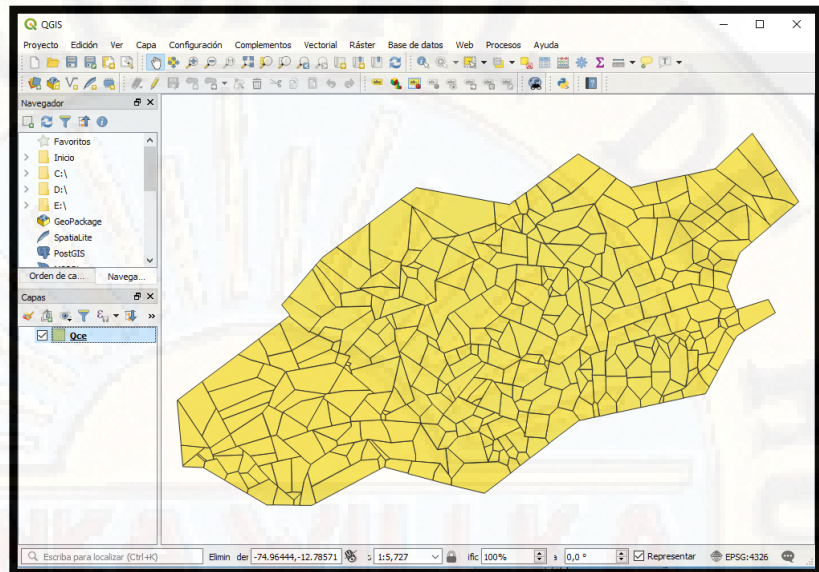
- **Área Neta de Viviendas:** las áreas tributarias se dibujan en el AutoCAD y luego se importa al programa QGIS para así calcular las áreas de cada uno:

Figura 13. Delimitación de áreas tributarias en AutoCAD.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14. Cálculo de áreas tributarias en QGis.



Fuente: Elaboración Propia.

Obteniendo del programa una Área total **A=62.68 ha.**

- **Porcentaje de Viviendas que Descargan las Aguas de Lluvia al Alcantarillado:** de los cálculos anteriores se sabe que el área de la zona de estudio es mayor a 10ha, por lo cual se tiene:

Tabla 60. Porcentaje de Viviendas que Descargan las Aguas de Lluvia al Alcantarillado.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR (%)
1	Área de Estudio A=62.68ha > 10ha	3

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo estos datos calculamos el caudal de conexiones erradas como indica a continuación:

Tabla 61. Caudal por conexiones erradas.

Datos		Caudal por Conexiones Erradas Q_{ce} (L/s)
Para un área de estudio 1-10 Ha, $f=2\%$	A : > 10 Ha	$Q_{ce} = f \times C \times I \times A$ 3.310 L/s
Para un área de estudio >10 Ha, $f=3\%$	f : 3%	
Coef. De impermeabilidad del suelo	C : 0.88	
Intensidad de Lluvia	I : 2.00 L/s/ha	
Área neta a servir	A : 62.68 ha	

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo cual el Caudal de Conexiones Erradas se tiene **QLLCC=3.310L/s.**

Finalmente, los caudales de diseño se calculan con la fórmula 07, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 62. Caudal de diseño total para el sistema de alcantarillado sanitario.

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
• CAUDAL POR SUJETO DE CONSUMO DOMESTICO + NO DOMESTICO	$Q_{SCD+SCND} =$ 40.401 L/s
• CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS	$Q_{ce} =$ 3.310 L/s
• CAUDAL POR INFILTRACIÓN	$Q_{inf} =$ 0.776 L/s
CAUDAL DE DISEÑO	$Q_d = Q_{scd+scnd} + Q_{ce} + Q_{inf} =$ 44.487 L/s

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.8. Coeficiente de Rugosidad

En el modelamiento de las redes de alcantarillado del barrio de San Cristóbal se utilizará las tuberías de PVC y según norma indican valores de rugosidad de diseño sin importar el tiempo en operación o periodo de diseño.

Sin embargo, se tomarán valores conservadores para tener en consideración el aumento de la rugosidad que con el tiempo sufre el colector, esto debido a las incrustaciones, sedimentos, atascos, etc. y la existencia de cámaras de inspección, alineaciones no rectas y cambios bruscos de dirección, lo que supone un incremento aproximado de la rugosidad de un 20% respecto a aguas limpias, tubo nuevo y alineación recta. Por lo que se empleara la siguiente rugosidad:

Tabla 63. Coeficiente de rugosidad para la red de alcantarillado.

ITEM	MATERIAL	MANNING (n)
01	TUBERÍA DE PVC	0.013

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3. PROCESO DE MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE SewerGEMS CONNECT EDITION.

4.1.3.1. INGRESO DE DATOS AL SOFTWARE.

a) Configuración de SewerGEMS CONNECT EDITION.

- Escala de Texto y Símbolos.
- Unidades.
- Etiquetas de Tuberías, buzones, Ptar, etc.

b) Catálogo de tuberías.

- Definición del tipo de tubería (Circular).
- Definición de los diámetros de tuberías.
- Definición del material de tubería (Tubería PVC).
- Definición de los parámetros de Manning ($n=0.013$) y Hazen William ($C=150$).

c) Prototipos.

- Definiendo el catálogo de tubería defino anteriormente para trabajar en el programa. (tipo de tubería, clase de tubería y diámetro de tubería).

d) Selección de opciones de Calculo (Análisis o Diseño).

- Selección del tipo de cálculo (Diseño).
- Definición de la tensión tractiva mínimo (1Pa).

e) Restricciones de cálculo. (Velocidad, altura de buzón, Pendiente y capacidad de flujo).

- Velocidad ($V_{min}=0.60\text{m/s}$ y $V_{max}=5\text{m/s}$).
- Altura de Buzón ($H_{min}=1\text{m}$ y $H_{max}=5\text{m}$).
- Pendiente ($S_{min}=0.5\%$ y $S_{max}=10\%$).
- Capacidad de flujo en la Tubería: $y/D \leq 75\%$.

f) Importación de tuberías.

- Se Dibujo en el Programa de AutoCAD y guardo en formato DXF.
- Se importa al programa SewerGEMS CONNECT EDITION con la opción ModelBuilder.

g) Generación de cotas de Buzones.

- Las curvas de nivel se procesaron en el programa de Civil 3D y se guardaron en formato DXF.
- Se importa al programa SewerGEMS CONNECT EDITION con la opción de TRex, y ahí tendremos las cotas de los buzones.

h) Importación Demandas.

- Se importa las demandas calculadas, que son los caudales de sujeto a consumo doméstico y no doméstico, también los caudales de conexiones erradas y de infiltración. Para esto se utilizó la opción de LoadBuilder en el SewerGEMS CONNECT EDITION.

i) Proceso.

- Una vez Una vez ingresado todos los datos que se mencionó anteriormente al programa de SewerGEMS CONNECT EDITION, se prosigue a validar con la opción Validate.
- Si el programa no me notifica ningún error de los datos ingresados, finalmente pasamos a procesar con la opción de Compute.

4.1.3.2. PROCESOS DE MODELAMIENTO HIDRAULICO

SIMULACIÓN 01:

a) Caudales iniciales en los buzones de arranque.

El sistema de alcantarillado del barrio de san Cristóbal se tomó en cuenta un total de 369 Buzones de inspección, dentro de ellas con 103 buzones de arranque. Según el RNE.OS.070 indica que los buzones de arranque tienen que tener un caudal mínimo de 1.5 L/s.

Pero se percató que en todos los buzones de arranque se tiene un caudal menor a lo especificado por el RNE.OS.070 que a continuación en el cuadro de resultados.

Tabla 64. Caudales iniciales en los buzones de arranque del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	BUZÓN AGUAS ARRIBA	BUZÓN AGUAS ABAJO	CAUDAL (L/s)	TUBERÍA	BUZÓN AGUAS ARRIBA	BUZÓN AGUAS ABAJO	CAUDAL (L/s)
TUB - 25	BZ-297	BZ-250	0.0810	TUB - 247	BZ-80	BZ-193	0.0990
TUB - 31	BZ-298	BZ-296	0.0480	TUB - 250	BZ-148	BZ-149	0.0410
TUB - 32	BZ-231	BZ-173	0.0230	TUB - 253	BZ-251	BZ-149	0.0770
TUB - 33	BZ-173	BZ-174	0.0640	TUB - 254	BZ-79	BZ-80	0.0410
TUB - 35	BZ-302	BZ-74	0.0530	TUB - 258	BZ-236	BZ-9	0.0650
TUB - 37	BZ-207	BZ-208	0.0530	TUB - 259	BZ-77	BZ-78	0.0870
TUB - 38	BZ-162	BZ-163	0.0650	TUB - 260	BZ-72	BZ-73	0.0290
TUB - 42	BZ-290	BZ-289	0.0650	TUB - 261	BZ-230	BZ-3	0.0890
TUB - 49	BZ-144	BZ-145	0.0670	TUB - 263	BZ-158	BZ-156	0.0880
TUB - 52	BZ-311	BZ-105	0.0770	TUB - 270	BZ-120	BZ-121	0.0410
TUB - 55	BZ-104	BZ-105	0.0410	TUB - 271	BZ-87	BZ-88	0.0170
TUB - 59	BZ-227	BZ-228	0.0770	TUB - 272	BZ-285	BZ-286	0.0410
TUB - 67	BZ-237	BZ-117	0.0770	TUB - 280	BZ-209	BZ-210	0.0170
TUB - 69	BZ-172	BZ-117	0.0290	TUB - 282	BZ-190	BZ-191	0.0170
TUB - 75	BZ-309	BZ-265	0.0770	TUB - 283	BZ-191	BZ-127	0.0520
TUB - 77	BZ-184	BZ-185	0.0410	TUB - 284	BZ-127	BZ-128	0.0750
TUB - 81	BZ-212	BZ-185	0.0650	TUB - 285	BZ-234	BZ-235	0.0660
TUB - 82	BZ-132	BZ-133	0.0650	TUB - 286	BZ-235	BZ-233	0.0890

TUB - 92	BZ-51	BZ-320	0.0780	TUB - 289	BZ-310	BZ-293	0.0800
TUB - 102	BZ-68	BZ-39	0.0530	TUB - 290	BZ-293	BZ-294	0.0250
TUB - 105	BZ-118	BZ-129	0.0290	TUB - 292	BZ-273	BZ-180	0.0530
TUB - 107	BZ-89	BZ-90	0.0640	TUB - 293	BZ-213	BZ-201	0.0530
TUB - 111	BZ-111	BZ-62	0.0410	TUB - 307	BZ-232	BZ-328	0.0650
TUB - 119	BZ-124	BZ-125	0.0410	TUB - 308	BZ-329	BZ-234	0.0300
TUB - 123	BZ-59	BZ-60	0.0760	TUB - 309	BZ-157	BZ-330	0.0170
TUB - 143	BZ-136	BZ-137	0.0410	TUB - 310	BZ-331	BZ-77	0.0410
TUB - 147	BZ-219	BZ-84	0.0530	TUB - 311	BZ-149	BZ-332	0.0290
TUB - 156	BZ-81	BZ-82	0.0760	TUB - 313	BZ-333	BZ-278	0.0890
TUB - 158	BZ-55	BZ-56	0.0410	TUB - 314	BZ-334	BZ-258	0.0890
TUB - 160	BZ-7	BZ-8	0.0400	TUB - 316	BZ-125	BZ-335	0.0890
TUB - 163	BZ-142	BZ-143	0.0650	TUB - 318	BZ-161	BZ-337	0.0290
TUB - 166	BZ-192	BZ-41	0.0410	TUB - 319	BZ-338	BZ-151	0.1010
TUB - 169	BZ-135	BZ-85	0.0530	TUB - 320	BZ-339	BZ-266	0.1010
TUB - 196	BZ-279	BZ-126	0.0410	TUB - 321	BZ-340	BZ-276	0.0540
TUB - 197	BZ-96	BZ-97	0.0290	TUB - 322	BZ-342	BZ-141	0.1000
TUB - 198	BZ-97	BZ-110	0.0750	TUB - 326	BZ-344	BZ-69	0.0770
TUB - 199	BZ-83	BZ-54	0.0640	TUB - 327	BZ-345	BZ-35	0.0530
TUB - 201	BZ-43	BZ-44	0.0520	TUB - 334	BZ-119	BZ-351	0.0280
TUB - 202	BZ-295	BZ-197	0.0770	TUB - 337	BZ-353	BZ-50	0.0580
TUB - 203	BZ-216	BZ-47	0.0530	TUB - 340	BZ-349	BZ-355	0.0880
TUB - 205	BZ-101	BZ-102	0.0410	TUB - 343	BZ-356	BZ-323	0.0520
TUB - 206	BZ-116	BZ-31	0.0410	TUB - 345	BZ-325	BZ-358	0.0710
TUB - 207	BZ-31	BZ-32	0.0870	TUB - 348	BZ-359	BZ-341	0.0900
TUB - 209	BZ-140	BZ-141	0.0410	TUB - 349	BZ-350	BZ-360	0.0610
TUB - 210	BZ-57	BZ-58	0.0530	TUB - 351	BZ-346	BZ-361	0.1020
TUB - 211	BZ-58	BZ-70	0.1100	TUB - 354	BZ-362	BZ-317	0.0280
TUB - 212	BZ-274	BZ-91	0.0410	TUB - 357	BZ-319	BZ-364	0.0650
TUB - 213	BZ-91	BZ-92	0.0880	TUB - 359	BZ-249	BZ-365	0.0520
TUB - 214	BZ-112	BZ-113	0.0290	TUB - 361	BZ-315	BZ-366	0.0540
TUB - 215	BZ-113	BZ-257	0.0640	TUB - 363	BZ-321	BZ-367	0.1010
TUB - 228	BZ-75	BZ-76	0.0290	TUB - 368	BZ-369	BZ-316	0.0520
TUB - 236	BZ-182	BZ-183	0.0650				

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla se tienen caudales menores a lo señalado en el RNE.OS.070, lo cual indica que lo mínimo tiene que ser 1.5

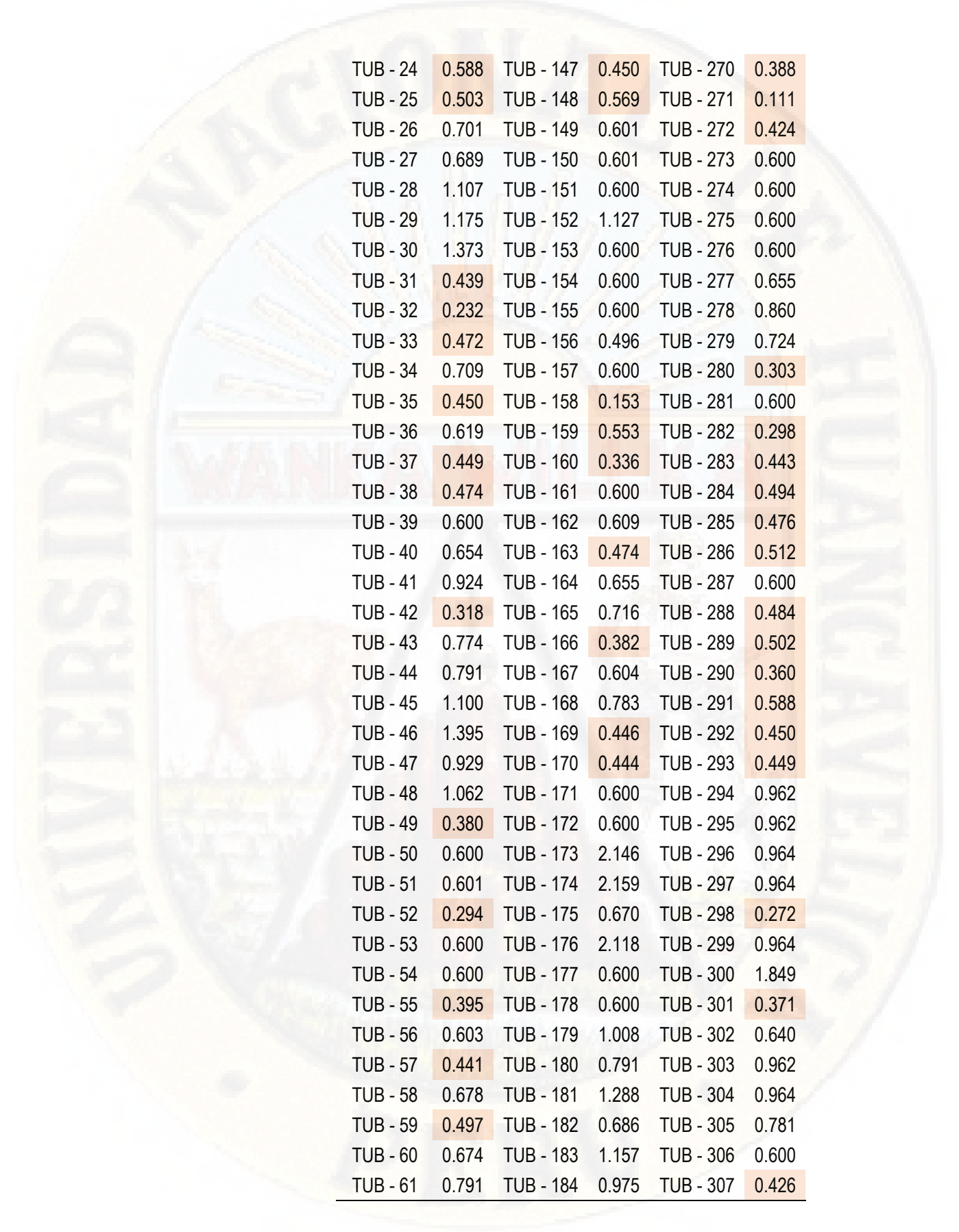
L/s, viendo esto no se cumple, para lo cual se tiene que sumar la diferencia de caudales a cada buzón de arranque.

b) Velocidades.

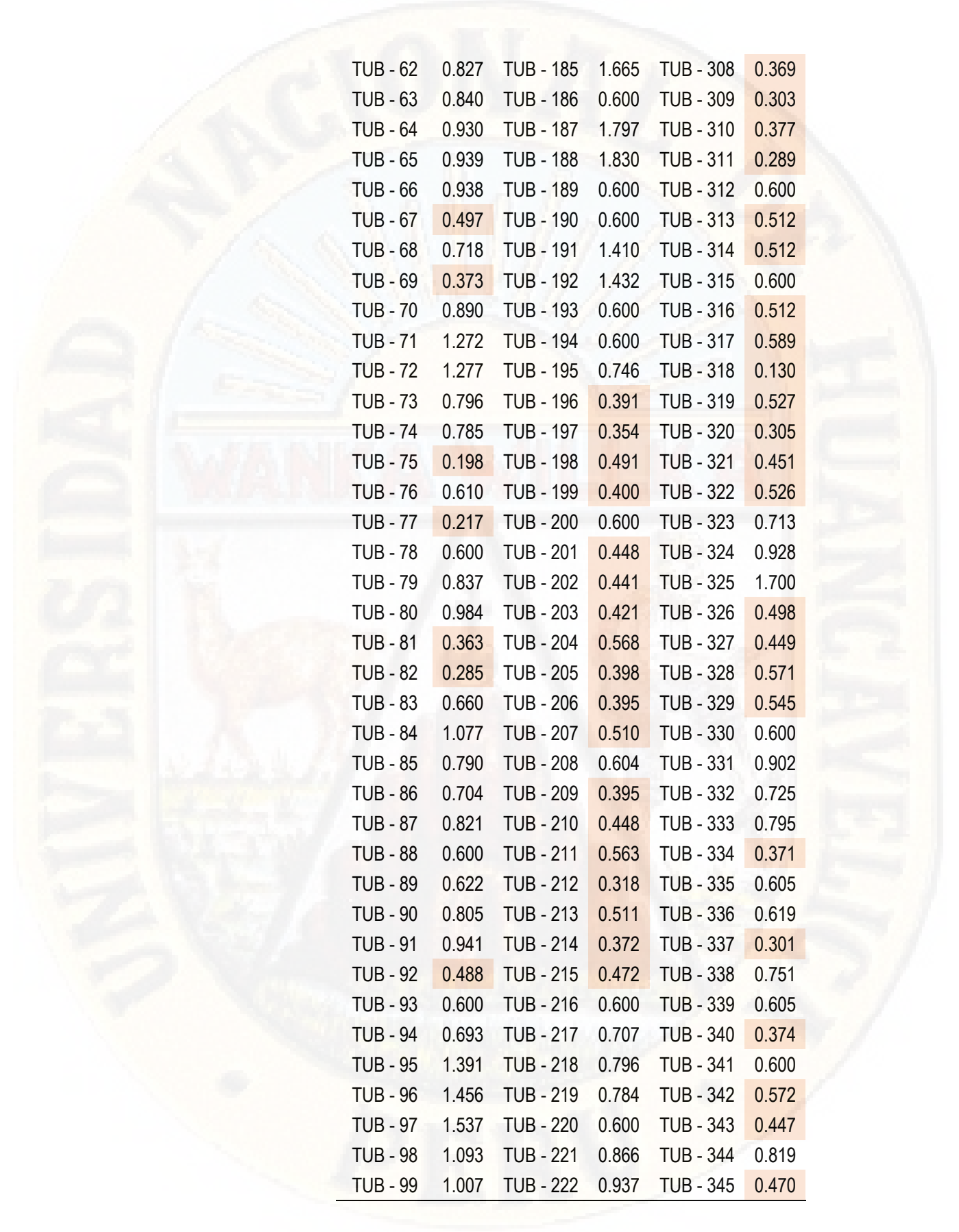
De la primera simulación, un total de 128 tuberías no cumplen con las velocidades mínimas como indica el RNE.OS.070. A continuación, se muestran los resultados de las velocidades, siendo los valores resaltados las que no cumplen:

Tabla 65. Velocidades en las tuberías de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)	TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)	TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)
TUB - 1	0.600	TUB - 124	0.600	TUB - 247	0.525
TUB - 2	0.600	TUB - 125	0.840	TUB - 248	0.600
TUB - 3	0.780	TUB - 126	0.600	TUB - 249	0.925
TUB - 4	1.167	TUB - 127	0.600	TUB - 250	0.423
TUB - 5	0.697	TUB - 128	1.086	TUB - 251	0.782
TUB - 6	1.172	TUB - 129	1.773	TUB - 252	0.947
TUB - 7	0.600	TUB - 130	0.602	TUB - 253	0.497
TUB - 8	1.087	TUB - 131	1.053	TUB - 254	0.206
TUB - 9	0.642	TUB - 132	1.056	TUB - 255	0.711
TUB - 10	0.643	TUB - 133	0.765	TUB - 256	0.721
TUB - 11	0.661	TUB - 134	0.831	TUB - 257	0.768
TUB - 12	0.685	TUB - 135	0.397	TUB - 258	0.298
TUB - 13	0.687	TUB - 136	0.600	TUB - 259	0.455
TUB - 14	0.691	TUB - 137	2.106	TUB - 260	0.372
TUB - 15	0.836	TUB - 138	0.600	TUB - 261	0.512
TUB - 16	0.940	TUB - 139	0.600	TUB - 262	0.655
TUB - 17	0.942	TUB - 140	0.600	TUB - 263	0.512
TUB - 18	0.956	TUB - 141	0.909	TUB - 264	0.707
TUB - 19	0.958	TUB - 142	1.613	TUB - 265	0.853
TUB - 20	0.960	TUB - 143	0.191	TUB - 266	0.863
TUB - 21	0.600	TUB - 144	0.600	TUB - 267	0.916
TUB - 22	0.600	TUB - 145	0.600	TUB - 268	0.600
TUB - 23	0.600	TUB - 146	0.600	TUB - 269	0.639



TUB - 24	0.588	TUB - 147	0.450	TUB - 270	0.388
TUB - 25	0.503	TUB - 148	0.569	TUB - 271	0.111
TUB - 26	0.701	TUB - 149	0.601	TUB - 272	0.424
TUB - 27	0.689	TUB - 150	0.601	TUB - 273	0.600
TUB - 28	1.107	TUB - 151	0.600	TUB - 274	0.600
TUB - 29	1.175	TUB - 152	1.127	TUB - 275	0.600
TUB - 30	1.373	TUB - 153	0.600	TUB - 276	0.600
TUB - 31	0.439	TUB - 154	0.600	TUB - 277	0.655
TUB - 32	0.232	TUB - 155	0.600	TUB - 278	0.860
TUB - 33	0.472	TUB - 156	0.496	TUB - 279	0.724
TUB - 34	0.709	TUB - 157	0.600	TUB - 280	0.303
TUB - 35	0.450	TUB - 158	0.153	TUB - 281	0.600
TUB - 36	0.619	TUB - 159	0.553	TUB - 282	0.298
TUB - 37	0.449	TUB - 160	0.336	TUB - 283	0.443
TUB - 38	0.474	TUB - 161	0.600	TUB - 284	0.494
TUB - 39	0.600	TUB - 162	0.609	TUB - 285	0.476
TUB - 40	0.654	TUB - 163	0.474	TUB - 286	0.512
TUB - 41	0.924	TUB - 164	0.655	TUB - 287	0.600
TUB - 42	0.318	TUB - 165	0.716	TUB - 288	0.484
TUB - 43	0.774	TUB - 166	0.382	TUB - 289	0.502
TUB - 44	0.791	TUB - 167	0.604	TUB - 290	0.360
TUB - 45	1.100	TUB - 168	0.783	TUB - 291	0.588
TUB - 46	1.395	TUB - 169	0.446	TUB - 292	0.450
TUB - 47	0.929	TUB - 170	0.444	TUB - 293	0.449
TUB - 48	1.062	TUB - 171	0.600	TUB - 294	0.962
TUB - 49	0.380	TUB - 172	0.600	TUB - 295	0.962
TUB - 50	0.600	TUB - 173	2.146	TUB - 296	0.964
TUB - 51	0.601	TUB - 174	2.159	TUB - 297	0.964
TUB - 52	0.294	TUB - 175	0.670	TUB - 298	0.272
TUB - 53	0.600	TUB - 176	2.118	TUB - 299	0.964
TUB - 54	0.600	TUB - 177	0.600	TUB - 300	1.849
TUB - 55	0.395	TUB - 178	0.600	TUB - 301	0.371
TUB - 56	0.603	TUB - 179	1.008	TUB - 302	0.640
TUB - 57	0.441	TUB - 180	0.791	TUB - 303	0.962
TUB - 58	0.678	TUB - 181	1.288	TUB - 304	0.964
TUB - 59	0.497	TUB - 182	0.686	TUB - 305	0.781
TUB - 60	0.674	TUB - 183	1.157	TUB - 306	0.600
TUB - 61	0.791	TUB - 184	0.975	TUB - 307	0.426



TUB - 62	0.827	TUB - 185	1.665	TUB - 308	0.369
TUB - 63	0.840	TUB - 186	0.600	TUB - 309	0.303
TUB - 64	0.930	TUB - 187	1.797	TUB - 310	0.377
TUB - 65	0.939	TUB - 188	1.830	TUB - 311	0.289
TUB - 66	0.938	TUB - 189	0.600	TUB - 312	0.600
TUB - 67	0.497	TUB - 190	0.600	TUB - 313	0.512
TUB - 68	0.718	TUB - 191	1.410	TUB - 314	0.512
TUB - 69	0.373	TUB - 192	1.432	TUB - 315	0.600
TUB - 70	0.890	TUB - 193	0.600	TUB - 316	0.512
TUB - 71	1.272	TUB - 194	0.600	TUB - 317	0.589
TUB - 72	1.277	TUB - 195	0.746	TUB - 318	0.130
TUB - 73	0.796	TUB - 196	0.391	TUB - 319	0.527
TUB - 74	0.785	TUB - 197	0.354	TUB - 320	0.305
TUB - 75	0.198	TUB - 198	0.491	TUB - 321	0.451
TUB - 76	0.610	TUB - 199	0.400	TUB - 322	0.526
TUB - 77	0.217	TUB - 200	0.600	TUB - 323	0.713
TUB - 78	0.600	TUB - 201	0.448	TUB - 324	0.928
TUB - 79	0.837	TUB - 202	0.441	TUB - 325	1.700
TUB - 80	0.984	TUB - 203	0.421	TUB - 326	0.498
TUB - 81	0.363	TUB - 204	0.568	TUB - 327	0.449
TUB - 82	0.285	TUB - 205	0.398	TUB - 328	0.571
TUB - 83	0.660	TUB - 206	0.395	TUB - 329	0.545
TUB - 84	1.077	TUB - 207	0.510	TUB - 330	0.600
TUB - 85	0.790	TUB - 208	0.604	TUB - 331	0.902
TUB - 86	0.704	TUB - 209	0.395	TUB - 332	0.725
TUB - 87	0.821	TUB - 210	0.448	TUB - 333	0.795
TUB - 88	0.600	TUB - 211	0.563	TUB - 334	0.371
TUB - 89	0.622	TUB - 212	0.318	TUB - 335	0.605
TUB - 90	0.805	TUB - 213	0.511	TUB - 336	0.619
TUB - 91	0.941	TUB - 214	0.372	TUB - 337	0.301
TUB - 92	0.488	TUB - 215	0.472	TUB - 338	0.751
TUB - 93	0.600	TUB - 216	0.600	TUB - 339	0.605
TUB - 94	0.693	TUB - 217	0.707	TUB - 340	0.374
TUB - 95	1.391	TUB - 218	0.796	TUB - 341	0.600
TUB - 96	1.456	TUB - 219	0.784	TUB - 342	0.572
TUB - 97	1.537	TUB - 220	0.600	TUB - 343	0.447
TUB - 98	1.093	TUB - 221	0.866	TUB - 344	0.819
TUB - 99	1.007	TUB - 222	0.937	TUB - 345	0.470

TUB - 100	1.378	TUB - 223	1.229	TUB - 346	0.663
TUB - 101	1.025	TUB - 224	1.376	TUB - 347	0.715
TUB - 102	0.448	TUB - 225	0.401	TUB - 348	0.513
TUB - 103	0.567	TUB - 226	0.601	TUB - 349	0.205
TUB - 104	0.600	TUB - 227	0.600	TUB - 350	0.600
TUB - 105	0.373	TUB - 228	0.129	TUB - 351	0.374
TUB - 106	0.586	TUB - 229	0.600	TUB - 352	0.615
TUB - 107	0.473	TUB - 230	0.748	TUB - 353	0.569
TUB - 108	0.725	TUB - 231	0.602	TUB - 354	0.364
TUB - 109	0.600	TUB - 232	0.600	TUB - 355	0.262
TUB - 110	0.654	TUB - 233	0.785	TUB - 356	0.621
TUB - 111	0.317	TUB - 234	0.971	TUB - 357	0.166
TUB - 112	0.600	TUB - 235	1.039	TUB - 358	0.600
TUB - 113	0.571	TUB - 236	0.166	TUB - 359	0.410
TUB - 114	0.699	TUB - 237	0.600	TUB - 360	0.622
TUB - 115	0.359	TUB - 238	1.078	TUB - 361	0.282
TUB - 116	0.600	TUB - 239	1.014	TUB - 362	0.383
TUB - 117	0.766	TUB - 240	1.041	TUB - 363	0.434
TUB - 118	1.076	TUB - 241	0.565	TUB - 364	0.610
TUB - 119	0.395	TUB - 242	0.820	TUB - 365	0.395
TUB - 120	2.169	TUB - 243	0.856	TUB - 366	0.600
TUB - 121	2.177	TUB - 244	0.939	TUB - 367	0.601
TUB - 122	1.878	TUB - 245	1.865	TUB - 368	0.200
TUB - 123	0.493	TUB - 246	1.939	TUB - 369	0.613

Fuente: Elaboración propia.

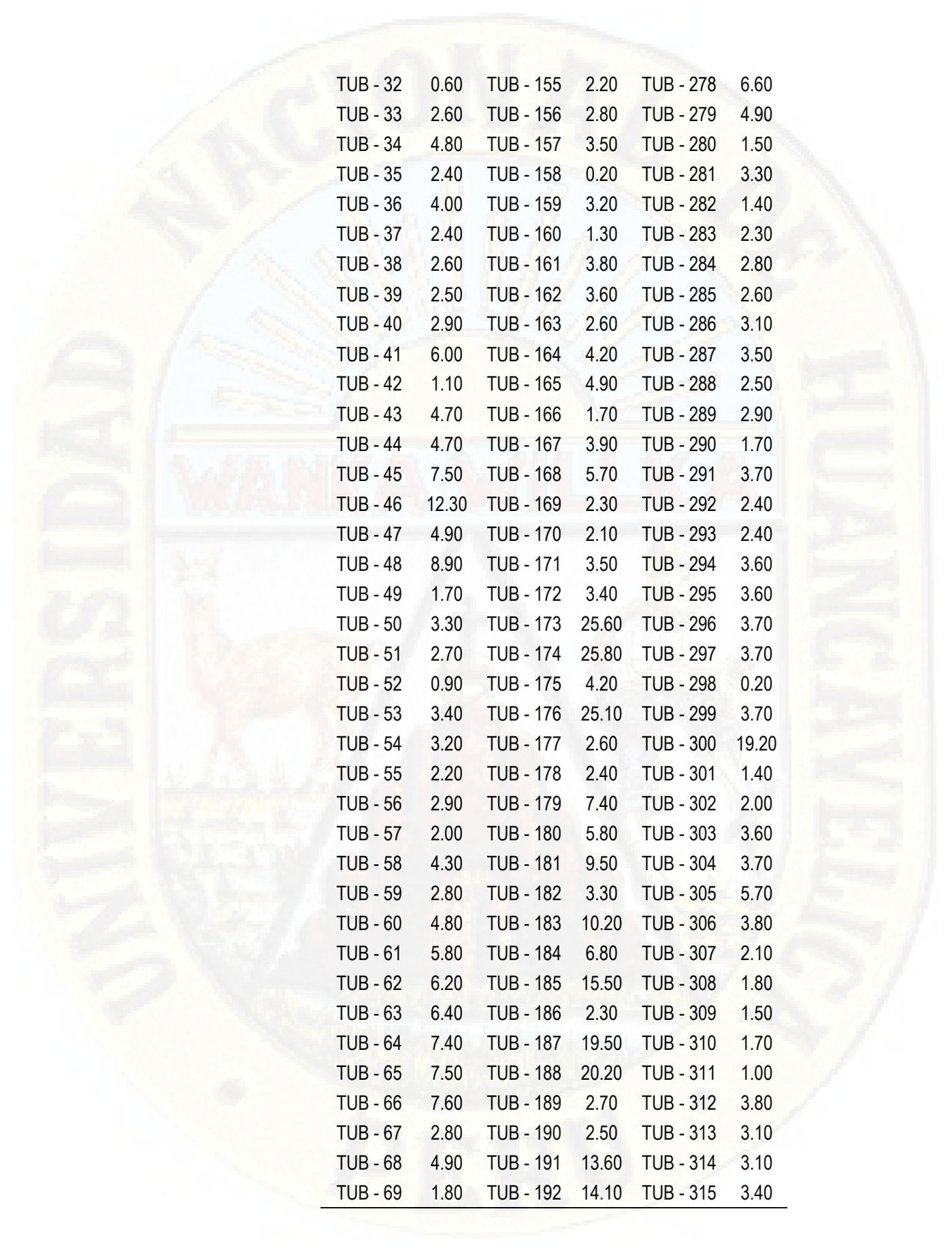
De la tabla se puede obtener que la velocidad mínima es $V_{min}=0.111\text{m/s}$, lo cual no cumple. Por otro lado, la velocidad máxima es $V_{max}=2.177\text{m/s}$, lo cual cumple con el reglamento.

c) Tensión Tractiva.

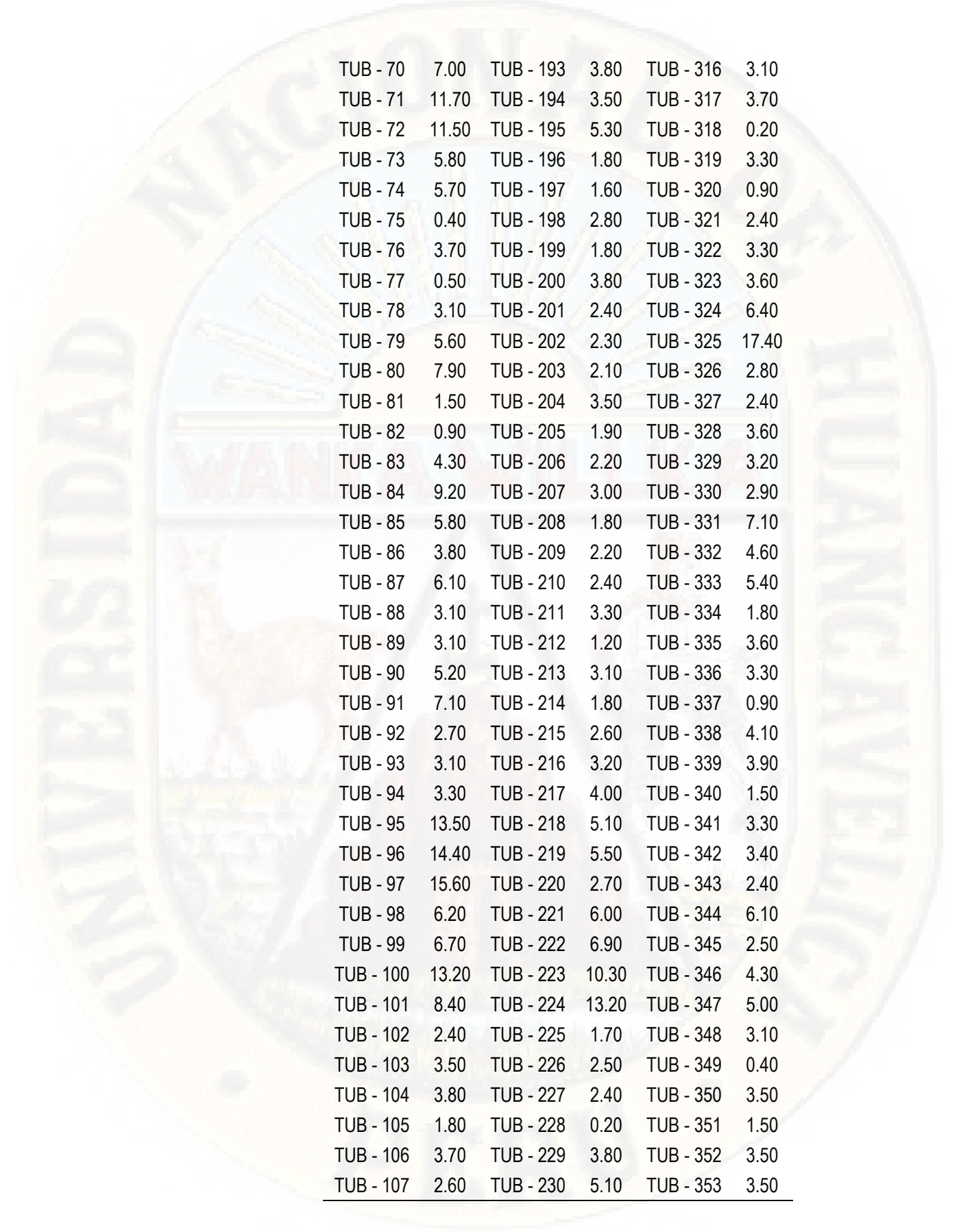
Para los caudales iniciales se tienen las tensiones tractivas, teniendo un total de 20 tuberías que no cumplen en con la tensión tractiva mínima que a continuación se muestran resaltadas:

Tabla 66. Tensiones tractivas de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	TENSIÓN TRACTIVA (Pa)	TUBERÍA	TENSIÓN TRACTIVA (Pa)	TUBERÍA	TENSIÓN TRACTIVA (Pa)
TUB - 1	3.20	TUB - 124	3.80	TUB - 247	2.90
TUB - 2	2.60	TUB - 125	6.40	TUB - 248	3.40
TUB - 3	4.50	TUB - 126	2.70	TUB - 249	7.40
TUB - 4	9.70	TUB - 127	3.50	TUB - 250	2.10
TUB - 5	3.10	TUB - 128	5.90	TUB - 251	5.70
TUB - 6	7.90	TUB - 129	17.20	TUB - 252	7.70
TUB - 7	1.80	TUB - 130	3.30	TUB - 253	2.80
TUB - 8	6.60	TUB - 131	8.80	TUB - 254	0.40
TUB - 9	2.00	TUB - 132	8.40	TUB - 255	4.80
TUB - 10	2.00	TUB - 133	5.50	TUB - 256	5.00
TUB - 11	2.10	TUB - 134	6.30	TUB - 257	5.50
TUB - 12	2.20	TUB - 135	1.50	TUB - 258	1.00
TUB - 13	2.20	TUB - 136	2.90	TUB - 259	2.40
TUB - 14	2.20	TUB - 137	24.80	TUB - 260	1.80
TUB - 15	3.00	TUB - 138	2.70	TUB - 261	3.10
TUB - 16	3.50	TUB - 139	2.60	TUB - 262	4.20
TUB - 17	3.50	TUB - 140	2.50	TUB - 263	3.10
TUB - 18	3.60	TUB - 141	6.00	TUB - 264	4.80
TUB - 19	3.60	TUB - 142	16.70	TUB - 265	6.50
TUB - 20	3.60	TUB - 143	0.40	TUB - 266	6.00
TUB - 21	3.50	TUB - 144	3.30	TUB - 267	6.70
TUB - 22	2.50	TUB - 145	2.20	TUB - 268	1.90
TUB - 23	2.40	TUB - 146	2.20	TUB - 269	2.20
TUB - 24	3.70	TUB - 147	2.40	TUB - 270	1.80
TUB - 25	2.90	TUB - 148	3.50	TUB - 271	0.10
TUB - 26	4.80	TUB - 149	3.80	TUB - 272	2.10
TUB - 27	3.80	TUB - 150	2.50	TUB - 273	2.40
TUB - 28	9.50	TUB - 151	2.40	TUB - 274	2.60
TUB - 29	10.40	TUB - 152	8.40	TUB - 275	2.00
TUB - 30	12.30	TUB - 153	2.20	TUB - 276	2.30
TUB - 31	2.30	TUB - 154	2.20	TUB - 277	2.70



TUB - 32	0.60	TUB - 155	2.20	TUB - 278	6.60
TUB - 33	2.60	TUB - 156	2.80	TUB - 279	4.90
TUB - 34	4.80	TUB - 157	3.50	TUB - 280	1.50
TUB - 35	2.40	TUB - 158	0.20	TUB - 281	3.30
TUB - 36	4.00	TUB - 159	3.20	TUB - 282	1.40
TUB - 37	2.40	TUB - 160	1.30	TUB - 283	2.30
TUB - 38	2.60	TUB - 161	3.80	TUB - 284	2.80
TUB - 39	2.50	TUB - 162	3.60	TUB - 285	2.60
TUB - 40	2.90	TUB - 163	2.60	TUB - 286	3.10
TUB - 41	6.00	TUB - 164	4.20	TUB - 287	3.50
TUB - 42	1.10	TUB - 165	4.90	TUB - 288	2.50
TUB - 43	4.70	TUB - 166	1.70	TUB - 289	2.90
TUB - 44	4.70	TUB - 167	3.90	TUB - 290	1.70
TUB - 45	7.50	TUB - 168	5.70	TUB - 291	3.70
TUB - 46	12.30	TUB - 169	2.30	TUB - 292	2.40
TUB - 47	4.90	TUB - 170	2.10	TUB - 293	2.40
TUB - 48	8.90	TUB - 171	3.50	TUB - 294	3.60
TUB - 49	1.70	TUB - 172	3.40	TUB - 295	3.60
TUB - 50	3.30	TUB - 173	25.60	TUB - 296	3.70
TUB - 51	2.70	TUB - 174	25.80	TUB - 297	3.70
TUB - 52	0.90	TUB - 175	4.20	TUB - 298	0.20
TUB - 53	3.40	TUB - 176	25.10	TUB - 299	3.70
TUB - 54	3.20	TUB - 177	2.60	TUB - 300	19.20
TUB - 55	2.20	TUB - 178	2.40	TUB - 301	1.40
TUB - 56	2.90	TUB - 179	7.40	TUB - 302	2.00
TUB - 57	2.00	TUB - 180	5.80	TUB - 303	3.60
TUB - 58	4.30	TUB - 181	9.50	TUB - 304	3.70
TUB - 59	2.80	TUB - 182	3.30	TUB - 305	5.70
TUB - 60	4.80	TUB - 183	10.20	TUB - 306	3.80
TUB - 61	5.80	TUB - 184	6.80	TUB - 307	2.10
TUB - 62	6.20	TUB - 185	15.50	TUB - 308	1.80
TUB - 63	6.40	TUB - 186	2.30	TUB - 309	1.50
TUB - 64	7.40	TUB - 187	19.50	TUB - 310	1.70
TUB - 65	7.50	TUB - 188	20.20	TUB - 311	1.00
TUB - 66	7.60	TUB - 189	2.70	TUB - 312	3.80
TUB - 67	2.80	TUB - 190	2.50	TUB - 313	3.10
TUB - 68	4.90	TUB - 191	13.60	TUB - 314	3.10
TUB - 69	1.80	TUB - 192	14.10	TUB - 315	3.40



TUB - 70	7.00	TUB - 193	3.80	TUB - 316	3.10
TUB - 71	11.70	TUB - 194	3.50	TUB - 317	3.70
TUB - 72	11.50	TUB - 195	5.30	TUB - 318	0.20
TUB - 73	5.80	TUB - 196	1.80	TUB - 319	3.30
TUB - 74	5.70	TUB - 197	1.60	TUB - 320	0.90
TUB - 75	0.40	TUB - 198	2.80	TUB - 321	2.40
TUB - 76	3.70	TUB - 199	1.80	TUB - 322	3.30
TUB - 77	0.50	TUB - 200	3.80	TUB - 323	3.60
TUB - 78	3.10	TUB - 201	2.40	TUB - 324	6.40
TUB - 79	5.60	TUB - 202	2.30	TUB - 325	17.40
TUB - 80	7.90	TUB - 203	2.10	TUB - 326	2.80
TUB - 81	1.50	TUB - 204	3.50	TUB - 327	2.40
TUB - 82	0.90	TUB - 205	1.90	TUB - 328	3.60
TUB - 83	4.30	TUB - 206	2.20	TUB - 329	3.20
TUB - 84	9.20	TUB - 207	3.00	TUB - 330	2.90
TUB - 85	5.80	TUB - 208	1.80	TUB - 331	7.10
TUB - 86	3.80	TUB - 209	2.20	TUB - 332	4.60
TUB - 87	6.10	TUB - 210	2.40	TUB - 333	5.40
TUB - 88	3.10	TUB - 211	3.30	TUB - 334	1.80
TUB - 89	3.10	TUB - 212	1.20	TUB - 335	3.60
TUB - 90	5.20	TUB - 213	3.10	TUB - 336	3.30
TUB - 91	7.10	TUB - 214	1.80	TUB - 337	0.90
TUB - 92	2.70	TUB - 215	2.60	TUB - 338	4.10
TUB - 93	3.10	TUB - 216	3.20	TUB - 339	3.90
TUB - 94	3.30	TUB - 217	4.00	TUB - 340	1.50
TUB - 95	13.50	TUB - 218	5.10	TUB - 341	3.30
TUB - 96	14.40	TUB - 219	5.50	TUB - 342	3.40
TUB - 97	15.60	TUB - 220	2.70	TUB - 343	2.40
TUB - 98	6.20	TUB - 221	6.00	TUB - 344	6.10
TUB - 99	6.70	TUB - 222	6.90	TUB - 345	2.50
TUB - 100	13.20	TUB - 223	10.30	TUB - 346	4.30
TUB - 101	8.40	TUB - 224	13.20	TUB - 347	5.00
TUB - 102	2.40	TUB - 225	1.70	TUB - 348	3.10
TUB - 103	3.50	TUB - 226	2.50	TUB - 349	0.40
TUB - 104	3.80	TUB - 227	2.40	TUB - 350	3.50
TUB - 105	1.80	TUB - 228	0.20	TUB - 351	1.50
TUB - 106	3.70	TUB - 229	3.80	TUB - 352	3.50
TUB - 107	2.60	TUB - 230	5.10	TUB - 353	3.50

TUB - 108	4.80	TUB - 231	3.30	TUB - 354	1.70
TUB - 109	2.40	TUB - 232	3.20	TUB - 355	0.60
TUB - 110	3.80	TUB - 233	5.30	TUB - 356	3.40
TUB - 111	1.20	TUB - 234	7.70	TUB - 357	0.30
TUB - 112	2.90	TUB - 235	8.60	TUB - 358	3.80
TUB - 113	3.60	TUB - 236	0.30	TUB - 359	2.00
TUB - 114	4.70	TUB - 237	2.60	TUB - 360	4.10
TUB - 115	1.20	TUB - 238	8.90	TUB - 361	0.90
TUB - 116	3.40	TUB - 239	7.40	TUB - 362	1.40
TUB - 117	4.60	TUB - 240	7.60	TUB - 363	2.00
TUB - 118	9.20	TUB - 241	3.40	TUB - 364	3.50
TUB - 119	2.20	TUB - 242	6.10	TUB - 365	1.50
TUB - 120	26.00	TUB - 243	5.90	TUB - 366	3.20
TUB - 121	26.30	TUB - 244	7.00	TUB - 367	3.50
TUB - 122	18.70	TUB - 245	20.80	TUB - 368	0.40
TUB - 123	2.80	TUB - 246	22.00	TUB - 369	1.90

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se tiene que los valores de tensión tractiva mínima calculada es $T=0.10$ están por muy debajo de lo que indica la norma ($T_{min}=1Pa$) y las demás tuberías si cumplen teniendo una tensión tractiva máxima de hasta $T=26.30Pa$.

d) Pendientes.

Con respecto a las pendientes de las tuberías, solo una tubería no cumple con la norma, como se indica a continuación:

Tabla 67. Pendientes en las tuberías de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	PENDIENTE (%)
TUB - 1	4.93
TUB - 2	2.35
TUB - 3	4.14
TUB - 4	8.07
TUB - 5	1.84
TUB - 6	3.40
TUB - 7	0.52
TUB - 8	2.63

TUB - 9	0.50
TUB - 298	0.01
TUB - 299	0.50
TUB - 300	7.70
TUB - 301	2.77
TUB - 302	0.50
TUB - 303	0.50
TUB - 304	0.50
TUB - 305	10.00
TUB - 306	9.78
TUB - 365	3.62
TUB - 366	5.06
TUB - 367	8.46
TUB - 368	1.04
.	.
.	.
TUB - 369	0.50

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia de la tabla, la pendiente mínima es $S_{min}=0.01\%$, lo cual no cumple con el RNE.OS.070 lo cual es 0.5% .

e) Relación Tirante/Diámetro.

los resultados de la capacidad de conducción de las tuberías vs el tirante de la red de alcantarillado sanitario son los siguientes:

Tabla 68. Relación tirante/Diámetro en las tuberías de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERIA	y/D (%)
TUB - 14	77.80
TUB - 15	77.60
TUB - 122	77.30
TUB - 174	78.70
TUB - 297	81.80
TUB - 300	75.60

Fuente: Elaboración propia.

La norma indica un tirante máximo admisible de 75% . Como se puede apreciar de la tabla, 6 tuberías no cumplen con este parámetro.

f) Diámetro Mínimo.

Los diámetros mínimos definidos para las tuberías son de 160mm, como se muestra a continuación.

Tabla 69. *Diámetros mínimos de las tuberías en la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.*

TUBERÍA	DIÁMETRO (mm)
TUB - 1	160.00
TUB - 2	160.00
TUB - 3	160.00
TUB - 4	160.00
.	.
.	.
.	.
TUB - 298	630.00
TUB - 301	160.00
TUB - 302	160.00
TUB - 303	250.00
TUB - 304	250.00
TUB - 305	160.00
TUB - 306	160.00
TUB - 307	160.00
TUB - 308	160.00
TUB - 309	160.00
TUB - 310	160.00
TUB - 311	160.00
TUB - 365	160.00
TUB - 366	160.00
TUB - 367	160.00
TUB - 368	160.00
TUB - 369	160.00

Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla se puede señalar que los diámetros mínimos son $D=160\text{mm}$ y diámetros máximos de $D=630\text{mm}$.

g) Profundidad de cámaras de inspección.

De la primera simulación y considerando las pendientes definidas se tiene el siguiente resultado de la altura de buzones.

Tabla 70. Profundidades en las cámaras de inspección de la primera simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

BUZÓN	ALTURA DE BUZONES (m)
BZ-1	3.69
BZ-2	4.70
BZ-3	4.90
BZ-4	5.05
BZ-5	3.76
BZ-6	3.34
BZ-7	1.16
BZ-8	1.16
BZ-9	1.16
BZ-10	1.16
BZ-11	3.31
BZ-12	3.22
BZ-13	6.67
BZ-14	7.21
BZ-15	1.16
BZ-16	1.16
BZ-17	1.16
BZ-18	1.16
BZ-19	3.33
BZ-20	3.73
.	.
.	.
.	.
BZ-369	1.16

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se obtiene una profundidad mínima de $H_{min}=1.16m$ y una altura máxima de $H_{max}=17.27m$.

SIMULACIÓN 02:

Para la segunda simulación se adiciono los caudales restantes a los 102 buzones de arranque, para llegar a un caudal mínimo de 1.5 L/s, como indica en

la norma. Por el cual se obtuvo un nuevo caudal de diseño $Q_{dis} = 197.651 \text{ L/s}$.
Con el cual se procesó otra vez para obtener nuevos resultados.

a) Caudales iniciales en los buzones de arranque.

Todos los buzones de arranque se definieron con un caudal mínimo de 1.5 L/s , tal como nos indica la norma, teniendo la siguiente tabla:

Tabla 71. Caudales modificados en los buzones de arranque del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	BUZÓN AGUAS ARRIBA	BUZÓN AGUAS ABAJO	CAUDAL (L/s)	TUBERÍA	BUZÓN AGUAS ARRIBA	BUZÓN AGUAS ABAJO	CAUDAL (L/s)
TUB - 25	BZ-297	BZ-250	1.50	TUB - 247	BZ-80	BZ-193	1.50
TUB - 31	BZ-298	BZ-296	1.50	TUB - 250	BZ-148	BZ-149	1.50
TUB - 32	BZ-231	BZ-173	1.50	TUB - 253	BZ-251	BZ-149	1.50
TUB - 33	BZ-173	BZ-174	1.50	TUB - 254	BZ-79	BZ-80	1.50
TUB - 35	BZ-302	BZ-74	1.50	TUB - 258	BZ-236	BZ-9	1.50
TUB - 37	BZ-207	BZ-208	1.50	TUB - 259	BZ-77	BZ-78	1.50
TUB - 38	BZ-162	BZ-163	1.50	TUB - 260	BZ-72	BZ-73	1.50
TUB - 42	BZ-290	BZ-289	1.50	TUB - 261	BZ-230	BZ-3	1.50
TUB - 49	BZ-144	BZ-145	1.50	TUB - 263	BZ-158	BZ-156	1.50
TUB - 52	BZ-311	BZ-105	1.50	TUB - 270	BZ-120	BZ-121	1.50
TUB - 55	BZ-104	BZ-105	1.50	TUB - 271	BZ-87	BZ-88	1.50
TUB - 59	BZ-227	BZ-228	1.50	TUB - 272	BZ-285	BZ-286	1.50
TUB - 67	BZ-237	BZ-117	1.50	TUB - 280	BZ-209	BZ-210	1.50
TUB - 69	BZ-172	BZ-117	1.50	TUB - 282	BZ-190	BZ-191	1.50
TUB - 75	BZ-309	BZ-265	1.50	TUB - 283	BZ-191	BZ-127	1.50
TUB - 77	BZ-184	BZ-185	1.50	TUB - 284	BZ-127	BZ-128	1.50
TUB - 81	BZ-212	BZ-185	1.50	TUB - 285	BZ-234	BZ-235	1.50
TUB - 82	BZ-132	BZ-133	1.50	TUB - 286	BZ-235	BZ-233	1.50
TUB - 92	BZ-51	BZ-320	1.50	TUB - 289	BZ-310	BZ-293	1.50
TUB - 102	BZ-68	BZ-39	1.50	TUB - 290	BZ-293	BZ-294	1.50
TUB - 105	BZ-118	BZ-129	1.50	TUB - 292	BZ-273	BZ-180	1.50
TUB - 107	BZ-89	BZ-90	1.50	TUB - 293	BZ-213	BZ-201	1.50
TUB - 111	BZ-111	BZ-62	1.50	TUB - 307	BZ-232	BZ-328	1.50
TUB - 119	BZ-124	BZ-125	1.50	TUB - 308	BZ-329	BZ-234	1.50

TUB - 123	BZ-59	BZ-60	1.50	TUB - 309	BZ-157	BZ-330	1.50
TUB - 143	BZ-136	BZ-137	1.50	TUB - 310	BZ-331	BZ-77	1.50
TUB - 147	BZ-219	BZ-84	1.50	TUB - 311	BZ-149	BZ-332	1.50
TUB - 156	BZ-81	BZ-82	1.50	TUB - 313	BZ-333	BZ-278	1.50
TUB - 158	BZ-55	BZ-56	1.50	TUB - 314	BZ-334	BZ-258	1.50
TUB - 160	BZ-7	BZ-8	1.50	TUB - 316	BZ-125	BZ-335	1.50
TUB - 163	BZ-142	BZ-143	1.50	TUB - 318	BZ-161	BZ-337	1.50
TUB - 166	BZ-192	BZ-41	1.50	TUB - 319	BZ-338	BZ-151	1.50
TUB - 169	BZ-135	BZ-85	1.50	TUB - 320	BZ-339	BZ-266	1.50
TUB - 196	BZ-279	BZ-126	1.50	TUB - 321	BZ-340	BZ-276	1.50
TUB - 197	BZ-96	BZ-97	1.50	TUB - 322	BZ-342	BZ-141	1.50
TUB - 198	BZ-97	BZ-110	1.50	TUB - 326	BZ-344	BZ-69	1.50
TUB - 199	BZ-83	BZ-54	1.50	TUB - 327	BZ-345	BZ-35	1.50
TUB - 201	BZ-43	BZ-44	1.50	TUB - 334	BZ-119	BZ-351	1.50
TUB - 202	BZ-295	BZ-197	1.50	TUB - 337	BZ-353	BZ-50	1.50
TUB - 203	BZ-216	BZ-47	1.50	TUB - 340	BZ-349	BZ-355	1.50
TUB - 205	BZ-101	BZ-102	1.50	TUB - 343	BZ-356	BZ-323	1.50
TUB - 206	BZ-116	BZ-31	1.50	TUB - 345	BZ-325	BZ-358	1.50
TUB - 207	BZ-31	BZ-32	1.50	TUB - 348	BZ-359	BZ-341	1.50
TUB - 209	BZ-140	BZ-141	1.50	TUB - 349	BZ-350	BZ-360	1.50
TUB - 210	BZ-57	BZ-58	1.50	TUB - 351	BZ-346	BZ-361	1.50
TUB - 211	BZ-58	BZ-70	1.50	TUB - 354	BZ-362	BZ-317	1.50
TUB - 212	BZ-274	BZ-91	1.50	TUB - 357	BZ-319	BZ-364	1.50
TUB - 213	BZ-91	BZ-92	1.50	TUB - 359	BZ-249	BZ-365	1.50
TUB - 214	BZ-112	BZ-113	1.50	TUB - 361	BZ-315	BZ-366	1.50
TUB - 215	BZ-113	BZ-257	1.50	TUB - 363	BZ-321	BZ-367	1.50
TUB - 228	BZ-75	BZ-76	1.50	TUB - 368	BZ-369	BZ-316	1.50
TUB - 236	BZ-182	BZ-183	1.50				

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla se tienen las tuberías con los buzones de arranque, con un caudal mínimo como exige la norma que es de 1.5 L/s. Teniendo el nuevo caudal nuevo $Q_{dis} = 197.651 \text{ L/s}$.

b) Velocidades.

En la segunda simulación con los caudales modificados, se puede apreciar que todas las velocidades en cada una de las tuberías cumplen con las velocidades mínimas y máximas indicadas el RNE.OS.070, que a continuación se muestran:

Tabla 72. Velocidades en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)
TUB - 1	0.600
TUB - 2	1.260
TUB - 3	1.490
TUB - 4	2.000
TUB - 5	1.170
TUB - 6	1.800
TUB - 7	0.830
TUB - 8	1.000
TUB - 9	0.910
TUB - 10	1.530
TUB - 11	1.200
TUB - 12	1.220
TUB - 13	1.250
TUB - 14	1.010
TUB - 15	1.210
TUB - 16	1.320
TUB - 17	1.330
TUB - 18	1.380
TUB - 19	1.380
TUB - 20	1.380
.	.
.	.
.	.
TUB - 369	0.890

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se tiene que la Velocidad mínima es de $V_{min}=0.60\text{m/s}$ y la velocidad máxima $V_{max}=3.21\text{ m/s}$.

c) Tensión Tractiva.

Para los caudales iniciales se tuvieron 20 tuberías que no cumplían con las tensiones tractivas y con la modificación de los caudales se tienen los siguientes resultados:

Tabla 73. Tensiones tractivas en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	TENSIÓN TRACTIVA (Pa)
TUB - 32	4.40
TUB - 52	3.50
TUB - 75	2.30
TUB - 77	2.50
TUB - 82	3.60
TUB - 143	2.30
TUB - 158	2.30
TUB - 228	2.30
TUB - 236	2.30
TUB - 254	2.30
TUB - 271	2.30
TUB - 298	7.00
TUB - 318	2.30
TUB - 320	3.10
TUB - 337	4.20
TUB - 349	2.30
TUB - 355	2.30
TUB - 357	2.30
TUB - 361	4.20
TUB - 368	2.30

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se deduce que las tensiones tractivas que no cumplían al inicio, ahora si cumplen con la tensión tractiva mínima.

Del reposte general se tiene una tensión tractiva $T_{min}=1.8Pa$ y $T_{max}=47Pa$.

d) Pendientes.

Resultado de las pendientes de las tuberías de la red de San Cristóbal:

Tabla 74. Pendientes en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	PENDIENTE (%)
TUB - 1	1.12
TUB - 2	3.91
TUB - 3	4.95
TUB - 4	8.07
TUB - 5	1.84
TUB - 6	3.70
TUB - 7	0.50
TUB - 8	0.77
TUB - 9	0.50
TUB - 10	2.03
TUB - 11	0.97
TUB - 12	0.88
TUB - 13	0.91
TUB - 14	0.50
TUB - 15	0.50
TUB - 16	0.50
TUB - 17	0.50
TUB - 18	0.50
TUB - 19	0.50
TUB - 20	0.50
.	.
.	.
.	.
TUB - 369	0.50

Fuente: Elaboración propia.

En la primera simulación la pendiente de la tubería 298 estuvo por debajo de 0.5% no cumpliendo con lo mínimo y ahora en la segunda simulación cumple con la pendiente mínima.

e) Relación tirante /Diámetro;

los resultados de la capacidad de conducción de las tuberías vs el tirante de la red de alcantarillado sanitario son los siguientes:

Tabla 75. Relación tirante/Diámetro en las tuberías de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	y/D (%)
TUB - 6	86.60
TUB - 15	76.10
TUB - 23	76.10
TUB - 46	78.80
TUB - 47	87.50
TUB - 97	75.80
TUB - 98	77.80
TUB - 122	85.90
TUB - 128	81.10
TUB - 174	82.30
TUB - 181	79.90
TUB - 187	80.50
TUB - 188	81.20
TUB - 192	79.80
TUB - 208	79.60
TUB - 245	79.70
TUB - 246	86.70
TUB - 275	77.30
TUB - 300	95.00
TUB - 325	80.20

Fuente: Elaboración propia.

La norma indica un tirante máximo admisible de 75%. Como se puede apreciar en la tabla, ahora son 20 tuberías que no cumplen con este parámetro.

f) Diámetro Mínimo.

Los diámetros mínimos definidos para las tuberías son de 160mm, como se muestra a continuación:

Tabla 76. Diámetros mínimos de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	DIÁMETRO (mm)
TUB - 1	160

TUB - 2	160
TUB - 3	160
TUB - 4	160
TUB - 5	160
TUB - 6	160
TUB - 7	200
TUB - 8	200
TUB - 9	250
TUB - 10	250
TUB - 11	250
TUB - 12	250
TUB - 13	250
TUB - 14	315
TUB - 15	355
TUB - 16	400
TUB - 17	400
TUB - 18	450
TUB - 19	450
TUB - 20	450
.	.
.	.
.	.
TUB - 369	250

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se puede señalar que los diámetros mínimos son D=160mm y diámetros máximos de D=500mm.

g) Profundidad de cámara de inspección.

De la primera simulación y considerando las pendientes definidas se tiene el siguiente resultado de la altura de buzones:

Tabla 77. Profundidades de cámaras de inspección de la segunda simulación en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

BUZÓN	ALTURA DE BUZONES (m)
BZ-1	2.37
BZ-2	3.38
BZ-3	1.16
BZ-4	1.20

BZ-5	2.18
BZ-6	1.77
BZ-7	1.16
BZ-8	1.16
BZ-9	1.16
BZ-10	1.16
BZ-11	3.31
BZ-12	3.22
BZ-13	6.67
BZ-14	7.21
BZ-15	1.16
BZ-16	1.16
BZ-17	1.16
BZ-18	1.16
BZ-19	1.16
BZ-20	1.16
.	.
.	.
BZ-369	1.24

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se tiene que la profundidad mínima en de $H_{min}=1.16m$ y la altura máxima de $H_{max}=17.27m$.

SIMULACIÓN 03:

Para la tercera simulación cumplen todos los parámetros según el RNE.OS.070.

a) Diámetros.

Los diámetros mínimos definidos para las tuberías son de 160mm, como se muestra a continuación:

Tabla 78. Diámetros mínimos finales en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	DIÁMETRO (mm)
TUB - 1	160
TUB - 2	160

TUB - 3	160
TUB - 4	160
TUB - 5	160
TUB - 6	200
TUB - 7	200
TUB - 8	200
TUB - 9	250
TUB - 10	250
TUB - 11	250
TUB - 12	250
TUB - 13	250
TUB - 14	355
TUB - 15	355
TUB - 16	450
TUB - 17	450
TUB - 18	450
TUB - 19	450
TUB - 20	450
.	.
.	.
TUB - 369	250

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se puede señalar que los diámetros mínimos son $D=160\text{mm}$ y diámetros máximos de $D=500\text{mm}$.

b) Profundidad de cámaras de inspección.

Para la última simulación se definieron alturas razonables que a continuación se muestran:

Tabla 79. Profundidades finales de las cámaras de inspección en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

BUZÓN	ALTURA DE BUZONES (m)
BZ-1	2.60
BZ-2	3.00
BZ-3	1.20
BZ-4	1.30
BZ-5	2.40

BZ-6	2.00
BZ-7	1.20
BZ-8	1.20
BZ-9	1.20
BZ-10	1.20
BZ-11	1.20
BZ-12	1.20
BZ-13	1.20
BZ-14	2.80
BZ-15	1.20
BZ-16	1.20
BZ-17	1.20
BZ-18	1.20
BZ-19	1.20
BZ-20	1.30

.	.
.	.
BZ-369	1.50

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se tiene que la profundidad mínima en de $H_{min}=1.20m$ y la altura máxima de $H_{max}=5.0m$.

c) Caudales.

Todos los buzones de arranque se definieron con un caudal mínimo de 1.5 L/s, tal como nos indica la norma, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 80. Caudales finales en los buzones de arranque del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	BUZÓN AGUAS ARRIBA	BUZÓN AGUAS ABAJO	CAUDAL (L/s)
TUB - 1	BZ-176	BZ-1	1.8150
TUB - 2	BZ-1	BZ-208	5.1540
TUB - 3	BZ-208	BZ-198	6.7820
TUB - 4	BZ-198	BZ-252	10.3610
TUB - 5	BZ-252	BZ-33	10.3880
TUB - 6	BZ-33	BZ-34	20.5970

TUB - 7	BZ-34	BZ-179	20.6510
TUB - 8	BZ-179	BZ-53	20.8580
TUB - 9	BZ-292	BZ-224	26.6600
TUB - 10	BZ-224	BZ-225	26.7450
TUB - 11	BZ-225	BZ-109	30.5420
TUB - 12	BZ-109	BZ-110	37.5520
TUB - 13	BZ-110	BZ-126	39.1530
TUB - 14	BZ-126	BZ-284	40.8140
TUB - 15	BZ-284	BZ-253	89.9640
TUB - 16	BZ-253	BZ-22	129.5050
TUB - 17	BZ-22	BZ-23	132.8030
TUB - 18	BZ-23	BZ-242	143.9500
TUB - 19	BZ-242	BZ-260	145.7360
TUB - 20	BZ-260	BZ-5	147.5670

TUB - 369	BZ-53	BZ-28	24.3040
-----------	-------	-------	---------

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla se tienen las tuberías con los buzones de arranque, con un caudal mínimo como exige la norma que es de 1.5 L/s. Teniendo el nuevo caudal $Q_{dis} = 197.651 \text{ L/s}$.

d) Velocidades.

De la tercera simulación se aprecia que todas las velocidades en cada una de las tuberías cumplen con lo exigido en la norma, que a continuación se muestra:

Tabla 81. Velocidades finales en las tuberías del sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)
TUB - 1	0.690
TUB - 2	1.220
TUB - 3	1.490
TUB - 4	2.000
TUB - 5	1.170

TUB - 6	1.750
TUB - 7	0.950
TUB - 8	1.000
TUB - 9	1.120
TUB - 10	1.100
TUB - 11	1.200
TUB - 12	1.220
TUB - 13	1.100
TUB - 14	1.140
TUB - 15	1.260
TUB - 16	1.510
TUB - 17	1.520
TUB - 18	1.440
TUB - 19	1.460
TUB - 20	1.480

TUB - 369 1.010

Fuente: *Elaboración propia.*

Se tiene de la tabla que la velocidad mínima es de $V_{min}=0.60\text{m/s}$ y la velocidad máxima es de $V_{max}=3.41\text{m/s}$, cumpliendo con lo exigido en la norma.

e) Tensión Tractiva.

De la última simulación las tensiones tractivas cumplen con lo exigido en el reglamento que a continuación se muestran:

Tabla 82. *Tensiones tractivas finales en las tuberías en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.*

TUBERÍA	TENSIÓN TRACTIVA (Pa)
TUB - 1	3.00
TUB - 2	8.60
TUB - 3	12.40
TUB - 4	21.90
TUB - 5	6.70

TUB - 6	14.50
TUB - 7	3.90
TUB - 8	4.30
TUB - 9	5.20
TUB - 10	5.10
TUB - 11	6.00
TUB - 12	6.00
TUB - 13	4.70
TUB - 14	5.10
TUB - 15	5.50
TUB - 16	7.70
TUB - 17	7.80
TUB - 18	6.80
TUB - 19	7.10
TUB - 20	7.30

TUB - 369 4.30

Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla se tiene que la tensión tractiva mínima es $T_{min}=2Pa$ y Tensión Tractiva máxima $T_{max}=58Pa$, cumpliendo con la normativa.

f) Pendientes.

De la simulación de la red se tiene los resultados de las pendientes de las tuberías de la red de San Cristóbal:

Tabla 83. *Pendientes finales en las tuberías en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.*

TUBERÍA	PENDIENTE (%)
TUB - 1	1.67
TUB - 2	3.57
TUB - 3	4.95
TUB - 4	8.07
TUB - 5	1.83
TUB - 6	3.44
TUB - 7	0.69
TUB - 8	0.77

TUB - 9	0.87
TUB - 10	0.84
TUB - 11	0.97
TUB - 12	0.88
TUB - 13	0.66
TUB - 14	0.70
TUB - 15	0.54
TUB - 16	0.67
TUB - 17	0.67
TUB - 18	0.56
TUB - 19	0.58
TUB - 20	0.59

TUB - 369	0.70
-----------	------

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla se tiene que la pendiente mínima es $S_{min}=0.50\%$ y la pendiente máxima $S_{max}=29.91\%$, cumpliendo con lo exigido con la norma.

g) Relación tirante /Diámetro;

Los resultados de la capacidad de conducción de las tuberías vs el tirante de la red de alcantarillado sanitario son los siguientes:

Tabla 84. Relación tirante/Diámetro finales en las tuberías en el sistema de alcantarillado sanitario-Barrio San Cristóbal.

TUBERÍA	y/D (%)
TUB - 1	31.70
TUB - 2	43.10
TUB - 3	52.00
TUB - 4	44.10
TUB - 5	67.40
TUB - 6	63.40
TUB - 7	64.20
TUB - 8	63.00
TUB - 9	52.80
TUB - 10	54.70
TUB - 11	59.90
TUB - 12	65.70

TUB - 13	66.40
TUB - 14	54.80
TUB - 15	69.40
TUB - 16	56.30
TUB - 17	58.50
TUB - 18	60.20
TUB - 19	60.00
TUB - 20	60.10

.	.
.	.
.	.
TUB - 369	51.50

Fuente: Elaboración propia.

La norma indica un tirante máximo admisible de 75%. Como se puede apreciar de la tabla, como mínimo se tiene 15.60% y máximo al 74.30%. por lo cual cumple con la norma.

4.2. ANÁLISIS DE DATOS

4.2.1. PRIMERA SIMULACIÓN:

a) Caudales iniciales en los buzones de arranque.

Según la distribución de los caudales de diseño en la red de alcantarillado sanitario se tiene como mínimo un caudal de $Q_{min}=0.0170L/s$ con respecto a los buzones de arranque. Pero el RNE.OS.070(Redes de Aguas Residuales) indica que el valor mínimo de caudal a considerarse será de $Q=1.5L/s$. Lo cual aún no se cumple con el indicador caudal, de la tabla 18.

b) Velocidades.

Con los caudales originales de diseño, se procesó la red del sistema de alcantarillado sanitario obteniendo las velocidades mínimas de $Q_{min}=0.111m/s$ y máximas de $Q_{max}=2.177m/s$. Cumpliendo las velocidades máximas, pero las velocidades mínimas no cumplen con lo indicado en la norma que es de $0.60m/s$. Como en este caso mayoría de las tuberías están funcionando parcialmente llenas, para lo cual se puede aceptar velocidades mínimas de hasta $0.30m/s$.

Para las demás tuberías que estén por debajo de las velocidades mínimas tendrán problemas de sedimentación en el fondo de las tuberías, dicho de otra manera, se depositaran materiales sólidos y provocaran la disminución de las secciones transversales y un menor tiempo de vida. Lo cual aún no se cumple con el indicador velocidad, de la tabla 18

c) Tensión Tractiva.

Con los caudales iniciales que son menores a 1.5L/s, se obtienen las tensiones tractivas mínimas de $T_{min}=0.10\text{Pa}$ y tensiones tractivas máximas de $T_{max}=26.3\text{Pa}$. lo cual el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales) indica que como mínimo se debe obtener $T_{min}=1.0\text{Pa}$.

Pero por otro lado Según Lázaro, para los tramos de arranque indica que se debe verificar con una tensión tractiva mínima de 0.60Pa y se sabe que mayoría de las tensiones tractivas mínimas están en los tramos de arranque, pero en algunas tuberías ya están por debajo de lo permisible, lo cual se tendrá problemas de cumplir la condición de autolimpieza en la red de alcantarillado sanitario. Lo cual aún no se cumple con el indicador Tensión Tractiva, de la tabla 18.

d) Pendientes.

De la primera simulación se tiene los siguientes resultados de pendientes, como pendiente mínima de $S_{min}=0.01\%$ y pendiente máxima de $S_{max}=10\%$. Como se puede apreciar no se está cumpliendo con la pendiente mínima como indica el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales), lo cual hace entender que no se cumplirá también con la condición de autolimpieza que se aplica con criterio de tensión tractiva, quiere decir, con una $T_{min}=1.0\text{Pa}$. Debido a que se tiene una tensión tractiva de hasta $T=0.2\text{Pa}$ en las tuberías de las redes de alcantarillado sanitario. Lo cual aún no se cumple con el indicador pendiente, de la tabla 18.

e) Relación Tirante/Diámetro (Y/D).

Con los caudales iniciales, sin considerar como mínimo de 1.5L/s en los buzones de arranque, se obtuvieron la relación de tirante y diámetro, como mínimo de $y/D_{min}=3.10\%$ y como máximo $y/D_{max}=81.80\%$.

El porcentaje mínimo de 3.10% se debe a que las tuberías de arranque están conduciendo caudales muy pequeños, lo cual puede haber problemas de autolimpieza. El porcentaje máximo de 81.80% no está cumpliendo según RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales), el cual especifica como tirante máximo admisible de 75%(y/D). Esto hará que no funcione correctamente las redes de alcantarillado sanitario, teniendo problemas de ventilación. Lo cual aún no se cumple con el indicador tirante hidráulico, de la tabla 18.

f) Dímetros Mínimos.

Con los valores iniciales de los caudales se obtuvieron un diámetro mínimo de $D_{min}=160\text{mm}$ y un diámetro máximo de $D_{max}=630\text{mm}$. El diámetro mínimo cumple con lo que indica el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales). Pero en algunas tuberías los diámetros están demasiado grandes, debido a que los caudales son muy pequeños. De igual manera en algunas tuberías no cumplen con la altura de flujo sanitario. Lo cual aún no se cumple con el indicador diámetro, de la tabla 18.

g) Profundidad de Cámaras de Inspección.

Con los caudales iniciales, las profundidades de los buzones se obtuvieron una altura mínima de $H_{min}=1.16\text{m}$ y altura máxima $H_{max}=17.27\text{m}$. La altura mínima obtuvo ese valor debido que en los buzones la profundidad debe ser mayor a 1m sobre la clave de la tubería según indica el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales), entonces sumando el diámetro mínimo de la tubería que es 160mm, se obtuvo $H_{min}=1.16\text{m}$.

Con lo que respecta a la altura máxima, esto es debido a que se ajusta a las pendientes máximas restringidas al inicio que es de $S_{max}=10\%$. Como se parecía la altura es demasiado, lo cual se tendrá mayor movimiento de tierras.

Como se aprecia en la primera simulación muchos de los parámetros, siendo estos los indicadores de la operatividad de variables e indicadores de la Tabla 18, aun no cumplen como indica la norma OS.070 (Redes de aguas residuales) del RNE, haciendo esto, el no cumplimiento de la hipótesis específico del ítem b, lo cual hace que no se cumpla también los ítem a y c de la hipótesis específico y por ende no se cumple la hipótesis general.

4.2.2. SEGUNDA SIMULACIÓN:

a) Caudales en los buzones de arranque.

Se agregó la diferencia de caudal para obtener un caudal mínimo de 1.5L/s como indica la norma, a cada uno de los buzones de arranque, con lo cual se hizo una nueva simulación de la red de alcantarillado sanitario. Lo cual hace que se cumpla con el indicador Caudal, de la tabla 18.

b) Velocidades.

Con el aumento de caudales de diseño, en esta simulación se pudo obtener una velocidad mínima de $V_{min}=0.60\text{m/s}$ y una velocidad máxima de $V_{max}=3.21\text{m/s}$. cómo se puede apreciar las velocidades mínimas y máximas cumplen con lo indicado en el reglamento, evitando sedimentación y erosión respectivamente. Lo cual hace que se cumpla con el indicador Velocidad, de la tabla 18.

c) Tensión Tractiva.

Con la modificación de los caudales en los buzones de arranque, del procesamiento se obtuvieron las tensiones tractivas mínimas de $T_{min}=1.80\text{Pa}$ y tensiones tractivas máximas $T_{max}=47\text{Pa}$. lo cual el cumple con el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales) que indica que como mínimo se debe obtener $T_{min}=1.0\text{Pa}$. Lo cual se tendrá cumple con las condiciones de autolimpieza en las redes de alcantarillado sanitario. Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Tensión Tractiva, de la tabla 18.

d) Pendientes.

Para la segunda simulación con el aumento de caudales, se mejoraron los valores de la tensión tractiva y con esto seguidamente también se mejoraron las pendientes, obteniendo una pendiente mínima de $S_{min}=0.50\%$ y una pendiente máxima de $S_{max}=10\%$, lo cuales cumplen con el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales). Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Pendiente, de la tabla 18.

e) Relación Tirante/Diámetro (Y/D).

Con el aumento de caudales en los buzones de arranque se obtuvieron nuevos resultados, obteniendo $y/D_{min}=16.20\%$ y como máximo $y/D_{max}=95\%$. Como se puede apreciar el porcentaje máximo de 95% tampoco cumple con lo que indica el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales), el cual especifica como tirante máximo admisible de $75\%(y/D)$. esto también hará que no funcione correctamente las redes de alcantarillado sanitario. Haciendo esto el no cumplimiento con el indicador Tirante Hidraulico, de la tabla 18.

f) Dímetros Mínimos.

Con el aumento de caudales en los buzones de arranque se obtuvieron nuevos diámetros como son, diámetro mínimo $D_{min}=160\text{mm}$ y diámetro máximo $D_{max}=500\text{mm}$. Pero en algunas tuberías aun no cumplen con la altura de flujo sanitario, lo cual tienen que modificarse. Haciendo esto el no cumplimiento con el indicador Diámetro, de la tabla 18.

g) Profundidad De Cámaras De Inspección.

Cuando se aumentan los caudales a los buzones de arranque se tienen los valores de la altura mínima $H_{min}=1.16\text{m}$ y altura máxima $H_{max}=17.27\text{m}$, siendo lo mismo de la primera simulación, que también son profundidades grandes.

Como se aprecia en la primera simulación algunos parámetros, siendo estos los indicadores de la operatividad de variables e indicadores de la Tabla 18, aun no cumplen como indica la norma OS.070 (Redes de aguas

residuales) del RNE, haciendo esto, el no cumplimiento de la hipótesis específico del ítem b, lo cual hace que no se cumpla también los ítem a y c de la hipótesis específico y por ende aún no se cumple la hipótesis general.

4.2.3. TERCERA Y ULTIMA SIMULACIÓN:

a) Dímetros en las tuberías.

En la última simulación se cambiaron los diámetros de algunas tuberías que no cumplían con la altura de flujo sanitario. Tendiendo como resultado final diámetros mínimo $D_{min}=160\text{mm}$ y diámetro máximo $D_{max}=500\text{mm}$. Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Diámetro, de la tabla 18.

b) Profundidad De Cámaras De Inspección.

Para la última simulación se definieron alturas razonables y también cumpliendo con la profundidad mínima como indica el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales), teniendo como alturas finales de $H_{min}=1.20\text{m}$ y $H_{max}=5\text{m}$.

c) Caudales.

Se mantiene los caudales definidos en la segunda simulación. Haciendo esto el cumplimiento con el Caudal, de la tabla 18.

d) Velocidades.

Con el cambio de algunos parámetros, como altura de las cámaras de inspección se modificó los resultados de las velocidades, teniendo una velocidad mínima de $V_{min}=0.60\text{m/s}$ y una velocidad máxima de $V_{max}=3.21\text{m/s}$, lo cual cumple con el reglamento, por lo tanto, seguimos evitando la sedimentación y erosión respectivamente en las tuberías de la red de alcantarillado sanitario. Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Velocidad, de la tabla 18.

e) Tensión Tractiva.

Con el cambio de algunos parámetros, como altura de las cámaras de inspección se modificó los resultados de las tensiones tractivas, teniendo una tensión tractiva mínima de $T_{min}=2.0\text{Pa}$ y una tensión tractiva máxima de $T_{max}=58\text{Pa}$, lo cual cumple con el reglamento, por lo tanto, seguimos

cumpliendo con las condiciones de autolimpieza en las tuberías de la red de alcantarillado sanitario. Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Tensión tractiva, de la tabla 18.

f) Pendientes.

Para la última simulación se cambiaron las profundidades de las cámaras de inspección, afectando esto a que se cambien los valores de las pendientes y teniendo como resultado una pendiente mínima $S_{min}=0.50\%$ y una pendiente máxima $S_{max}=29.91\%$. se debe entender que las profundidades de los buzones se cambiaron a una altura razonables, para evitar movimientos de tierras exageradas.

Con respecto a las velocidades máximas no hay problema, debido a que el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales), nos permite una pendiente máxima, a la que corresponde una velocidad máxima de 5m/s. teniendo como velocidad máxima en nuestra red de 3.21m/s. Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Pendiente, de la tabla 18.

g) Relación Tirante/Diámetro (Y/D).

En la última simulación se cambió los diámetros de las tuberías, esto teniendo en cuenta las velocidades que estén dentro de lo permitido, por lo cual se obtuvieron nuevos resultados de la altura de flujo sanitario $y/D_{min}=15.60\%$ y $y/D_{max}=74.30\%$., cumpliendo con lo que señala el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales) que es máximo de 75%. Haciendo esto el cumplimiento con el indicador Tirante hidraulico, de la tabla 18.

Como se aprecia en la tercera simulación cumplen todos los parámetros, siendo estos los indicadores de la operatividad de variables e indicadores de la Tabla 18, como indica la norma OS.070 (Redes de aguas residuales) del RNE, haciendo esto, el cumplimiento de la hipótesis específico del ítem b, lo cual hace también que se cumpla los ítem a y c de la hipótesis específico y por ende se cumple la hipótesis general.

CONCLUSIONES

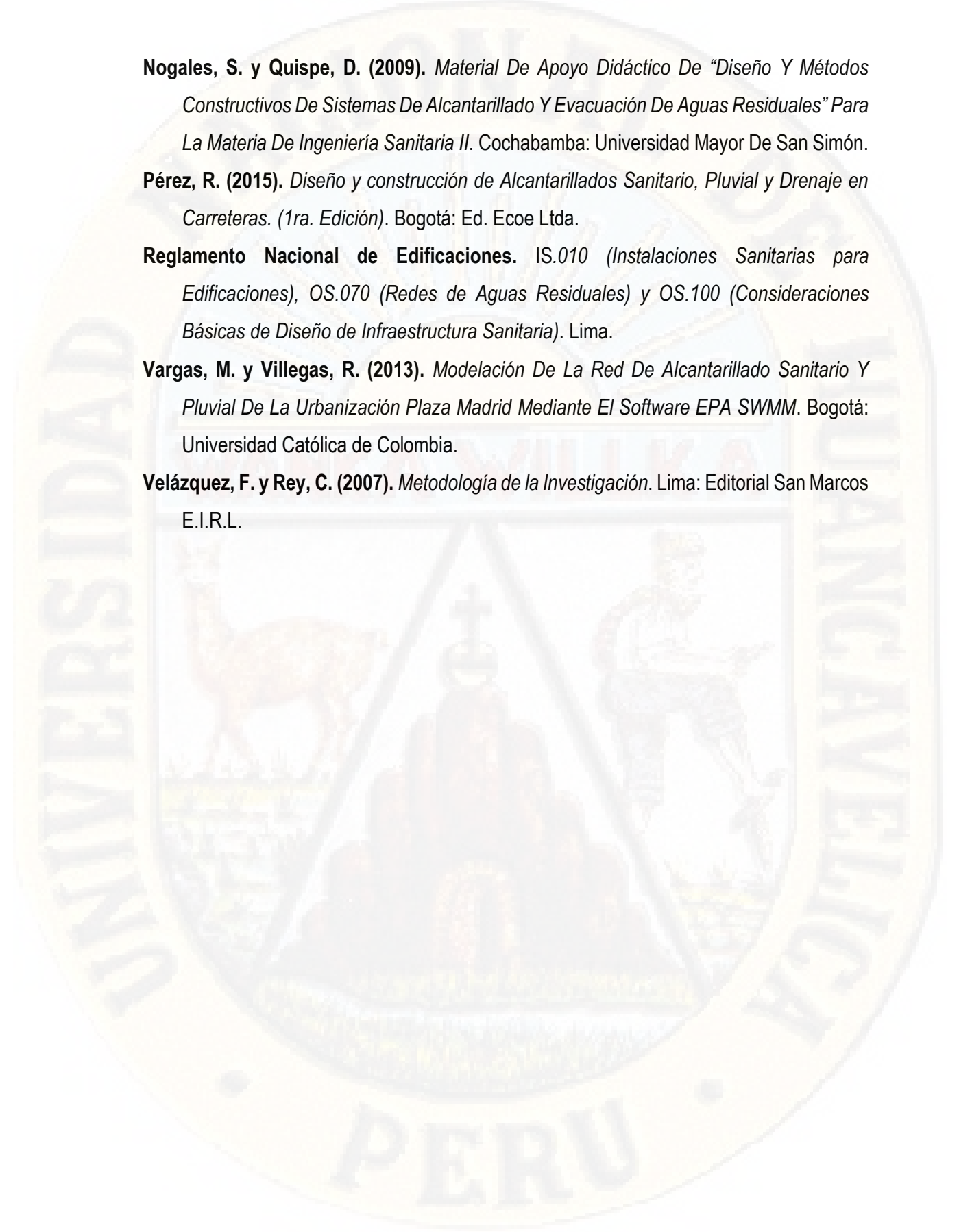
1. Con el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario se mejora la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales en el barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, evitando la contaminación del medio ambiente y brindando mejores servicios a los usuarios.
2. Los parámetros obtenidos del modelamiento hidráulico como caudales, velocidades, tensión tractiva, diámetros, relación tirante/diámetro y profundidades de las cámaras de inspección, cumplen con las condiciones indicadas el RNE.OS.070 de Redes de Aguas Residuales.
3. Las redes de alcantarillado sanitario en el barrio de san Cristóbal actualmente tienen un funcionamiento deficiente, con respecto a las estructuras, por lo cual es necesario que se intervengan este servicio básico urgentemente.
4. Es muy importante que las autoridades tomen más interés en temas de saneamiento en toda la ciudad de Huancavelica, debido a que estos son muy necesarios para el desarrollo de la ciudad, al igual que para la atracción de turismo.
5. La falta de una planta de tratamiento de aguas residuales hace que hoy en día se ve la contaminación del rio Ichu de la ciudad de Huancavelica, perjudicando a los usuarios en temas de salud.

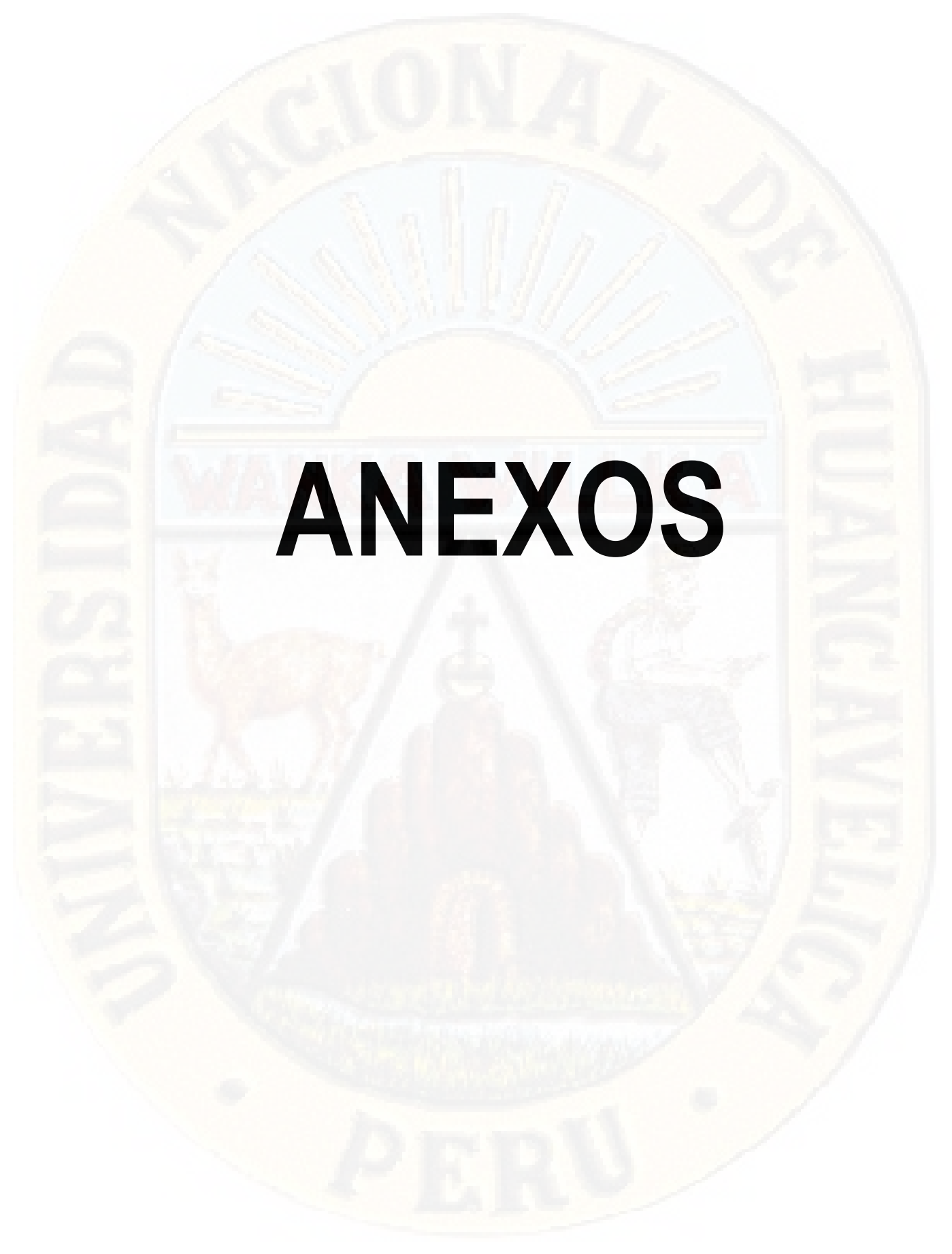
RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario de los otros barrios faltantes de la ciudad de Huancavelica, para la evacuación y tratamiento adecuado de las aguas residuales, evitando así la contaminación de las calles y el río Ichu.
2. Se recomienda la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para la ciudad de Huancavelica, para el tratamiento adecuado de las aguas residuales y su efluente cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP), que la norma de saneamiento indica.
3. Se recomienda que, para la ciudad de Huancavelica de haga el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de forma separa y no combinada, transportando así las aguas residuales y de lluvias de forma independientemente, para evitar el diseño de una PTAR sobredimensionado, también para el funcionamiento adecuado de la misma por exceso de aguas de lluvias.
4. Se recomienda a los usuarios que todas las aguas de lluvias que proviene de los techos y patios de las edificaciones, no se viertan al sistema de desagüe, sino a las cunetas pluviales de las veredas, para su vertido al río.
5. Se recomienda a las autoridades que tengan en cuenta los temas de saneamiento en la ciudad de Huancavelica, por ser un problema con que se padece actualmente, trayendo enfermedades a la población y falta de paisajismo a la ciudad para fines de turismo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aldas, J. C. (2011).** *Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de 4 Lotizaciones Unidas (Varios Propietarios), Del Cantón el Carmen.* Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Alfaro, J. M., Carranza, J. L. y Gonzales, I. (2012).** *Diseño Del Sistema De Alcantarillado Sanitario, Aguas Lluvias Y Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para el Área Urbana Del Municipio De San Isidro, Departamento De Cabañas.* San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Banda, S. G. (2012).** *Diseño De Los Sistemas De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial, Estación Depuradora De Aguas Residuales (EDAR) Para El Centro De Albergue, Formación, Y Capacitación Juvenil De La Fundación Don Bosco – Loja.* Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Carrasco, D. (2006).** *Metodología de la Investigación Científica.* Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Cerquin, R. (2013).** *Evaluación De La Red De Alcantarillado Sanitario Del Jirón La Cantuta En La Ciudad De Cajamarca.* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Chow, V., Maidment D. y Mays, L. (1994).** *Hidrología Aplicada.* Santafé de Bogotá. Colombia: McGRAW - HILL INTERAMERICANA, S.A.
- Hernández S. (2006).** *Metodología de la Investigación.* México D.F.: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Lázaro, J. J. (2016).** *Modelamiento Hidráulico Del Sistema De Alcantarillado Primario Del Distrito De Puente Piedra, Carabayllo Y San Martín De Porres.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Melgarejo, F. M. (2015).** *Evaluación Para Optimizar El Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Ciudad De Marcará, Del Distrito De Marcará Provincia De Carhuaz – Ancash - 2014.* Ancash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Méndez, S. (2011).** *Diseño Del Alcantarillado Sanitario Y Pluvial Y Tratamiento De Aguas Servidas De La Urbanización San Emilio.* Quito: Universidad de San Francisco de Quito.

- 
- Nogales, S. y Quispe, D. (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.* Cochabamba: Universidad Mayor De San Simón.
- Pérez, R. (2015).** *Diseño y construcción de Alcantarillados Sanitario, Pluvial y Drenaje en Carreteras.* (1ra. Edición). Bogotá: Ed. Ecoe Ltda.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.** IS.010 (*Instalaciones Sanitarias para Edificaciones*), OS.070 (*Redes de Aguas Residuales*) y OS.100 (*Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria*). Lima.
- Vargas, M. y Villegas, R. (2013).** *Modelación De La Red De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial De La Urbanización Plaza Madrid Mediante El Software EPA SWMM.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Velázquez, F. y Rey, C. (2007).** *Metodología de la Investigación.* Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L.

The background features a large, faint watermark of the seal of the University of Huancavelica. The seal is circular with a yellow border containing the text "UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYELICA" at the top and "PERU" at the bottom. The central shield is divided into three sections: the top section shows a sun with rays, the bottom-left section shows a llama, and the bottom-right section shows a figure on horseback. A central mountain peak is also visible.

ANEXOS

Anexo 01:

Tabla A 1. Matriz de Consistencia.

“MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCAMELICA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA”						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y	INDICADORES	METODOLOGÍA	
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	DIMENSIONES		TIPO:	Aplicada
¿El modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario mejora la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica?	Realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica.	Con el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, se mejorará significativamente la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica.	VARIABLE INDEPENDIENTE	Aguas residuales de duchas	NIVEL:	Descriptiva
			Aguas Residuales.	Aguas residuales de lavatorios	DISEÑO	
					M → A → R	
			DIMENSIONES	Aguas residuales de Inodoros	Dónde:	
Aguas Grises	Aguas residuales de Inodoros	M = Red de alcantarillado del barrio de San Cristóbal.				
Aguas Negras	Aguas residuales con Metales.	A = Modelamiento Hidráulico.				
Aguas de Industriales		R = Diámetro optimo, Capacidad hidráulica, Capacidad de Autolimpieza y Tensión Tractiva.				
Aguas Blancas		POBLACIÓN				
		En la presente tesis se considerará como población a un barrio de la ciudad de Huancavelica (Barrio San Cristóbal).				
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICO				
a) ¿Como se puede prevenir el vertido	a) Prevenir el vertido directo de	a) Se prevendrá significativament				

directo de las aguas residuales al río Ichu del Barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, mediante el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario?	las aguas residuales al río Ichu de la ciudad de Huancavelica, mediante el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.	e en el vertido directo de las aguas residuales al río Ichu de la ciudad de Huancavelica, mediante el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.
--	---	--

MUESTRA

En la presente tesis se considerará como muestra a las 103 manzanas del barrio de San Cristóbal.

b) ¿El diseño del alcantarillado sanitario cumple con los parámetros exigibles según la norma OS.070 (Redes de aguas residuales), del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES?	b) Diseñar del alcantarillado sanitario cumpliendo con los parámetros exigibles según la norma OS.070 (Redes de aguas residuales), del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES	b) El diseño del alcantarillado sanitario cumplirá con los parámetros exigibles según la norma OS.070 (Redes de aguas residuales) del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
---	---	--

		Caudal	
		Tirante hidráulico	
VARIABLE DEPENDIENTE.		Perfil hidráulico	
Sistema de Alcantarillado Sanitario		Perímetro mojado	
		Pendiente	
DIMENSIONES.		Diámetro	
Conexión Domiciliaria		Velocidad	
Cámaras de inspección		Tensión Tractiva	

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Método científico y Deductivo

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

c) ¿Se puede identificar la deficiencia del	c) Identificar la deficiencia del	c) Se logrará identificar la	TÉCNICA	Recopilación de datos, Análisis y recopilación
---	-----------------------------------	------------------------------	----------------	--

funcionamiento actual de las redes de alcantarillado sanitario mediante el modelamiento hidráulico, en la ciudad de Huancavelica?

funcionamiento actual de las redes de alcantarillado sanitario mediante el modelamiento hidráulico, en la ciudad de Huancavelica.

deficiencia del funcionamiento actual de las redes de alcantarillado sanitario mediante el modelamiento hidráulico, en la ciudad de Huancavelica.

Red de Tuberías Estructuras de Descarga

documental y Observación.

Equipos topográficos, Cuaderno de registros, Lista de cotejos, Guías, libros, fichas, revistas y artículos científicos, imágenes satelitales, Guías de observación, Juicio de expertos.

INSTRUMENTOS

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS y ANÁLISIS DE DATOS

Estadística descriptiva y el estadístico Inferencial de Pearson.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:

Software: SewerGEMS CONNECT EDITION, QGIS, AutoCAD, Civil 3D, Microsoft Excel, Microsoft Word.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS:

Proceso general de acuerdo a la norma OS.070 (Redes de Aguas Residuales) del RNE, Tabulación de datos hidráulicos, Interpretación de la tensión tractiva y pendiente.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla A 2. Cronograma de Actividades.

ACTIVIDADES	2018															
	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPT			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selección del tema	■															
Recopilación de la bibliografía y fuentes documentales		■	■													
Elaboración del Plan de Tesis			■	■	■	■										
Presentación y revisión final del Plan de Tesis					■											
Corrección y aprobación del proyecto de Tesis						■										
Validación y Creación de instrumentos para recopilación de información							■	■								
Preparación de recursos para aplicación de técnicas e instrumentos								■	■							
Trabajo de campo									■	■						
Vaciado y tabulación de datos										■	■					
Interpretación y análisis de la información											■	■				
Elaboración y verificación de la hipótesis												■	■			
Elaboración de informe final													■	■	■	
Revisión y corrección de informe final														■	■	■
Presentación de informe final															■	■
Sustentación de Tesis																■

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla A 3. Presupuesto.

PRESUPUESTO GENERAL				
DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P.U.	C. TOTAL
EQUIPO E INSTRUMENTOS				6,000.00
Adquisición de Cámara fotográfica	Unid.	1	400.00	400.00
Alquiler de estación total	Mes	2	1500.00	3000.00
Alquiler de GPS	Mes	2	450.00	900.00
SewerGEMS CONNECT EDITION.	Unid.	1	500.00	500.00
Alquiler de Laptop	Mes	6	200.00	1200.00
MATERIALES E INSUMOS				2,290.00
Servicio de Impresión	Unid.	1	350.00	350.00
Papel	GBL	1	80.00	80.00
Anillado	GBL	3	15.00	45.00
Empastado	GBL	3	25.00	75.00
Adquisición de Datos Pluviométricos	GBL	1	450.00	450.00
Servicio de Internet	GBL	1	990.00	990.00
Otros servicios	GBL	1	300.00	300.00
VIÁTICOS				490.00
Viajes Huancavelica-Lima-Huancavelica	GBL	1	250.00	250.00
Viajes Huancavelica-Ayacucho-Hvca.	GBL	1	240.00	240.00
HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN				660.00
Alimentación Lima	GBL	1	100.00	100.00
Alimentación Huancavelica	BGL	1	200.00	200.00
Alimentación Ayacucho.	BGL	1	180.00	180.00
Hospedaje Lima	BGL	1	100.00	100.00
Hospedaje Ayacucho.	BGL	1	80.00	80.00
CAPACITACIÓN				1,200.00
Capacitación del tesista	BGL	1	1200.00	1200.00
BIBLIOGRAFÍA				200.00
Adquisición de Libro de Alcantarillados Sanitario y Pluviales	Unid.	1	200.00	200.00
TOTAL				10,840.00

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 02:

Tabla A 4. Reporte de caudales por conexiones erradas.

REPORTE DE CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS						REPORTE DE CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS					
Id	C	I (L/seg/Ha)	AREA (Ha)	K (%)	Qce (L/s)	Id	C	I (L/seg/Ha)	AREA (Ha)	K (%)	Qce (L/s)
1	0.88	2	0.3727	3%	0.0197	181	0.88	2	0.0631	3%	0.0033
2	0.88	2	0.3025	3%	0.0160	182	0.88	2	0.0762	3%	0.0040
3	0.88	2	0.2112	3%	0.0112	183	0.88	2	0.1710	3%	0.0090
4	0.88	2	0.1676	3%	0.0088	184	0.88	2	0.1625	3%	0.0086
5	0.88	2	0.3229	3%	0.0170	185	0.88	2	0.0545	3%	0.0029
6	0.88	2	0.1647	3%	0.0087	186	0.88	2	0.0563	3%	0.0030
7	0.88	2	0.2608	3%	0.0138	187	0.88	2	0.0471	3%	0.0025
8	0.88	2	0.1150	3%	0.0061	188	0.88	2	0.0638	3%	0.0034
9	0.88	2	0.1333	3%	0.0070	189	0.88	2	0.0570	3%	0.0030
10	0.88	2	0.0537	3%	0.0028	190	0.88	2	0.0437	3%	0.0023
11	0.88	2	0.0552	3%	0.0029	191	0.88	2	0.0449	3%	0.0024
12	0.88	2	0.1134	3%	0.0060	192	0.88	2	0.6201	3%	0.0327
13	0.88	2	0.1283	3%	0.0068	193	0.88	2	0.1090	3%	0.0058
14	0.88	2	0.1140	3%	0.0060	194	0.88	2	0.1360	3%	0.0072
15	0.88	2	0.0452	3%	0.0024	195	0.88	2	0.4068	3%	0.0215
16	0.88	2	0.1713	3%	0.0090	196	0.88	2	0.0394	3%	0.0021
17	0.88	2	0.1262	3%	0.0067	197	0.88	2	0.0461	3%	0.0024
18	0.88	2	0.0662	3%	0.0035	198	0.88	2	0.0589	3%	0.0031
19	0.88	2	0.3217	3%	0.0170	199	0.88	2	0.2076	3%	0.0110
20	0.88	2	0.0708	3%	0.0037	200	0.88	2	0.0582	3%	0.0031
21	0.88	2	0.0819	3%	0.0043	201	0.88	2	0.1058	3%	0.0056
22	0.88	2	0.0291	3%	0.0015	202	0.88	2	0.0698	3%	0.0037
23	0.88	2	0.0054	3%	0.0003	203	0.88	2	0.2183	3%	0.0115
24	0.88	2	0.2033	3%	0.0107	204	0.88	2	0.0162	3%	0.0009
25	0.88	2	0.1479	3%	0.0078	205	0.88	2	0.1114	3%	0.0059
26	0.88	2	0.1192	3%	0.0063	206	0.88	2	0.1187	3%	0.0063
27	0.88	2	0.6105	3%	0.0322	207	0.88	2	0.0757	3%	0.0040
28	0.88	2	0.3967	3%	0.0209	208	0.88	2	0.1001	3%	0.0053
29	0.88	2	0.1440	3%	0.0076	209	0.88	2	0.2454	3%	0.0130
30	0.88	2	0.2524	3%	0.0133	210	0.88	2	0.0922	3%	0.0049
31	0.88	2	0.0883	3%	0.0047	211	0.88	2	0.1512	3%	0.0080
32	0.88	2	0.1160	3%	0.0061	212	0.88	2	0.3798	3%	0.0201

33	0.88	2	0.1104	3%	0.0058	213	0.88	2	0.1927	3%	0.0102
34	0.88	2	0.1207	3%	0.0064	214	0.88	2	0.1315	3%	0.0069
35	0.88	2	0.1950	3%	0.0103	215	0.88	2	0.2887	3%	0.0152
36	0.88	2	0.1064	3%	0.0056	216	0.88	2	0.2895	3%	0.0153
37	0.88	2	0.3067	3%	0.0162	217	0.88	2	0.0336	3%	0.0018
38	0.88	2	0.1804	3%	0.0095	218	0.88	2	0.0398	3%	0.0021
39	0.88	2	0.3070	3%	0.0162	219	0.88	2	0.1146	3%	0.0061
40	0.88	2	0.0700	3%	0.0037	220	0.88	2	0.5561	3%	0.0294
41	0.88	2	0.1674	3%	0.0088	221	0.88	2	0.1386	3%	0.0073
42	0.88	2	0.2440	3%	0.0129	222	0.88	2	0.2560	3%	0.0135
43	0.88	2	0.2684	3%	0.0142	223	0.88	2	0.1657	3%	0.0087
44	0.88	2	0.2424	3%	0.0128	224	0.88	2	0.0801	3%	0.0042
45	0.88	2	0.0668	3%	0.0035	225	0.88	2	0.3936	3%	0.0208
46	0.88	2	0.0408	3%	0.0022	226	0.88	2	0.1441	3%	0.0076
47	0.88	2	0.0865	3%	0.0046	227	0.88	2	0.0265	3%	0.0014
48	0.88	2	0.1044	3%	0.0055	228	0.88	2	0.0316	3%	0.0017
49	0.88	2	0.0888	3%	0.0047	229	0.88	2	0.1139	3%	0.0060
50	0.88	2	0.0508	3%	0.0027	230	0.88	2	0.2361	3%	0.0125
51	0.88	2	0.1799	3%	0.0095	231	0.88	2	0.2449	3%	0.0129
52	0.88	2	0.0699	3%	0.0037	232	0.88	2	0.3601	3%	0.0190
53	0.88	2	0.0878	3%	0.0046	233	0.88	2	0.1196	3%	0.0063
54	0.88	2	0.2942	3%	0.0155	234	0.88	2	0.1610	3%	0.0085
55	0.88	2	0.0900	3%	0.0048	235	0.88	2	0.1437	3%	0.0076
56	0.88	2	0.0433	3%	0.0023	236	0.88	2	0.1400	3%	0.0074
57	0.88	2	0.0161	3%	0.0009	237	0.88	2	0.0598	3%	0.0032
58	0.88	2	0.0501	3%	0.0026	238	0.88	2	0.2197	3%	0.0116
59	0.88	2	0.0658	3%	0.0035	239	0.88	2	0.1711	3%	0.0090
60	0.88	2	0.0384	3%	0.0020	240	0.88	2	0.2164	3%	0.0114
61	0.88	2	0.0562	3%	0.0030	241	0.88	2	0.1900	3%	0.0100
62	0.88	2	0.0301	3%	0.0016	242	0.88	2	0.1040	3%	0.0055
63	0.88	2	0.1675	3%	0.0088	243	0.88	2	0.0612	3%	0.0032
64	0.88	2	0.1555	3%	0.0082	244	0.88	2	0.0288	3%	0.0015
65	0.88	2	0.0108	3%	0.0006	245	0.88	2	0.1475	3%	0.0078
66	0.88	2	0.1275	3%	0.0067	246	0.88	2	0.0818	3%	0.0043
67	0.88	2	0.1931	3%	0.0102	247	0.88	2	0.0353	3%	0.0019
68	0.88	2	0.1813	3%	0.0096	248	0.88	2	0.1805	3%	0.0095
69	0.88	2	0.1979	3%	0.0104	249	0.88	2	0.0706	3%	0.0037
70	0.88	2	0.1507	3%	0.0080	250	0.88	2	0.0815	3%	0.0043
71	0.88	2	0.0340	3%	0.0018	251	0.88	2	0.0852	3%	0.0045
72	0.88	2	0.1466	3%	0.0077	252	0.88	2	0.0392	3%	0.0021
73	0.88	2	0.1044	3%	0.0055	253	0.88	2	0.2171	3%	0.0115
74	0.88	2	0.1589	3%	0.0084	254	0.88	2	0.2677	3%	0.0141

75	0.88	2	0.1985	3%	0.0105	255	0.88	2	0.2745	3%	0.0145
76	0.88	2	0.0746	3%	0.0039	256	0.88	2	0.1561	3%	0.0082
77	0.88	2	0.2799	3%	0.0148	257	0.88	2	0.0363	3%	0.0019
78	0.88	2	0.2218	3%	0.0117	258	0.88	2	0.4279	3%	0.0226
79	0.88	2	0.2940	3%	0.0155	259	0.88	2	0.1951	3%	0.0103
80	0.88	2	0.1042	3%	0.0055	260	0.88	2	0.2276	3%	0.0120
81	0.88	2	0.3369	3%	0.0178	261	0.88	2	0.5106	3%	0.0270
82	0.88	2	0.3541	3%	0.0187	262	0.88	2	0.1893	3%	0.0100
83	0.88	2	0.3423	3%	0.0181	263	0.88	2	0.2611	3%	0.0138
84	0.88	2	0.2171	3%	0.0115	264	0.88	2	0.1917	3%	0.0101
85	0.88	2	0.1761	3%	0.0093	265	0.88	2	0.2087	3%	0.0110
86	0.88	2	0.0760	3%	0.0040	266	0.88	2	0.2689	3%	0.0142
87	0.88	2	0.2453	3%	0.0130	267	0.88	2	0.0444	3%	0.0023
88	0.88	2	0.3128	3%	0.0165	268	0.88	2	0.3100	3%	0.0164
89	0.88	2	0.1215	3%	0.0064	269	0.88	2	0.0289	3%	0.0015
90	0.88	2	0.2049	3%	0.0108	270	0.88	2	0.0925	3%	0.0049
91	0.88	2	0.2470	3%	0.0130	271	0.88	2	0.0691	3%	0.0036
92	0.88	2	0.2109	3%	0.0111	272	0.88	2	0.2879	3%	0.0152
93	0.88	2	0.1668	3%	0.0088	273	0.88	2	0.2241	3%	0.0118
94	0.88	2	0.5503	3%	0.0291	274	0.88	2	1.2330	3%	0.0651
95	0.88	2	0.4783	3%	0.0253	275	0.88	2	0.1924	3%	0.0102
96	0.88	2	0.2199	3%	0.0116	276	0.88	2	0.1847	3%	0.0098
97	0.88	2	0.2502	3%	0.0132	277	0.88	2	0.0135	3%	0.0007
98	0.88	2	0.3665	3%	0.0194	278	0.88	2	0.0096	3%	0.0005
99	0.88	2	0.2256	3%	0.0119	279	0.88	2	0.1333	3%	0.0070
100	0.88	2	0.0872	3%	0.0046	280	0.88	2	0.1673	3%	0.0088
101	0.88	2	0.0675	3%	0.0036	281	0.88	2	0.2210	3%	0.0117
102	0.88	2	0.2007	3%	0.0106	282	0.88	2	0.1644	3%	0.0087
103	0.88	2	0.0787	3%	0.0042	283	0.88	2	0.2643	3%	0.0140
104	0.88	2	0.0469	3%	0.0025	284	0.88	2	0.1532	3%	0.0081
105	0.88	2	0.0855	3%	0.0045	285	0.88	2	0.1648	3%	0.0087
106	0.88	2	0.0660	3%	0.0035	286	0.88	2	0.5184	3%	0.0274
107	0.88	2	0.1091	3%	0.0058	287	0.88	2	0.0146	3%	0.0008
108	0.88	2	0.1699	3%	0.0090	288	0.88	2	0.0070	3%	0.0004
109	0.88	2	0.1724	3%	0.0091	289	0.88	2	0.1799	3%	0.0095
110	0.88	2	0.2471	3%	0.0130	290	0.88	2	0.2489	3%	0.0131
111	0.88	2	0.1425	3%	0.0075	291	0.88	2	0.1018	3%	0.0054
112	0.88	2	0.3242	3%	0.0171	292	0.88	2	0.1160	3%	0.0061
113	0.88	2	0.0813	3%	0.0043	293	0.88	2	0.0341	3%	0.0018
114	0.88	2	0.1335	3%	0.0070	294	0.88	2	0.2445	3%	0.0129
115	0.88	2	0.0803	3%	0.0042	295	0.88	2	0.2003	3%	0.0106
116	0.88	2	0.1854	3%	0.0098	296	0.88	2	0.1059	3%	0.0056

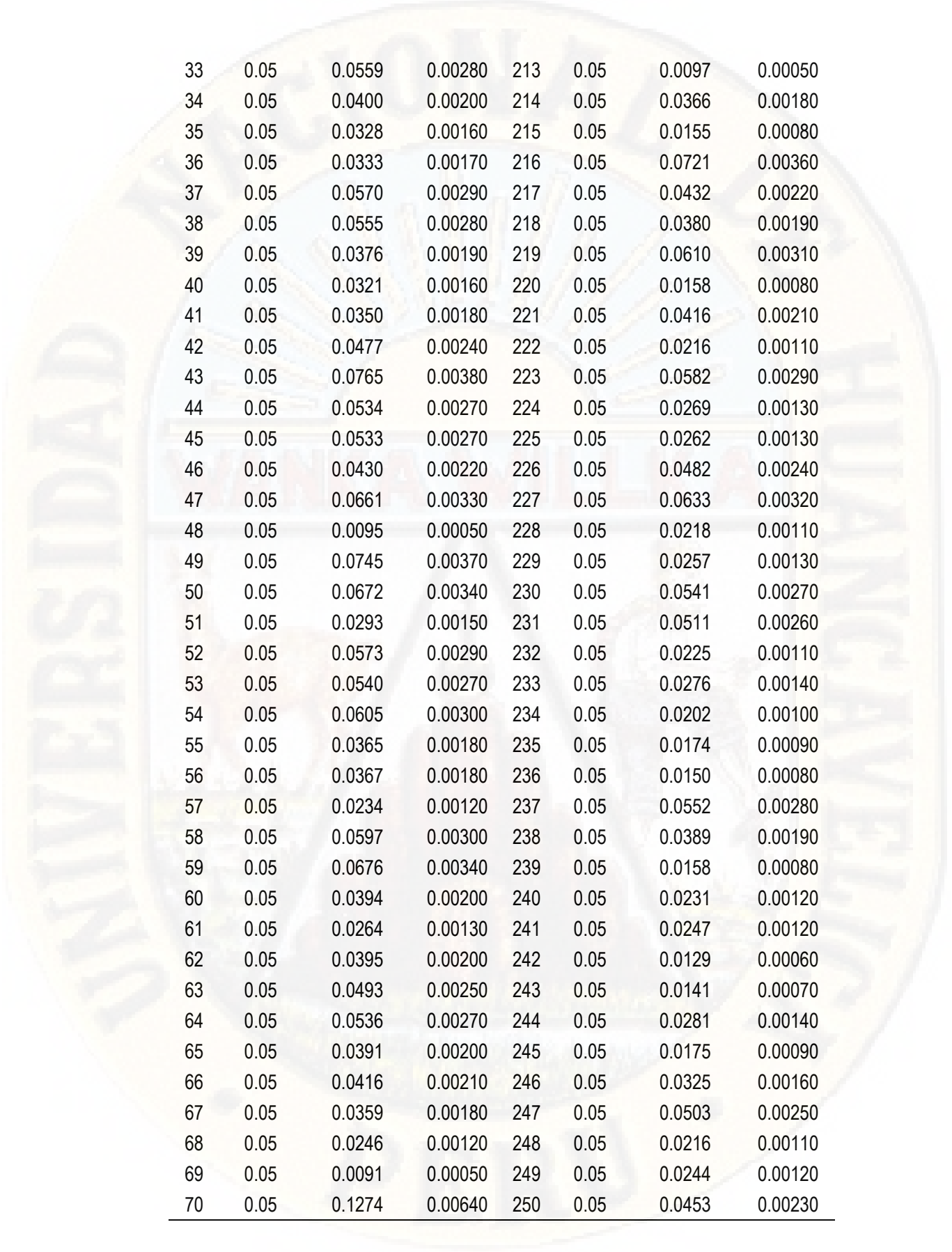
117	0.88	2	0.1043	3%	0.0055	297	0.88	2	0.0621	3%	0.0033
118	0.88	2	0.1632	3%	0.0086	298	0.88	2	0.1668	3%	0.0088
119	0.88	2	0.1861	3%	0.0098	299	0.88	2	0.1488	3%	0.0079
120	0.88	2	0.1945	3%	0.0103	300	0.88	2	0.1490	3%	0.0079
121	0.88	2	0.1487	3%	0.0079	301	0.88	2	0.9214	3%	0.0486
122	0.88	2	0.0451	3%	0.0024	302	0.88	2	0.1617	3%	0.0085
123	0.88	2	0.0439	3%	0.0023	303	0.88	2	0.3838	3%	0.0203
124	0.88	2	0.1411	3%	0.0075	304	0.88	2	0.4788	3%	0.0253
125	0.88	2	0.0454	3%	0.0024	305	0.88	2	0.2115	3%	0.0112
126	0.88	2	0.2342	3%	0.0124	306	0.88	2	0.2155	3%	0.0114
127	0.88	2	0.1030	3%	0.0054	307	0.88	2	0.3139	3%	0.0166
128	0.88	2	0.1400	3%	0.0074	308	0.88	2	0.2002	3%	0.0106
129	0.88	2	0.0911	3%	0.0048	309	0.88	2	0.4187	3%	0.0221
130	0.88	2	0.0958	3%	0.0051	310	0.88	2	0.5062	3%	0.0267
131	0.88	2	0.1716	3%	0.0091	311	0.88	2	0.2984	3%	0.0158
132	0.88	2	0.1647	3%	0.0087	312	0.88	2	0.1173	3%	0.0062
133	0.88	2	0.0932	3%	0.0049	313	0.88	2	0.0351	3%	0.0019
134	0.88	2	0.0476	3%	0.0025	314	0.88	2	0.0617	3%	0.0033
135	0.88	2	0.1854	3%	0.0098	315	0.88	2	0.2924	3%	0.0154
136	0.88	2	0.1507	3%	0.0080	316	0.88	2	0.1881	3%	0.0099
137	0.88	2	0.0768	3%	0.0041	317	0.88	2	0.2895	3%	0.0153
138	0.88	2	0.0322	3%	0.0017	318	0.88	2	0.2922	3%	0.0154
139	0.88	2	0.0124	3%	0.0007	319	0.88	2	0.2041	3%	0.0108
140	0.88	2	0.0196	3%	0.0010	320	0.88	2	0.5667	3%	0.0299
141	0.88	2	0.0870	3%	0.0046	321	0.88	2	0.2325	3%	0.0123
142	0.88	2	0.2054	3%	0.0108	322	0.88	2	0.1877	3%	0.0099
143	0.88	2	0.1782	3%	0.0094	323	0.88	2	0.3364	3%	0.0178
144	0.88	2	0.0471	3%	0.0025	324	0.88	2	0.1397	3%	0.0074
145	0.88	2	0.3437	3%	0.0181	325	0.88	2	0.2110	3%	0.0111
146	0.88	2	0.1217	3%	0.0064	326	0.88	2	0.2850	3%	0.0150
147	0.88	2	0.2057	3%	0.0109	327	0.88	2	0.2119	3%	0.0112
148	0.88	2	0.2911	3%	0.0154	328	0.88	2	0.2070	3%	0.0109
149	0.88	2	0.0359	3%	0.0019	329	0.88	2	0.1823	3%	0.0096
150	0.88	2	0.2045	3%	0.0108	330	0.88	2	0.1916	3%	0.0101
151	0.88	2	0.1412	3%	0.0075	331	0.88	2	0.5641	3%	0.0298
152	0.88	2	0.2891	3%	0.0153	332	0.88	2	0.5212	3%	0.0275
153	0.88	2	0.1924	3%	0.0102	333	0.88	2	0.2600	3%	0.0137
154	0.88	2	0.0311	3%	0.0016	334	0.88	2	0.2459	3%	0.0130
155	0.88	2	0.0964	3%	0.0051	335	0.88	2	0.1781	3%	0.0094
156	0.88	2	0.0122	3%	0.0006	336	0.88	2	0.2290	3%	0.0121
157	0.88	2	0.1490	3%	0.0079	337	0.88	2	0.1817	3%	0.0096
158	0.88	2	0.1285	3%	0.0068	338	0.88	2	0.1115	3%	0.0059

159	0.88	2	0.0773	3%	0.0041	339	0.88	2	0.2103	3%	0.0111
160	0.88	2	0.0347	3%	0.0018	340	0.88	2	0.3353	3%	0.0177
161	0.88	2	0.1884	3%	0.0099	341	0.88	2	0.0832	3%	0.0044
162	0.88	2	0.2135	3%	0.0113	342	0.88	2	0.2324	3%	0.0123
163	0.88	2	0.2565	3%	0.0135	343	0.88	2	0.0991	3%	0.0052
164	0.88	2	0.1358	3%	0.0072	344	0.88	2	0.0757	3%	0.0040
165	0.88	2	0.2416	3%	0.0128	345	0.88	2	0.1099	3%	0.0058
166	0.88	2	0.2540	3%	0.0134	346	0.88	2	0.1218	3%	0.0064
167	0.88	2	0.0196	3%	0.0010	347	0.88	2	0.1282	3%	0.0068
168	0.88	2	0.0126	3%	0.0007	348	0.88	2	0.1675	3%	0.0088
169	0.88	2	0.1709	3%	0.0090	349	0.88	2	0.0781	3%	0.0041
170	0.88	2	0.2399	3%	0.0127	350	0.88	2	0.1242	3%	0.0066
171	0.88	2	0.3213	3%	0.0170	351	0.88	2	0.0620	3%	0.0033
172	0.88	2	0.2829	3%	0.0149	352	0.88	2	0.0089	3%	0.0005
173	0.88	2	0.2117	3%	0.0112	353	0.88	2	0.0812	3%	0.0043
174	0.88	2	0.2753	3%	0.0145	354	0.88	2	0.1172	3%	0.0062
175	0.88	2	0.0588	3%	0.0031	355	0.88	2	0.2731	3%	0.0144
176	0.88	2	0.1147	3%	0.0061	356	0.88	2	0.3159	3%	0.0167
177	0.88	2	0.1408	3%	0.0074	357	0.88	2	0.4991	3%	0.0264
178	0.88	2	0.2419	3%	0.0128	358	0.88	2	0.2900	3%	0.0153
179	0.88	2	0.0751	3%	0.0040				62.6826		
									Ha		
180	0.88	2	0.0751	3%	0.0040					3.3104	L/s

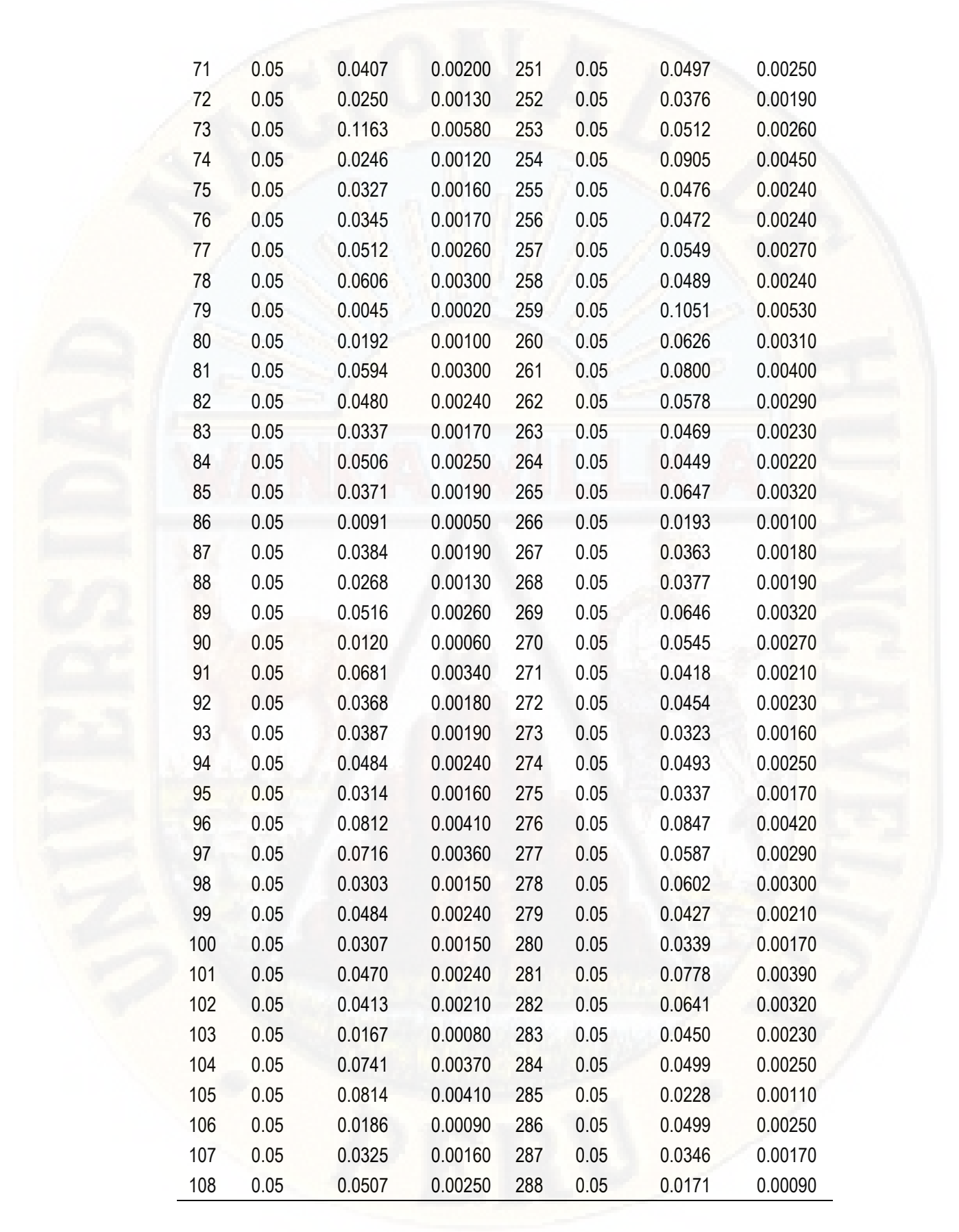
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla A 5. Reporte de caudales por infiltración.

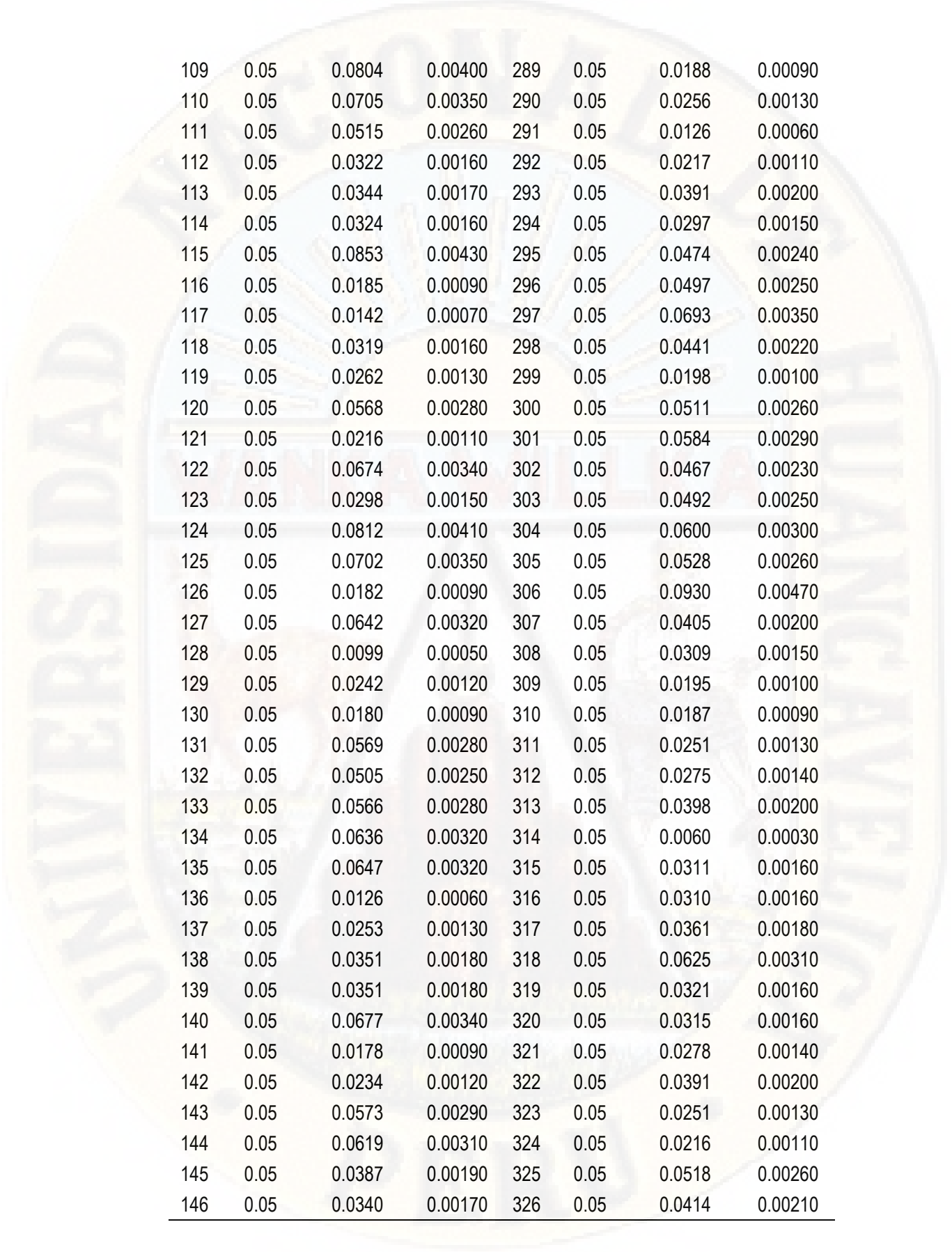
REPORTE DE CAUDAL POR INFILTRACIÓN				REPORTE DE CAUDAL POR INFILTRACIÓN			
Id	f _L (L/s.km)	Longitud (km)	Q _{inf} (L/s)	Id	f _L (L/s.km)	Longitud (km)	Q _{inf} (L/s)
1	0.05	0.0347	0.00170	181	0.05	0.0393	0.00200
2	0.05	0.0555	0.00280	182	0.05	0.0098	0.00050
3	0.05	0.0559	0.00280	183	0.05	0.0202	0.00100
4	0.05	0.0612	0.00310	184	0.05	0.0236	0.00120
5	0.05	0.0442	0.00220	185	0.05	0.0175	0.00090
6	0.05	0.0131	0.00070	186	0.05	0.0407	0.00200
7	0.05	0.0334	0.00170	187	0.05	0.0083	0.00040
8	0.05	0.1614	0.00810	188	0.05	0.0170	0.00090
9	0.05	0.0720	0.00360	189	0.05	0.0128	0.00060
10	0.05	0.0543	0.00270	190	0.05	0.0283	0.00140
11	0.05	0.0394	0.00200	191	0.05	0.0314	0.00160
12	0.05	0.1240	0.00620	192	0.05	0.0226	0.00110
13	0.05	0.0239	0.00120	193	0.05	0.0346	0.00170
14	0.05	0.0258	0.00130	194	0.05	0.0489	0.00240
15	0.05	0.0518	0.00260	195	0.05	0.0321	0.00160
16	0.05	0.0846	0.00420	196	0.05	0.0274	0.00140
17	0.05	0.0446	0.00220	197	0.05	0.0206	0.00100
18	0.05	0.0104	0.00050	198	0.05	0.0368	0.00180
19	0.05	0.0414	0.00210	199	0.05	0.0347	0.00170
20	0.05	0.0520	0.00260	200	0.05	0.0943	0.00470
21	0.05	0.0472	0.00240	201	0.05	0.0696	0.00350
22	0.05	0.0486	0.00240	202	0.05	0.0520	0.00260
23	0.05	0.0421	0.00210	203	0.05	0.0889	0.00440
24	0.05	0.0655	0.00330	204	0.05	0.0822	0.00410
25	0.05	0.0179	0.00090	205	0.05	0.0123	0.00060
26	0.05	0.0531	0.00270	206	0.05	0.0729	0.00360
27	0.05	0.0558	0.00280	207	0.05	0.0185	0.00090
28	0.05	0.0439	0.00220	208	0.05	0.0387	0.00190
29	0.05	0.0356	0.00180	209	0.05	0.0510	0.00260
30	0.05	0.0579	0.00290	210	0.05	0.0403	0.00200
31	0.05	0.0728	0.00360	211	0.05	0.0607	0.00300
32	0.05	0.0184	0.00090	212	0.05	0.0728	0.00360



33	0.05	0.0559	0.00280	213	0.05	0.0097	0.00050
34	0.05	0.0400	0.00200	214	0.05	0.0366	0.00180
35	0.05	0.0328	0.00160	215	0.05	0.0155	0.00080
36	0.05	0.0333	0.00170	216	0.05	0.0721	0.00360
37	0.05	0.0570	0.00290	217	0.05	0.0432	0.00220
38	0.05	0.0555	0.00280	218	0.05	0.0380	0.00190
39	0.05	0.0376	0.00190	219	0.05	0.0610	0.00310
40	0.05	0.0321	0.00160	220	0.05	0.0158	0.00080
41	0.05	0.0350	0.00180	221	0.05	0.0416	0.00210
42	0.05	0.0477	0.00240	222	0.05	0.0216	0.00110
43	0.05	0.0765	0.00380	223	0.05	0.0582	0.00290
44	0.05	0.0534	0.00270	224	0.05	0.0269	0.00130
45	0.05	0.0533	0.00270	225	0.05	0.0262	0.00130
46	0.05	0.0430	0.00220	226	0.05	0.0482	0.00240
47	0.05	0.0661	0.00330	227	0.05	0.0633	0.00320
48	0.05	0.0095	0.00050	228	0.05	0.0218	0.00110
49	0.05	0.0745	0.00370	229	0.05	0.0257	0.00130
50	0.05	0.0672	0.00340	230	0.05	0.0541	0.00270
51	0.05	0.0293	0.00150	231	0.05	0.0511	0.00260
52	0.05	0.0573	0.00290	232	0.05	0.0225	0.00110
53	0.05	0.0540	0.00270	233	0.05	0.0276	0.00140
54	0.05	0.0605	0.00300	234	0.05	0.0202	0.00100
55	0.05	0.0365	0.00180	235	0.05	0.0174	0.00090
56	0.05	0.0367	0.00180	236	0.05	0.0150	0.00080
57	0.05	0.0234	0.00120	237	0.05	0.0552	0.00280
58	0.05	0.0597	0.00300	238	0.05	0.0389	0.00190
59	0.05	0.0676	0.00340	239	0.05	0.0158	0.00080
60	0.05	0.0394	0.00200	240	0.05	0.0231	0.00120
61	0.05	0.0264	0.00130	241	0.05	0.0247	0.00120
62	0.05	0.0395	0.00200	242	0.05	0.0129	0.00060
63	0.05	0.0493	0.00250	243	0.05	0.0141	0.00070
64	0.05	0.0536	0.00270	244	0.05	0.0281	0.00140
65	0.05	0.0391	0.00200	245	0.05	0.0175	0.00090
66	0.05	0.0416	0.00210	246	0.05	0.0325	0.00160
67	0.05	0.0359	0.00180	247	0.05	0.0503	0.00250
68	0.05	0.0246	0.00120	248	0.05	0.0216	0.00110
69	0.05	0.0091	0.00050	249	0.05	0.0244	0.00120
70	0.05	0.1274	0.00640	250	0.05	0.0453	0.00230



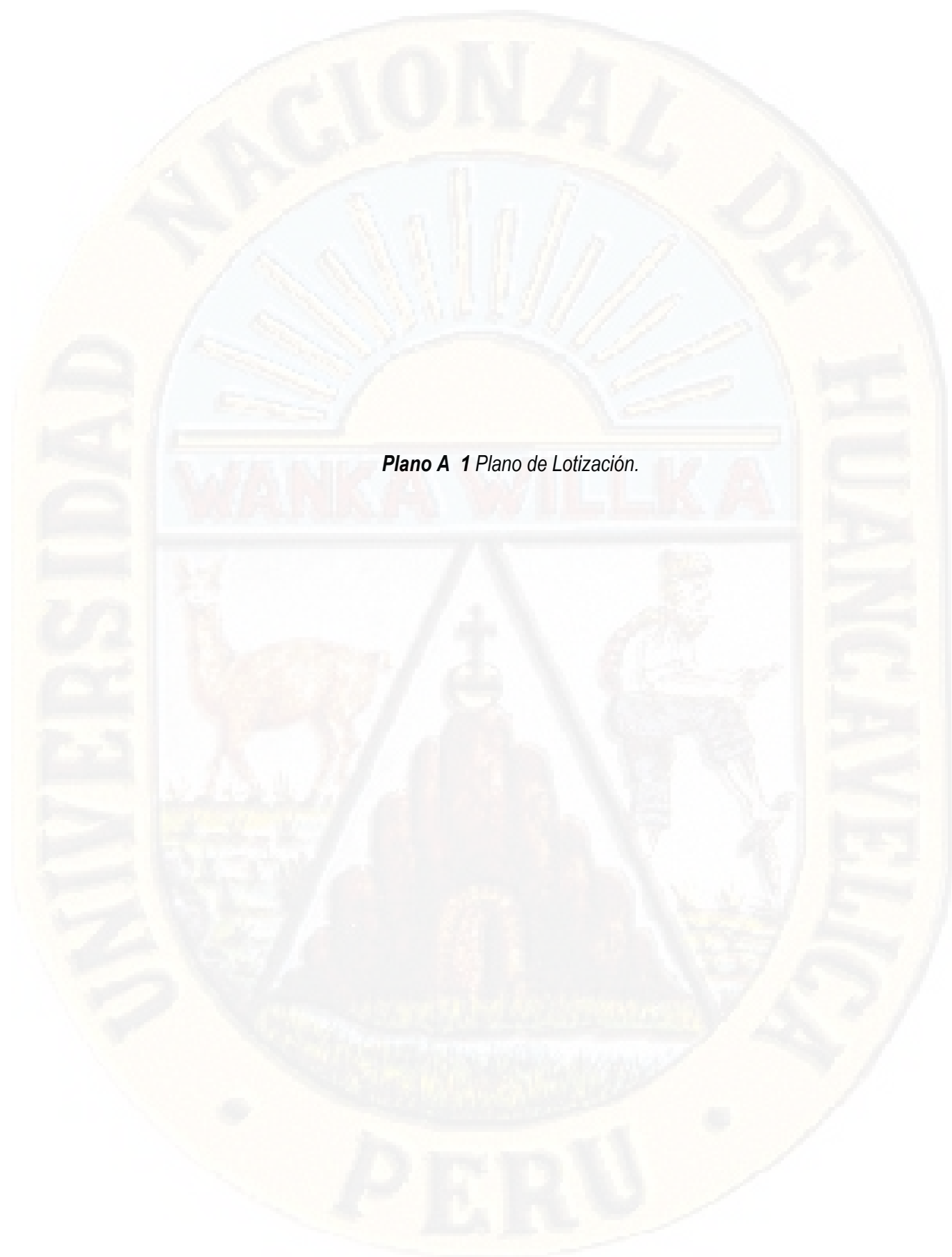
71	0.05	0.0407	0.00200	251	0.05	0.0497	0.00250
72	0.05	0.0250	0.00130	252	0.05	0.0376	0.00190
73	0.05	0.1163	0.00580	253	0.05	0.0512	0.00260
74	0.05	0.0246	0.00120	254	0.05	0.0905	0.00450
75	0.05	0.0327	0.00160	255	0.05	0.0476	0.00240
76	0.05	0.0345	0.00170	256	0.05	0.0472	0.00240
77	0.05	0.0512	0.00260	257	0.05	0.0549	0.00270
78	0.05	0.0606	0.00300	258	0.05	0.0489	0.00240
79	0.05	0.0045	0.00020	259	0.05	0.1051	0.00530
80	0.05	0.0192	0.00100	260	0.05	0.0626	0.00310
81	0.05	0.0594	0.00300	261	0.05	0.0800	0.00400
82	0.05	0.0480	0.00240	262	0.05	0.0578	0.00290
83	0.05	0.0337	0.00170	263	0.05	0.0469	0.00230
84	0.05	0.0506	0.00250	264	0.05	0.0449	0.00220
85	0.05	0.0371	0.00190	265	0.05	0.0647	0.00320
86	0.05	0.0091	0.00050	266	0.05	0.0193	0.00100
87	0.05	0.0384	0.00190	267	0.05	0.0363	0.00180
88	0.05	0.0268	0.00130	268	0.05	0.0377	0.00190
89	0.05	0.0516	0.00260	269	0.05	0.0646	0.00320
90	0.05	0.0120	0.00060	270	0.05	0.0545	0.00270
91	0.05	0.0681	0.00340	271	0.05	0.0418	0.00210
92	0.05	0.0368	0.00180	272	0.05	0.0454	0.00230
93	0.05	0.0387	0.00190	273	0.05	0.0323	0.00160
94	0.05	0.0484	0.00240	274	0.05	0.0493	0.00250
95	0.05	0.0314	0.00160	275	0.05	0.0337	0.00170
96	0.05	0.0812	0.00410	276	0.05	0.0847	0.00420
97	0.05	0.0716	0.00360	277	0.05	0.0587	0.00290
98	0.05	0.0303	0.00150	278	0.05	0.0602	0.00300
99	0.05	0.0484	0.00240	279	0.05	0.0427	0.00210
100	0.05	0.0307	0.00150	280	0.05	0.0339	0.00170
101	0.05	0.0470	0.00240	281	0.05	0.0778	0.00390
102	0.05	0.0413	0.00210	282	0.05	0.0641	0.00320
103	0.05	0.0167	0.00080	283	0.05	0.0450	0.00230
104	0.05	0.0741	0.00370	284	0.05	0.0499	0.00250
105	0.05	0.0814	0.00410	285	0.05	0.0228	0.00110
106	0.05	0.0186	0.00090	286	0.05	0.0499	0.00250
107	0.05	0.0325	0.00160	287	0.05	0.0346	0.00170
108	0.05	0.0507	0.00250	288	0.05	0.0171	0.00090



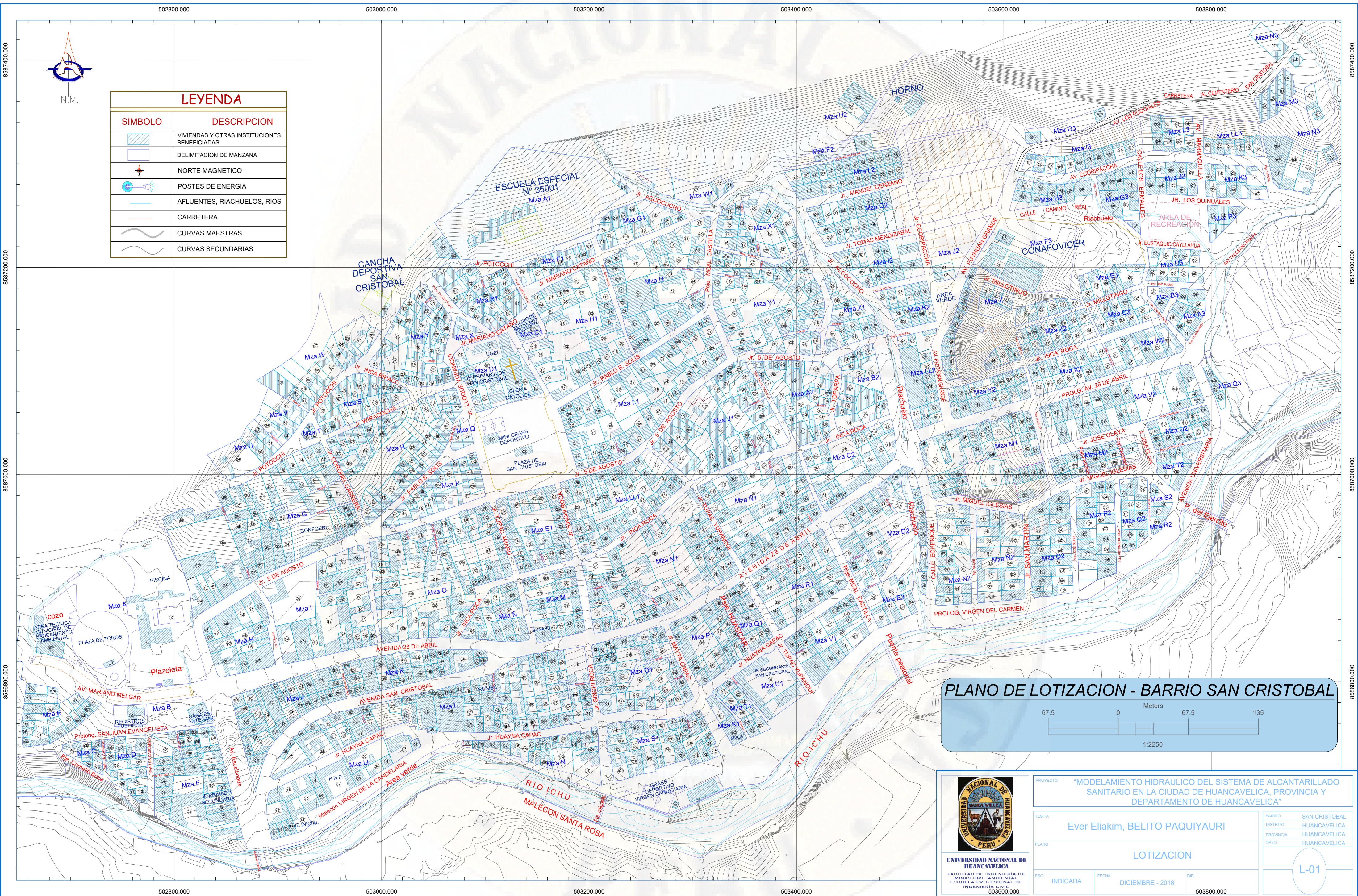
109	0.05	0.0804	0.00400	289	0.05	0.0188	0.00090
110	0.05	0.0705	0.00350	290	0.05	0.0256	0.00130
111	0.05	0.0515	0.00260	291	0.05	0.0126	0.00060
112	0.05	0.0322	0.00160	292	0.05	0.0217	0.00110
113	0.05	0.0344	0.00170	293	0.05	0.0391	0.00200
114	0.05	0.0324	0.00160	294	0.05	0.0297	0.00150
115	0.05	0.0853	0.00430	295	0.05	0.0474	0.00240
116	0.05	0.0185	0.00090	296	0.05	0.0497	0.00250
117	0.05	0.0142	0.00070	297	0.05	0.0693	0.00350
118	0.05	0.0319	0.00160	298	0.05	0.0441	0.00220
119	0.05	0.0262	0.00130	299	0.05	0.0198	0.00100
120	0.05	0.0568	0.00280	300	0.05	0.0511	0.00260
121	0.05	0.0216	0.00110	301	0.05	0.0584	0.00290
122	0.05	0.0674	0.00340	302	0.05	0.0467	0.00230
123	0.05	0.0298	0.00150	303	0.05	0.0492	0.00250
124	0.05	0.0812	0.00410	304	0.05	0.0600	0.00300
125	0.05	0.0702	0.00350	305	0.05	0.0528	0.00260
126	0.05	0.0182	0.00090	306	0.05	0.0930	0.00470
127	0.05	0.0642	0.00320	307	0.05	0.0405	0.00200
128	0.05	0.0099	0.00050	308	0.05	0.0309	0.00150
129	0.05	0.0242	0.00120	309	0.05	0.0195	0.00100
130	0.05	0.0180	0.00090	310	0.05	0.0187	0.00090
131	0.05	0.0569	0.00280	311	0.05	0.0251	0.00130
132	0.05	0.0505	0.00250	312	0.05	0.0275	0.00140
133	0.05	0.0566	0.00280	313	0.05	0.0398	0.00200
134	0.05	0.0636	0.00320	314	0.05	0.0060	0.00030
135	0.05	0.0647	0.00320	315	0.05	0.0311	0.00160
136	0.05	0.0126	0.00060	316	0.05	0.0310	0.00160
137	0.05	0.0253	0.00130	317	0.05	0.0361	0.00180
138	0.05	0.0351	0.00180	318	0.05	0.0625	0.00310
139	0.05	0.0351	0.00180	319	0.05	0.0321	0.00160
140	0.05	0.0677	0.00340	320	0.05	0.0315	0.00160
141	0.05	0.0178	0.00090	321	0.05	0.0278	0.00140
142	0.05	0.0234	0.00120	322	0.05	0.0391	0.00200
143	0.05	0.0573	0.00290	323	0.05	0.0251	0.00130
144	0.05	0.0619	0.00310	324	0.05	0.0216	0.00110
145	0.05	0.0387	0.00190	325	0.05	0.0518	0.00260
146	0.05	0.0340	0.00170	326	0.05	0.0414	0.00210

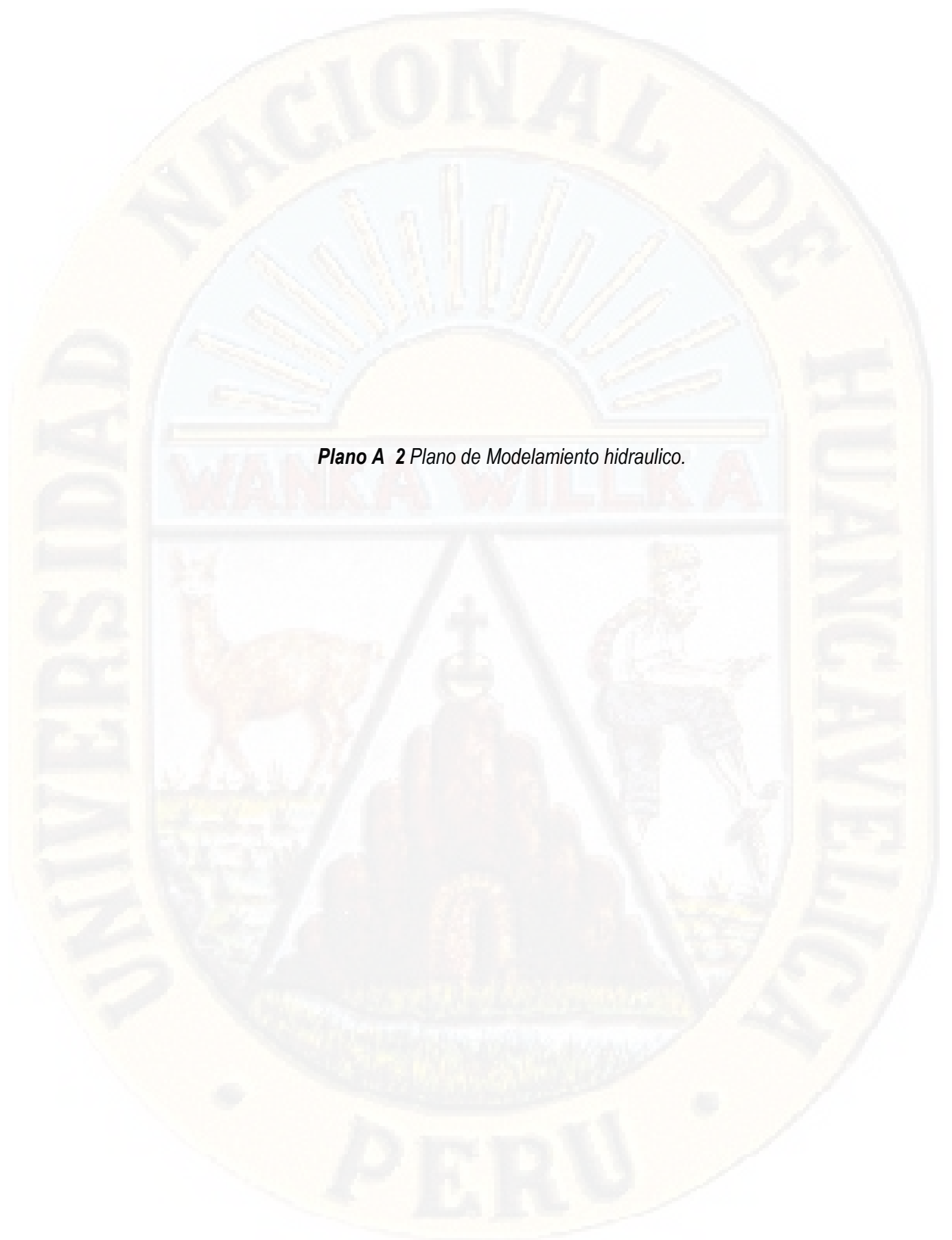
147	0.05	0.0676	0.00340	327	0.05	0.0566	0.00280
148	0.05	0.0321	0.00160	328	0.05	0.0434	0.00220
149	0.05	0.0759	0.00380	329	0.05	0.0410	0.00210
150	0.05	0.0595	0.00300	330	0.05	0.0400	0.00200
151	0.05	0.0697	0.00350	331	0.05	0.0568	0.00280
152	0.05	0.0765	0.00380	332	0.05	0.0574	0.00290
153	0.05	0.0252	0.00130	333	0.05	0.0398	0.00200
154	0.05	0.0273	0.00140	334	0.05	0.0640	0.00320
155	0.05	0.0358	0.00180	335	0.05	0.0377	0.00190
156	0.05	0.0313	0.00160	336	0.05	0.0674	0.00340
157	0.05	0.0134	0.00070	337	0.05	0.0345	0.00170
158	0.05	0.0398	0.00200	338	0.05	0.0436	0.00220
159	0.05	0.0587	0.00290	339	0.05	0.0261	0.00130
160	0.05	0.0303	0.00150	340	0.05	0.0651	0.00330
161	0.05	0.0297	0.00150	341	0.05	0.0402	0.00200
162	0.05	0.0542	0.00270	342	0.05	0.0440	0.00220
163	0.05	0.0235	0.00120	343	0.05	0.0389	0.00190
164	0.05	0.0831	0.00420	344	0.05	0.0603	0.00300
165	0.05	0.0448	0.00220	345	0.05	0.0664	0.00330
166	0.05	0.0409	0.00200	346	0.05	0.0549	0.00270
167	0.05	0.0534	0.00270	347	0.05	0.0336	0.00170
168	0.05	0.0275	0.00140	348	0.05	0.0502	0.00250
169	0.05	0.0294	0.00150	349	0.05	0.0386	0.00190
170	0.05	0.0568	0.00280	350	0.05	0.0064	0.00030
171	0.05	0.0481	0.00240	351	0.05	0.0411	0.00210
172	0.05	0.0512	0.00260	352	0.05	0.0808	0.00400
173	0.05	0.0592	0.00300	353	0.05	0.0346	0.00170
174	0.05	0.0391	0.00200	354	0.05	0.0711	0.00360
175	0.05	0.0204	0.00100	355	0.05	0.0552	0.00280
176	0.05	0.0184	0.00090	356	0.05	0.0333	0.00170
177	0.05	0.0678	0.00340	357	0.05	0.0338	0.00170
178	0.05	0.0508	0.00250	358	0.05	0.0088	0.00040
179	0.05	0.0367	0.00180			15.5184	0.7769
180	0.05	0.0144	0.00070			Km	L/s

Fuente: Elaboración Propia.

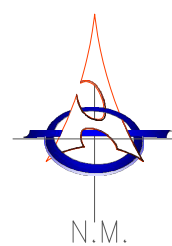


Plano A 1 Plano de Lotización.



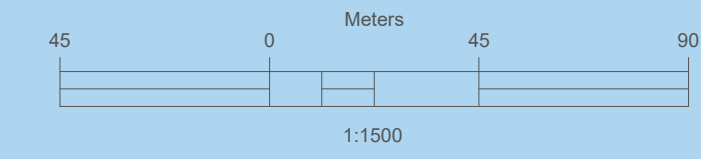


Plano A 2 Plano de Modelamiento hidraulico.

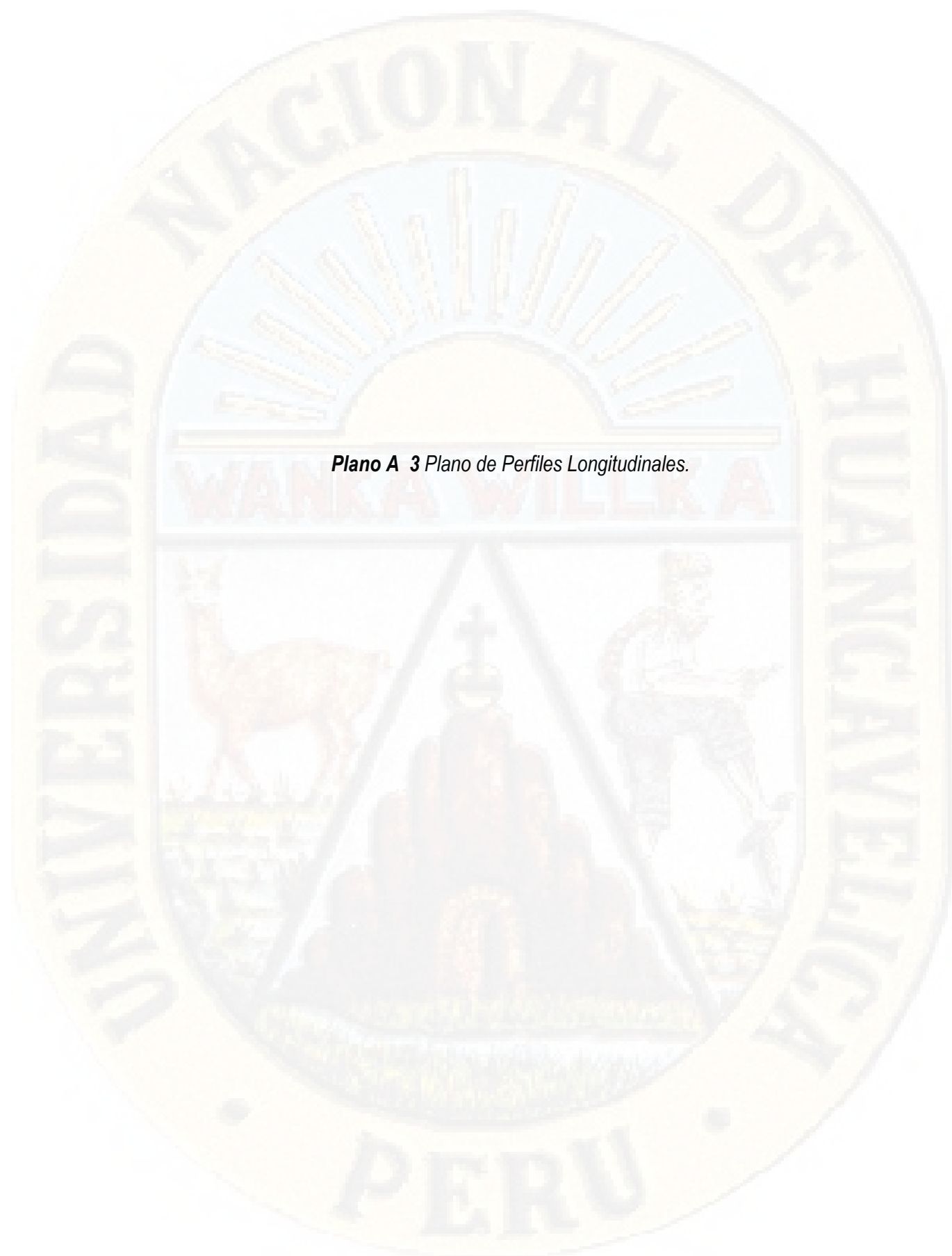


LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	VIVIENDAS Y OTRAS INSTITUCIONES BENEFICIADAS
	DELIMITACION DE MANZANA
	NORTE MAGNETICO
	PTAR
	AFLUENTES, RIACHUELOS, RIOS
	TUBERIA DE LA RED
	DIRECCION DEL FLUJO
	CURVAS MAESTRAS
	CURVAS SECUNDARIAS

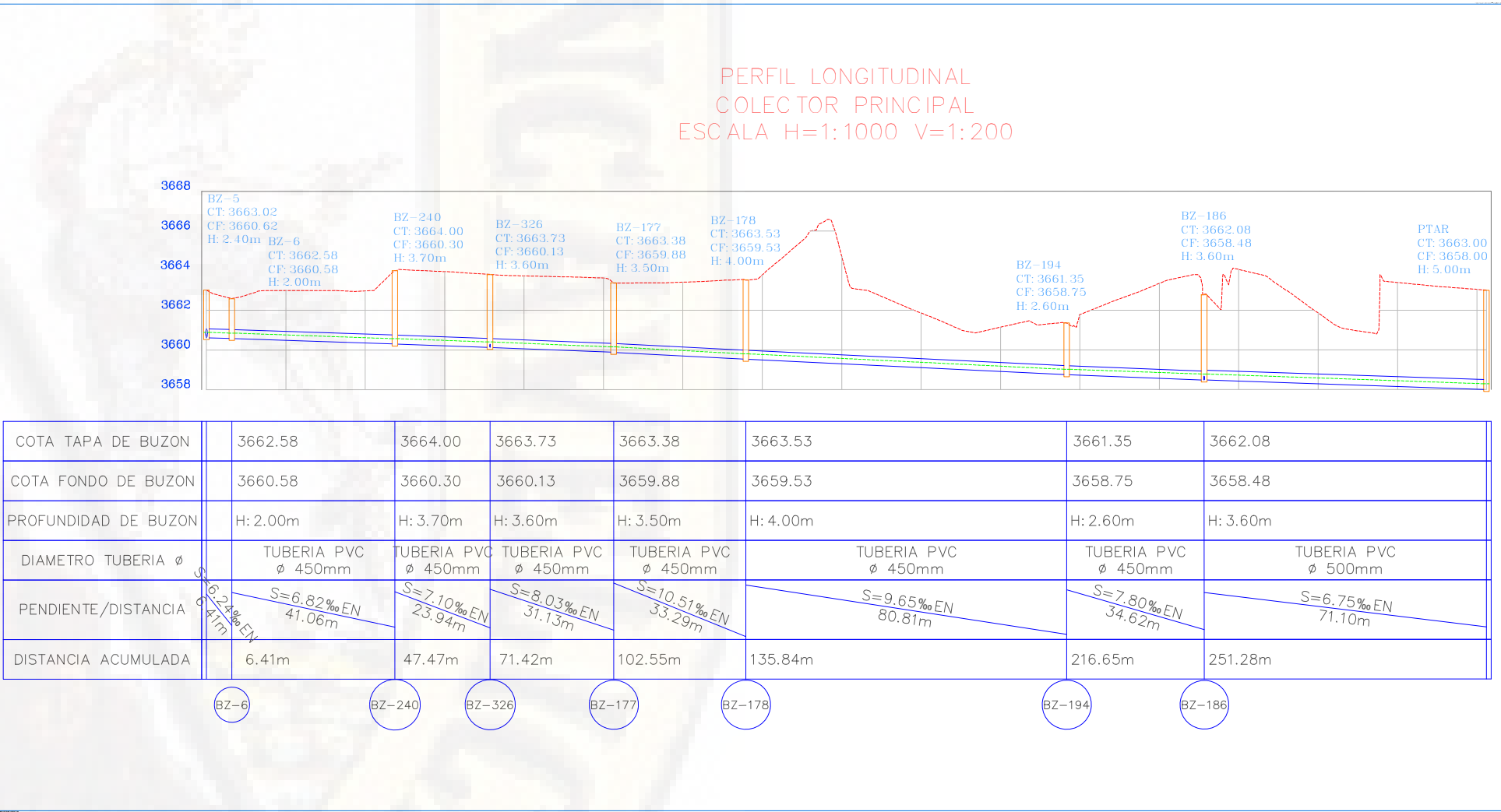
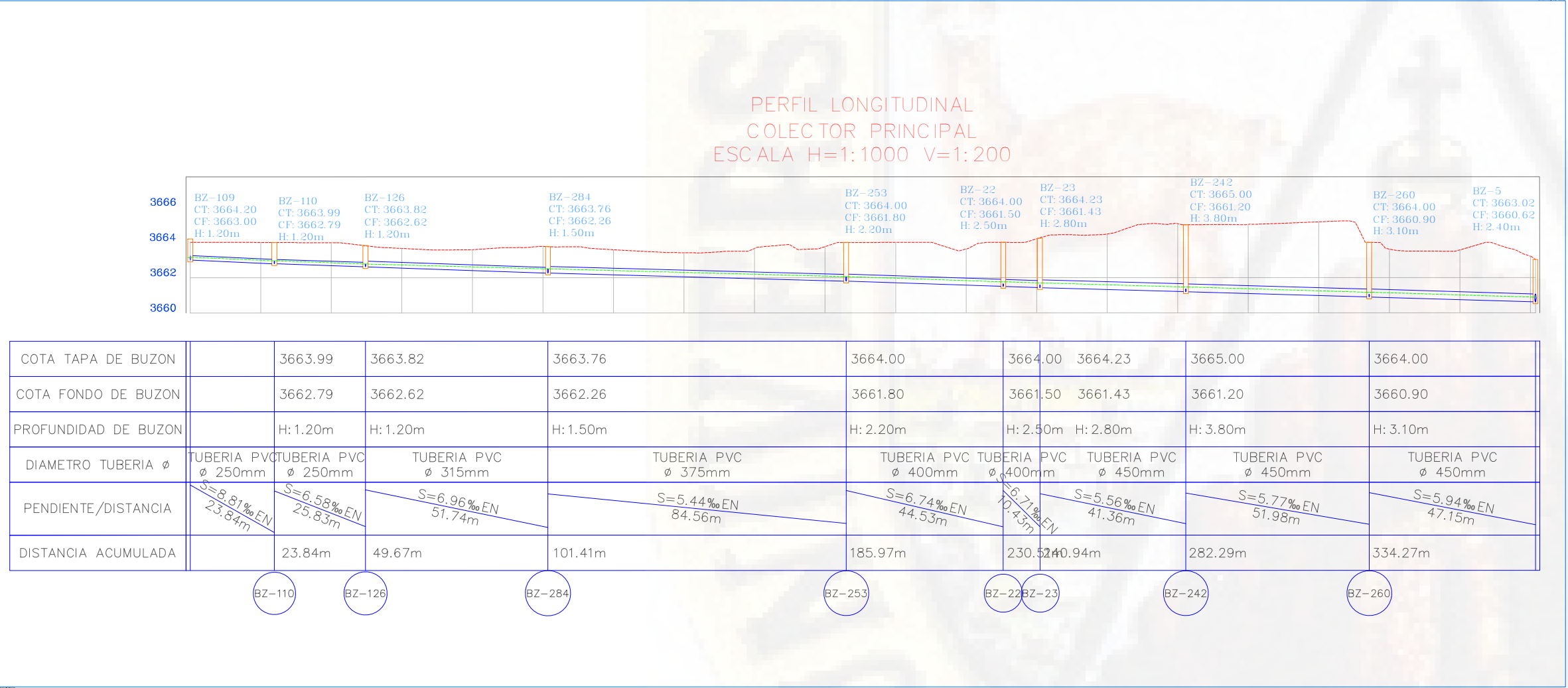
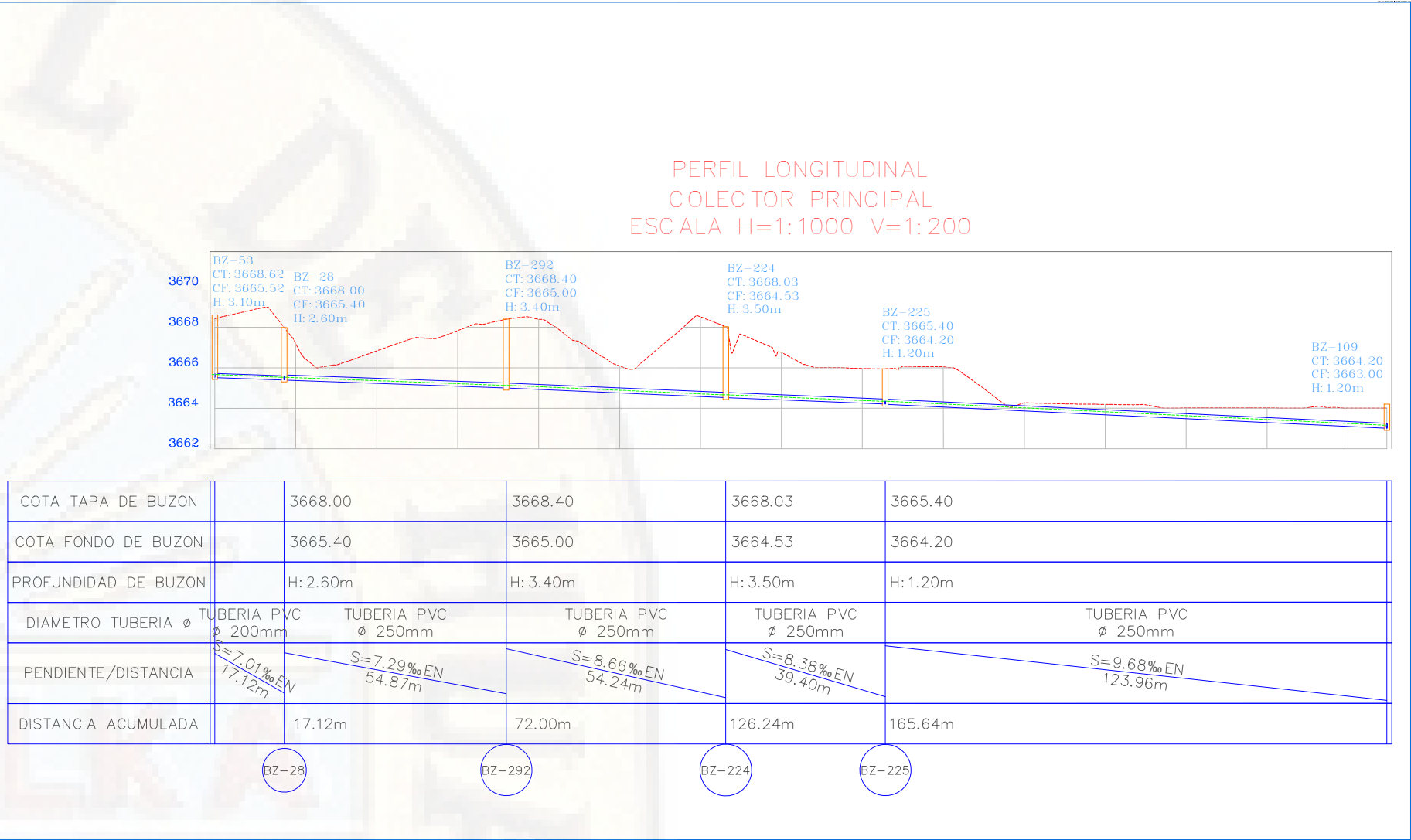
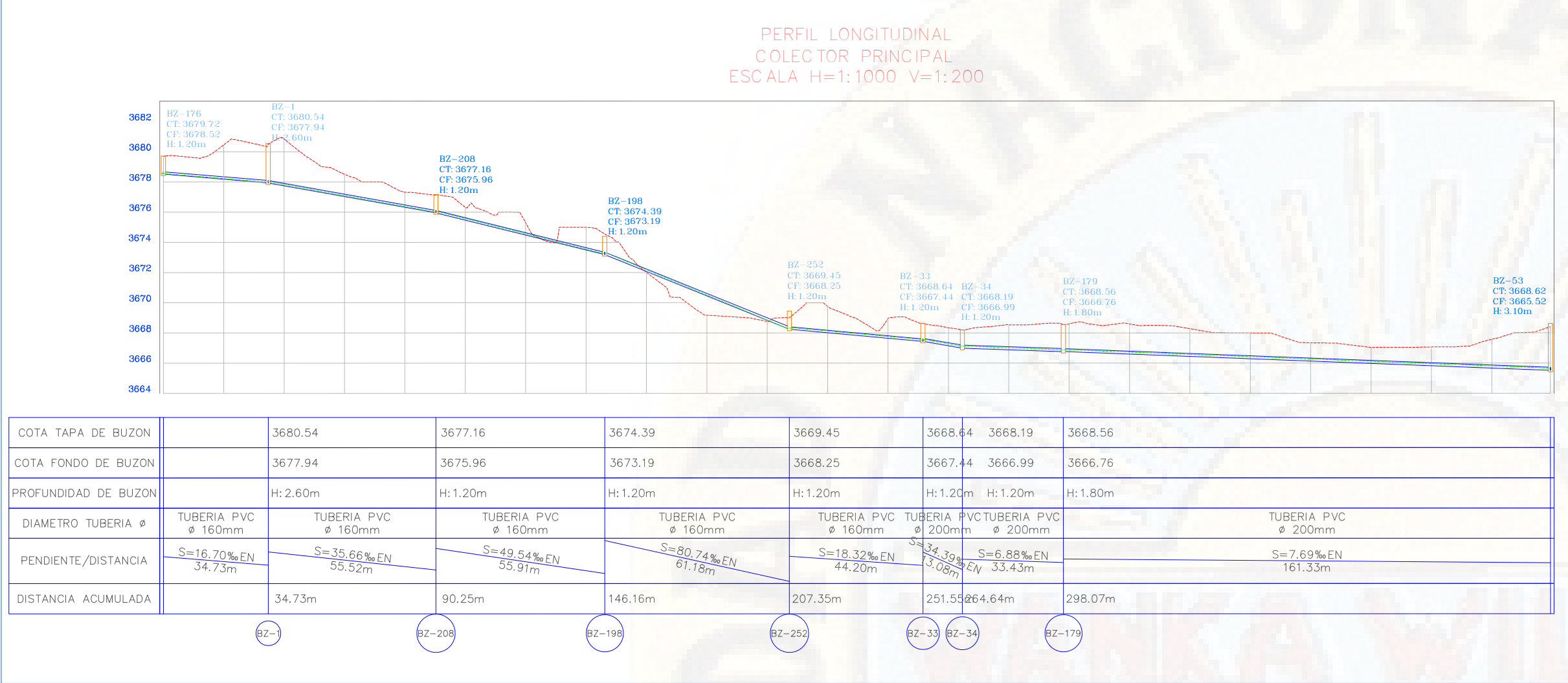
PLANO MODELAMIENTO HIDRAULICO BARRIO SAN CRISTOBAL



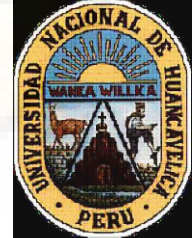
	PROYECTO: "MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCavelica, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANCavelica"		
	TESTA: Ever Eliakim, BELITO PAQUIYURI		
	PLANO: MODELAMIENTO HIDRAULICO		
	ESC: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE - 2018	DIB:
BARRIO: SAN CRISTOBAL DISTRITO: HUANCavelica PROVINCIA: HUANCavelica OPTO: HUANCavelica			MH-01



Plano A 3 Plano de Perfiles Longitudinales.



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL DE LOS
COLECTORES PRICIPALES
BARRIO SAN CRISTOBAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCAVELICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE
MINAS-CIVIL-AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO "MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN LA CIUDAD DE HUANCAVELICA, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE HUANCAVELICA"

TESITA Ever Eliakim, BELITO PAQUIYAURI

PLANO PERFIL LONGITUDINAL

ESC. INDICADA FECHA DICIEMBRE - 2018 DIB.

BARRIO SAN CRISTOBAL

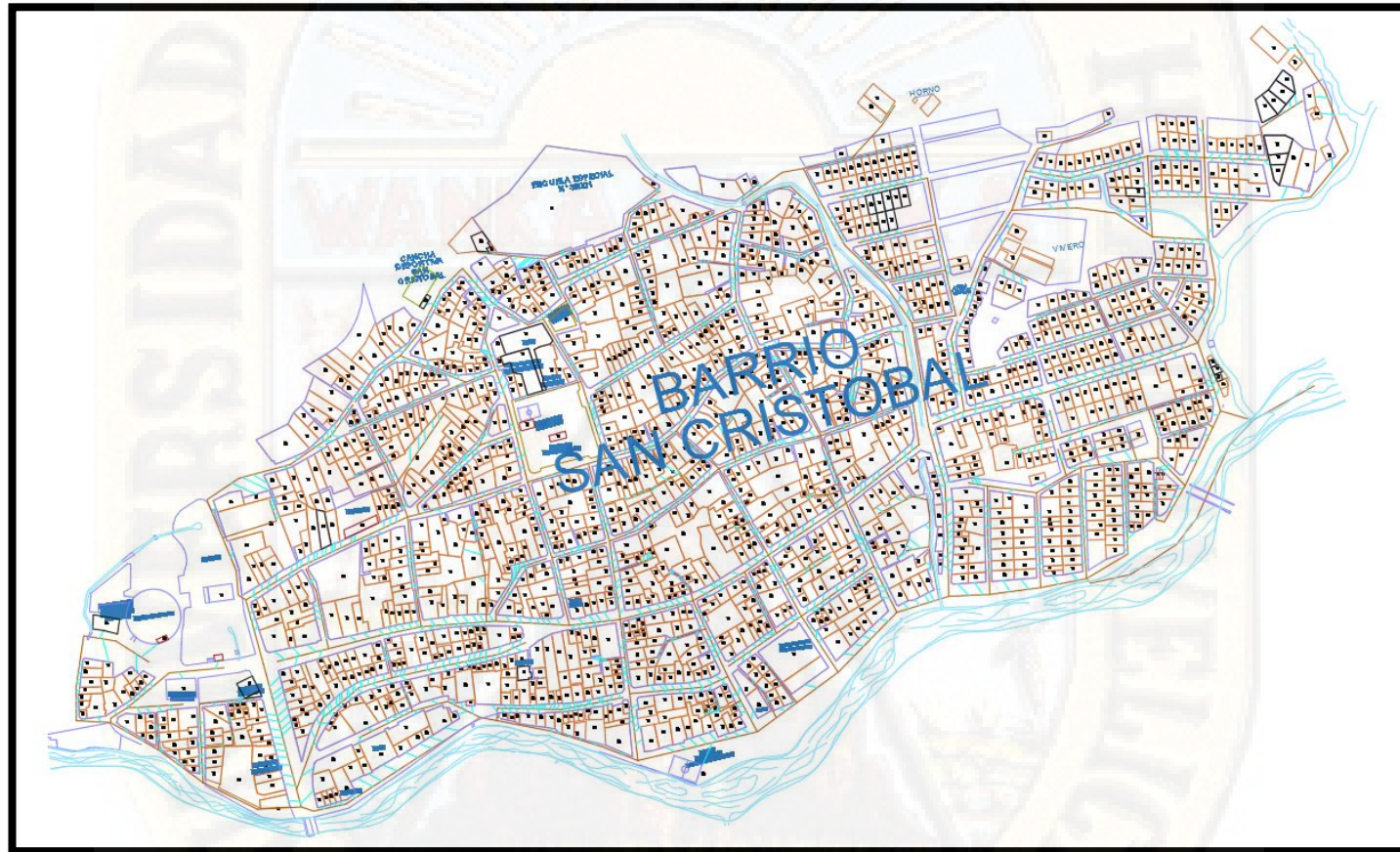
DISTRITO HUANCAVELICA

PROVINCIA HUANCAVELICA

DPTO. HUANCAVELICA

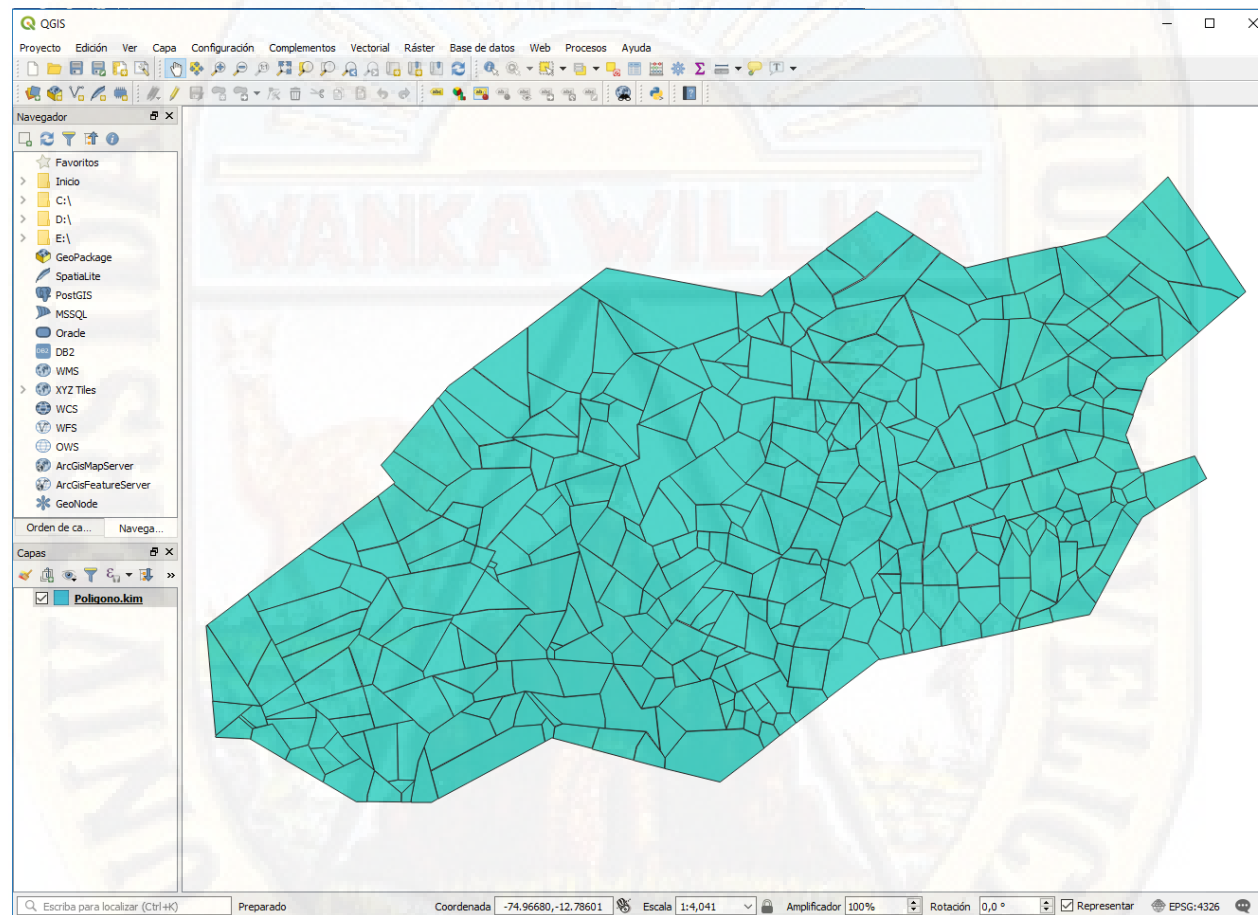
PL-01

Figura A 1. Delimitación del Área del proyecto de investigación - Barrio San Cristóbal.



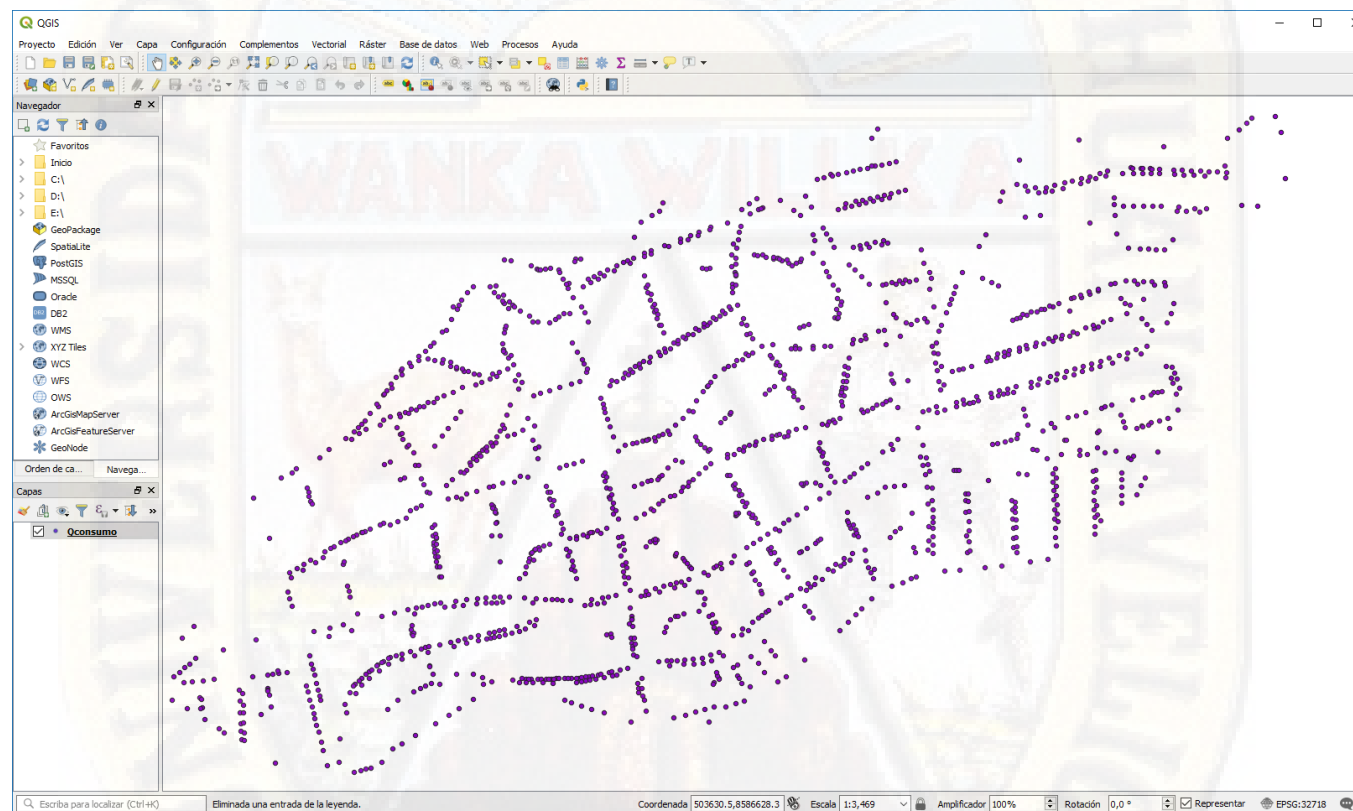
Fuente: Elaboración Propia

Figura A 2. Calculo de las áreas tributarias en el software QGis, para los cálculos de caudales de infiltración.



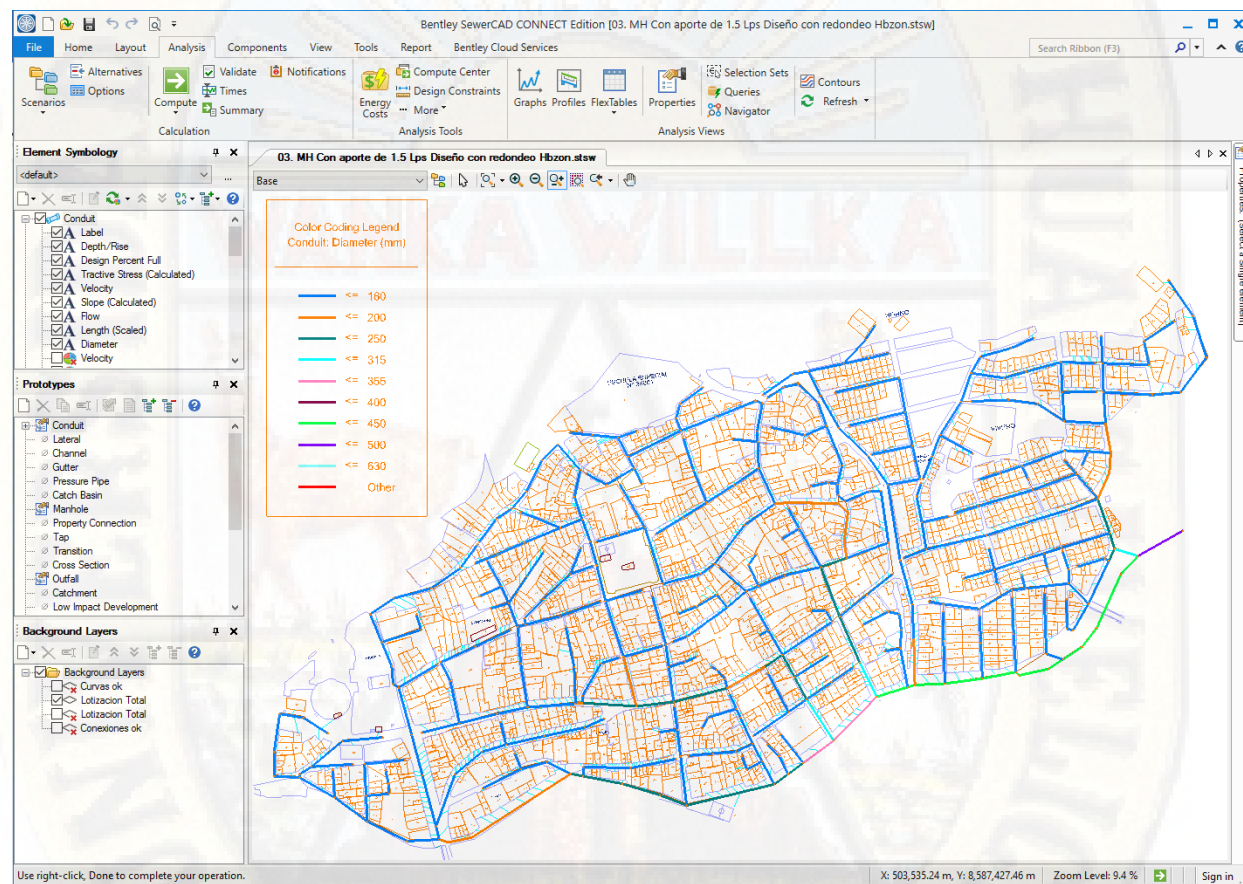
Fuente: Elaboración Propia

Figura A 3. Definición de los caudales de consumo en el software QGis, para los cálculos de caudales de provenientes de las concesiones de agua.



Fuente: Elaboración Propia

Figura A 4. Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en el software SewerGEMS CONNECT EDITION.



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 03:

Fotografía A 1. Aguas residuales en las riberas del río Ichu, tramo puente del ejército.



Fotografía A 2. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu, tramo malecón virgen de la candelaria.



Fotografía A 3. Buzones de alcantarillado sanitario en contacto con las aguas del río Ichu, tramo puente de tablas.



Fotografía A 4. Buzones de alcantarillado sanitario en contacto con las aguas del río Ichu, tramo malecón virgen de la candelaria.



Fotografía A 5. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 6. Empozamiento de aguas residuales en las riberas del río Ichu por motivos de descarga directa de estas.



Fotografía A 7. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 8. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu, tramo puente colgante.



Fotografía A 9. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 10. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 11. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 12. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.



Fotografía A 13. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.



Fotografía A 14. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.



Fotografía A 15. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu, tramo puente de san Cristóbal.



Fotografía A 16. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 17. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 18. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 19. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 20. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.



Fotografía A 21. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.



Fotografía A 22. Descargas directas de las aguas residuales al río Ichu.



Fotografía A 23. Condiciones de contaminación que realmente se encuentra el río Ichu por las descargas directas de las aguas residuales.



Fotografía A 24. Colapso de buzones de alcantarillado sanitario, en el barrio de san Cristóbal.



Fotografía A 25. Colapso de buzones de alcantarillado sanitario, en el barrio de san Cristóbal.



Fotografía A 26. Encharcamiento de aguas residuales por el mal funcionamiento de las redes de alcantarillado.

