UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creado por ley Nº 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"EFECTO HIDRÁULICO EN LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO SUMERGIDAS EN EL CAUCE DEL RÍO ICHU"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA SANEAMIENTO Y MEDIO AMBIENTE

PRESENTADO POR:

Bach. BOZA CAHUANA, Luis Alberto
Bach. LAURA CARHUAPOMA, Venus

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

HUANCAVELICA, PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditórium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 27 días del mes de diciembre del año 2022, a horas 11:00 a.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES**
https://orcid.org/0000-0002-7481-650X
DNI N° 21441702

SECRETARIO : **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA**
https://orcid.org/0000-0003-0247-7737
DNI N° 19878788

VOCAL : **Ing. Carlos GASPAR PACO**
https://orcid.org/0000-0002-3594-0815
DNI N° 23261897

Designados con Resolución de Decano Nº 254-2019-FCI-UNH, de fecha 04 de diciembre del 2019, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "EFECTO HIDRÁULICO EN LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO SUMERGIDAS EN EL CAUCE DEL RÍO ICHU", presentado por los Bachilleres **Luis Alberto BOZA CAHUANA con DNI N° 46311289 y Venus LAURA CARHUAPOMA con DNI N° 46086227;** con presencia del M.Sc. Iván Arturo Ayala Bizarro, **https://orcid.org/0000-0002-6906-4120 y DNI N° 42470714**, Asesor de la presente tesis a fin de optar el Título **Profesional de Ingeniero Civil**; Finalizado la evaluación a horas 12:00 m.; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

Bach. Luis Alberto BOZA CAHUANA

APROBADO [X] POR..UNANIMIDAD....

DESAPROBADO [ ] POR.....

Bach. Venus LAURA CARHUAPOMA

APROBADO [X] POR...UNANIMIDAD....

DESAPROBADO [ ] POR .....

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

V° B° Decano

Título

“EFECTO HIDRÁULICO EN LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO SUMERGIDAS EN EL CAUCE DEL RÍO ICHU”

Autores

Bach. BOZA CAHUANA, Luis Alberto

Bach. LAURA CARHUAPOMA, Venus

Asesor

M. Sc IVÁN ARTURO AYALA BIZARRO

ORCID https://orcid.org/0000-0002-6906-4120

D.N.I. Nº 42470714

Dedicatoria

Dedico este logro de manera especial a mis padres y hermanos quienes fueron el principal motivo de superación para llegar a ser el profesional que soy ahora, a ellos les debo el reflejo de mis virtudes y responsabilidades.

BOZA CAHUANA, Luis Alberto

A mi madre por ser el pilar de mi vida, formándome desde pequeña inculcándome valores y a mis hermanas; gracias a ellas por su ayuda y paciencia para hacer realidad mis logros profesionales entre ellos éste, incluso en los momentos más difíciles se pudo hacer realidad este proyecto.

LAURA CARHUAPOMA, Venus.

Agradecimiento

Al Divino por habernos guiado y cuidado a lo largo de nuestro camino y durante estos momentos difíciles que estamos atravesando todos, por brindarnos la fortaleza para no rendirnos y seguir adelante.

A nuestros padres por su apoyo incondicional y desinteresado, por darnos la oportunidad de estudiar una carrera profesional, con mucho esfuerzo y forjarnos con valores a lo largo de nuestra vida.

A nuestros hermanos y hermanas quienes nos brindaron su apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto y a lo largo de nuestra formación profesional.

Gracias a nuestro asesor el Ing. Iván Arturo Ayala Bizarro, por su acompañamiento en el desarrollo de la presente investigación.

A nuestros docentes por compartirnos todos sus conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra vida estudiantil.

A nuestros colegas del trabajo quienes nos brindaron parte de su experiencia profesional para poder lograr hacer realidad la presente investigación.

Tabla de Contenido

Portada ..... **i**

Acta de Sustentación ..... **ii**

Título ..... **iii**

Autores ..... **iv**

Asesor ..... **v**

Agradecimiento ..... **vii**

Tabla de Contenido ..... **viii**

Tabla de Contenidos de tablas ..... **xiv**

Tabla de Contenidos de Figuras ..... **xv**

Tabla de Contenidos de Fotografías ..... **xviii**

Resumen ..... **xx**

Abstract ..... **xxii**

Introducción ..... **xxiv**

CAPÍTULO I **26**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **26**

1.1. Descripción y formulación del problema 26

1.1.1. Descripción del problema 26

1.1.2. Formulación del problema 27

1.1.2.1. Problema general 27

1.1.2.2. Problemas específicos 27

1.2. Objetivos 28

1.2.1. Objetivo general 28

1.2.2. Objetivos específicos 28

1.2.3. Justificación 28

CAPITULO II **30**

MARCO TEÓRICO **30**

2.1. Antecedentes 30
2.1.1. Antecedentes internacionales 30
2.1.2. Antecedentes nacionales 33
2.1.3. Antecedentes locales 34
2.2. Bases teóricas sobre la investigación. 36
2.2.1. Efecto hidráulico 36
2.2.2. Presión hidráulica 36
2.2.3. Fluido hidráulico 36
2.2.4. Fluido 37
2.2.5. Tipos de fluido 38
2.2.6. Flujo uniforme 38
2.2.7. Flujo laminar 38
2.2.8. Flujo turbulento 39
2.2.9. Número de Reynolds 39
2.2.10. Pérdidas de energía por fricción en el flujo laminar 40
2.2.11. Pérdidas de energía por fricción en el flujo turbulento 41
2.2.12. Ecuación de Bernoulli 41
2.2.13. Sistemas de alcantarillado 42
2.2.13.1. Alcantarillado convencional 43
2.2.13.2. Alcantarillado no convencional 45
2.2.14. Elementos del alcantarillado 47
2.2.15. Modelos físicos 47
2.2.16. Semejanza hidráulica 48
2.2.17. Modelos de Euler 48
2.2.18. Río Ichu 49
2.3. Bases conceptuales 49
2.3.1. Velocidad 49
2.3.2. Presión 49
2.3.3. Tirante 50

2.3.4. Caudal 51
2.3.5. Pendiente 51
2.3.6. Obras de alcantarillado 51
2.3.7. Sistemas de alcantarillado 51
2.3.8. Redes de alcantarillado 53
2.3.9. Cálculo hidráulico 54
2.3.10. Cámara de inspección 55
2.3.11. Pendientes mínimas 56
2.4. Hipótesis 56
2.4.1. Hipótesis general 56
2.4.2. Hipótesis específicas 56
2.5. Variables 57
2.5.1. Variable independiente 57
2.5.2. Variable dependiente 57
2.5.3. Definición operativa de variables 58
CAPITULO III 59
MATERIALES Y MÉTODOS 59
3.1. Ámbito temporal y espacial 59
3.2. Tipo de investigación 60
3.3. Nivel de investigación 60
3.4. Diseño de investigación 60
3.5. Población muestra y muestreo 61
3.5.1. Población 61
3.5.2. Muestreo no probabilístico 61
3.6. Instrumentos y técnicas de recolección de datos 62
3.6.1. Instrumentos 62
3.6.2. Técnicas 63
3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos 64
3.7.1. Análisis de datos 64
CAPITULO IV 65

DISCUSIÓN DE RESULTADOS 65

4.1. Análisis de información 65
4.2. Reconocimiento del terreno 66
4.2.1. Identificación de tuberías de alcantarillado 66
4.2.2. Levantamiento topográfico 70
4.2.3. Procesamiento de datos 72
4.2.4. Evaluación del tramo de estudio 73
4.3. Recolección de datos 75
4.3.1. Propiedades del área de estudio 75
4.3.1.1. Perfil longitudinal y pendiente del tramo de estudio 75
4.3.1.2. Características hidráulicas del río. 76
4.3.1.3. Caudal del río 77
4.3.1.4. Característica geométrica del río 78
4.3.1.5. Tirante del tirante de agua en el canal 80
4.3.1.6. Características hidráulicas de las tuberías 81
4.3.1.7. Caudal de la tubería de alcantarillado sanitario 82
4.3.1.8. Diámetro de la tubería de alcantarillado sanitario 82
4.3.1.9. Ubicación de la tubería de alcantarillado sobre el lecho del rio 83
4.4. Diseño y construcción del modelo físico 83
4.4.1. Levantamiento topográfico del terreno para el modelo físico. 83
4.4.2. Excavación y explanación del terreno 84
4.4.3. Trazo y replanteo del terreno 85
4.4.4. Construcción del modelo físico 85
4.4.4.1. Excavación del modelo físico 85
4.4.4.2. Construcción de base/ fondo de modelo físico 86
4.4.4.3. Construcción de muros laterales de modelo físico 86
4.4.4.4. Tarrajeo de muros laterales y solaqueado de fondo de modelo físico 87
4.5. Ubicación del tramo de estudio en el modelo físico para los ensayos. 87
4.5.1. Materiales y herramientas para análisis de la tubería de alcantarillado 88
4.5.2. Trabajos preliminares para la instalación de la tubería de alcantarillado. 88

4.5.2.1. Trazo y replanteo para la instalación de la tubería de alcantarillado 88
4.5.2.2. Excavación de zanja para la instalación de la tubería de alcantarillado 89
4.5.2.3. Perforación de la pared del canal para la tubería de alcantarillado 89
4.5.3. Trabajos preliminares para los ángulos de la tubería de alcantarillado 90
4.5.3.1. Plantillado de ángulos verticales de la tubería de alcantarillado. 90
4.5.3.2. Plantillado de horizontales de la tubería de alcantarillado. 90
4.5.4. Calibración del caudal en el modelo físico 91
4.5.5. Calibración del tirante en el modelo físico 91
4.6. Ensayos hidráulicos en el modelo físico 92
4.6.1. Instalación de la tubería para el ensayo 92
4.6.2. Procedimiento de pruebas 92
4.6.2.1. Prueba 01 con Águlo_180° H_15° V 92
4.6.2.2. Prueba 04 con Ángulo_225° H_30°V 93
4.6.2.3. Prueba 07 con Ángulo_225°H_45°V 94
4.6.3. Resultados obtenidos de las pruebas realizadas modelo físico 95
4.6.3.1. Análisis de resultados de caudales del modelo físico 95
4.6.3.2. Análisis de resultados de velocidades del modelo físico 96
4.7. Modelo numérico computacional 97
4.7.1. ANSYS FLUENT 97
4.7.2. Análisis computacional 97
4.8. Análisis en el interior de las tuberías 110
4.8.1. Modelo N ° 01: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 180° horizontal y 15° vertical 110
4.8.2. Modelo N ° 02: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 180° horizontal y 30° vertical 112
4.8.3. Modelo N ° 03: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 180° horizontal y 45° vertical 114
4.8.4. Modelo N ° 04: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 225° horizontal y 15° vertical 115
4.8.5. Modelo N ° 05: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 225° horizontal y 30° vertical 117

4.8.6. Modelo N ° 06: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 225° horizontal y 45° vertical. 118
4.8.7. Modelo N ° 07: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 247.5° horizontal y 15° vertical. 120
4.8.8. Modelo N ° 08: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 247.5° horizontal y 30° vertical. 121
4.8.9. Modelo N ° 09: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 247.5° horizontal y 45° vertical. 123
4.9. Análisis de resultados de las simulaciones numéricas 124
4.9.1. Análisis de resultados de caudales de las simulaciones numéricas 124
4.9.2. Análisis de resultados de velocidades de las simulaciones numéricas 125
4.9.3. Análisis de resultados de presiones de las simulaciones numéricas 126
4.10. Análisis de simulación numérica con dos flujos de descarga de agua. 126
4.10.1. Con flujo en el canal del rio y flujo en la tubería de alcantarillado sumergida (modelo N° 03) 126
4.10.2. Análisis de los resultados de la simulación numérica con dos flujos de descarga de agua 128
4.11. Análisis estadístico 129
4.11.1. Fórmula de T Student 130
4.11.2. Procesamiento de datos 130
4.11.3. Análisis de datos para caudales (modelo físico) 131
4.11.4. Análisis de datos para velocidades (modelo físico) 132
4.11.5. Análisis de datos para caudales (modelo numérico) 133
4.11.6. Análisis de datos para velocidades (modelo numérico) 134
4.11.7. Análisis de datos para presiones (modelo numérico) 135
4.12. Discusión de resultados 136
Conclusiones 139
Recomendaciones 142
Referencias bibliográficas 143
Apéndice 146

Tabla de Contenidos de tablas

Tabla 1: Tabla de variables. 58
Tabla 2: Ubicación de las tuberías de alcantarillado. 73
Tabla 3: Características físicas del río Ichu-Huancavelica 77
Tabla 4: Resultado del punto de caudales en tuberías de alcantarillado sumergidas. 95
Tabla 5: Resultado del punto de velocidades en tuberías de alcantarillado sumergidas. 96
Tabla 6: Tamaño de malla. 99
Tabla 7: Resultado velocidades en las tuberías de alcantarillado sumergidas. 109
Tabla 8: Resultado de tirante de agua en las tuberías de alcantarillado sumergidas. 110
Tabla 9: Resultados de los caudales de ingreso de las tuberías de alcantarillado sumergidas. 124
Tabla 10: Resultados de velocidad de las tuberías de alcantarillado sumergidas. 125
Tabla 11: Resultados de las presiones de las tuberías sumergidas. 126
Tabla 12: Resultados de velocidad, presión y caudal de agua alrededor de las tuberías sumergidas con dos flujos. 128
Tabla 13: Datos obtenido en campo del modelo físico y numérico. 131
Tabla 14: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda. 131
Tabla 15: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda. 132
Tabla 16: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda. 133
Tabla 17: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda. 134
Tabla 18: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda. 135

Tabla de Contenidos de Figuras

Figura 1: Sentido del flujo laminar 39
Figura 2: Sentido del flujo turbulento 39
Figura 3: Rugosidad en la pared de una tubería 41
Figura 4: Fuerzas actuantes en una partícula del fluido 42
Figura 5: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado. 45
Figura 6: Grupo pre experimental 60
Figura 7: Etapas de la investigación 65
Figura 8: Procesamiento de datos en AgiSoft PhotoScan. 71
Figura 9: Curvas de nivel del área de estudio en Civil -3D. 71
Figura 10: Curvas de nivel Civil-3D. 72
Figura 11: Curvas de nivel-Tramo de estudio 72
Figura 12: Superficie del río-Tramo de estudio 73
Figura 13: Ubicación de los puntos de alcantarillado 74
Figura 14: Anchos de la sección del río. 74
Figura 15: Tramo de análisis-Puntos de alcantarillado 75
Figura 16: Perfil longitudinal del río-Tramo de estudio. 75
Figura 17: Vista satelital del tramo 5 77
Figura 18: Caudal del río Ichu período abril 2016-enero 2018 78
Figura 19: Tramo de estudio, vista de planta Esc 1/1. 79
Figura 20: Tramo de estudio, vista de planta Esc 1/60. 79
Figura 21: Sección transversal del canal Esc 1/60 80
Figura 22: Sección del canal 80
Figura 23: Área de trabajo de Ansys Workbench 97
Figura 24: Esquema del proyecto 97
Figura 25: Geometría importada del tramo de análisis 98
Figura 26: Identidad y dominio de las superficies. 98
Figura 27: Creación del sistema de enmallado. 99
Figura 28: Interfaz de usuario del procesamiento. 100

Figura 29: Esquema de análisis de datos. 100
Figura 30: Modelo del flujo y definición de sus características. 101
Figura 31: Propiedades de las características de turbulencia. 101
Figura 32: Definición de las características físicas del agua. 102
Figura 33: Materiales de fluido a emplear. 102
Figura 34: Definición de las fases del fluido. 103
Figura 35: Asignación de las condiciones de dominio. 103
Figura 36: Condiciones iniciales de energía en el dominio INLET. 104
Figura 37: Condiciones de iniciales en el canal abierto INLET. 104
Figura 38: Condiciones iniciales de energía en el dominio OUTLET. 105
Figura 39: Condiciones iniciales de salida OUTLET. 105
Figura 40: Elección del sistema y método de análisis. 106
Figura 41: Control de convergencia del análisis. 106
Figura 42: Condiciones de inicio para el análisis computacional. 107
Figura 43: Numero de iteraciones. 107
Figura 44: Resultado del análisis computacional. 108
Figura 45: Líneas de corriente del análisis computacional. 108
Figura 46: Análisis y ubicación de los puntos de alcantarillado. 109
Figura 47: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.508 m/s en la tubería. 111
Figura 48: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.508 m/s en la tubería. 111
Figura 49: Presión de 39.98 KPa, en el ingreso en la tubería. 112
Figura 50: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.326 m/s en la tubería. 112
Figura 51: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.326 m/s en la tubería. 113
Figura 52: Presión de 38.27 KPa, en el ingreso de la tubería. 113
Figura 53: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 4.794 m/s en la tubería. 114
Figura 54: Vista en planta, de la velocidad máxima de 4.794 m/s en la tubería. 114
Figura 55: Presión de 41.44 KPa, en el ingreso de la tubería. 115
Figura 56: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.478 m/s en la tubería. 115
Figura 57: *Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.478 m/s en la tubería* 116

Figura 58: *Presión de 38.55 KPa, en el ingreso de la tubería.* 116
Figura 59: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.523 m/s en la tubería. 117
Figura 60: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.523 m/s en la tubería. 117
Figura 61: Presión de 39.71 KPa, en el ingreso de la tubería. 118
Figura 62: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.213 m/s en la tubería. 118
Figura 63: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.213 m/s en la tubería. 119
Figura 64: Presión de 37.62 KPa, en el ingreso de la tubería. 119
Figura 65: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 4.497 m/s en la tubería. 120
Figura 66: Vista en planta, de la velocidad máxima de 4.497 m/s en la tubería. 120
Figura 67: Presión de 39.24 KPa, en el ingreso de la tubería. 121
Figura 68: *Vista en perfil, de la velocidad máxima de 5.671 m/s en la tubería.* 121
Figura 69: Vista en planta, de la velocidad máxima de 5.671 m/s en la tubería. 122
Figura 70: Presión de 41.30 KPa, en el ingreso de la tubería. 122
Figura 71: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 6.971 m/s en la tubería. 123
Figura 72: Vista en planta, de la velocidad máxima de 6.971 m/s en la tubería. 123
Figura 73: Presión de 33.41 KPa, en el ingreso de la tubería. 124
Figura 74: vista de la velocidad de 3.405 m/s en la tubería 127
Figura 75: vista de la velocidad de 3.405 m/s en la tubería 127
Figura 76: Presiones de la tubería de 61.60 KPa, obtenidas con 02 flujos. 128
Figura 77: Tabla de T-Student. 130
Figura 78: Tendencia de caudales (modelo físico). 132
Figura 79: Tendencia de velocidades (modelo físico). 133
Figura 80: Tendencia de caudales (modelo numérico). 134
Figura 81: Tendencia de velocidades (modelo numérico). 135
Figura 82: Tendencia de presiones (modelo numérico). 136

Tabla de Contenidos de Fotografías

Fotografía 1: Vista aérea del área de estudio. 59
Fotografía 2: Río Ichu, vista del puente San Cristóbal, Alcantarilla 01 66
Fotografía 3: Río Ichu, Margen derecho, Alcantarilla 02 66
Fotografía 4: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 03 67
Fotografía 5: Río Ichu, Margen derecho, Alcantarilla 04 67
Fotografía 6: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 05 68
Fotografía 7: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 06 68
Fotografía 8: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 07 69
Fotografía 9: Río Ichu, Margen derecho, Alcantarilla 08 69
Fotografía 10: Levantamiento topográfico con Dron en el óvalo del Malecón Santa Rosa 70
Fotografía 11: Levantamiento topográfico del Prototipo 70
Fotografía 12: Estacionamiento de equipo topográfico en un punto de visibilidad del área total. 83
Fotografía 13: Levantamiento topográfico – barrido de puntos con prisma por toda el área. 84
Fotografía 14: Corte y relleno del área de intervención. 84
Fotografía 15: Trazo y replanteo del modelo físico. 85
Fotografía 16: Excavación de canal. 85
Fotografía 17: Construcción de base de canal de 4”. 86
Fotografía 18: Construcción de muro lateral de ladrillo a una altura de 50 cm. 86
Fotografía 19: Tarrajeo de muros laterales del modelo físico. 87
Fotografía 20: Tramo del río Ichu para el análisis de la tubería sumergida. 87
Fotografía 21: Materiales y herramientas utilizados. 88
Fotografía 22: Trazo y replanteo de zanja de tubería de alcantarillado. 88
Fotografía 23: Excavación de zanja de tubería de alcantarillado. 89
Fotografía 24: Perforado de pared de canal para instalación de tubería. 89
Fotografía 25: Plantillado de ángulos verticales. 90
Fotografía 26: Plantillado de ángulos horizontales. 90
Fotografía 27: Calibración del caudal. 91

Fotografía 28: Calibración del caudal. 91
Fotografía 29: Soporte móvil de la tubería de alcantarillado. 92
Fotografía 30: Prueba 01 Águlo_180°H_15°V 92
Fotografía 31: Prueba 01 salida del caudal de color azul de la tubería hacia el río 93
Fotografía 32: Prueba 04 Ángulo_225° H_30°V 93
Fotografía 33: Prueba 04 salida del caudal de color azul de la tubería hacia el río 94
Fotografía 34: Prueba 07 Ángulo_225°H_45°V 94
Fotografía 35: Prueba 07 salida del caudal de color azul de la tubería hacia el río. 95

Resumen

El presente trabajo de investigación "EFECTO HIDRÁULICO EN TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO SUMERGIDAS EN EL CAUCE DEL RÍO ICHU" tiene la finalidad de responder la pregunta ¿Qué efecto hidráulico se produce en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu? como problema general, con el objetivo de determinar el efecto hidráulico en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. Probando la hipótesis **"El efecto hidráulico produce el colapso de las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu".** Estudiando la variable independiente: el efecto hidráulico y la variable dependiente: tuberías de alcantarillado sumergidas. Para probar dicha hipótesis se utilizó el tipo de investigación aplicada nivel explicativo considerando un modelamiento numérico y físico, con un diseño pre experimental utilizando el programa ANSYS que nos permite demostrar que de acuerdo a los modelos numéricos simulados, el efecto hidráulico produce el colapso de las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, debido al incremento del caudal del río Ichu, por ende para el análisis de las simulaciones físicas y numéricas, se modelaron con un caudal máximo de 120 m3/s en el cauce del río Ichu, dando así respuesta de las pruebas físicas, debido al incremento del caudal del río. Del cual se obtuvieron pendientes máximas con ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y ángulos verticales de 45°, pendientes mínimas con ángulos de inclinación horizontal de 180° y ángulos verticales de 45°, las mismas que generan caudales de ingreso mínimos y máximos en las tuberías de alcantarillado sumergidas, de acuerdo a las pruebas físicas y numéricas realizadas, demostrando así que el caudal de ingreso del río hacia la tubería de alcantarillado, depende de la pendiente y del área de intersección entre la tubería y el margen del río Ichu, también se realizó el análisis del caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas. Donde se obtuvieron caudales de ingreso mínimo de 0.229 m3/s y caudales máximos de ingreso de 0.704 m3/s, en las tuberías de alcantarillado sumergidas, que se presentan en las tuberías con ángulos de inclinación horizontal de 180° y 247.5°, ángulos verticales de 45°(pendientes), los cuales se muestran en las pruebas N° 03 y N° 09 de acuerdo a la tabla N° 04 del modelo físico. Así mismo se obtuvo caudales de ingreso mínimo de 0.226 m3/s y caudales de ingreso máximo de 0.721 m3/s, en las tuberías de alcantarillado sumergidas, las que se presentan en las tuberías con ángulos de inclinación horizontal de 180° y 247.5°,

ángulos verticales de 45°, los cuales se muestran en los modelos numéricos N° 09 y N° 03 de acuerdo a la tabla N° 09 del modelo numérico. Respecto al efecto hidráulico de la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvo una velocidad mínima de ingreso de 4.323 m/s y una velocidad máxima de ingreso de 8.711 m/s dentro de las tuberías, para ángulos de inclinación horizontal de 247.5°, 180° y ángulo vertical de 15°(pendientes), los cuales se muestran en las pruebas N° 07 y N° 01 de acuerdo a la tabla N° 05 del modelo físico. De la misma manera se logró obtener una velocidad mínima de ingreso de 4.497 m/s y una velocidad máxima de ingreso de 8.523 m/s, en las tuberías de alcantarillado, las que se presentan con ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y 225°, ángulos verticales de 15° y 30° (pendientes), los cuales se muestran en los modelos numéricos N° 07 y N° 05 de acuerdo a la tabla N° 10 del modelo numérico. Respecto al efecto hidráulico de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvo una presión mínima de 33.41 kPa y una presión máxima de 41.44 kPa, al interior de la tubería de alcantarillado, para los ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y 180°, ángulo vertical de 45°(pendiente), los cuales se muestran en las modelos numéricos N° 09 y N° 03 de acuerdo a la tabla N° 11 del modelo numérico. Para un mejor análisis del comportamiento del flujo se realizó una simulación numérica con dos flujos de acuerdo al modelo numérico N° 03, con el flujo de ingreso del caudal del río hacia las tuberías de alcantarillado y con el flujo del caudal de salida de las tuberías de alcantarillado, obteniéndose un caudal de salida de 0.129 m3/s, velocidad de 3.405 m/s y una presión de 61.60 KPa, de la tubería de alcantarillado. Concluyendo que, en comparación con los modelos numérico anteriores, presenta la disminución del caudal y la velocidad, pero se tiene un incremento de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas con la intersección del cauce de río Ichu, demostrando que el incremento del caudal del río Ichu produce efectos hidráulicos en las tuberías de alcantarillado sumergidas, las cuales producen el colapso de la red de tuberías de alcantarillado y buzones existentes en el margen de río Ichu de la cuidad de Huancavelica. Los mismos que fundamentan los resultados de toda la investigación.

Palabras clave: Efecto hidráulico, tuberías de alcantarillado sumergidas, modelos físicos, modelos numéricos.

Abstract

The present research work "HYDRAULIC EFFECT IN SUBMERGED SEWER PIPES IN THE ICHU RIVER BED" has the purpose of answering the question: What hydraulic effect occurs in the submerged sewer pipes in the Ichu river bed? as a general problem, with the objective of determining the hydraulic effect in the sewage pipes submerged in the bed of the Ichu river. Testing the hypothesis "The hydraulic effect produces the collapse of the sewage pipes submerged in the bed of the Ichu river". Studying the independent variable: the hydraulic effect and the dependent variable: submerged sewage pipes. To test this hypothesis, the type of explanatory level applied research was used, considering a numerical and physical modeling, with a pre-experimental design using the ANSYS program that allows us to demonstrate that according to the simulated numerical models, the hydraulic effect produces the collapse of the sewage pipes submerged in the bed of the Ichu river, due to the increase in the flow of the Ichu river, therefore for the analysis of the physical and numerical simulations, they were modeled with a maximum flow of 120 m3/s in the bed of the Ichu river, thus giving an answer to the physical tests, due to the increase in the flow of the river. Of which maximum slopes were obtained with horizontal inclination angles of 247.5° and vertical angles of 45°, minimum slopes with horizontal inclination angles of 180° and vertical angles of 45°, the same ones that generate minimum and maximum inflows in the submerged sewage pipes, according to the physical and numerical tests carried out, thus demonstrating that the inflow of the river towards the sewage pipe depends on the slope and the intersection area between the pipe and the Ichu river bank, as well the analysis of the flow in the submerged sewage pipes was carried out. Where minimum inflow flows of 0.229 m3/s and maximum inflows of 0.704 m3/s were obtained, in submerged sewerage pipes, which occur in pipes with horizontal inclination angles of 180° and 247.5°, vertical angles of 45°, which are shown in numerical models No. 09 and No. 03 according to table No. 09 of the numerical model. Regarding the hydraulic effect of velocity in sewage pipes submerged in the Ichu riverbed, they occur due to the increase in river flow. Where a minimum entry speed of 4,323 m/s and a maximum

entry speed of 8,711 m/s were obtained inside the pipes, for horizontal inclination angles of 247.5°, 180° and vertical angle of 15° (slopes), the which are shown in tests No. 07 and No. 01 according to table No. 05 of the physical model. In the same way, it was possible to obtain a minimum entry speed of 4,497 m/s and a maximum entry speed of 8,523 m/s, in the sewerage pipes, which are presented with horizontal inclination angles of 247.5° and 225°, vertical angles of 15° and 30° (slopes), which are shown in numerical models No. 07 and No. 05 according to table No. 10 of the numerical model. Regarding the hydraulic effect of the pressure in the sewage pipes submerged in the Ichu riverbed, they occur due to the increase in the river flow. Where a minimum pressure of 33.41 kPa and a maximum pressure of 41.44 kPa were obtained, inside the sewer pipe, for the horizontal inclination angles of 247.5° and 180°, vertical angle of 45° (slope), which are shown in numerical models No. 09 and No. 03 according to table No. 11 of the numerical model. For a better analysis of the behavior of the flow, a numerical simulation was carried out with two flows according to the numerical model No. 03, with the inflow of the river flow towards the sewerage pipes and with the flow of the outflow of the pipes. of sewerage, obtaining an output flow of 0.129 m3/s, velocity of 3.405 m/s and a pressure of 61.60 KPa, from the sewerage pipe. Concluding that, compared to the previous numerical models, it presents a decrease in flow and speed, but there is an increase in pressure in the submerged sewerage pipes with the intersection of the Ichu river bed, demonstrating that the increase in the flow of the Ichu river produces hydraulic effects in the submerged sewage pipes, which cause the collapse of the existing sewage pipe network and mailboxes on the Ichu river bank of the city of Huancavelica. The same ones that base the results of all the investigation.

Keywords: Hydraulic effect, submerged sewer pipes, physical models, numerical models.

Introducción

Los últimos años a nivel mundial, se dieron a conocer fuertes precipitaciones fluviales y nuestro país no fue ajeno a este fenómeno que fue modificando las estaciones debido al efecto del cambio climático, ocasionando huaycos e inundaciones en viviendas aledañas a las orillas de los ríos, perjudicando a miles de personas en todo el mundo. Ejemplos claros los que muestran la India y Bangladesh cuya población se vio afectada por los desbordes de ríos, de la misma manera en el Perú, se vieron inundaciones a causa de precipitaciones fluviales en el distrito de San Juan de Lurigancho, así como en el distrito de Chosica causando estragos en los hogares afectando la precaria economía. Revisando las diversas causas que provocaron estas inundaciones se determinaron que el colapso de los buzones y redes de alcantarillado fueron una de las consecuencias.

En Huancavelica, entre los años 2011 y 2014 se presentaron constantes precipitaciones incrementando el caudal del río Ichu, provocando inundaciones en las viviendas y calles aledañas al río que generó el colapso de buzones y redes de alcantarillado que desembocan en el río Ichu. Estos eventos perjudiciales afectan la economía y bienestar de las familias, ya que la calidad de las obras al servicio de la población se llega a cuestionar. Hoy en día se pueden implementar estructuras de buzones y redes de alcantarillado de mayor calidad para mejorar el desplazamiento de las aguas residuales y fluviales ya que las redes de alcantarillado que desembocan en el río Ichu son del tipo mixto.

La investigación tiene como objetivo general, “Determinar el efecto hidráulico en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu”, para describir los efectos hidráulicos se han propuesto los modelos físico y numérico con el único objetivo de determinar el efecto en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. Probando la hipótesis “El efecto hidráulico produce el colapso de las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu”. Estudiando la variable independiente: Efecto hidráulico; variable dependiente Tuberías de alcantarillado sumergidas. Para probar dicha hipótesis se utilizó la investigación aplicada a nivel explicativo considerando un modelamiento físico a escala para estudiar los efectos hidráulicos

del caudal del río Ichu en las tuberías de alcantarillado sumergidas, tomando como muestra el tramo longitudinal entre los puentes San Cristóbal y el puente Colgante de San Cristóbal

Para describir los efectos hidráulicos del río Ichu en las tuberías de alcantarillado sumergidas, se construyó un modelo a escala 1/30, considerando las teorías de la modelación física en obras hidráulicas como la semejanza hidráulica en las magnitudes del punto de vista hidráulico restringido en un contorno de fondo de lecho fijo para magnitudes geométricas, cinemáticas y dinámicas cuya calibración se realizó por el número de Froude como lo establece Euler en su modelo. Para determinar el menor caudal de ingreso del río Ichu en las tuberías de alcantarillado se establecieron ángulos y pendientes óptimas, en la tubería de alcantarillado sumergidas en el margen izquierdo del río Ichu, los cuales fueron validados con los modelos numéricos analizados, mediante en software ANSYS, y mediante el modelo físico donde se simuló el comportamiento dinámico del fluido a diferentes pendientes.

El trabajo de investigación consta de 4 capítulos distribuidos de la siguiente manera. I Capítulo: Planteamiento del problema, donde se detalla el problema general presentando casos, el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación que fundamentan la investigación. El II Capítulo: denominado Marco teórico, muestra los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, así como las bases teóricas que fundamentan la investigación a través de los modelos numéricos, teorías, escalas, similitudes, modelos computacionales, métodos y bases conceptuales para dar mayor claridad del tema de investigación. Hipótesis y variables. El Capítulo III muestra el tipo de investigación aplicada y nivel explicativo pre-experimental con mediciones y manipulación de la variable independiente. Población y muestra, instrumentos y técnicas. El Capítulo IV: presenta el análisis de la información, reconocimiento y levantamiento topográfico, propiedad hidráulica de los resultados obtenidos en la investigación, sustentados con gráficos, tablas y recursos fotográficos que claramente señalan y prueban la hipótesis, a través de la descripción y análisis de datos obtenidos del modelo físico y modelo numérico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En Huancavelica uno de los mayores problemas es causado por las excesivas lluvias en las zonas altas de la región, aumentando el caudal del río Ichu, sobrepasando el nivel de aguas máximo extraordinarias (NAME), generando el colapso de las tuberías de alcantarillado que se encuentra a lo largo del cauce del río Ichu, estos acontecimientos de elevado caudal se dieron en los años 2011 y 2014, donde se observaron las consecuencias del colapso de tuberías de alcantarillado debido a que el agua sobrepasó la altura de la ubicación de las mismas y como resultado de estos eventos se inundaron las calles del malecón Santa Rosa, generando también el colapso de los desagües de las viviendas ubicadas en el margen del río Ichu.

Las viviendas más afectadas por el incremento del caudal del río Ichu fueron las que se encuentran en el tramo del puente San Cristóbal hasta el puente

Tablachaca, las mismas que en temporadas de lluvias máximas son afectadas por el desborde del mismo, incluso el mismo puente Tablachaca sufre las consecuencias inundándose, dificultando el tránsito, siendo un riesgo para la vida de los vecinos que se desplazan por este puente, debido a que el río sobrepasa la altura del puente, de la misma manera puede llegar a inundar las calles paralelas al río, también se observó el colapso de buzones que se ubican en ambos márgenes del río.

Es así que, con el estudio de los efectos hidráulicos producidos en las tuberías de alcantarillado sumergidas se podrá observar el comportamiento del fluido dentro de la tubería y las consecuencias que generan estos, mediante un modelamiento físico y numérico se podrá observar el comportamiento del fluido en la tubería de alcantarillado y así prevenir consecuencias que puedan generar el excesivo aumento del caudal del río Ichu al punto de sumergir las tuberías de alcantarillado.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Qué efecto hidráulico se produce en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?

1.1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Qué efecto hidráulico produce la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?
2. ¿Qué efecto hidráulico produce el caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?
3. ¿Qué efecto hidráulico produce la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?
4. ¿Qué efecto hidráulico produce la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto hidráulico en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar el efecto hidráulico de la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.
2. Determinar el efecto hidráulico del caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.
3. Determinar el efecto hidráulico de la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.
4. Determinar el efecto hidráulico de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.

1.2.3. Justificación

El tema a investigar es importante, porque nos permite conocer los efecto hidráulicos dentro de una tubería de alcantarillado sumergida, ya que gracias a ello podemos prevenir el colapso de tuberías y buzones de alcantarillado a lo largo del margen del río Ichu, así mismo sugerir a los moradores de las viviendas aledañas tener una adecuada instalación sanitaria y constante tratamiento de aguas residuales velando por la salud y bienestar de las familias, la información proporcionada por el proyecto de investigación, será de acuerdo a la simulación encontrada mediante el programa ANSYS y el modelo físico el cual nos permitirá conocer a detalle el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado de acuerdo al incremento del caudal del río Ichu, mediante este programa podremos observar comportamiento del ingreso del caudal del río hacía el interior de la tubería de alcantarillado sumergida y la salida del caudal de descarga de la tubería y mediante el modelo físico podremos observar el

comportamiento real de fluido dentro de la tubería de alcantarillado sumergida, sometido a diferentes ángulos, respecto al caudal del río Ichu.

El problema que se quiere resolver es básicamente prevenir el colapso, conociendo el comportamiento del fluido al interior de una tubería de alcantarillado sumergida, pues nos dará a conocer cuál es el caudal que genera como consecuencia que estas tuberías de alcantarillado colapsen al punto de inundar las calles aledañas al río Ichu y las viviendas que se ubican a lo largo de éste.

Mediante este trabajo de investigación se busca recomendar a las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado, que puedan ubicar de manera adecuada, las tuberías de alcantarillado que desembocan en el cauce del río Ichu, dándole una pendiente adecuada o una ubicación óptima que permita que las tuberías no se obstruyan cuando el caudal del río Ichu se incremente producto de las fuertes lluvias. También pretendemos sensibilizar a las entidades encargadas de ejecutar proyectos de saneamiento urbano, en el manejo e instalación de tuberías de alcantarillado que desembocan en los ríos, para mejorar la gestión y administración de las mismas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pothof & Clemens, (2011), realizaron la investigación: Experimental saudí of air-water flow in downward sloping pipes, con el fin de realizar el experimento sobre el flujo a favor de la corriente de aire y agua en tuberías con pendiente descendente en función del caudal, el aire y el diámetro de la tubería, para ello se determinó la descarga de agua necesaria para evitar la acumulación de aire. Así mismo se determinó la descarga de agua necesaria para evitar la acumulación de aire. En caso de que la descarga de agua fuera menor que la descarga de agua requerida se ha medido la acumulación de aire y la pérdida de carga adicional de la bolsa de gas. Los resultados muestran que la descarga volumétrica de aire tan pequeña como el 0,1% de la descarga de agua se acumula en una sección con pendiente descendente. Los datos experimentales cubren los cuatro regímenes de flujo del transporte aéreo impulsado por agua, flujo estratificado, de retroceso, de tapón y de burbujas dispersas. Así como también el análisis de los resultados experimentales muestra diferentes números adimensionales que caracterizan ciertos regímenes de flujo, por ejemplo, el número de Froude de la tubería

determina la transición de retroceso a flujo pistón, mientras que la pérdida de carga de la bolsa de gas en el régimen de flujo de retroceso sigue una escala de número Weber de tubería. Es así que la investigación propone un modelo numérico para la predicción de la descarga de aire en función de los parámetros relevantes del sistema, pues la novedad de este trabajo es la presentación de datos experimentales y un modelo numérico que cubren todos los regímenes de flujo en el transporte aéreo por agua que fluye en tuberías inclinadas hacia abajo.

Jabari et al., (2021), realizaron la investigación: *Scour control around Submerged pipeline on the river bed using an impermeable Spoiler*. El objetivo de la investigación fue realizar experimentos de control de socavación instalando formas geométricas llamadas spoiler como alerones debajo de la tubería sumergida colocada en el lecho del río y así determinar el rendimiento del control de socavación. Así mismo se construyó un canal rectangular de vidrío donde se instalaron las tuberías de cuatro diferentes diámetros, cuatro caudales variables y cuatro anchos de spoiler, en condiciones de agua clara. Los resultados sugirieron la eficiencia del spoiler para reducir la longitud, pero aumentar la profundidad de la socavación, en promedio, la incorporación del alerón redujo la socavación debajo de la tubería en un 21% de longitud y la hizo aproximadamente en un 22% más profunda. Además, tanto con la tubería como con el spoiler debajo de ella, se obtuvo el máximo incremento en la profundidad de socavación del 55% con un ancho relativo de 0.26 y un diámetro de tubería de 4,8 cm a Fr = 0,42.

Beyvazpour et al., (2021), realizaron la investigación: *Improvement of pressurized flushing efficiency by installing a single pile upstream of the orifice.* El objetivo de la investigación es aumentar la eficiencia del lavado presurizado para la limpieza de sedimentos de los embalses de una presa utilizando un modelo experimental donde se evalúen los impactos de la forma y el tamaño del orificio en el comportamiento del flujo circundante para ello se estudió los patrones de flujo aguas arriba de la salida inferior de las presas con uno o varios orificios,

desarrollando así un nuevo método de solución para resolver las ecuaciones del flujo aguas arriba del orificio, sobre los efectos de la dimensiones de la salida en el tamaño del cono de descarga en los embalses. Al mismo tiempo investigaron el lavado presurizado de sedimentos no cohesivos mostrando a través de un análisis de sensibilidad que la profundidad del agua sobre el orificio y la velocidad del flujo de salida, para ello se tomaron los parámetros más efectivos en cuando al desarrollo inicial y el equilibrio de socavación. Como resultados se obtuvieron que la eficiencia de lavado a los 1000 s del experimento de referencia, se obtuvo una eficiencia de 0,00002 y una tasa de descarga de Q = 4,17 l. −1. En las mismas condiciones se obtuvo una eficiencia de lavado de 0.00017 con pilote Tipo E a Q = 4.17 l y una distancia relativa de lo que sugiere una mejora del 750 % en la eficiencia de lavado en comparación con la configuración de referencia. En conclusión, la instalación de pilotes tipo E tuvo un impacto significativo en la eficiencia del lavado. Es evidente que en este caso se logró una mejora más significativa de la eficiencia que los enfoques propuestos, concluyendo que cuando hay un aumento de diámetro de la compuerta se puede generar una salida más fuerte expulsando así más depósitos, también se concluyó que la densidad de los depósitos era el factor más importante en el tamaño final de socavación y que los patrones de velocidad aguas arriba del orificio en condiciones de lecho fijo y lecho móvil se desarrollaron de manera similar en ambos casos.

Salehi & Azimi, (2022), presentaron su investigación: *Effects of spoiler and piggyback on local scour under single and twin submerged pipes.* Esta investigación tiene como objetivo realizar experimentos de laboratorio para investigar los efectos spoiler y piggyback en el flujo y la formación de socavación local debajo de tuberías sumergidas simples y gemelas. La forma y la orientación del alerón y el piggyback, se probaron en tubos simples y gemelos a diferentes distancias entre sí y para el experimento se diseñaron tres formas rectangulares, triangulares y circulares y se midieron los perfiles de socavación local para cinco ángulos de orientación de θ = 90°, 135°, 180°, 225° y 270°. Se empleó la

visualización de flujo para estudiar los efectos del spoiler y el piggyback en el campo de vórtice trasero. El campo de velocidad se midió con una sonda de Velocímetro Doppler Acústico (ADV) y las magnitudes de energía cinética turbulenta θ(TKE) alrededor de las tuberías se extrajeron de la serie temporal de datos de velocidad. Se realizó también un análisis de cuadrante basado en datos de velocidad para estudiar el efecto de los spoilers en la transferencia de momento turbulento entre tubos gemelos y los coeficientes de energía y momento, se extrajeron de los perfiles de velocidad, lo que indica una interrupción significativa del campo de velocidad y provoca un arrastre adicional en la tubería trasera. Una comparación de los perfiles del lecho de equilibrio indicó que las profundidades de socavación pico mínima y máxima ocurrieron cuando un spoiler rectangular con θ = 180° y un piggyback circular con θ = 270°, respectivamente. El mecanismo de auto entierro se examinó alternando las posiciones de los piggybacks y spoilers en tubos gemelos. La tubería de aguas abajo estaba enterrada cuando el spoiler o el piggyback estaban en la tubería de aguas arriba. Se encontró que la tasa de auto entierro se redujo a medida que aumentaba la distancia entre dos tuberías.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Yaranga Prado, (2018), presentó el trabajo de investigación: *Optimización en el diseño de redes de alcantarillado mediante programación dinámica,* con el objetivo de desarrollar un algoritmo para facilitar y optimizar los procedimientos en determinar las pendientes, diámetros de las redes colectoras y emisoras, también determinar las profundidades de los buzones para así proporcionar el costo más óptimo cumpliendo con las velocidades y fuerzas tractivas. Los resultados obtenidos basados en la programación dinámica con Matlab2017, fue que se ha logrado optimizar el costo de diseño de la red de alcantarillado mediante le modelo propuesto en un 4,869%, se ha conseguido realizar un modelo matemático que incorpora los parámetros establecidos de acuerdo al RNE-OS070.

Alejos Castillo, (2021), presentó la investigación: *Propuesta Técnica para cambio de redes de alcantarillado en la urbanización Miramar, distrito de San Miguel, provincia y departamento de Lima,* con el objetivo de evaluar el Sistema de Alcantarillado de la urbanización Miramar ya que sus instalaciones tienen una antigüedad de más de 40 años y estas han sido construidas principalmente con tuberías de concreto simple normalizado con este fin se realizó un modelamiento hidráulico con el software Sewercad, de donde se obtuvieron resultados para un tiempo de vida útil de 20 años donde se identificó la necesidad de cambio de tuberías a un tipo de polietileno para un mejor comportamiento hidráulico y el remplazo de 359 buzones.

Cusi Huaman, (2020), presentó el trabajo de investigación: *Comportamiento hidráulico de redes de alcantarillado sanitario por deformación de tuberías, distrito de Chilca, región Junín 2019,* Con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico en las redes de alcantarillado, cuando se deforman o sufren deflexiones verticales. Como resultado se obtuvieron deflexiones de 2.59%, 2.64% y 1.16% en las diferentes calicatas de estudio, estas deflexiones están dentro del límite permitido que es un 7.5% según la norma ATMS D3034. Para tuberías de PVC – UF, DN =10", S-25, SDR-51, M/NICOLL. De esta investigación se concluyó que la deflexión influye en la variación del comportamiento hidráulico del flujo del alcantarillado.

2.1.3. Antecedentes locales

Requena Machuca, (2018), presentó el trabajo de investigación: *Tránsito de avenidas en el cauce natural del río Ichu mediante redes neuronales artificiales,* con el objetivo de determinar el la influencia del cauce del río Ichu en el tránsito de avenidas mediante redes neuronales artificiales, el área de estudio utilizada en la investigación fue la cuenca del río Ichu específicamente aguas arriba del río Ichu, con un área de influencia de 607 km2 aproximadamente, para ello se realizó un modelo calibrado y validado de proceso lluvia – escorrentía con datos que se registraron en 6 estaciones meteorológicas y en una estación hidrológica ubicadas

a lo largo de la cuenca del río Ichu, el tránsito del hidrograma fue analizado con el método de Muskingun-Cunge, para así obtener resultados de datos históricos para los 5 tramos del río Ichu, como resultado de ello se ha obtuvo 39 avenidas históricas entre los años 2016 y 2017. Dentro de la investigación el modelo HEC-1 fue colocado para modelar la causa de lluvia – escorrentía, del cual dio como resultado valores de coeficientes de eficiencia Nash-Sutcliffe (E) iguales a 0.851 y 0.828, para el calibrado y validación, a consecuencia de ello se construyó las redes neuronales artificiales con heterogéneas arquitecturas para adiestrar y localizar la arquitectura sobresaliente que se ajuste al mencionado fenómeno, como resultado final de la investigación se acertó con la red neuronal artificial con arquitectura 1-5-1 que enseña un mejor ajuste, esta red obtuvo valores de E=0.881 en la etapa de entrenamiento y 0.859 en la validación.

Belito Paquiyauri, (2018), presentó el trabajo de investigación: *Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica,* con el objetivo de estudiar el diseño de las redes de alcantarillado sanitario del barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, ya que debido a que a la inexistencia un sistema de tratamiento de aguas residuales se está generando que los desagües desemboquen directamente al río Ichu, contaminado al medio ambiente y violando la normativa legal. Es por ello que el investigador planteo un modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario de donde obtuvo información topográfica del terreno, así como planos de lotización de la población actual y futura, caudales de diseño y otros parámetros que fueron importantes para el modelamiento hidráulico. como resultado de ello se utilizó el programa de SewerGEMS CONNECT EDITION, que es un software de diseño de sistemas de alcantarillado donde se obtuvo la mejora del sistema de alcantarillado de aguas residuales evitando la contaminación y brindando mejores servicios a los usuarios, los parámetros obtenidos como caudales, velocidades, tensión tractiva, diámetros, relación

tirante/diámetro y profundidades de las cámaras de inspección, cumple con las condiciones indicadas del RNE.OS.070 de redes de aguas residuales.

2.2. Bases teóricas sobre la investigación.

2.2.1. Efecto hidráulico

Los efectos hidráulicos son fenómenos hidráulicos producto del cambio de las características hidráulicas, los cuales pueden ser la geometría, pendiente de un canal, velocidad de flujo, caudal, entre otros.

2.2.2. Presión hidráulica

La presión hidráulica se basa en el Principio de Pascal, establecido por el matemático francés Blaise Pascal en 1647-1648. El Principio de Pascal es un principio de la mecánica de fluidos que establece que la presión en un punto tiene una dirección infinita, y por lo tanto la presión cambiada en cualquier punto en un líquido incompresible presurizado se transmite a través del fluido, de tal forma que el mismo cambio ocurre en todas partes.

El principio, cuando se escribe matemáticamente, es el siguiente: $\Delta P = \rho g \times (\Delta h)$.

2.2.3. Fluido hidráulico

El fluido hidráulico es el medio a través del cual un sistema hidráulico transmite su energía y, teóricamente, se puede utilizar prácticamente cualquier fluido. Sin embargo, debido a la presión de operación (3000 a 5000 psi) que la mayoría de los sistemas hidráulicos generan en combinación con las condiciones ambientales y los estrictos criterios de seguridad bajo los cuales debe operar el sistema, el fluido hidráulico que se utiliza debe tener las siguientes propiedades:

- **Alto punto de inflamación.**

  En el caso de una fuga hidráulica, no debe producirse la ignición del fluido a las temperaturas normales de funcionamiento de los componentes circundantes. Se han desarrollado fluidos hidráulicos especiales con

propiedades resistentes al fuego. La temperatura de auto-ignición de la mayoría de los fluidos hidráulicos está en el rango de 475 grados centígrados.

- **Viscosidad adecuada.**

  Los sistemas hidráulicos deben funcionar eficientemente en un amplio espectro de temperaturas. El fluido utilizado debe fluir fácilmente a temperaturas muy bajas, pero también debe mantener una viscosidad adecuada a altas temperaturas. El aceite hidráulico ideal tendrá un punto de congelación muy bajo y un punto de ebullición muy alto.

- **Propiedades del lubricante.**

  El fluido hidráulico actúa como lubricante para las bombas, actuadores y motores del sistema. El fluido debe tener propiedades anticorrosivas y ser térmicamente estable.

- **Capacidad térmica/conductividad.**

  El fluido hidráulico actúa como refrigerante del sistema. El fluido debe ser capaz de absorber y liberar calor fácilmente.

2.2.4. Fluido

Según Saldarriaga V, (2001), en su libro *Hidráulica de Tuberías,* manifiesta que:

Un fluido es una sustancia que no puede resistir esfuerzo cortante. Si este se presenta, el fluido se deforma y continúa deformándose mientras el esfuerzo cortante exista. Si este proceso de deformación continua, las diferentes partes del fluido cambian de posición relativa en forma permanente, a la vez que tiene un movimiento relativo con respecto a un contorno sólido. Esta combinación de movimiento se le conoce como flujo. (págs. 2,3)

2.2.5. Tipos de fluido

- **Flujo uniforme permanente:** Ninguna de las características del flujo (presión y velocidad), varían en el espacio y/o el tiempo.
- **Flujo uniforme no permanente**: Las características no varían con el espacio, pero sí con el tiempo. Es muy difícil encontrar este tipo de flujo en la naturaleza, debido a que los cambios tendrían que ocurrir en forma simultánea a todo lo largo de la tubería (la velocidad de la señal de cambio tendría que ser infinita).
- **Flujo variado permanente:** Las características del flujo varían con el espacio, pero no con el tiempo. Existiendo dos subtipos de flujo:
    - **Gradualmente variado:** Los cambios en las características del flujo (presión y velocidad) son graduales a lo largo de la dirección principal de este.
    - **Rápidamente graduado:** Los cambios en las características del flujo son abruptas a lo largo de la dirección principal de este.
- **Flujo variado no permanente:** Las características del flujo varían con el espacio y con el tiempo. En el caso de tuberías, el flujo no permanente está relacionado con el fenómeno de golpe de ariete.

2.2.6. Flujo uniforme

Saldarriaga V., (2001), nos dice: “en un flujo uniforme las características del flujo (presión y velocidad) permanecen constante en el espacio y/o tiempo ” (pág. 3)

2.2.7. Flujo laminar

Giles, (2009), explica que: “En el flujo laminar las partículas se mueven según trayectorias paralelas, formando el conjunto de ellas capas o láminas” (pág. 160).

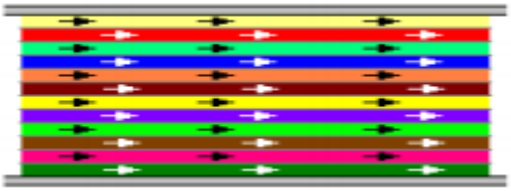


Figura 1: Sentido del flujo laminar
Fuente: Cimbala & Cengel

2.2.8. Flujo turbulento

Según Giles, (2009), nos dice: "En el flujo turbulento las partículas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones" (pág. 161)

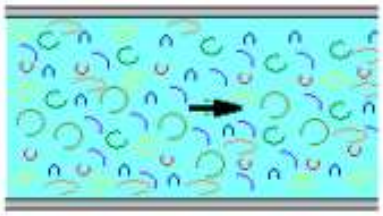


Figura 2: Sentido del flujo turbulento
Fuente: Cimbala & Cengel

2.2.9. Número de Reynolds

Mott, (2004), explica: "es la relación de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido a la naturaleza viscosa" (pág. 231)

$$N_R = \frac{VD}{v}$$

Donde:

V: Velocidad

D: Diámetro

v: Viscosidad Cinemática del fluido

Los flujos tienen números de Reynolds grandes debido a una velocidad elevada y/o una viscosidad baja, y tienden a ser turbulentos. Aquellos fluidos con Reynolds bajos tienden a tener viscosidades altas, que ocasionan que el fluido se mueva lento y se comporten en forma laminar.

La práctica ha demostrado que el flujo en tuberías está definido para flujos laminares menores a 2000 de número de Reynolds, tiene un comportamiento laminar, y mayores a 4000 el flujo será turbulento.

2.2.10. Pérdidas de energía por fricción en el flujo laminar

(Mott, 2004), Cuando existe un flujo laminar, el flujo se mueve en varias capas, unas sobre otras. Debido a la viscosidad del fluido, se crea un esfuerzo cortante entre sus capas. Se pierde energía del fluido por la acción de las fuerzas de fricción, que son producidas por el esfuerzo cortante, (pág. 233).

Es posible obtener una relación entre la pérdida de energía y los parámetros mensurables del sistema de flujo. Ecuación de Darcy

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_L: Pérdida de energía debido a la fricción.

L: Longitud de la corriente de flujo.

D: Diámetro de la tubería.

V: Velocidad promedio del flujo.

f: Factor de fricción.

2.2.11. Pérdidas de energía por fricción en el flujo turbulento

Mott, (2004), explica: “Cuando existe un flujo turbulento en tuberías, es más conveniente usar la ecuación de Darcy para calcular la perdida de energía debido a la fricción” (pág. 235)

Para el cálculo del valor de fricción *(f)* se deber recurrir a los datos experimentales, que están de acuerdo al número de Reynolds y a la rugosidad relativa de las tuberías. Donde la rugosidad relativa está en la relación del diámetro de la tubería (*D)* y la rugosidad promedio de la pared.

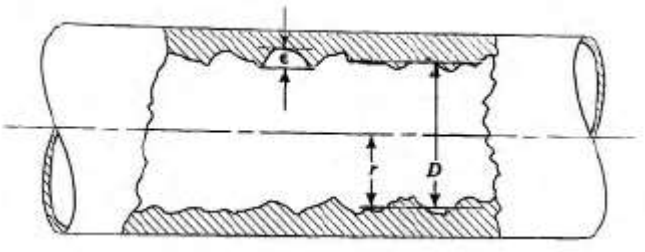


Figura 3: Rugosidad en la pared de una tubería
Fuente: Mott

2.2.12. Ecuación de Bernoulli

Cengel & Cimbala, (2020), usar la ecuación de Bernoulli es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en donde las fuerzas netas de fricción son despreciables. (pág. 185).

Debe tenerse cuidado cuando se utiliza la ecuación de Bernoulli, porque es una aproximación que sólo se aplica a las regiones no viscosas del flujo. En general, los efectos de la fricción siempre son importantes muy cerca de las paredes sólidas (capas límite) y directamente corriente abajo de los cuerpos (estelas). Por tanto, la aproximación de Bernoulli es útil por lo general en regiones del flujo por fuera de las capas límite y estelas, en donde el movimiento del fluido lo rigen los efectos combinados de la presión y la gravedad.

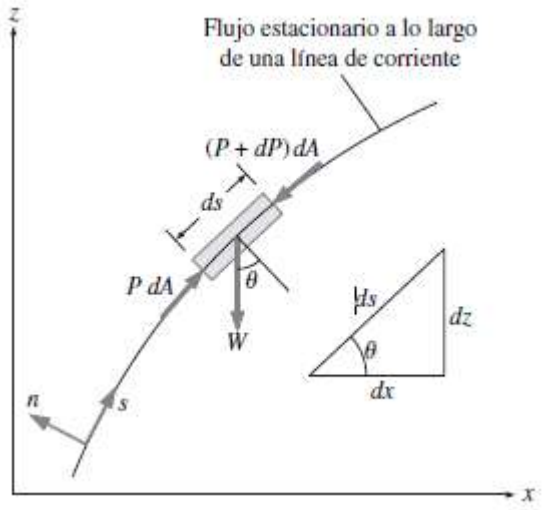


Figura 4: Fuerzas actuantes en una partícula del fluido
Fuente: Cengel & Cimbala

Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P}{p} + \frac{V^2}{2} + gz = constante\ (a\ lo\ largo\ de\ una\ línea)$$

Donde:

P: Presión

p: Densidad del fluido.

V: Velocidad

g: gravedad

z: carga potencial.

2.2.13. Sistemas de alcantarillado

López, (1995) nos explica que:

El sistema de alcantarillado consiste en una seríe de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por lluvia. De no existir estas de

recolección de aguas, se pondría en gran peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y además, se causarían imporantes pérdidas materiales (pág, 265).

Perez Carmona, (2013) menciona que: “En todo lugar o población que cuente con un sistema de suministro de agua, de cualquiera que sea su procedencia, requiere un sistema de evacuación llamado alcantarillado” (pág. 03).

Las aguas residuales pueden tener varíos orígenes a saber:

Aguas residuales domésticas.- Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente de materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

Aguas residuales industriales.- Se originan de los desechos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como: plomo, mercurio, níquel, cobre entro otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

Agua pluvial.- Proviende de la precipitación pluvial y, 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, químicos, pueden contener algunis metales pesados y otros elementos químicos.

Los sistemas de alcantarillado son de dos tipos: convencionales y no convencionales:

2.2.13.1. Alcantarillado convencional

CONAGUA, (2009), Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado Sanitario. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en su libro manifiesta:

Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen en el caudal: densidad y estimación futura. Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor dentición y control de los parámetros de diseño, en especial del caudal. (pág. 5)

Los sistemas de alcantarillados convencionales se clasifican, según el tipo de agua que conduzcan:

- **Alcantarillado separado. -** Un sistema de alcantarillado separado es aquel en el cual se independiza la evacuación de las aguas residuales y lluvias.
    - **Alcantarillado sanitario. -** Se diseña para recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas domésticas, de establecimientos comerciales y pequeñas plantas industriales; por lo general, las aguas negras sin fermentación son ligeramente alcalinas o neutras y bastantes diluidas, por lo tanto, un sistema sanitario bien proyectado, construido y conservado, el problema de la corrosión queda reducido al mínimo, siempre que la velocidad de la corriente sea la suficiente para arrastrar desperdicios hasta el punto de descarga antes que se inicie el proceso de putrefacción. En conductos viejos, cuando la corriente es lenta o se es tan debido al mal alineamiento o asentamiento del conducto, pueden acumularse en ciertos puntos materias orgánicas putrescibles.

- **Alcantarillado pluvial. -** Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.

➢ **Alcantarillado combinado**

Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de lluvia.

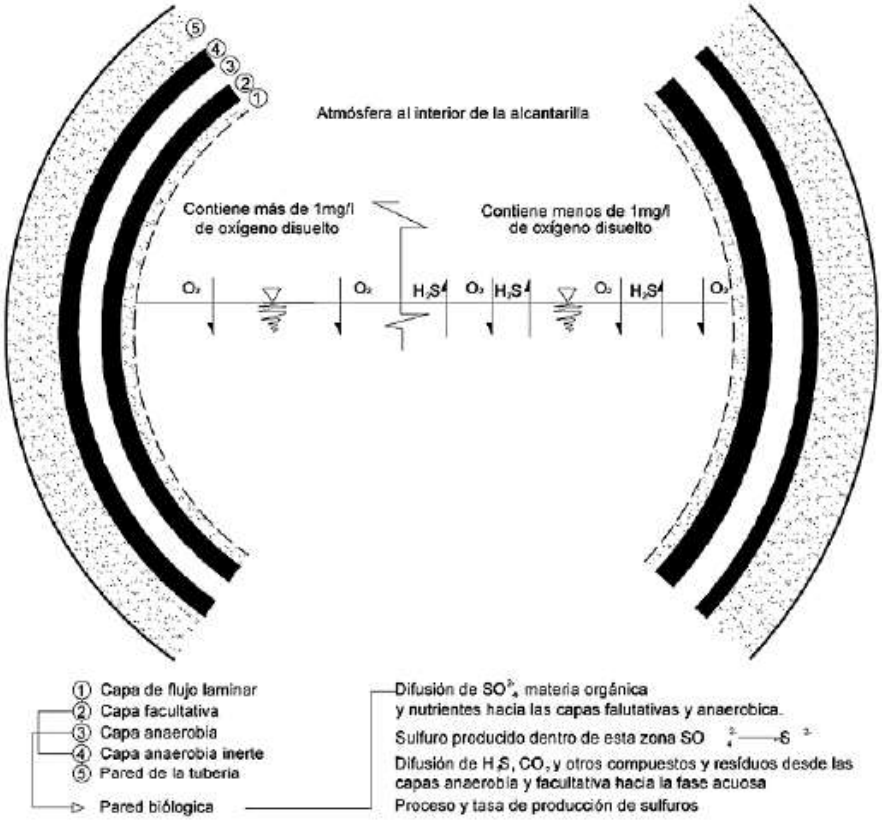


Figura 5: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado.
Fuente: Cimbala & Cengel.

2.2.13.2. Alcantarillado no convencional

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limitan a la evacuación de las aguas residuales.

- **Alcantarillado simplificado. -** Un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos alineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de equipos de mantenimiento.

- **Alcantarillado con domínales. -** Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menos a una hectárea y las conducen a un sistema de alcantarillado convencional.

- **Alcantarillado sin arrastre de sólidos. -** Son conocidos también como alcantarillados a presión, con sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistemas de alcantarillado convencional a través de tuberías con energía uniforme, trabajando a presión en algunas secciones de la tubería.

  El tipo de alcantarillado que se use depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas de cualquier proyecto. Por ejemplo, en algunas localidades pequeñas, con determinadas condiciones topográficas, se podría pensar en un sistema de alcantarillado sanitario inicial, dejando correr las aguas de lluvia por las calles, lo que permite aplazar la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial hasta que sea una necesidad. Unir las aguas residuales con las aguas de lluvia, alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas

residuales, por la variación de los caudales, lo que genera perjuicios en el sistema de tratamiento de aguas. Por lo tanto, hasta donde sea posible se recomienda las separaciones de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y pluviales.

2.2.14. Elementos del alcantarillado

López, (1995), menciona: "La red de alcantarillado, ademas de los colectores o tuberías, esta constituido por otras estructuras hidráulicas diseñadas para permitir el correcto funcionamiento del sistema" (pág. 270).

Entre otras se pueden mencionar las siguientes:

- Pozos de inspección
- Cámaras de caída
- Aliviaderos frontales o laterales.
- Sifones invertidos.
- Sumideros y rejillas
- Conexiones domiciliarias.

2.2.15. Modelos físicos

Según Mateos, (2000), los modelos físicos en obras hidráulicas que se caracterizan por ser realidades más accesibles y fáciles de manejar que en un proceso hidráulico real ya que muestran un comportamiento aproximado a este proceso, de esa manera los profesionales podemos ser capaces de saber que pasara con el prototipo planteado en situaciones de prueba mediante la observación del comportamiento del modelo. Así mismo se menciona que se debe presentar el modelo mental como una base del resto de modelos matemáticos y analógicos, que se caracterizan por estar en la capacidad de resolver un sistema de ecuaciones pues estas se llevan a cabo mediante herramientas matemáticas, mientras que en los modelos analógicos se utiliza un

modelo físico o reducido ya que es un prototipo de una réplica a escala del proceso a estudiar. También podemos decir que con los modelos físicos o reducidos se identifican casos analógicos pues en estos modelos el flujo se simula con un fluido, si bien las dimensiones y otras magnitudes del modelo son por lo general menores que las del prototipo y guardando las proporciones fijas en cada modelo y características de cada magnitud llamadas escalas. Lo característico de este modelo es que la certidumbre de las ecuaciones se rigen modelo y prototipo son las mismas además de estos modelos están los modelos híbridos formados por modelos físicos y matemáticos.

2.2.16. Semejanza hidráulica

Para (Mateos, 2000, p. 2), "se trata de obtener el modelo en el que las determinadas magnitudes queden representadas a escalas apropiadas". Desde un punto de vista hidráulico restringido (fluido homogéneo e contorno fijo), las magnitudes también serán:

- **Geométricas**: Longitudes, áreas y volúmenes con sus formas.
- **Cinemáticas**: Tiempos velocidades, aceleraciones y caudales.
- **Dinámicas**: Masas, fuerza, presiones, pesos específicos, cantidades de movimiento, energías, tensiones superficiales, densidades y viscosidades.

Las consideraciones sobre su fiabilidad se complementan con otras que son de características del laboratorio que pueden ser el espacio disponible, capacidad de bombeo, equipos de medida, observación, y control necesario de personal especializado para construirlo y operarlo.

2.2.17. Modelos de Euler

Según Mateos, (2000), "son modelos que solo consideran relevantes las fuerzas de contacto y las de inercia". Para que esto sea válido también debemos considera que el análisis este fuera del campo gravitatorio, pues siendo flujos combinados de contorno fijo, la acción gravitatoria y la presión se integran en la

cota piezométrica y si los efectos de la disipación de energía son deducibles a expresiones de forma. Estos modelos de Euler pueden ser aplicables siempre cuando las variaciones del caudal son inexistentes o muy lentas, incluso pueden tener tramos de régimen libre siempre que el modelo o el prototipo tenga bien el número de Froude muy bajo F<0.2 o bien uno muy alto F>6. Usualmente se adoptan la de longitudes $\hat{L}$y la de caudales $\hat{Q}$. A partir de ellas se obtienen las restantes escalas que si el líquido es el mismo que en prototipo resultan ser: velocidades $\hat{Q}/\hat{L}$; diferencia de cotas piezométricas $\hat{Q}^2/\hat{L}^4$; tiempos $\hat{L}^3/\hat{Q}$; aceleraciones $\hat{Q}^2/\hat{L}^5$.

2.2.18. Río Ichu

Es un río ubicado en la región de Huancavelica en la parte suroccidental del Perú, este río es formado por los ríos Cachimayo y Astobamba los cuales nacen en los nevados Huamanrazo, Antarazo y Carhuarazo de la cordillera de Chonta ubicada en la provincia de Castrovirreyna, en su recorrido cruza la ciudad de Huancavelica, Yauli y Acoria y finaliza su recorrido en el distrito de Mariscal Cáceres para terminar confluyendo con el río Mantaro.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Velocidad

Díaz Solórzano & González Díaz,(2010), define a la velocidad como : "la razón de cambio de los diferentes lugares que ocupa una partícula durante su recorrido hacia un lugar".

La velocidad es la magnitud física que expresa la variación de posición de un objeto en función del tiempo, o distancia recorrida por un objeto en la unidad de tiempo. Se suele representar por la letra "V". La velocidad puede distinguirse según el lapso considerado, por lo cual se hace referencia a la velocidad instantánea, la velocidad promedio, etc. En el sistema internacional de unidades su unidad de medida es el metro por segundo (m/s). (Contributors, 2019)

2.3.2. Presión

Cengel & Cimbala, (2020), define a la presión como:

> Una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Se habla de presión solo cuando se trata de un gas o líquido. La contraparte de la presión en los sólidos es el esfuerzo normal. Puesto que la presión se define como una fuerza por unidad de área, tiene la unidad de newtons por metro cuadrado (N/m2), la cual se llama pascal (pa). (pág. 66)

$$Pa = 1\frac{N}{m^2}$$

Giles, (2009), En su libro *"Mecánica de los fluidos e hidráulica"*, conceptualizarón (págs. 17,18):

> La presión viene expresada por una fuerza dividida por una superfiicie. En general:
>
> $$p = \frac{dF}{dA}$$
>
> La presión viene medida comúnmente en *Kp/m2, kp/cm2* o *Pa(N/m2)* dependiendo de las unidades utilizadas para medir la fuerza y las superficies.
>
> Cuando la fuerza *F* está uniformemente distribuida sobre la superficie, se tiene:
>
> $$p = \frac{F}{A}$$

2.3.3. Tirante

Alejos Castillo, (2021), menciona el tirante como: "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. (Norma OS. 070 RNE-2006)" (pág. 14).

2.3.4. Caudal

Martin Domingo, (2011), explica que: "El caudal se define como la masa que atraviesa una sección en una unidad de tiempo y viene a ser dada por la siguiente expresión: " (pág. 28)

$$Qm = \frac{dm}{dt} = p_1 A_1 v_1$$

2.3.5. Pendiente

Alejos Castillo, (2021), menciona, que la pendiende de las tuberías deben cumplir la condición de autolimpieza aplicando el criterio de tensión tractiva. Cada tramo deber ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media (σt) con un valor mínimo de $\sigma t = 10\ Pa$, calculada para el caudal inicial Qi, valor correspondiente para un coeficiente de maning n=0.013 (Norma OS. 070 R.N.E 2006). (pág. 14)

La pendiente mínima S_{min} de auto limpieza puede determinarse por la siguiente expresión aproximada:

$$S_{min} = 0.0055 x Q_i - 0.47$$

2.3.6. Obras de alcantarillado

VIERENDEL, (1990), menciona que las obras de alcantarillado: Está conformado por una serie de conductos subterráneos cuyo objetivo es eliminar por transporte hidráulico loas sustancias inconveniente que pueden ser acarreados o conducidos por el agua.

2.3.7. Sistemas de alcantarillado

Según Perez Carmona, (2013), es un conjunto de obras hidráulicas cuya finalidad es recolectar, conducir y disponer de aguas y de lluvias, para evitar que se originen problemas de tipo sanitario e inundaciones. También se entiende por Sistema de Alcantarillado al conjunto de acciones, materiales o no destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas de origen pluviales causen daños

a las personas o las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana. Dentro del término de aguas pluviales quedan comprendidas no solamente las originales de las precipitaciones que caen directamente sobre las aguas urbanizadas que conforman la población sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas pero discurran a través de la ciudad, bien sea por los causes naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

Clasificación de los sistemas de alcantarillado.

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

A) Alcantarillado sanitario:

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

B) Alcantarillado pluvial:

Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser infiltración, almacenamiento ó depósitos y cauces naturales.

C) Alcantarillado combinado:

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

D) Alcantarillado semi-combinado o mixto:

Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área ó conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona (s), que se consideran excedencias, que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración, para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales.

E) Sistema de alcantarillado único:

Es donde se recolectan las aguas servidas y las lluvias en un mismo canal.

F) Sistema de alcantarillado separado:

Es la recolección de aguas servidas y de lluvia es independiente.

También pueden ser unitarios o separativos.

- **Unitario**

  Funciona tanto el desagüe sanitario y el desagüe pluvial.

- **Separativo**

  El desagüe sanitario y el desagüe pluvial funcionan independiente.

Los sistemas de alcantarillado trabajan por gravedad o bajo condiciones de flujo variado no uniforme.

2.3.8. Redes de alcantarillado

Según (VIERENDEL, 1990 p. 124), los tipos de redes de alcantarillado son:

- **Alcantarillado de servicio local**

Es el que está construido por las tuberías que reciben conexiones prediales. Se admitirán conexiones prediales únicamente hasta con tuberías de 400 mm (16”). El diámetro mínimo será de 200 mm (8”).

- **Colectores**

Son construidos por tuberías que reciben las descargas de aguas servidas por el alcantarillado de servicio local.

- **Emisores**

Son las tuberías que están constituidos por las líneas conductoras de las aguas servidas, hasta la disposición final o hasta la instalación de un tratamiento.

2.3.9. Cálculo hidráulico

(VIERENDEL, 1990, p. 125), menciona que las fórmulas que se recomiendan para el cálculo hidráulico, siendo las de Ganguillet y Kutter y las de Manning.

- Formula de Ganguillet y Kutter

$$V = C\sqrt{RS}$$

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{S})\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

- Formula de Manning

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

Donde:

C: Coeficiente de Chezy.

R: Radio Hidráulico.

S: Pendiente.

n: Coeficiente de Manning

Los caudales del sistema se calcularán de acuerdo a:

- Se considera que el 80% del caudal de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado. Para los efectos de la capacidad de diseño de dicho sistema, el porcentaje anterior se aplica al caudal correspondiente al máximo anual de la demanda horaria.
- El agua de infiltración de los sistemas de alcantarillado está en relación a: los terrenos saturados de aguas freáticas, la permeabilidad del suelo y la clase de tuberías a emplearse.
- El agua de lluvias que pudiera incorporarse al caudal del sistema de alcantarillado, deberá establecerse en base de su ingreso por las cámaras de inspección y por el drenaje correspondiente a las conexiones prediales. En general.
  0.0002 l/seg/mts < qi < 0.0008 l/seg/mts
- El dimensionamiento del sistema de alcantarillado se hará para la conducción de los caudales máximos con una altura de flujo de 75% del diámetro de la tubería.
- La velocidad mínima de escurrimiento será de 0.6 mts/seg, para el flujo correspondiente al 50% del caudal máximo.

2.3.10. Cámara de inspección

(VIERENDEL, 1990, p. 126), menciona que se deberán instalar cámaras de inspección en los encuentros de tuberías, en los cambios de dirección, cambios de diámetro y pendientes.

- La profundidad mínima será de 1.20 mts.
- Diámetro interior:

- 1.20 mts, para tuberías hasta 800 mm.
- 1.80 mts, pata tuberías hasta de 1200 mm.
- Para diámetro mayores, serán de diseño especial.

- Espaciamiento máximo entra cámaras:
  - 120 mts, en tuberías hasta 600 mm (24”).
  - 250 mts, para tuberías mayores de 600 mm
- En las cámaras de inspección de más de 2mts, de profundidad, se pueden aceptar tuberías que no lleguen al nivel del fondo, siempre y cuando su cota de llegada sea de 0.50 mts, amas sobre el fondo de la cámara de inspección.

2.3.11. Pendientes mínimas

De acuerdo con (VIERENDEL, 1990, p. 126), las pendientes mínimas de diseño, serán de acuerdo los diámetros y para las condiciones de tubo lleno serán aquellos que satisfagan la velocidad mínima de 0.60 m/seg.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El efecto hidráulico produce el colapso de las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. El efecto hidráulico produce el incremento de la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.
2. El efecto hidráulico produce la disminución del caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.
3. El efecto hidráulico produce la disminución de la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.
4. El efecto hidráulico produce el incremento de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.

2.5. Variables

2.5.1. Variable independiente

1. Efecto Hidráulico

    a. Caudal del Río Ichu.

2.5.2. Variable dependiente

1. Tuberías de alcantarillado sumergidas

    a. Pendiente (%)

    b. Caudal (m3/s)

    c. Velocidad (m/s)

    d. Presión (Pa)

2.5.3. Definición operativa de variables

	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Tipo
INDEPENDIENTE	Efecto Hidráulico	Los efectos hidráulicos son fenómenos hidráulicos producto del cambio de las características hidráulicas como la geometría, pendiente de un canal, velocidad de flujo, caudal, entre otros.	Para la variable de efecto hidráulico, se ha considerado la dimensión del caudal del río Ichu debido a que el caudal como causa genera efectos hidráulicos que serán evaluados en el modelo físico y numérico.	• Caudal del río Ichu (m3/s)	Cuantitativo continuo
DEPENDIENTE	Tuberías de alcantarillado sumergidas.	Es un medio para para recolectar y transportar las aguas residuales y pluviales, desde donde se origina la descarga hasta el sitio donde se va a depositar y tratar el agua, se necesita un sistema completamente artificial de alcantarillado.(**Duque Villareal, 2013**, p. 15)	Para la variable estudiada de tuberías de alcantarillado sumergidas, se ha considerado la pendiente, el caudal, la velocidad y la presión como causas que serán evaluadas en el modelo físico y numérico.	• Pendiente (%) • Caudal (m3/s) • Velocidad (m/s) • Presión (Pa)	Cuantitativo continuo

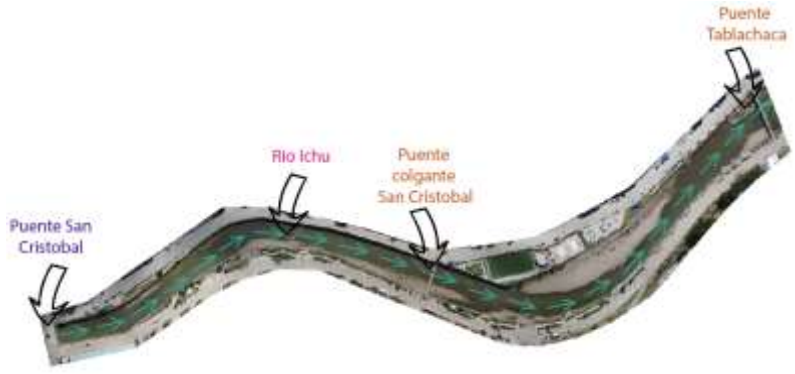
Tabla 1: Tabla de variables.
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial

El ámbito de estudio está ubicado en el departamento de Huancavelica, provincia de Huancavelica, distrito de Huancavelica, en el río Ichu, en el tramo del puente San Cristóbal al puente Tablachaca, lugar donde se ubican tuberías de alcantarillado.



Fotografía 1: Vista aérea del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia, fotografía aérea.

3.2. Tipo de investigación

Es aplicada porque “se ocupa de la solución de problemas prácticos, dentro de la aplicación de la ciencia” (Niño Rojas, 2011, p. 138)

“La investigación aplicada busca la generación de conocimientos con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo” (Lozada José, 2014, p. 34)

En la investigación se verá el efecto hidráulico que se produce en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, ubicado en el tramo del puente San Cristóbal hasta el puente Tablachaca.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es EXPLICATIVO, “Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de la relación causa-efecto” (Gonzales Casas et al., 2011, p. 144)

Se manipulará el efecto hidráulico, cambiando la pendiente de desfogue de las tuberías con el fin de esperar resultados adecuados y explicados.

3.4. Diseño de investigación

El diseño PRE EXPERIMENTAL, según Hernández Sampieri et al., (2010), es el “Diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo” (pág. 221). Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad

El diseño de investigación que se aplica en el trabajo de investigación es pre experimental, con diseño de un grupo con PRE PRUEBA Y POS PRUEBA.

Figura 6: Grupo pre experimental
Fuente: Elaboración propia

3.5. Población muestra y muestreo

3.5.1. Población

Briones, (2022), esplica que la población o el universo : Es el conjunto de unidades que componen el colectivo en el cual se estudiará el fenómeno expuesto en el proyecto de investigación. (…) La delimitación exacta de la población es una condición necesaria para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. (pág. 57)

"La población está constituida por una totalidad de unidades vale decir, por todos aquellos elementos (personas, animales, objetos, sucesos, fenómenos, etc) que puede conformar el ámbito de una investigación"(Niño Rojas, 2011, p. 55)

La población de la investigación son las tuberías de alcantarillado que desenbocan en el cauce del río Ichu , encontrados entre el tramo del puente San Cristobal al puente Tablachaca de la cuidad de Huancavelica.

3.5.2. Muestreo no probabilístico

Se realizará este tipo de muestreo, ya que (Hernández Sampieri et al., 2010), menciona que: Las muestras no probabilísticas, tambien llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección informal, en las muestra de este tipo, la elección de los casos no depende de que todos tengan las misma probabilidad de ser elegidos, sino de la decisión del investigador o grupo de personas que recolectan datos. (pág. 189-190)

Por el cual nuestra investigación sera no probabilística, pues al elegir la muestra se tomaron criteríos de los investigadores para identificar las tuberías de alcantarillado inundadas mas criticas en el tramo respectivo de estudio.

La muestra a considerar para la presente investigación serán las tuberías de alcantarillado que se idenficaron como las mas criticas, estas se encuentran en el tramo del Puente San Cristobal – Puente Colgante de San Crsitobal.

3.6. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Una vez que seleccionamos el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada (probabilística o no probabilística), de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis (si es que se establecieron), la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de análisis o casos (Hernández Sampieri et al., 2010, pág. 198).

Instrumentos de medición

Según (Hernández Sampieri et al., 2010, pág. 199), se trata de asignar números, símbolos o valores a las propiedades de objetos o eventos de acuerdo con reglas, desde luego no se asignas a los objetos si no a sus propiedades, es decir que es el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos.

Técnicas de evaluación

La técnica que se utilizará en la presente investigación será la boservación: según (Gonzales Casas et al., 2011), explica: "es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posteríor análisis". (pág. 147)

3.6.1. Instrumentos

Los instrumentos usados en esta investigación fueron:

Instrumentos de observación

- Cámara fotográfica
- Dron
- Cuaderno de anotes

Instrumentos de medición

- ✓ Para el efecto hidráulico
  - Para medir el tirante del río Ichu en el modelo físico se usó una cinta métrica pegada en el margen derecho del río Ichu.

- Para medir el caudal constante del río Ichu en el modelo físico se usó un balde de 1 GLN y un cronometro.

✓ Para las tuberías de alcantarillado sumergidas.

- Para el caudal de ingreso en la tubería de alcantarillado sumergida del modelo físico se usó un tubo transparente milimetrado a escala.
- Para medir el tiempo de salida del caudal de la tubería se usó un cronometro.
- Para medir los ángulos verticales y horizontales de la tubería de alcantarillado sumergida se usó una regla trasportadora a escala y un flexómetro de 5 m.

Instrumentos de descripción

✓ Para las tuberías de alcantarillado sumergidas

- AutoCAD 2020
- Civil3D 2019
- Ansys Workbench 19.2

Con estos instrumentos se recopilo información para la presentación sistemática de datos mediante la medición y observación y logar visualizar los efectos hidráulicos en las tuberías sumergidas en el río Ichu.

3.6.2. Técnicas

Las técnicas que se usaron en esta investigación son las de recolección de datos por medio de la observacion, medición y descripción.

Técnicas de observación

Se registraron las descargas de flujo dentro de la tubería de alcantarillado sumergida, de acuerdo a las pendientes evaluadas tanto en ángulos horizontales como verticales.

Técnicas de medición

Mediante esta técnica se registraron datos de caudales, pendiente, presión y velocidades dentro de la tubería de alcantarillado sumergida en el río Ichu, en el modelo numérico.

- ✓ Para el efecto hidráulico
  - Caudal del río Ichu (m3/s).
- ✓ Para las tuberías de alcantarillado
  - Pendiente (%).
  - Caudal (m3/s).
  - Velocidad (m/s).
  - Presión (Pa).

3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Dentro de las técnicas y procesamiento de datos que se usaron en esta investigación fueron en base a datos de entrada

3.7.1. Análisis de datos

Posterior a la obtención de datos se realizó el análisis de los mismos para dar respuestas al problema general y problemas específicos y de corresponder se podrá aceptar o rechazar la hipótesis de estudio. Para ver y analizar los datos obtenidos se hiso uso de los siguientes programas:

- Ansys Workbench 19.2
- Excel 2016
- Civl3D

CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

El desarrollo de la investigación empieza a partir de la recopilación de datos y las características de las variables, independiente y dependiente, esquematizados de la siguiente forma:

Figura 7: Etapas de la investigación
Fuente: Elaboración propia

4.2. Reconocimiento del terreno

4.2.1. Identificación de tuberías de alcantarillado

Se identificaron las tuberías de alcantarillado en el tramo de estudio, donde se observó la presencia de 8 alcantarillados de los cuales se detalla a continuación:

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 01, fue durante el periodo de avenidas máximas en la ciudad de Huancavelica, pues en la imagen podemos ver que el nivel del agua está a 0.90 metros del puente de San Cristóbal.

Fotografía 2: Río Ichu, vista del puente San Cristóbal, Alcantarilla 01

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 02, fue durante el periodo de sequias, pues es ahí donde se pudo observar su ubicación, debido al bajo nivel del agua del rio Ichu.

Fotografía 3: Río Ichu, Margen derecho, Alcantarilla 02

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 03, fue durante el periodo de avenidas máximas en la ciudad de Huancavelica, pues en la imagen podemos ver que el nivel del agua está a 1.12 metros de la tubería de alcantarillado.

Fotografía 4: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 03

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 04, fue durante el periodo de avenidas máximas en la ciudad de Huancavelica, pues en la imagen podemos ver que el nivel del agua está a 0.08 metros de la tubería de alcantarillado.

Fotografía 5: Río Ichu, Margen derecho, Alcantarilla 04

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 05, fue durante el periodo de sequias, pues es ahí donde se pudo observar su ubicación, debido al bajo nivel del agua del rio Ichu, esta tubería es la que se encuentra a 0.15 m del lecho del rio, es la que siempre está sumergida, por lo tanto, se analizó como la más crítica.

Fotografía 6: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 05

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 06, fue durante el periodo de avenidas máximas en la ciudad de Huancavelica, pues en la imagen podemos ver que el nivel del agua está a 1.18 metros de la tubería de alcantarillado.

Fotografía 7: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 06

La época donde se identificó la tubería de alcantarillado 07, fue durante el periodo de avenidas máximas en la ciudad de Huancavelica, pues en la imagen podemos ver que el nivel del agua está a 0.83 metros de la tubería de alcantarillado.

Fotografía 8: Río Ichu, Margen izquierdo, Alcantarilla 07

La época donde se identificó el canal de alcantarillado 08 (drenaje pluvial), fue durante el periodo de avenidas máximas en la ciudad de Huancavelica, pues en la imagen podemos ver que el nivel del agua está a 0.52 metros del canal de alcantarillado

Fotografía 9: Río Ichu, Margen derecho, Alcantarilla 08

4.2.2. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico del tramo de estudio con un DRON, para así obtener las ortofotos del terreno, a una altura de vuelo de 50 metros en un tiempo de 22 minutos y 30 seg.

Fotografía 10: Levantamiento topográfico con Dron en el óvalo del Malecón Santa Rosa

Nos ubicamos en el óvalo del Malecón Santa Rosa, de donde se realizó el plan de vuelo del tramo de análisis del río Ichu.

Fotografía 11: Levantamiento topográfico del Prototipo

Posterior a ello se realizó en gabinete del procesamiento fotogramétrico a través del programa AgiSoft PhotoScan.

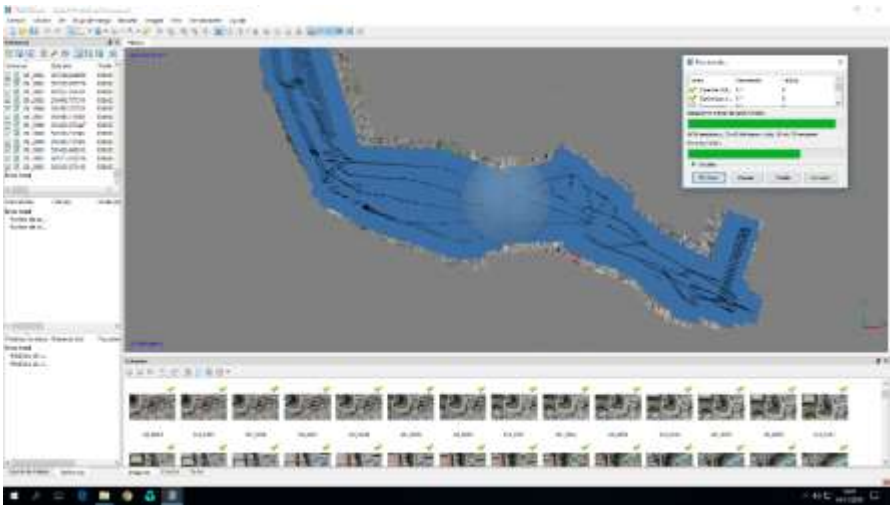


Figura 8: Procesamiento de datos en AgiSoft PhotoScan.
Fuente: Elaboración propia.

En el programa Civil-3D, se exportó la geometría y las curvas de nivel, para mejorar y detallar el área de trabajo.

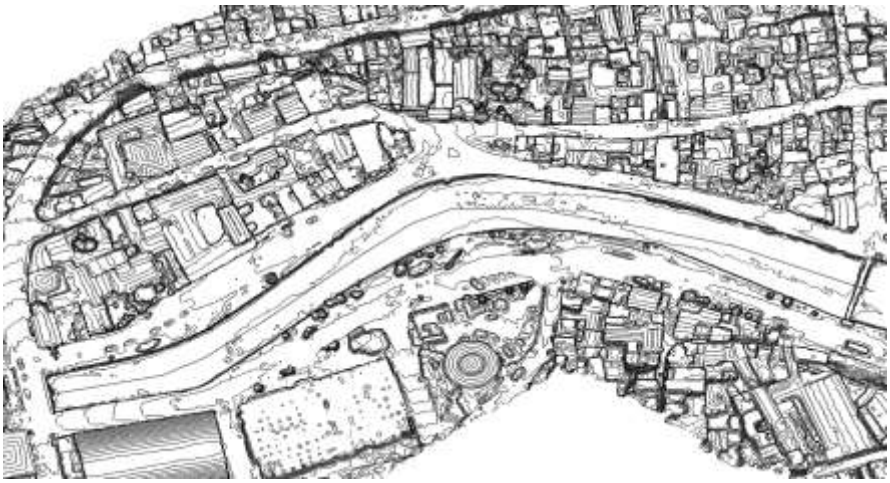


Figura 9: Curvas de nivel del área de estudio en Civil -3D.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Curvas de nivel Civil-3D.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Procesamiento de datos

Se realizó respectivamente el levantamiento topográfico del área de estudio, para obtener las propiedades geométricas, lo cual se realizó en el programa AutoCAD Civil-3D, obteniendo el sólido del tramo respectivo.

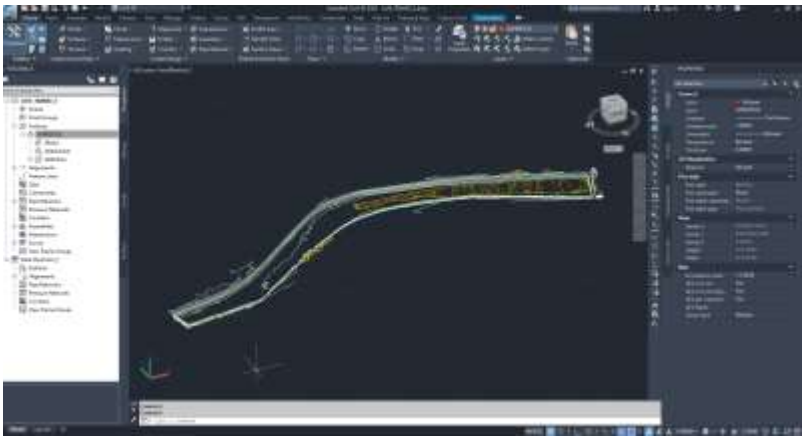


Figura 11: Curvas de nivel-Tramo de estudio
Fuente: Elaboración propia

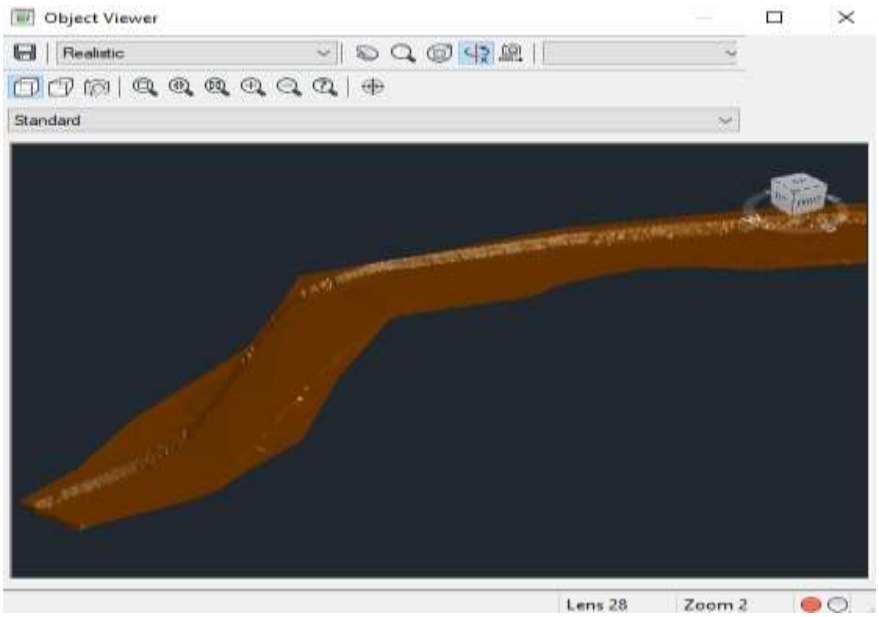


Figura 12: Superficie del río-Tramo de estudio
Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Evaluación del tramo de estudio

Se realizó la ubicación de las tuberías de alcantarillado identificadas en el tramo de estudio estableciendo sus progresivas a lo largo del río Ichu, mediante un plano topográfico.

Alcantarillado	Descripción	Margen	Ubicación
Alcantarilla. 01	Drenaje Pluvial	Izquierdo	Km 0+000.00
Alcantarilla ***02***	**Red de alcantarillado sanitario**	**Derecho**	**Km 0+042.85**
Alcantarilla 03	Drenaje Pluvial	Izquierdo	Km 0+104.00
Alcantarilla. 04	Drenaje Pluvial	**Derecho**	Km 0+104.00
*Alcantarilla**. 05***	**Red de alcantarillado sanitario**	**Izquierdo**	**Km 0+208.54**
Alcantarilla. 06	Drenaje Pluvial	Izquierdo	Km 0+356.08
Alcantarilla. 07	Drenaje Pluvial	Izquierdo	Km 0+596.22
Alcantarilla. 08	Drenaje Pluvial	**Derecho**	Km 0+690.00

Tabla 2: Ubicación de las tuberías de alcantarillado.
Fuente: Elaboración propia.

Las tuberías de alcantarillado identificadas fueron en total 08 de las cuales 02 son tuberías de drenaje sanitario y 06 de drenaje pluvial, para la investigación se tomó la tubería de alcantarillado de drenaje sanitario **05**, por ser la que se encuentra sumergida en el rio Ichu.

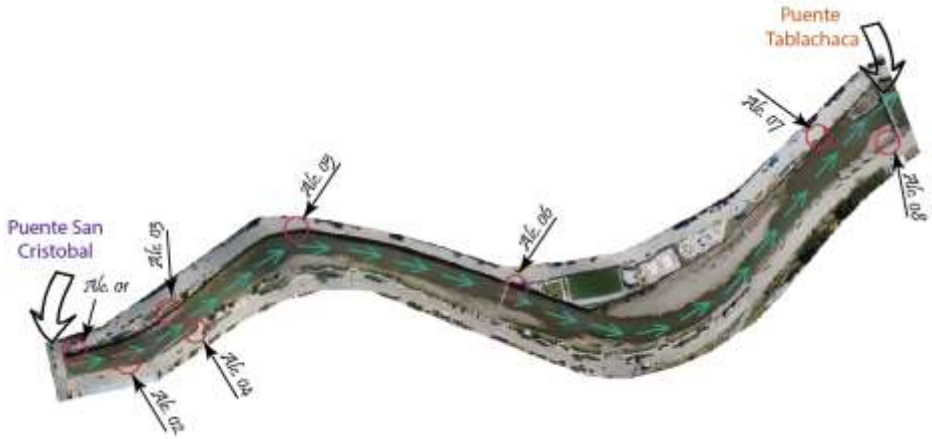


Figura 13: Ubicación de los puntos de alcantarillado
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis, se realizó el estudio del ancho del río, considerando la sección más crítica, para el cual se estudió el cambio de sección del tramo de estudio. A través del programa AutoCAD - Civil 3D, obtenemos el ancho de sección del río.

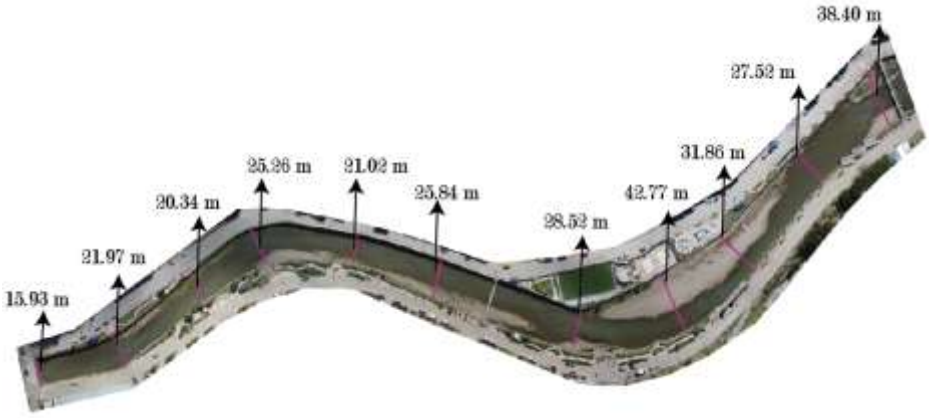


Figura 14: Anchos de la sección del río.
Fuente: Elaboración propia.

Considerando las secciones del canal, con el objetivo de obtener tirante de agua y velocidades mayores, tenemos en cuenta que el cambio de sección transversal a una sección mayor, provoca la disminución de la velocidad y la disminución del tirante de agua. Por ello para el análisis computacional y modelamiento físico seleccionamos el tramo, "Puente San Cristóbal al Puente colgante de San Cristóbal".

Figura 15: Tramo de análisis-Puntos de alcantarillado
Fuente: Elaboración propia

4.3. Recolección de datos

4.3.1. Propiedades del área de estudio

4.3.1.1. Perfil longitudinal y pendiente del tramo de estudio

- Cálculo del desnivel entre el puente San Cristóbal y el Puente Tablachaca.

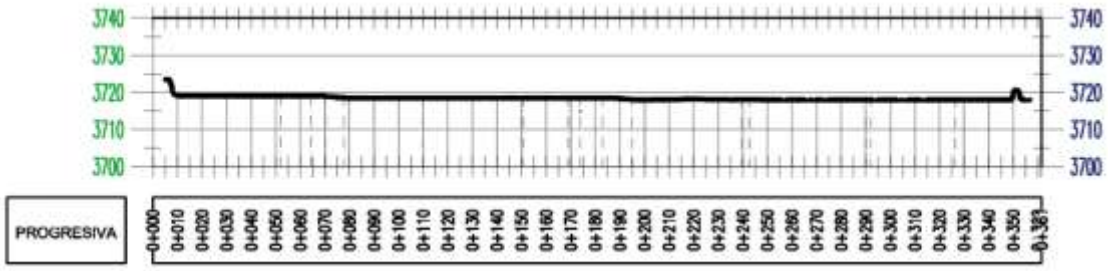


Figura 16: Perfil longitudinal del río-Tramo de estudio.
Fuente: Elaboración propia

$$\Delta h = 3719\ m - 3718\ m$$

$$\Delta h = 1.00\ m$$

- Cálculo de la pendiente del tramo de estudio.

$$s = \frac{1}{339.17} * 100\%$$

$$s = 0.2948\%$$

4.3.1.2. Características hidráulicas del río.

En la investigación: *Tránsito de avenidas, en el cauce del río Ichu mediante Redes Neuronales Artificiales,* realizado por parte del ing. Requena (2018); clasifico el río en 5 tramos:

- Tramo 01 definido desde la zona de Lachocc, donde se unen el río Cachimayo y Astobamba, con una longitud de 3.45 Km, hasta el lugar denominado “las 7 curvas” de la carretera Huancavelica.
- Tramo 02 definido desde la zona denominado 7 curvas, hasta el centro poblado de Chuñuranra donde el río Machay Pampa, con una longitud de 7.38 km.
- Tramo 03 desde el centro poblado de Chuñuranra hasta el puente peatonal de Callqui Chico con una longitud de 4.55 Km.
- Tramo 04 desde el puente peatonal de Callqui Chico, hasta la unión del río Disparate con el Río Ichu, con una longitud de 4.28 Km.
- **Tramo 05 que inicia en la Unión del río Disparate hasta el puente peatonal de Seccsachaca, con una longitud de 2.18 Km.**

Figura 17: Vista satelital del tramo 5
Fuente: Requena, 2018, pág. 108

Tramo Rio Ichu	Longitud thalweg (km)	Cota Minima (m.s.n.m)	Cota Maxima (m.s.n.m)	Pendiente (%)	Longitud Valle (km)	Sinuosidad (km/km)	Geometria	Manning (n)
1	3.45	4001	4110	3.16	3.07	1.124	Recto	0.033
2	7.38	3772	4001	3.10	6.47	1.141	Sinuoso	0.034
3	4.55	3706	3772	1.45	3.46	1.315	Sinuoso	0.034
4	4.28	3677	3706	0.68	3.50	1.223	Sinuoso	0.034
5	2.18	3666	3677	0.50	1.80	1.211	Sinuoso	0.035

Tabla 3: Características físicas del río Ichu-Huancavelica
Fuente: Requena, 2018, pág. 108

De la investigación realizada por el ingeniero (Requena, 2018), logramos obtener las características hidráulicas del tramo de estudio, cuya pendiente es de 0.5% y con un coeficiente de Maning de 0.035.

Se considerará el estudio con una pendiente de 0.2948 %, ya que se logró obtener un levantamiento topográfico de la zona.

4.3.1.3. Caudal del río

El caudal para la investigación, será de 120 m3/seg, obtenidos de los resultados por la investigación del ingeniero Requena (2018).

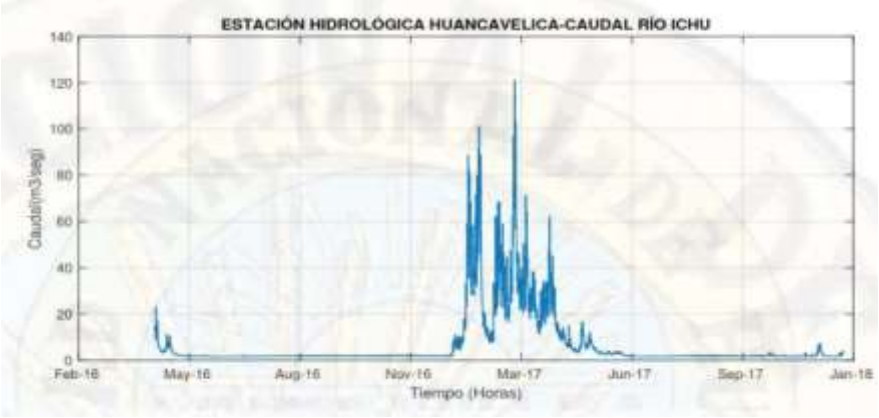


Figura 18: Caudal del río Ichu período abril 2016-enero 2018
Fuente: Requena, 2018, pág. 101.

Se procederá a escalar el caudal del río con el objetivo de obtener un análisis computacional económico; la escala adecuada para la investigación será de 1/60.

$$Q_e = {l_e}^{5/2}$$

$$Q_e = 60^{5/2} = 27885.4800$$

Calculando el caudal de análisis computacional. El caudal escalado es igual a la relación proporcional entre el caudal del prototipo y modelo:

$$Q_e = \frac{Q_p}{Q_m}$$

$$Q_m = \frac{120\ m^3/s}{27885.4800}$$

$$Q_m = 4.3033 * 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_m = 4.3033\ lt/s$$

4.3.1.4. Característica geométrica del río

La sección transversal del comienzo del tramo de estudio presenta una longitud de 15.93 metros, con una profundidad de 4.50 metros, con una

sección transversal de desfogue 26.94 metros de longitud y con una profundidad de 3.24 metros.

El tramo de estudio del río presenta un radio de curvatura de 106.42 metros en el inicio, con radio de curvatura de 113.015 metros en el medio que da final y término de las descargas.

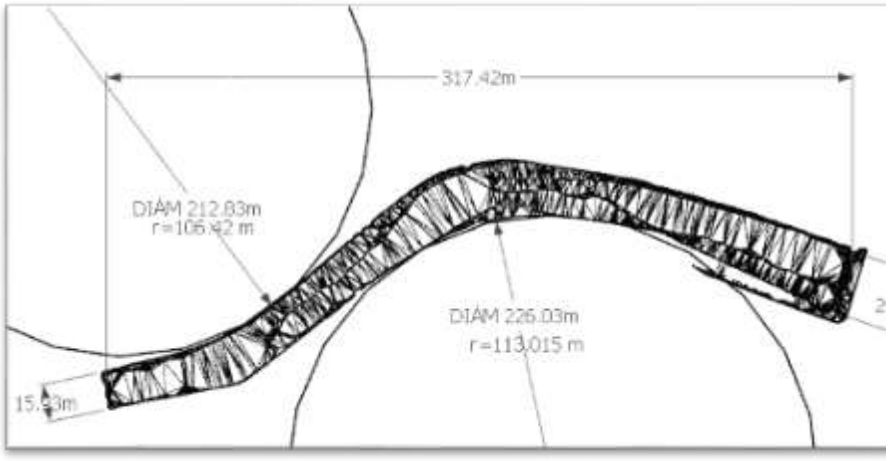


Figura 19: Tramo de estudio, vista de planta Esc 1/1.
Fuente: Elaboración propia

Al escalar la geometría a una escala de 1/60 se logró obtener lo siguiente:

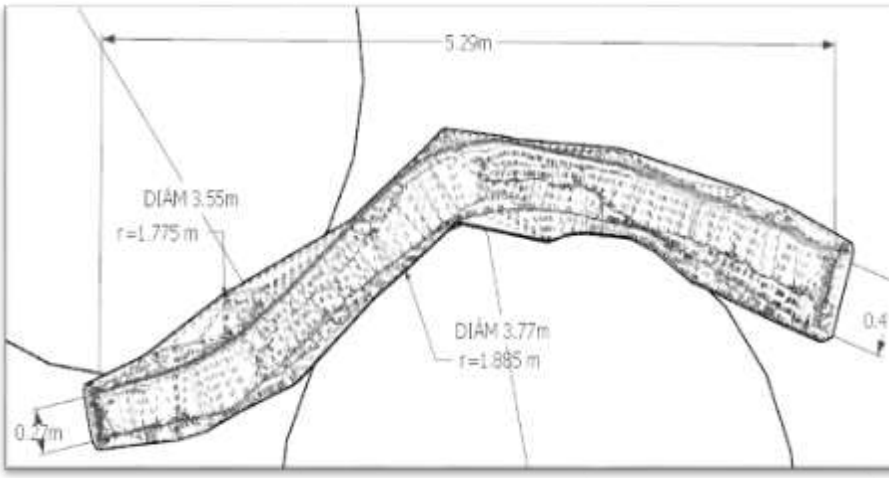


Figura 20: Tramo de estudio, vista de planta Esc 1/60.
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.5. Tirante del tirante de agua en el canal

Se tiene una descarga del modelo de: $Q_m = 4.3033 * 10^{-3} m^3/s$ y una sección de dimensiones 0.26 de ancho de solera y una profundidad 0.20 m.

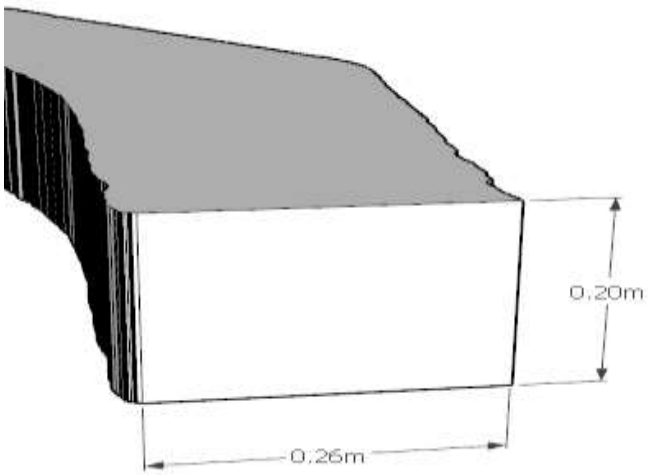


Figura 21: Sección transversal del canal Esc 1/60
Fuente: Elaboración propia

Se procederá a calcular el tirante de agua del respectivo canal:

Aplicando la ecuación de Manning:

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

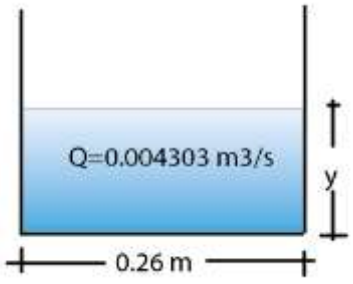


Figura 22: Sección del canal
Fuente: Elaboración propia

Se procederá a calcular las variables descritas arriba:

$$A = 0.26 * y$$

$$R = \frac{A}{PM} = \frac{0.26 * y}{2 * y + 0.26}$$

$$S = 0.2948\%$$

$$n = 0.035$$

Reemplazando las variables en la ecuación de Mannig:

$$0.004303 * 0.035 = A * \frac{A^{2/3} * S^{1/2}}{PM^{2/3}}$$

$$1.5061 * 10^{-4} = (0.26 * y) * \frac{(0.26 * y)^{2/3} * 0.002948^{1/2}}{(2 * y + 0.26)^{2/3}}$$

Obteniendo el valor de *"y"* igual a:

$$y = 0.07937\ m$$

Calculando la Velocidad de la descarga:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0.004303}{0.26 * 0.07937}$$

$$v = 0.2085 m/s$$

4.3.1.6. Características hidráulicas de las tuberías

Las características hidráulicas de las tuberías para esta investigación, estarán relacionadas con la variación de pendientes, horizontal y vertical de escurrimiento hacia el río Ichu.

La tubería de alcantarillado que será analizada en el modelo físico y numérico será la tubería de 8" (200 mm) de serie 20, y tiene como características el caudal de descarga e ingreso y su diámetro interior.

4.3.1.7. Caudal de la tubería de alcantarillado sanitario

Se procederá a escalar el caudal de la tubería de alcantarillado sanitario con el objetivo de obtener un análisis físico económico; la escala adecuada para la investigación será de 1/30.

$$Q_e = {l_e}^{5/2}$$

$$Q_e = 30^{5/2} = 4929.5030$$

Calculando el caudal de análisis computacional. El caudal escalado es igual a la relación proporcional entre el caudal del prototipo y modelo:

$$Q_e = \frac{Q_p}{Q_m}$$

$$Q_m = \frac{0.0042\ m^3/s}{4929.5030}$$

$$Q_m = 0.85201\ ml/s$$

4.3.1.8. Diámetro de la tubería de alcantarillado sanitario

Se procederá a escalar el diámetro de la tubería de alcantarillado sanitario con el objetivo de obtener un análisis físico económico; la escala adecuada para la investigación será de 1/30.

$$D_e = \frac{D_p}{D_m}$$

$$D_m = 2.5cm$$

4.3.1.9. Ubicación de la tubería de alcantarillado sobre el lecho del rio

Se procederá a escalar la altura de la ubicación de la tubería de alcantarillado sobre el lecho del rio Ichu con el objetivo de obtener un análisis físico económico; la escala adecuada para la investigación será de 1/30.

$$h_e = \frac{H_p}{H_m}$$

$$H_m = 3.1cm$$

4.4. Diseño y construcción del modelo físico

4.4.1. Levantamiento topográfico del terreno para el modelo físico.

Realizamos el levantamiento topográfico del terreno con estación total, para la construcción del modelo físico, el cual se ubica a la espalda del Auditorio Central de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Fotografía 12: Estacionamiento de equipo topográfico en un punto de visibilidad del área total.

Durante este proceso también se hiso el levantamiento topográfico de manera detallada para la construcción del río Ichu a escala, respetando todos los detalles geométricos que alimente al modelo físico del río Ichu.

Fotografía 13: Levantamiento topográfico – barrido de puntos con prisma por toda el área.

4.4.2. Excavación y explanación del terreno

Se realizó la excavación y explanación del terreno, realizando el corte y relleno del área de intervención para la construcción del modelo físico, durante este proceso se identificó una zona con presencia de nivel freático que demoro la construcción del modelo físico.

Fotografía 14: Corte y relleno del área de intervención.

4.4.3. Trazo y replanteo del terreno

Después de la excavación y explanación del terreno se realizó el trazo y replanteo del modelo físico, para este procedimiento se tuvo en cuenta que el modelo físico contemplaría un ancho uniforme de 0.50 m, para efectos de construcción.

Fotografía 15: Trazo y replanteo del modelo físico.

4.4.4. Construcción del modelo físico

4.4.4.1. Excavación del modelo físico

Para la excavación del modelo físico se consideró una profundidad de 0.80 cm, considerando el desnivel calculado según la escala planteada de 1/60 del rio Ichu.

Fotografía 16: Excavación de canal.

4.4.4.2. Construcción de base/ fondo de modelo físico

Para la construcción de la base del modelo físico se realizó una compactación manual, antes de la colocación del solado.

Fotografía 17: Construcción de base de canal de 4".

4.4.4.3. Construcción de muros laterales de modelo físico

Para la construcción de los muros del modelo físico, fueron muros tipo canto de una altura uniforme de 0.50 m por toda la longitud del río Ichu.

Fotografía 18: Construcción de muro lateral de ladrillo a una altura de 50 cm.

4.4.4.4. Tarrajeo de muros laterales y solaqueado de fondo de modelo físico

El tarrajeo del modelo físico fue por todo el interior usando un aditivo impermeabilizante.

Fotografía 19: Tarrajeo de muros laterales del modelo físico.

4.5. Ubicación del tramo de estudio en el modelo físico para los ensayos.

En esta sección del río se analizó la tubería de alcantarillado sumergida, donde se tomó la ubicación de la Alcantarilla 05 como se muestra.

Fotografía 20: Tramo del río Ichu para el análisis de la tubería sumergida.

4.5.1. Materiales y herramientas para análisis de la tubería de alcantarillado

Dentro de los materiales usados están las tuberías de cristal milimetradas para obtener los cálculos respecto al diámetro.

Fotografía 21: Materiales y herramientas utilizados.

4.5.2. Trabajos preliminares para la instalación de la tubería de alcantarillado.

El trazo y la excavación se realizó con medidas de 1m de largo, 1 m de ancho y 1.20 m de profundidad, para un mejor plantillado de los ángulos.

4.5.2.1. Trazo y replanteo para la instalación de la tubería de alcantarillado

Fotografía 22: Trazo y replanteo de zanja de tubería de alcantarillado.

4.5.2.2. Excavación de zanja para la instalación de la tubería de alcantarillado

La excavación se realizó considerando un espacio óptimo para que se pueda observar el comportamiento del flujo en la tubería de alcantarillado.

Fotografía 23: Excavación de zanja de tubería de alcantarillado.

4.5.2.3. Perforación de la pared del canal para la tubería de alcantarillado

La perforación de la pared del canal de realizo a 3.10 cm de acuerdo a las características hidráulicas de la tubería, del modelo físico respecto al lecho del rio.

Fotografía 24: Perforado de pared de canal para instalación de tubería.

4.5.3. Trabajos preliminares para los ángulos de la tubería de alcantarillado

Para el plantillado de los ángulos de la tubería se realizó una base con una regla trasportadora a escala, donde se fueron midiendo los ángulos verticales y marcando los ángulos horizontales.

4.5.3.1. Plantillado de ángulos verticales de la tubería de alcantarillado.

Fotografía 25: Plantillado de ángulos verticales.

4.5.3.2. Plantillado de horizontales de la tubería de alcantarillado.

Para el plantillado de los ángulos horizontales se tomaron ángulos que generaban menor socavación de acuerdo a los antecedentes planteados en la investigación.

Fotografía 26: Plantillado de ángulos horizontales.

4.5.4. Calibración del caudal en el modelo físico

Se realizó para caudal máximo constante de Qm = 4.3033 lt/s, el cual de acuerdo a los datos obtenidos provocaba los niveles de agua máximo extraordinario.

Fotografía 27: Calibración del caudal.

4.5.5. Calibración del tirante en el modelo físico

El tirante calibrado constante fue de ym = 0.07937 m de acuerdo a las características hidráulicas del río, para un caudal máximo constante de Qm = 4.3033 lt/s, el cual de acuerdo a los datos obtenidos provocaba los niveles de agua máximo extraordinario.

Fotografía 28: Calibración del caudal.

4.6. Ensayos hidráulicos en el modelo físico

4.6.1. Instalación de la tubería para el ensayo

Para la instalación de la tubería se construyó un soporte móvil para controlar los ángulos verticales y en la base del soporte se plantillo una regla trasportadora para controlar los ángulos horizontales.

Fotografía 29: Soporte móvil de la tubería de alcantarillado.

4.6.2. Procedimiento de pruebas

4.6.2.1. Prueba 01 con Ángulo_180° H_15° V

Para realizar la primera prueba se consideraron como datos el caudal de la tubería. = 0.85201 ml/s, Caudal del río. = 4.3033 lt/s, Diámetro (Ø)= 0.20 m y Tirante (Y) = 0.07937m, donde se obtuvo como resultados el caudal del río que ingresa a la tubería de alcantarillado, cada prueba se realizó 3 veces.

Fotografía 30: Prueba 01 Ángulo_180°H_15°V

Durante esta prueba se obtuvieron datos del caudal de ingreso a la tubería y se observó la salida del caudal de la tubería, que se muestra en color azul.

Fotografía 31: Prueba 01 salida del caudal de color azul de la tubería hacia el río

4.6.2.2. Prueba 04 con Ángulo_225° H_30°V

Para realizar la primera prueba se consideraron como datos el caudal de la tubería. = 0.85201 ml/s, Caudal del río. = 4.3033 lt/s, Diámetro (Ø)= 0.20 m y Tirante (Y) = 0.07937m, donde se obtuvo como resultados el caudal del río que ingresa a la tubería de alcantarillado, cada prueba se realizó 3 veces.

Fotografía 32: Prueba 04 Ángulo_225° H_30°V

Durante esta prueba se obtuvieron datos del caudal de ingreso a la tubería y se observó la salida del caudal de la tubería, que se muestra en color azul.

Fotografía 33: Prueba 04 salida del caudal de color azul de la tubería hacia el río

4.6.2.3. Prueba 07 con Ángulo_225°H_45°V

Para realizar la primera prueba se consideraron como datos el caudal de la tubería. = 0.85201 ml/s, Caudal del río. = 4.3033 lt/s, Diámetro (Ø)= 0.20 m y Tirante (Y) = 0.07937m, donde se obtuvo como resultados el caudal del río que ingresa a la tubería de alcantarillado, cada prueba se realizó 3 veces.

Fotografía 34: Prueba 07 Ángulo_225°H_45°V

Durante esta prueba se obtuvieron datos del caudal de ingreso a la tubería y se observó la salida del caudal de la tubería, que se muestra en color azul del agua.

Fotografía 35: Prueba 07 salida del caudal de color azul de la tubería hacia el río.

4.6.3. Resultados obtenidos de las pruebas realizadas modelo físico

Los datos que se obtuvieron fueron de un total de 36 ensayos de 09 tipos de pruebas realizadas, tomando solo el promedio de cada prueba.

4.6.3.1. Análisis de resultados de caudales del modelo físico

						Modelo Físico
Modelo Físico	**Ángulo (Horizontal)**	**Ángulo (Vertical)**	**Tiempo (s)**	**Volumen (lts)**	**Área (m2)**	**Caudal real (m3/s)**
PRUEBA N° 01	**180°**	**15°**	3.2	0.19	0.0336	0.293
PRUEBA N° 02	**180°**	**30°**	3.6	0.235	0.0379	0.322
PRUEBA N° 03	**180°**	**45°**	4.3	0.2	0.0472	0.229
PRUEBA N° 04	**225°**	**15°**	3.2	0.245	0.0436	0.377
PRUEBA N° 05	**225°**	**30°**	3.8	0.36	0.0561	0.467
PRUEBA N° 06	**225°**	**45°**	3.5	0.465	0.0812	0.655
PRUEBA N° 07	**247.5°**	**15°**	3.2	0.275	0.0980	0.424
PRUEBA N° 08	**247.5°**	**30°**	3.5	0.325	0.0844	0.458
PRUEBA N° 09	**247.5°**	**45°**	2.8	0.4	0.1034	0.704
MIN	180°	45°	4.3	0.2	0.0472	0.229
MAX	247.5°	45°	2.8	0.4	0.1034	0.704

Tabla 4: Resultado del punto de caudales en tuberías de alcantarillado sumergidas.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 4 respecto a los resultados de los caudales, se observa en la prueba N° 03 el mínimo caudal de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas de 0.229 m3/s, para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical y en la prueba N° 09 el máximo caudal de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas de 0.704 m3/s, para ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 45° vertical, el cual demuestra que a mayor ángulo vertical se reducirá de manera proporcional el ingreso del caudal hacia la tubería de alcantarillado. Demostrando así que el caudal de ingreso del río Ichu hacia la tubería de alcantarillado depende de ángulo y del área de intersección.

4.6.3.2. Análisis de resultados de velocidades del modelo físico

						Modelo Físico
Modelo Físico	Ángulo (Horizontal)	Ángulo (Vertical)	Tiempo (s)	Volumen (lts)	Área (m2)	Velocidad real (m/s)
PRUEBA N° 01	180°	15°	3.2	0.19	0.0336	8.711
PRUEBA N° 02	180°	30°	3.6	0.235	0.0379	8.490
PRUEBA N° 03	180°	45°	4.3	0.2	0.0472	4.858
PRUEBA N° 04	225°	15°	3.2	0.245	0.0436	8.656
PRUEBA N° 05	225°	30°	3.8	0.36	0.0561	8.325
PRUEBA N° 06	225°	45°	3.5	0.465	0.0812	8.066
PRUEBA N° 07	247.5°	15°	3.2	0.275	0.0980	4.323
PRUEBA N° 08	247.5°	30°	3.5	0.325	0.0844	5.423
PRUEBA N° 09	247.5°	45°	2.8	0.4	0.1034	6.811
MIN	247.5°	15°	3.2	0.3	0.0980	4.323
MAX	180°	15°	3.2	0.325	0.0336	8.711

Tabla 5: Resultado del punto de velocidades en tuberías de alcantarillado sumergidas. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 5 respecto a los resultados de los velocidades, se observa en la prueba N° 07 la velocidad mínima de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas de 4.323 m/s, para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 15° vertical y en la prueba N° 01 la velocidad máxima de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas de 8.711 m/s, para ángulos de inclinación de 180° horizontal y 15° vertical, el cual demuestra que a mayor ángulo vertical se reducirá de manera proporcional el ingreso del caudal hacia la tubería de alcantarillado. Demostrando así que la velocidad de ingreso en las tuberías de alcantarillado

sumergidas depende de la pendiente que tiene la tubería con la intersección del margen del río Ichu.

4.7. Modelo numérico computacional

4.7.1. ANSYS FLUENT

ANSYS FLUENT es un software amplio de características de modelos físicos, con el objetivo de modelar flujos (turbulentos, laminares, entre otros). Posteriormente se modelará el flujo del río, con el objetivo de encontrar la máxima velocidad y la altura de agua.

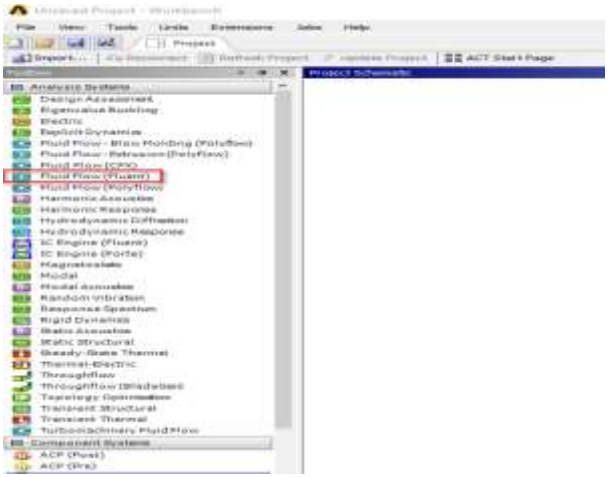


Figura 23: Área de trabajo de Ansys Workbench
Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Análisis computacional

En análisis se realizará en el sistema *Fluid Flow (Fluent)*.

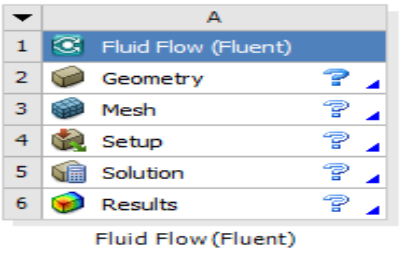


Figura 24: Esquema del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Se importará la geometría procesada al programa *New DesignModeler,* en unidades de metros.

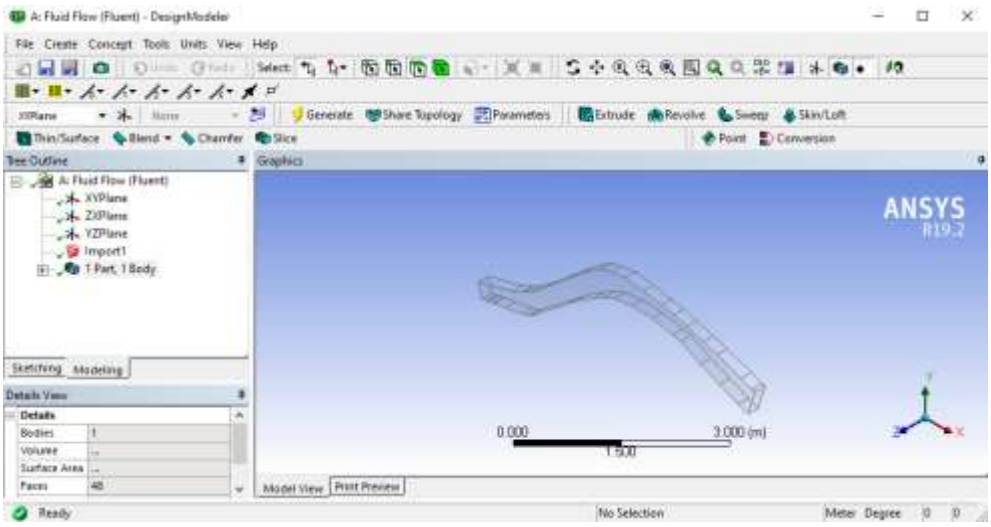


Figura 25: Geometría importada del tramo de análisis
Fuente: Elaboración propia

Se continuará con el desarrollo del enmallado a través de la asignación de las superficies y límites de dominio tales como: *Inlet, Outlet, Atmosphere* y *Concretewall*.

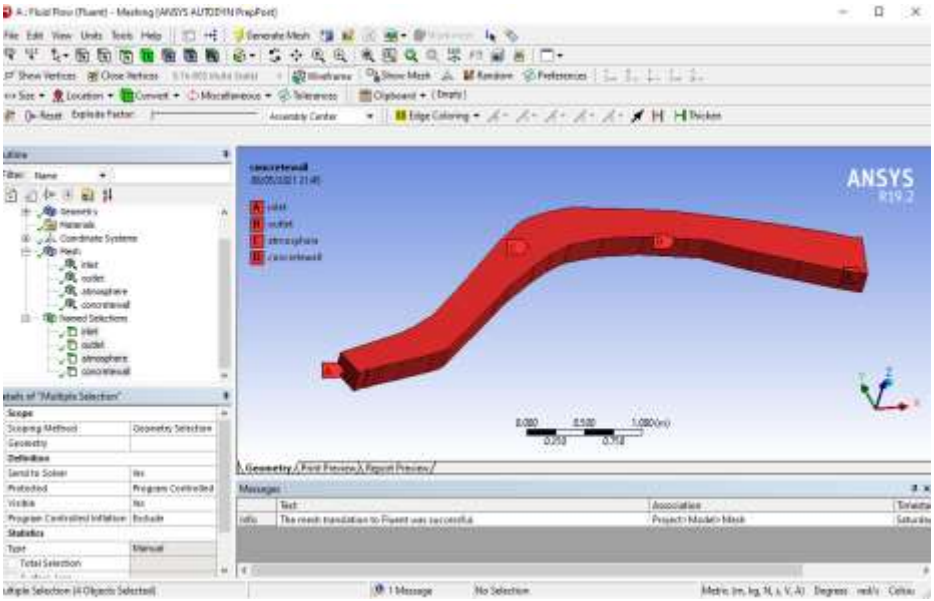


Figura 26: Identidad y dominio de las superficies.
Fuente: Elaboración propia

Se definirá el tamaño de las superficies a ser disgregadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Superficie	Disgregado
Atmosphere	5 cm
Inlet	1 cm
Outlet	1 cm
Concretewall	1 cm

Tabla 6: Tamaño de malla.
Fuente: Elaboración propia.

Se procederá a crear la malla, obteniendo un refinamiento para el análisis.

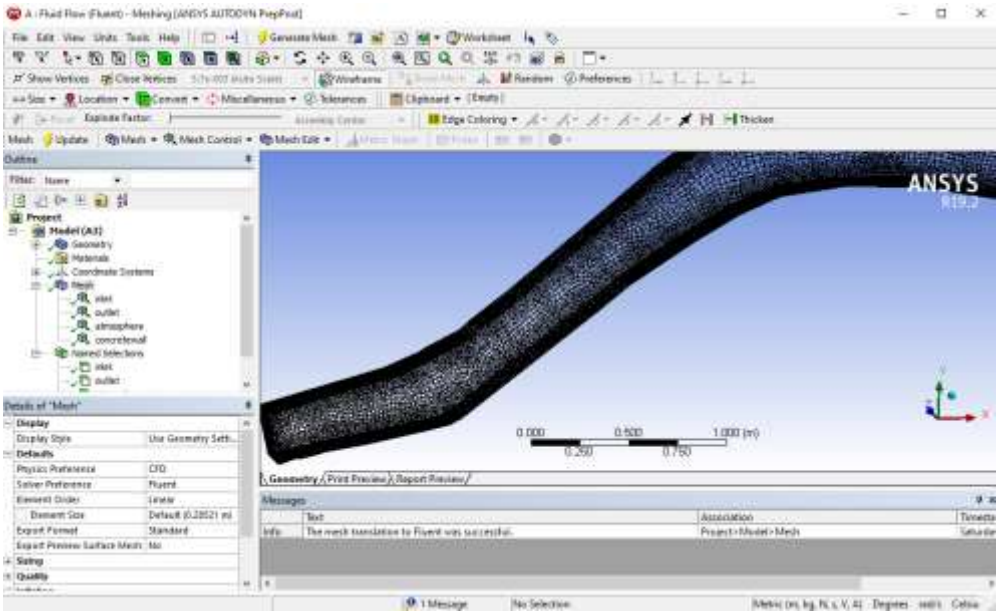


Figura 27: Creación del sistema de enmallado.
Fuente: Elaboración propia

Se procederá a la configuración del *setup*¸ definiendo las propiedades a doble precisión y obteniendo la siguiente ventana.

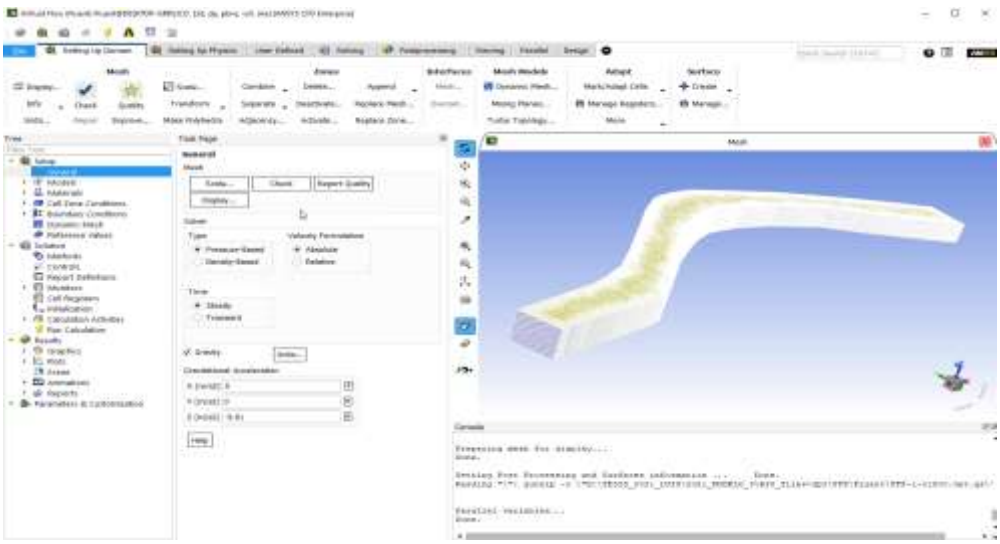


Figura 28: Interfaz de usuario del procesamiento.
Fuente Elaboración propia

Se procederá a la configuración de las diferentes propiedades que se presenta:

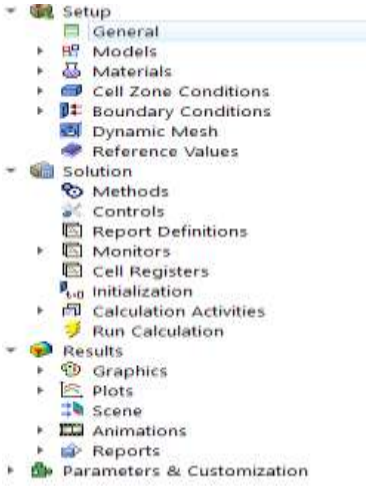


Figura 29: Esquema de análisis de datos.
Fuente: Elaboración propia

Se realizará un análisis basado en presión por compatibilidad con el modelo VOF, basado en un estado de simulación estacionario y con definición de las fuerzas gravitatorias.

El análisis estará basado en modelos multifásicos (aire y agua), tipo VOF (Volumen of Fluid), de canal abierto (OPEN CHANNEL FLOW), basados en las ecuaciones de energía y momentum.

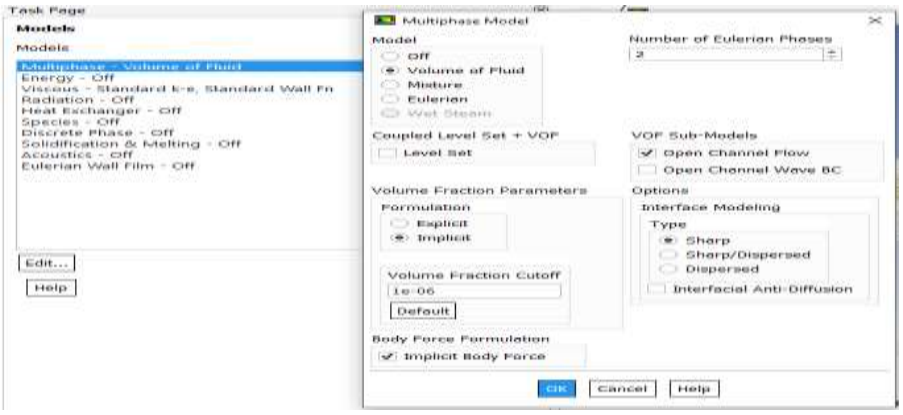


Figura 30: Modelo del flujo y definición de sus características.
Fuente: Elaboración propia

Se definirá la turbulencia *"K-epsilon"*.

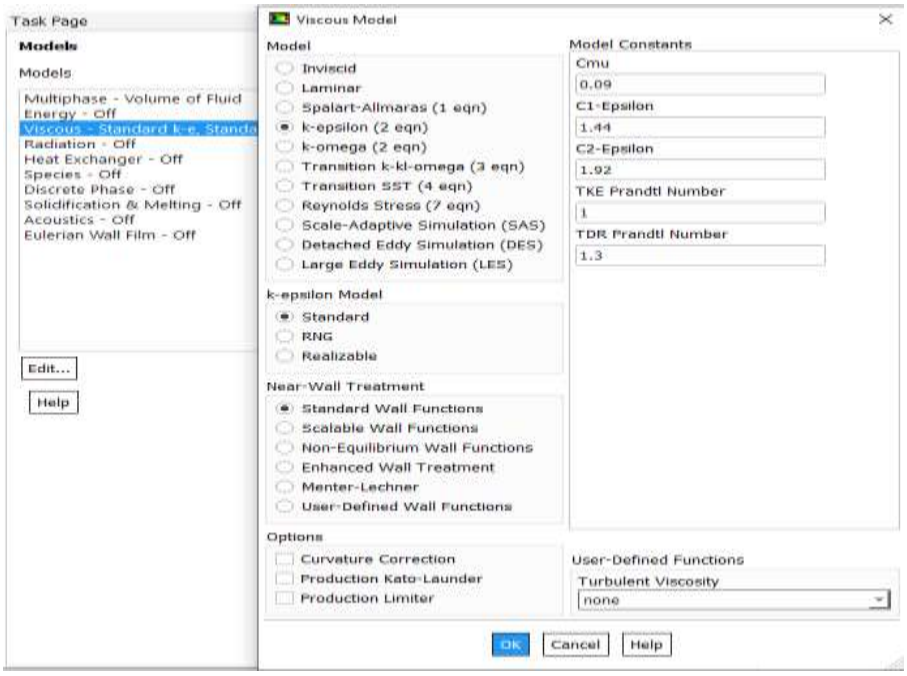


Figura 31: Propiedades de las características de turbulencia.
Fuente: Elaboración propia.

Se definirá las propiedades del agua, aire y la fase de interacción, establecidos en fase primaria *"aire"* y fase secundaria *"wáter-liquid",* con el modelado de fuerza de tensión superficial de 0.072.

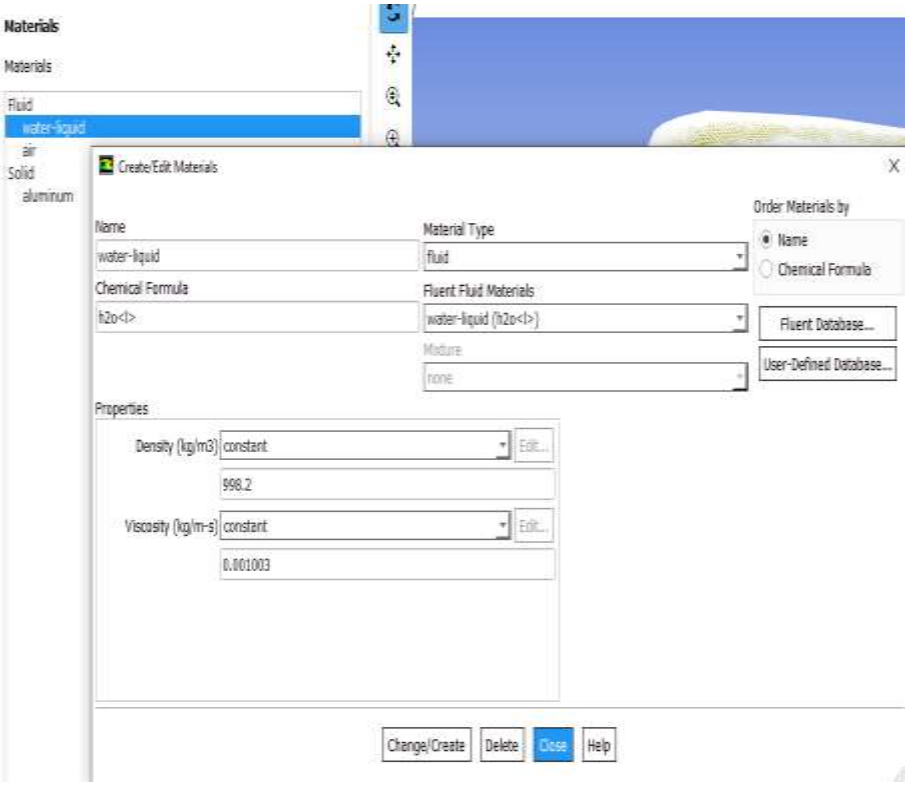


Figura 32: Definición de las características físicas del agua.
Fuente: Elaboración propia.

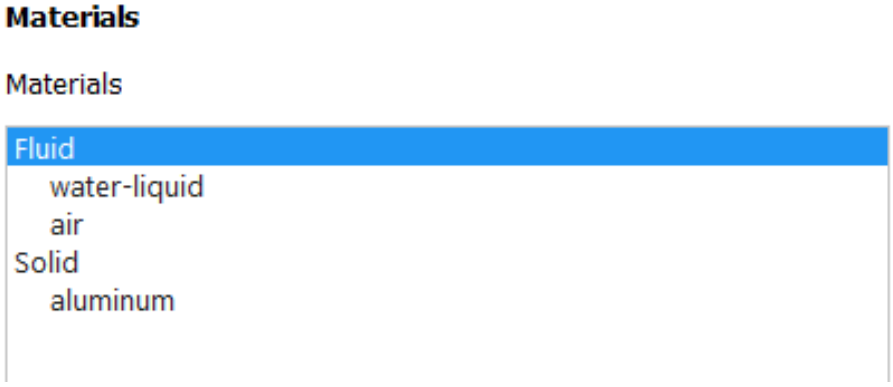


Figura 33: Materiales de fluido a emplear.
Fuente: Elaboración propia

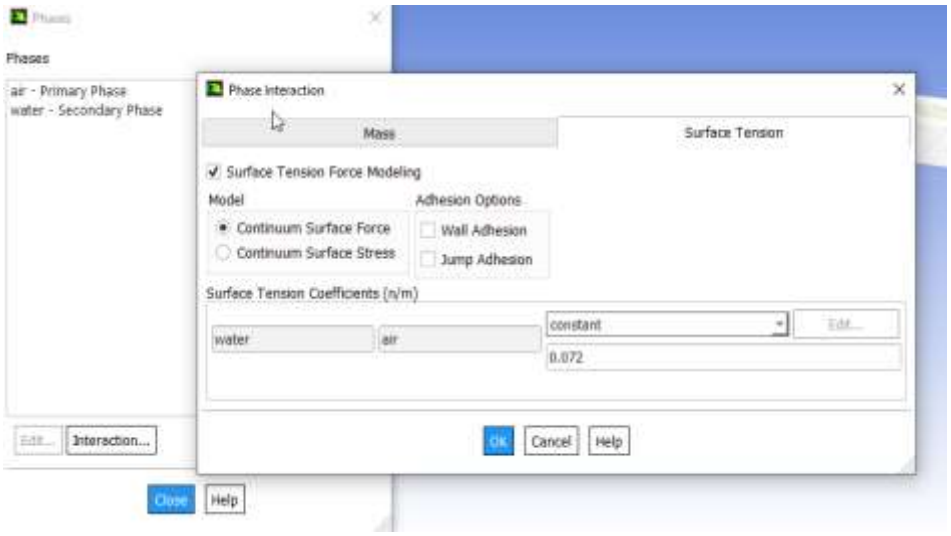


Figura 34: Definición de las fases del fluido.
Fuente: Elaboración propia.

Se procederá a definir las condiciones de borde *"Bondary conditions",* definiendo cada propiedad.

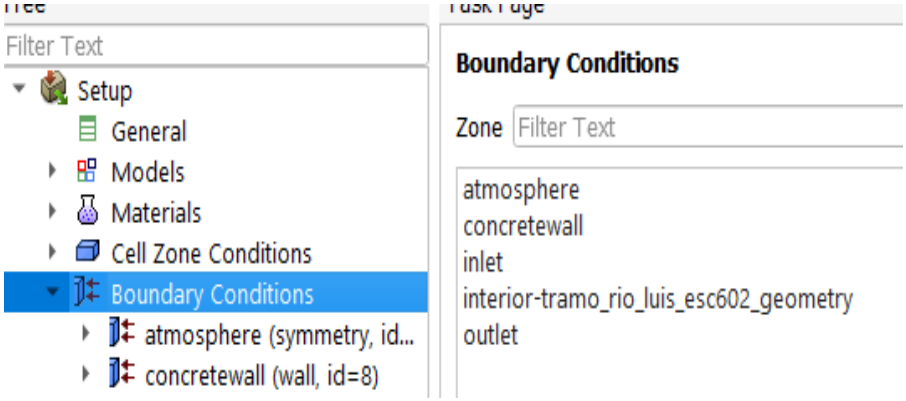


Figura 35: Asignación de las condiciones de dominio.
Fuente: Elaboración propia

El dominio *"Inlet"* estará definido como tipo *"Pressure-inlet"*, con los datos definidos y descritos a continuación; donde se definirá el nivel de superficie libre de 0.07937 m calculado en el tirante hidráulico. La velocidad del flujo estará definida a 0.2085 m/s, donde el nivel de elevación o la carga potencial a 0.01559 m.

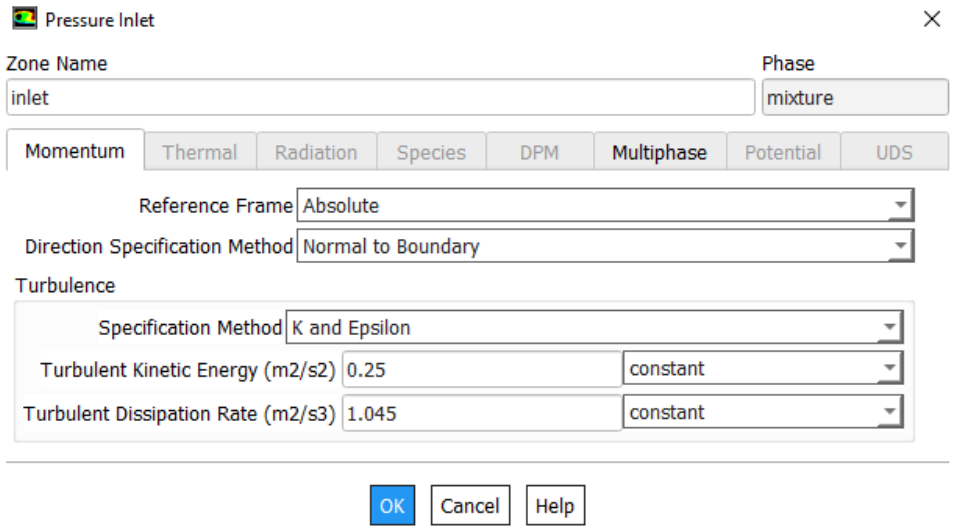


Figura 36: Condiciones iniciales de energía en el dominio INLET.
Fuente: Elaboración propia.

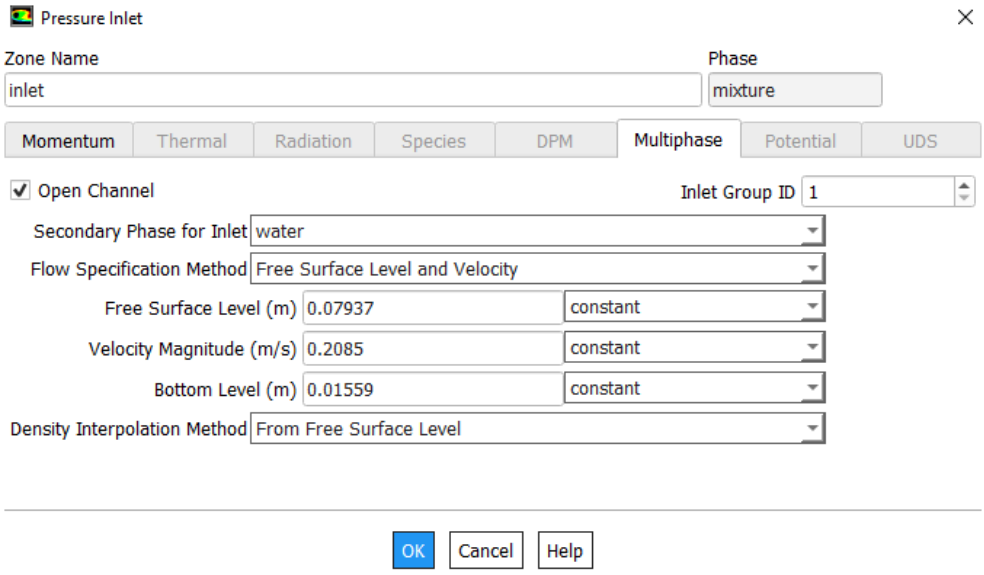


Figura 37: Condiciones de iniciales en el canal abierto INLET.
Fuente: Elaboración propia

La condición del dominio de salida estará definida como tipo *"Pressure-Outlet"*, definiendo la altura del fondo del canal.

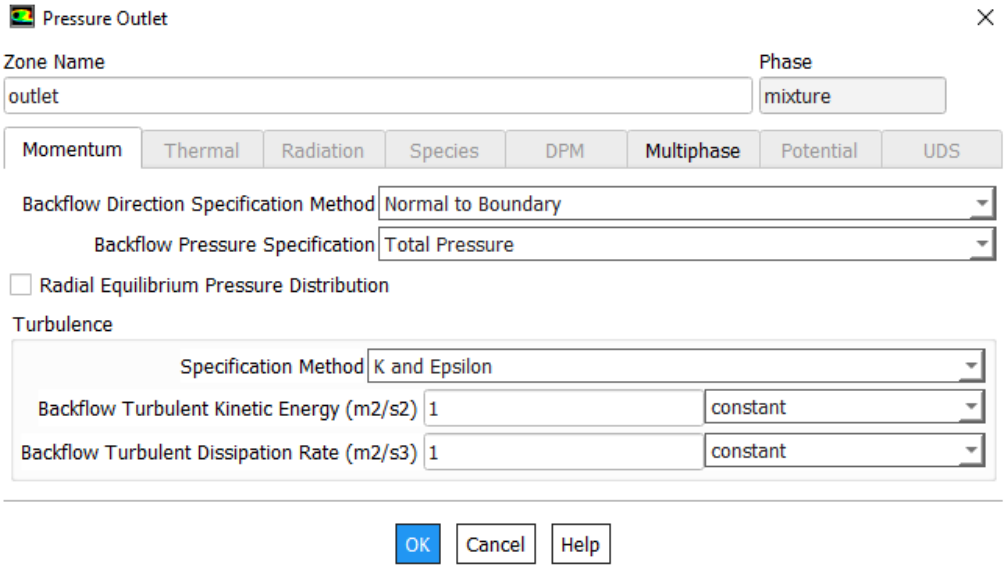


Figura 38: Condiciones iniciales de energía en el dominio OUTLET.
Fuente: Elaboración propia.

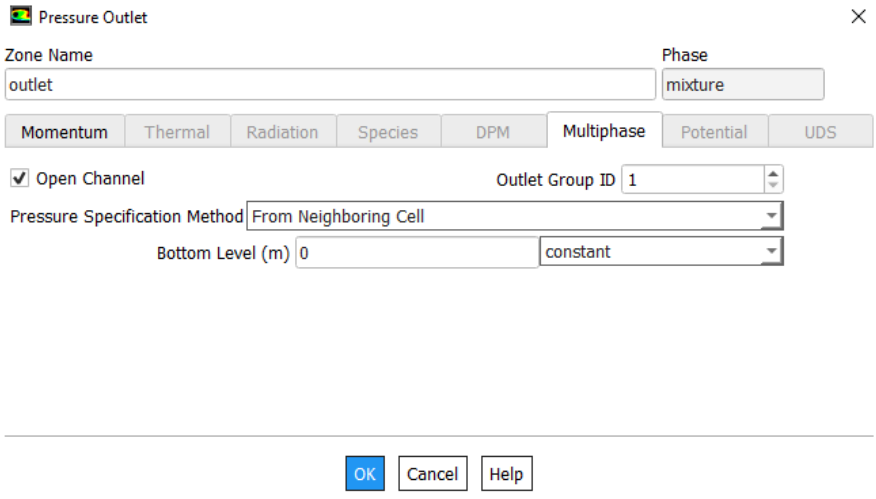


Figura 39: Condiciones iniciales de salida OUTLET.
Fuente: Elaboración propia.

La superficie *"atmosphere"*, se definirá como tipo: *"Symmetry"* y las condiciones de contorno del río será: *"concretewall"* perteneciente al tipo *"wall"*. En la pestaña *"Solution"*, seleccionaremos la opción *"Methods"* de esquema *"SIMPLE"*, con

desratización espacial de presión de fuerza corporal ponderada *(body forcé weighted)*.

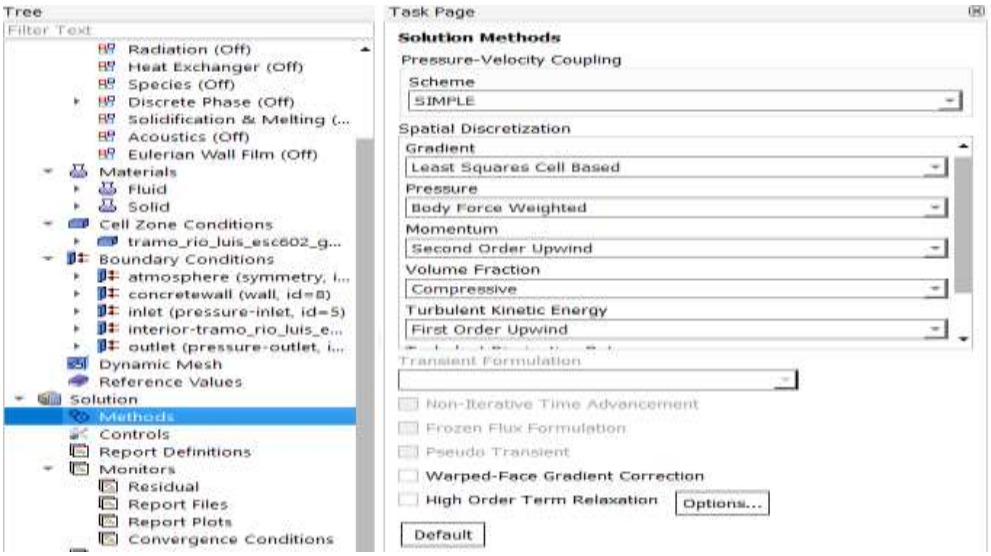


Figura 40: Elección del sistema y método de análisis.
Fuente: Elaboración propia.

En el módulo de la solución para el control de la convergencia de las ecuaciones al ser desarrolladas en cada elemento de malla, seleccionamos la opción *"Residual",* controlando el grado de exactitud de 0.001 de velocidades y otros.

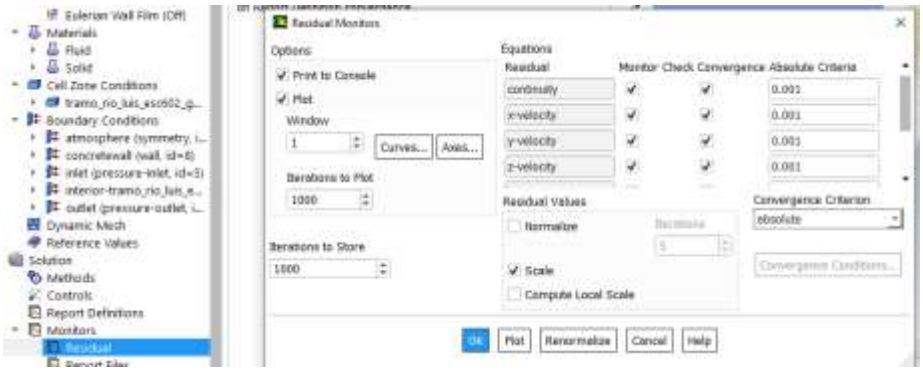


Figura 41: Control de convergencia del análisis.
Fuente: Elaboración propia.

En la pestaña de inicialización seleccionaremos la inicialización estándar *("Standard Initializacion")* y en la opción *"compute from"* se seleccionará todas las

zonas *"All zones",* así declarando el uso de los parámetros de turbulencia especificados en un inicio. Se procederá a iniciar del análisis, presionando el botón *"Initialize"*.

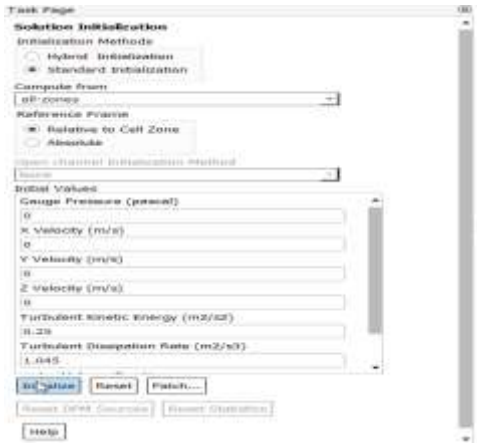


Figura 42: Condiciones de inicio para el análisis computacional.
Fuente: Elaboración propia

Se seleccionará la pestaña *"Run Calculation"*, y se definirá los siguientes parámetros, se establecerá el número de iteraciones e intervalos de reportes para iniciar el computo. Procedemos a presionar el botón calcular.

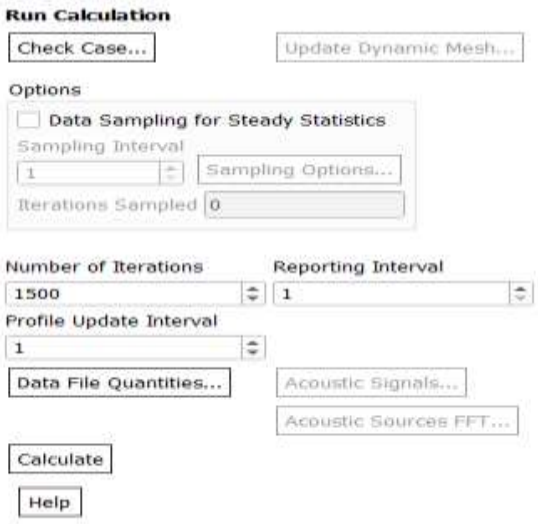


Figura 43: Numero de iteraciones.
Fuente: Elaboración propia

Se lograron obtener velocidades de 0.887 m/s representados en color amarillo verdoso por el centro del cauce, con velocidades de 0.4843 m/s cercanas a las orillas del río Ichu de un color menta verde. La siguiente gráfica representa las velocidades realizadas por el computo, representadas con una vista de leyenda predeterminada de velocidades.

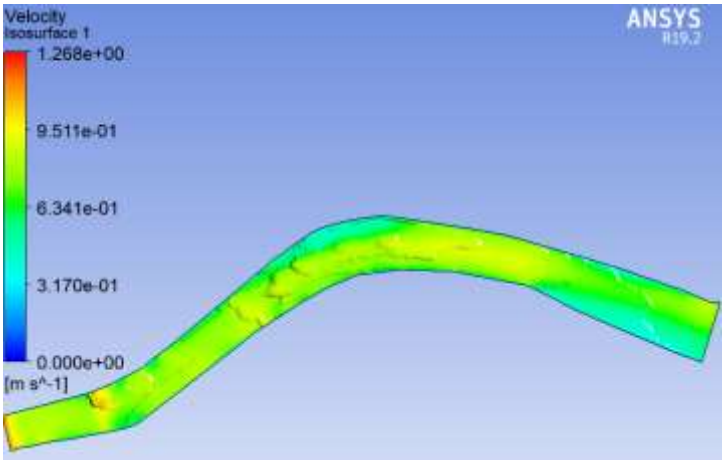


Figura 44: Resultado del análisis computacional.
Fuente: Elaboración propia

Se lograron obtener las líneas de corriente, con velocidades de 1.268 m/s en la superficie en la entrada del cauce del río Ichu; disminuyendo en el trayecto a velocidades de 0.887 m/s y 0.4843 m/s.

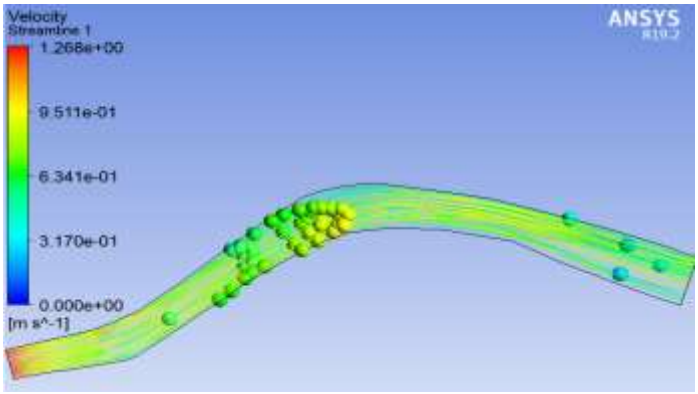


Figura 45: Líneas de corriente del análisis computacional.
Fuente: Elaboración propia

Se procedió a analizar cada punto en conexión con las tuberías de alcantarillado, donde se puede observar la velocidad alrededor de las tuberías de alcantarillado. Los datos encontrados serán de vital importancia para un posterior modelo físico.

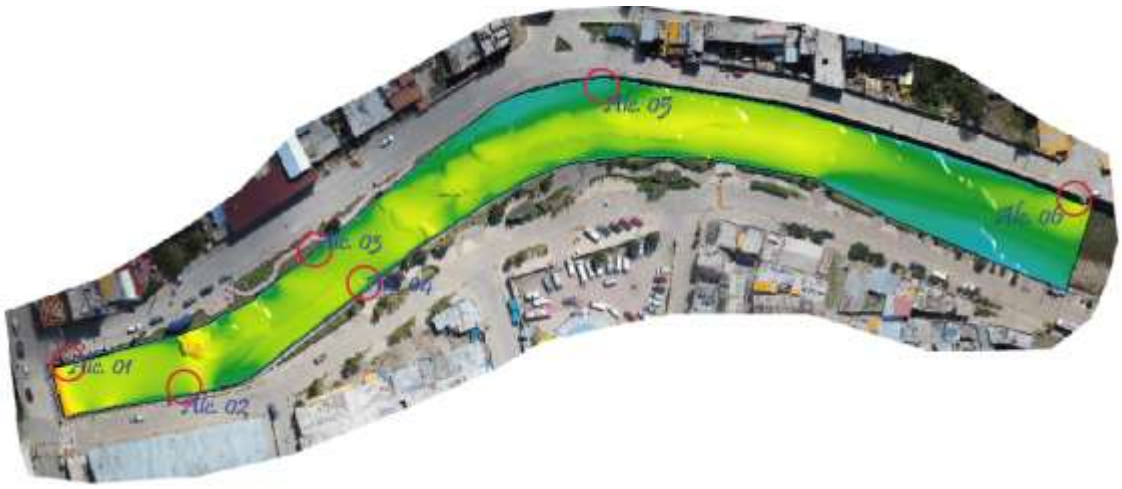


Figura 46: Análisis y ubicación de los puntos de alcantarillado.
Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades en los puntos de alcantarillado son:

Tubería de Alcantarilla	Velocidad Esc 1/60	Velocidad Esc 1/1
Alc. N°01	0.8452 m/s	6.5469 m/s
Alc. N°02	0.7601 m/s	5.8877 m/s
Alc. N°03	0.6270 m/s	4.8567 m/s
Alc. N°04	0.7144 m/s	5.5337 m/s
Alc. N°05	0.4843 m/s	3.7514 m/s
Alc. N°06	0.8405 m/s	6.5105 m/s

Tabla 7: Resultado velocidades en las tuberías de alcantarillado sumergidas.
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron los tirantes de agua en cada tubería de alcantarillado sumergida, teniendo la siguiente tabla.

Tubería de Alcantarilla	Y Esc 1/60	Y Esc 1/1
Alc. N°01	0.0562 m	3.372 m
Alc. N°02	0.0413 m	2.478 m
Alc. N°03	0.0573 m	3.438 m
Alc. N°04	0.0526 m	3.156 m
Alc. N°05	0.0602 m	3.612 m
Alc. N°06	0.0293 m	1.758 m

Tabla 8: Resultado de tirante de agua en las tuberías de alcantarillado sumergidas..
Fuente: Elaboración propia.

4.8. Análisis en el interior de las tuberías

Para el análisis en el interior de las tuberías se procedió a realizar los modelos numéricos en el programa computacional ANSYS, donde se realizó el análisis computacional para el alcantarillado N°05, el cual se toma por ser el más crítico de la red de tubería de alcantarillado sanitario que descarga al rio Ichu, ya que esta tubería de alcantarillado se encuentra constantemente sumergida en el río, provocando el colapso de buzones por el incremento del caudal de río Ichu. Por lo tanto, para el análisis del modelo numérico se extrajo una sección del rio Ichu donde se tiene la intersección del canal del rio Ichu con la tubería de alcantarillado sumergida y los resultados de las simulaciones computacionales en el programa se muestras a continuación:

4.8.1. Modelo N ° 01: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 180° horizontal y 15° vertical

Se procedió a realizar los modelos numéricos en el programa computacional ANSYS, donde se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 8.508 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 15° vertical, según la figura 47.

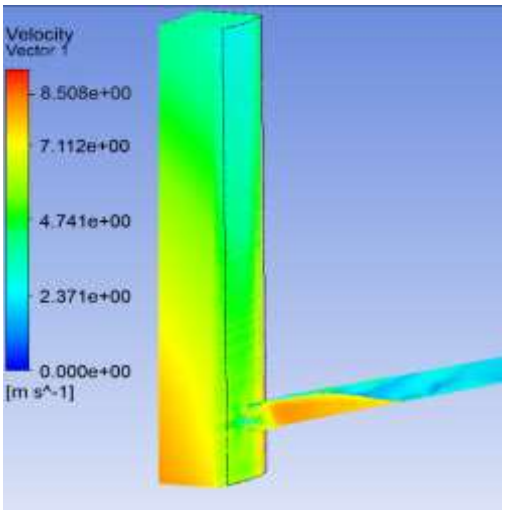


Figura 47: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.508 m/s en la tubería.
Fuente: Elab*oración propia.*

Así mismo en la figura 48, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 8.508 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 15° vertical.

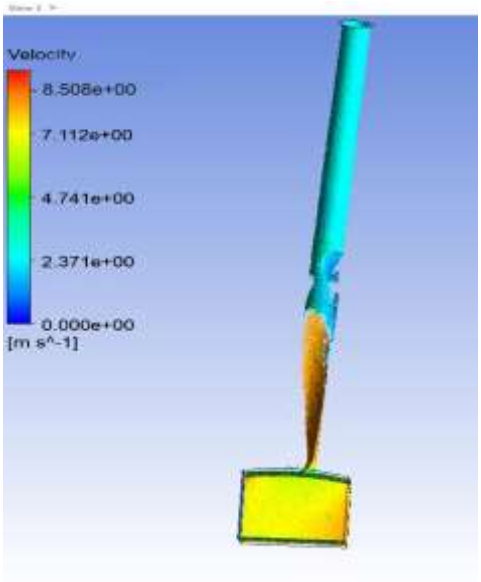


Figura 48: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.508 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 49, se puede observar una presión máxima de 39.98 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 15° vertical.

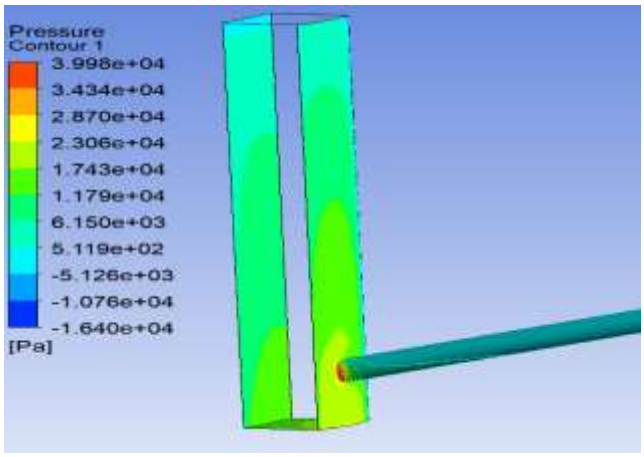


Figura 49: Presión de 39.98 KPa, en el ingreso en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Modelo N ° 02: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 180° horizontal y 30° vertical

En la figura 50, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 8.326 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 30° vertical.

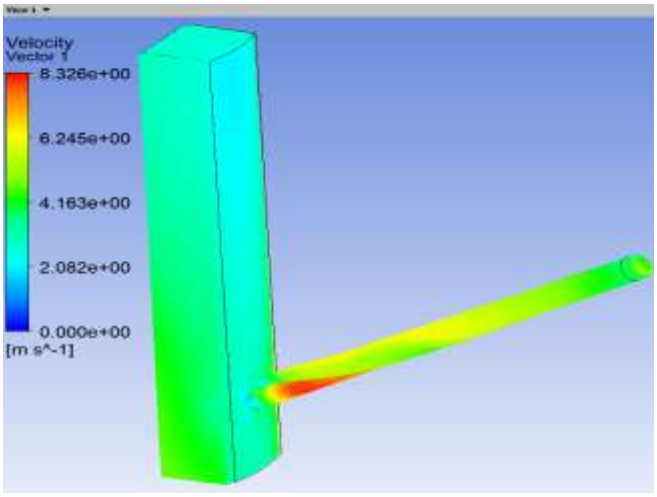


Figura 50: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.326 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 51, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 8.326 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 30° vertical.

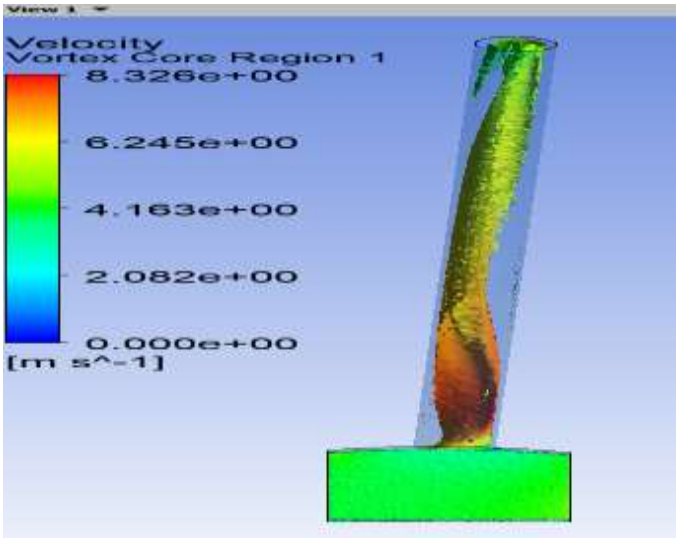


Figura 51: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.326 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 52, se puede observar una presión máxima de 38.27 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 30° vertical.

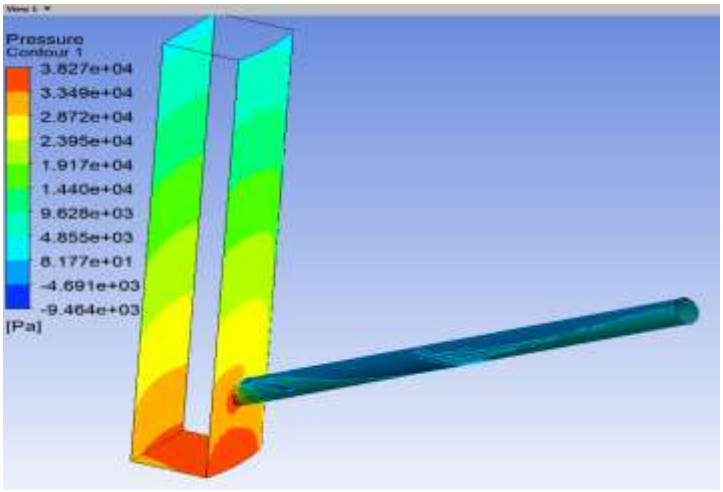


Figura 52: Presión de 38.27 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.3. Modelo N ° 03: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 180° horizontal y 45° vertical

En la figura 53, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 4.794 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical.

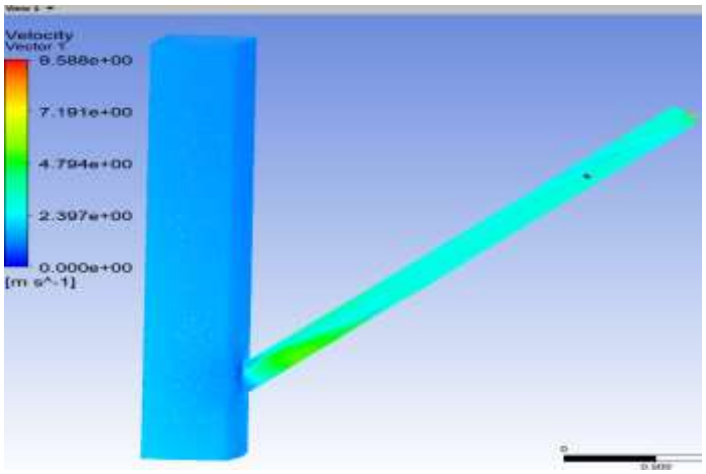


Figura 53: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 4.794 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 54, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 4.794 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical.

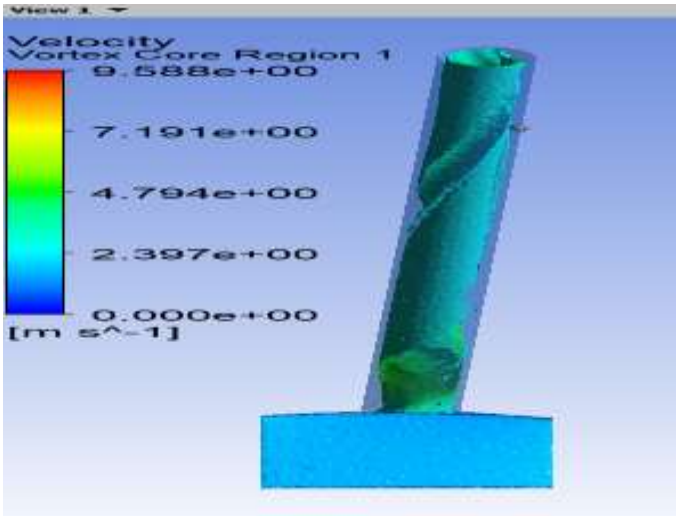


Figura 54: Vista en planta, de la velocidad máxima de 4.794 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 55, se puede observar una presión máxima de 41.44 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical.

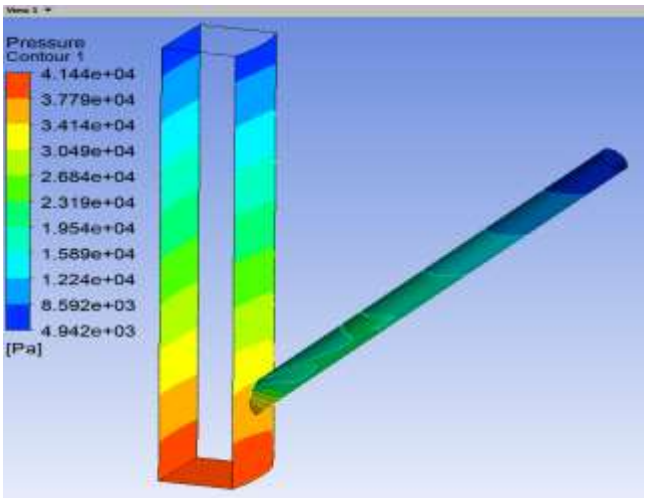


Figura 55: Presión de 41.44 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.4. Modelo N ° 04: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 225° horizontal y 15° vertical

En la figura 56, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 8.478 m/s para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 15° vertical.

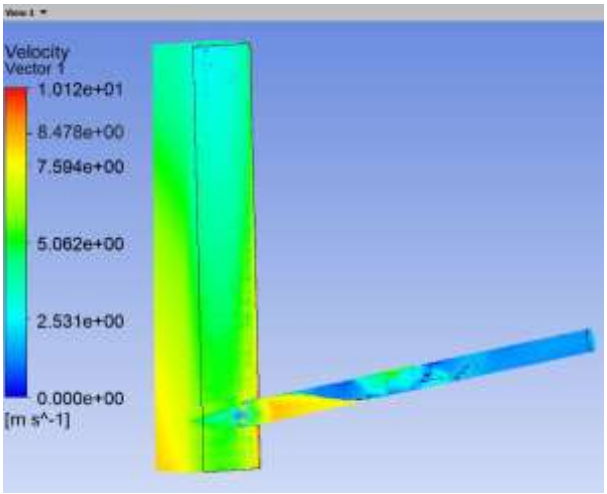


Figura 56: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.478 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 57, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 8.478 m/s para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 15° vertical.

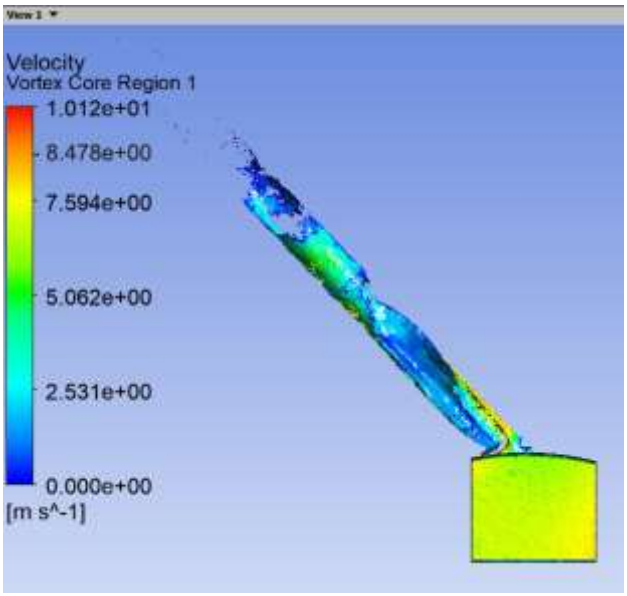


Figura 57: *Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.478 m/s en la tubería*.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 58, se puede observar una presión máxima de 38.55 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 15° vertical.

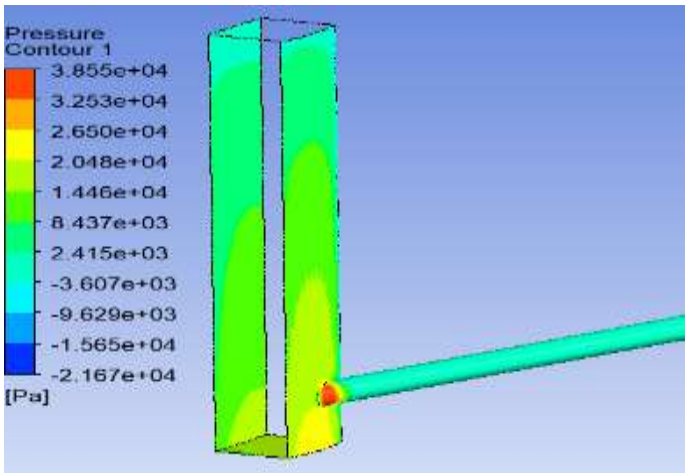


Figura 58: *Presión de 38.55 KPa, en el ingreso de la tubería.*
Fuente: Elaboración propia

4.8.5. Modelo N ° 05: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 225° horizontal y 30° vertical.

En la figura 59, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 8.523 m/s para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 30° vertical.

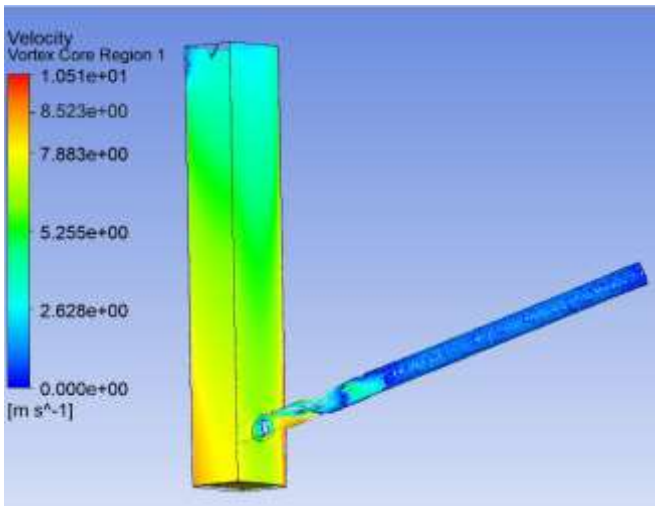


Figura 59: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.523 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 60, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 8.523 m/s para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 30° vertical.

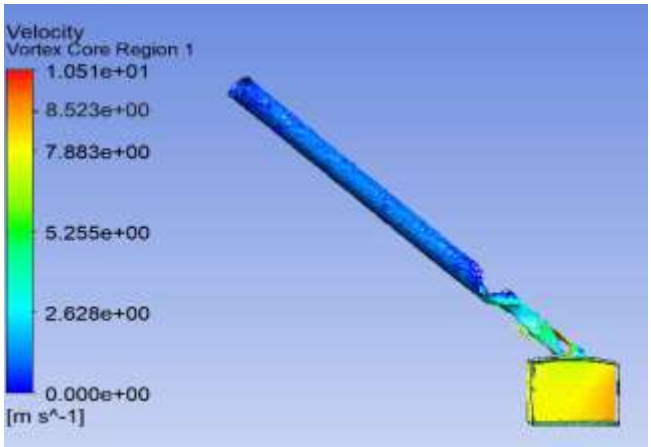


Figura 60: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.523 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 61, se puede observar una presión máxima de 39.71 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 30° vertical.

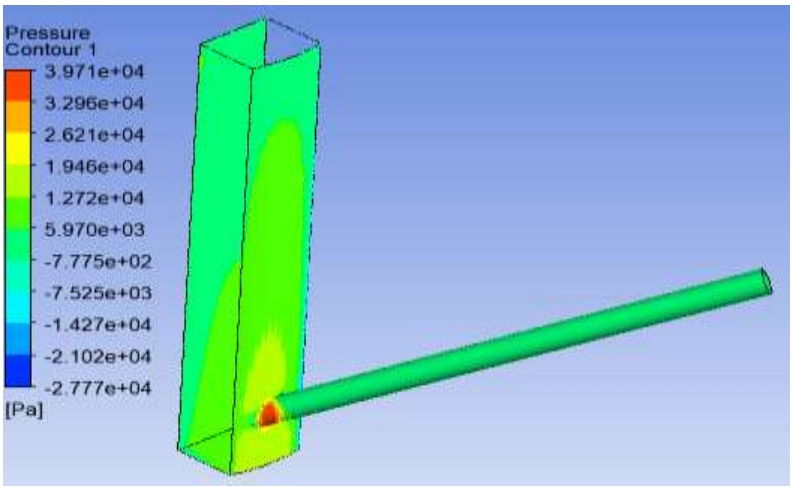


Figura 61: Presión de 39.71 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.6. Modelo N ° 06: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 225° horizontal y 45° vertical.

En la figura 62, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 8.213 m/s para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 45° vertical.

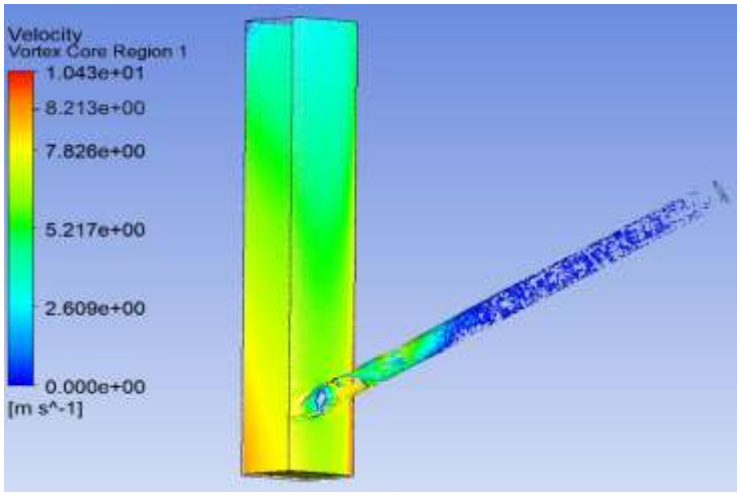


Figura 62: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 8.213 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 63, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 8.213 m/s para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 45° vertical.

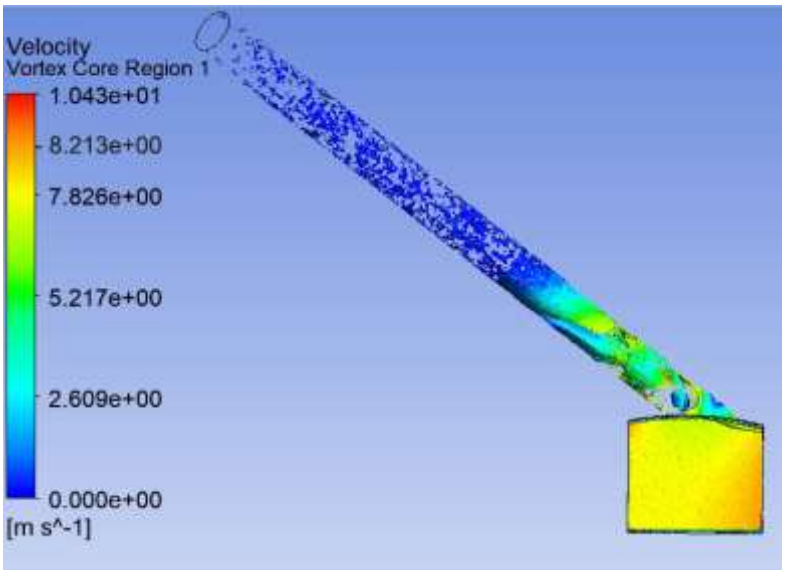


Figura 63: Vista en planta, de la velocidad máxima de 8.213 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 64, se puede observar una presión máxima de 37.62 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 45° vertical.

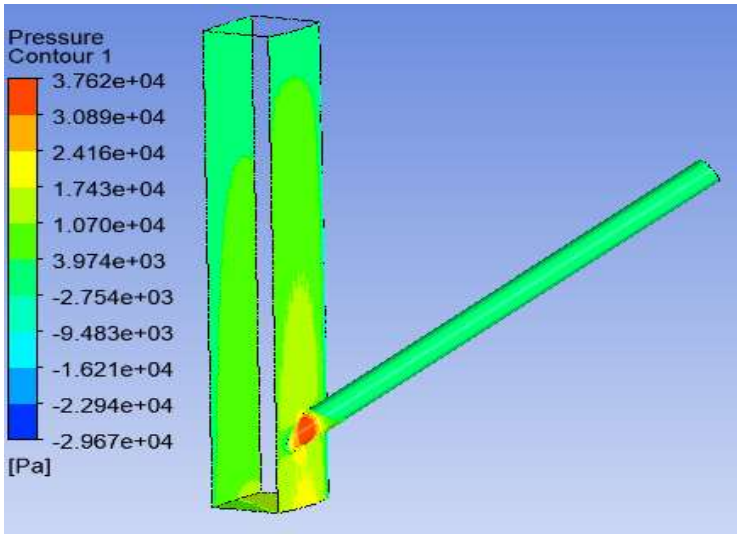


Figura 64: Presión de 37.62 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.7. Modelo N ° 07: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 247.5° horizontal y 15° vertical.

En la figura 65, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 4.497 m/s para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 15° vertical.

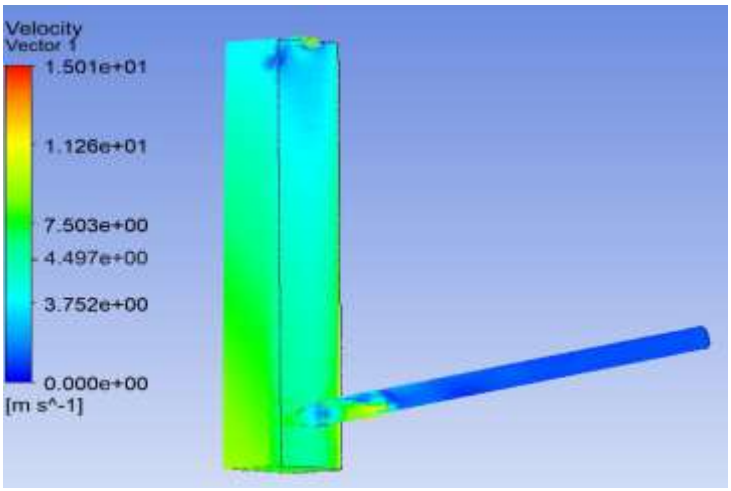


Figura 65: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 4.497 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 66, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 4.497 m/s para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 15° vertical.

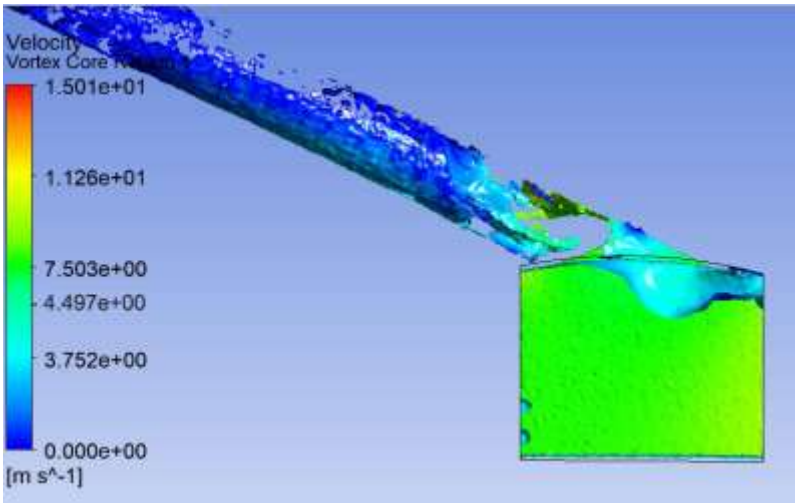


Figura 66: Vista en planta, de la velocidad máxima de 4.497 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 67, se puede observar una presión máxima de 39.24 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 15° vertical.

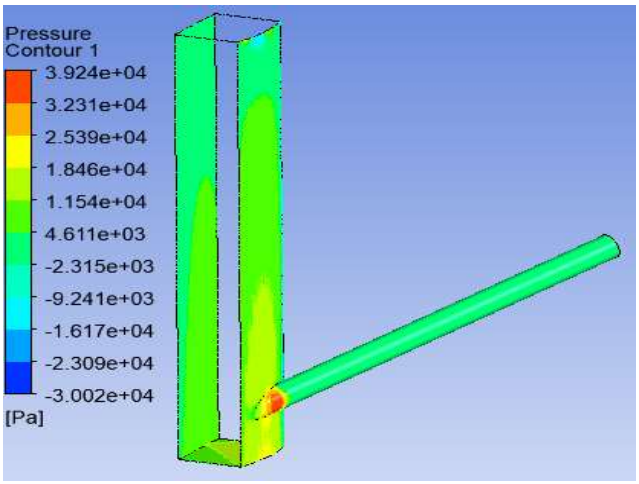


Figura 67: Presión de 39.24 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.8. Modelo N ° 08: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 247.5° horizontal y 30° vertical.

En la figura 68, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 5.671 m/s para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 30° vertical.

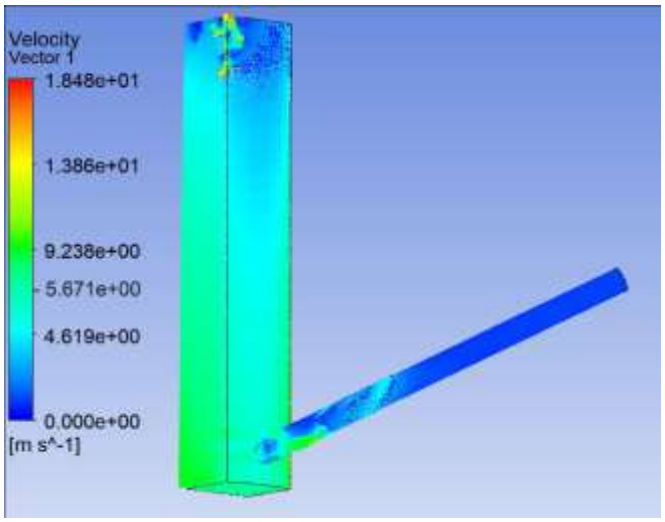


Figura 68: *Vista en perfil, de la velocidad máxima de 5.671 m/s en la tubería.*
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 69, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 5.671 m/s para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 30° vertical.

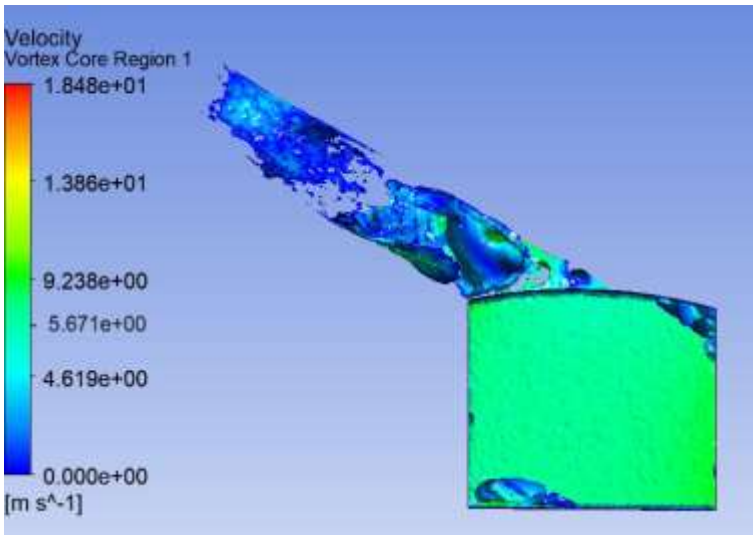


Figura 69: Vista en planta, de la velocidad máxima de 5.671 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 70, se puede observar una presión máxima de 41.30 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 225° horizontal y 30° vertical.

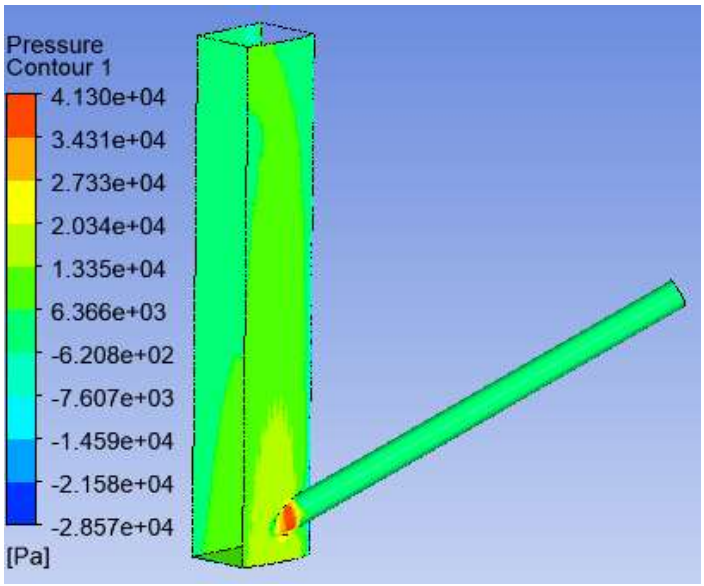


Figura 70: Presión de 41.30 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.8.9. Modelo N ° 09: Alcantarilla N°05 con ángulos de inclinación 247.5° horizontal y 45° vertical.

En la figura 71, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 6.971 m/s para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 45° vertical.

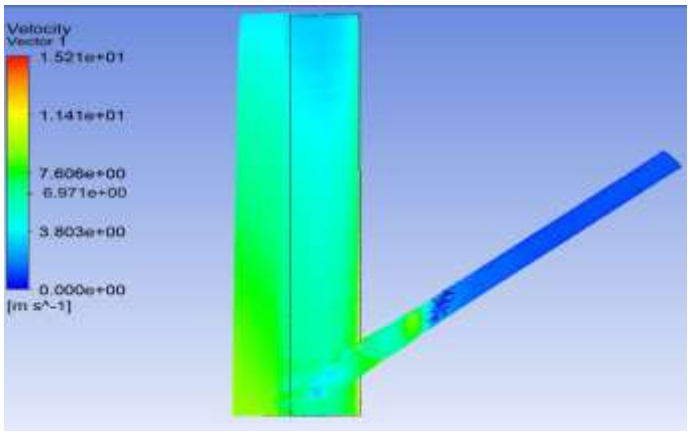


Figura 71: Vista en perfil, de la velocidad máxima de 6.971 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 72, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería de alcantarillado sumergida, a una velocidad de 6.971 m/s para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 45° vertical

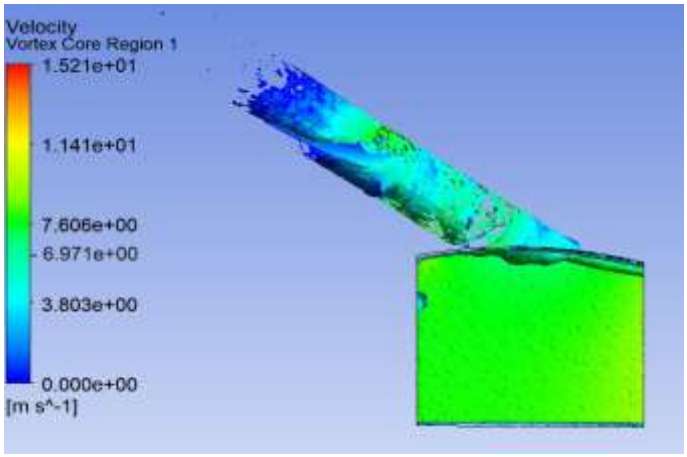


Figura 72: Vista en planta, de la velocidad máxima de 6.971 m/s en la tubería.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 73, se puede observar una presión máxima de 33.41 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 45° vertical.

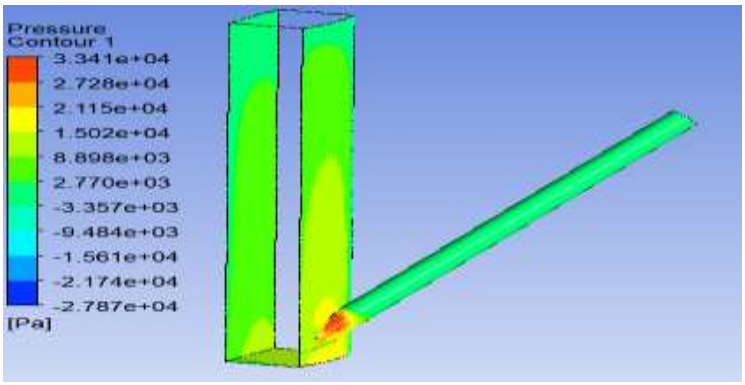


Figura 73: Presión de 33.41 KPa, en el ingreso de la tubería.
Fuente: Elaboración propia

4.9. Análisis de resultados de las simulaciones numéricas

Del análisis y de las simulaciones numéricas, se obtienen resultados de caudales, velocidades y presiones en el interior de las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del rio Ichu, los cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla:

4.9.1. Análisis de resultados de caudales de las simulaciones numéricas

Modelo	Ángulo (Horizontal)	Ángulo (Vertical)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
MODELO N° 01	**180°**	**15°**	0.0336	0.286
MODELO N° 02	**180°**	**30°**	0.0379	0.316
MODELO N° 03	**180°**	**45°**	0.0472	0.226
MODELO N° 04	**225°**	**15°**	0.0436	0.370
MODELO N° 05	**225°**	**30°**	0.0561	0.478
MODELO N° 06	**225°**	**45°**	0.0812	0.667
MODELO N° 07	**247.5°**	**15°**	0.098	0.441
MODELO N° 08	**247.5°**	**30°**	0.0844	0.479
MODELO N° 09	**247.5°**	**45°**	0.1034	0.721
MIN	180°	45°	0.047	0.226
MAX	247.5°	45°	0.103	0.721

Tabla 9: Resultados de los caudales de ingreso de las tuberías de alcantarillado sumergidas.
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 09, se muestra que en modelo numérico N° 03, las tuberías de alcantarillado sumergidas tienen un caudal mínimo de ingreso de 0.226 m3/s, para un ángulo de inclinación de 180° Horizontal y un ángulo de 45°Vertical, Así mismo en modelo numérico N° 05, las tuberías de alcantarillado sumergidas tienen un caudal máximo de ingreso de 0.721 m3/s, para un ángulo de inclinación de 247.5° Horizontal y un ángulo de 45°Vertical. Demostrando así que el caudal de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas depende del ángulo horizontal y vertical (pendiente) que se da la intersección entre la tubería y el margen del río Ichu.

4.9.2. Análisis de resultados de velocidades de las simulaciones numéricas

Modelo	Ángulo (Horizontal)	Ángulo (Vertical)	Área (m2)	Velocidad (m/s)
MODELO N° 01	**180°**	**15°**	0.0336	8.508
MODELO N° 02	**180°**	**30°**	0.0379	8.326
MODELO N° 03	**180°**	**45°**	0.0472	4.794
MODELO N° 04	**225°**	**15°**	0.0436	8.478
MODELO N° 05	**225°**	**30°**	0.0561	8.523
MODELO N° 06	**225°**	**45°**	0.0812	8.213
MODELO N° 07	**247.5°**	**15°**	0.098	4.497
MODELO N° 08	**247.5°**	**30°**	0.0844	5.671
MODELO N° 09	**247.5°**	**45°**	0.1034	6.971
MIN	247.5°	15°	0.098	4.497
MAX	225°	30°	0.056	8.523

Tabla 10: Resultados de velocidad de las tuberías de alcantarillado sumergidas.
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 10, se muestra que en modelo numérico N° 07, las tuberías de alcantarillado sumergidas tienen una velocidad mínima de ingreso de 4.497 m/s, para un ángulo de inclinación de 247.5° Horizontal y un ángulo de 15°Vertical, Así mismo en modelo numérico N° 05, las tuberías de alcantarillado sumergidas tienen una velocidad máxima de ingreso de 8.523 m/s, para un ángulo de inclinación de 225° Horizontal y un ángulo de 30°Vertical. Demostrando así que la velocidad de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas depende de la pendiente que tiene la tubería con la intersección del margen del río Ichu.

4.9.3. Análisis de resultados de presiones de las simulaciones numéricas

Modelo	Ángulo (Horizontal)	Ángulo (Vertical)	Área (m2)	Caudal (m3/s)	Presiones (KPa)
MODELO N° 01	**180°**	**15°**	0.0336	0.286	39.980
MODELO N° 02	**180°**	**30°**	0.0379	0.316	38.270
MODELO N° 03	**180°**	**45°**	0.0472	0.226	41.440
MODELO N° 04	**225°**	**15°**	0.0436	0.370	38.550
MODELO N° 05	**225°**	**30°**	0.0561	0.478	39.710
MODELO N° 06	**225°**	**45°**	0.0812	0.667	37.620
MODELO N° 07	**247.5°**	**15°**	0.098	0.441	39.240
MODELO N° 08	**247.5°**	**30°**	0.0844	0.479	41.300
MODELO N° 09	**247.5°**	**45°**	0.1034	0.721	33.410
MIN	247.5°	45°	0.103	0.721	33.410
MAX	180°	45°	0.047	0.226	41.440

Tabla 11: Resultados de las presiones de las tuberías sumergidas.
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 11, se muestra que en modelo numérico N° 09, las tuberías de alcantarillado sumergidas tienen una mínima presión de ingreso de 33.410 KPa, para un ángulo de inclinación de 247.5° Horizontal y un ángulo de 45°Vertical, Así mismo en modelo numérico N° 03, las tuberías de alcantarillado sumergidas tienen una máxima presión de ingreso de 41.440 KPa, para un ángulo de inclinación de 180° Horizontal y un ángulo de 45°Vertical. Demostrando así que el aumento de presiones en las tuberías de alcantarillado sumergidas es debido al incremento del caudal de río.

4.10. Análisis de simulación numérica con dos flujos de descarga de agua.

4.10.1. Con flujo en el canal del rio y flujo en la tubería de alcantarillado sumergida (modelo N° 03)

De acuerdo a las simulaciones numéricas realizadas, se observó que para el modelo numérico N° 03 con ángulos de inclinación de 180° Horizontal y 45° Vertical, se presenta el menor caudal de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas, es por ello que se le consideró para una simulación numérica con

dos flujos, con flujo en el canal del río y otro flujo en la tubería de alcantarillado los cuales presentan diferentes efectos hidráulicos.

En la figura 74, se puede observar que alrededor de las tuberías de alcantarillado sumergidas se tiene una velocidad de 3.405 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 30° vertical, los cuales se presentan para una simulación numérica de dos flujos de agua.

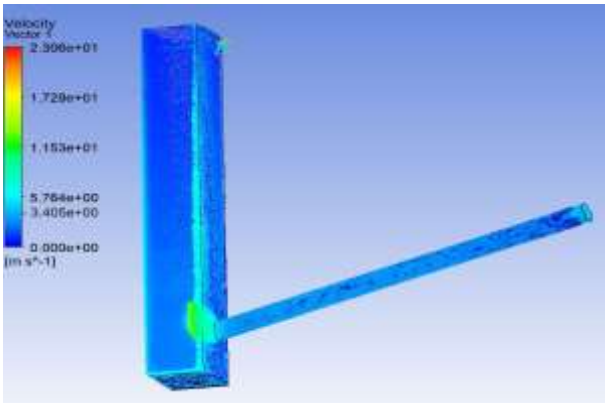


Figura 74: vista de la velocidad de 3.405 m/s en la tubería
Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la figura 75, se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la tubería, a una velocidad de 3.405 m/s para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 30° vertical, los cuales se presentan para una simulación numérica de dos flujos de agua.

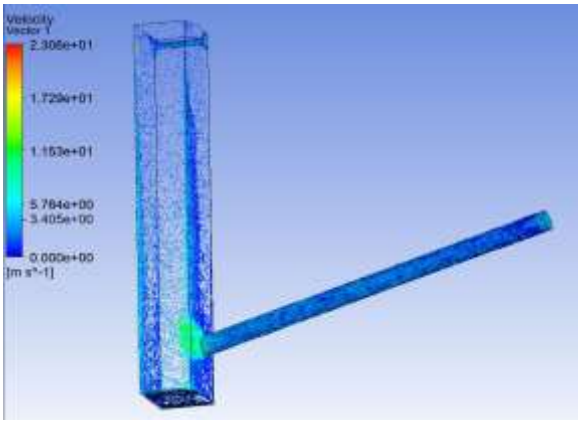


Figura 75: vista de la velocidad de 3.405 m/s en la tubería
Fuente: Elaboración propia

En la figura 76, se puede observar una presión máxima de 61.60 KPa, en el ingreso de la tubería de alcantarillado sumergida, para los ángulos de inclinación de 180° horizontal y 30° vertical, los cuales se presentan para una simulación numérica de dos flujos de agua.

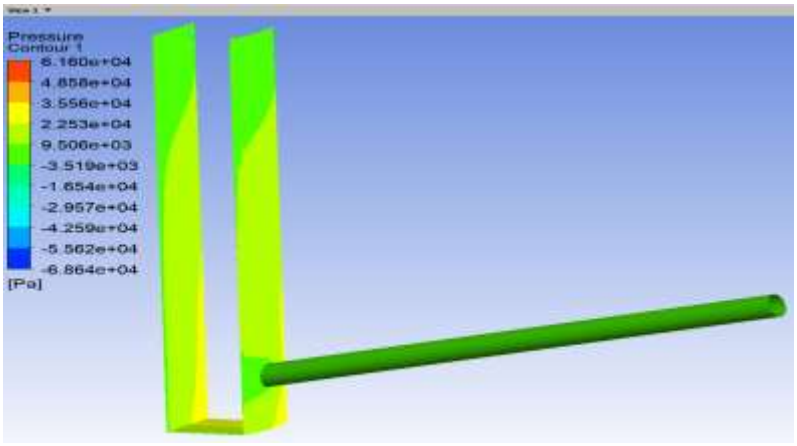


Figura 76: Presiones de la tubería de 61.60 KPa, obtenidas con 02 flujos.
Fuente: Elaboración propia

4.10.2. Análisis de los resultados de la simulación numérica con dos flujos de descarga de agua

Del análisis y de las simulaciones para dos flujos para el modelo N° 03, se tiene los siguientes resultados el cual se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Modelo	Ángulo (Horizontal)	Ángulo (Vertical)	Velocidad (m/s)	Presiones (KPa)	Caudal (m3/s)
MODELO N° 03	**180°**	**45°**	3.405	61.60	0.129

Tabla 12: Resultados de velocidad, presión y caudal de agua alrededor de las tuberías sumergidas con dos flujos.
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 12, se tiene que el caudal de la tubería de alcantarillado sumergida en el cauce del rio Ichu es de 0.129 m3/s, el cual presenta una velocidad de 3.405 m/2 y una presión de 61.60 Kpa, para ángulos de inclinación de 180° Horizontal y 45° Vertical. Que, en comparación con los modelos numéricos anteriores, presenta una disminución del caudal y la velocidad, pero se tiene un incremento de la presión.

4.11. Análisis estadístico

Para la presente investigación se usó el modelo físico del río Ichu y un modelo numérico, así como sus datos reales, de caudales y velocidades donde se aplicó el software Ansys y programas que nos permitieron realizar comparaciones, para así poder precisar los resultados que nos permitan probar las hipótesis planteadas.

Para determinar las tendencias de la investigación realizada se usaron muestras no probabilísticas de carácter intencionado, las pruebas realizadas nos establecieron datos de velocidades, caudales y presiones, de las tuberías de alcantarillado sumergidas, estas fueron evaluadas bajo ángulos horizontales y verticales en referencia al lecho del rio.

Para poder determinar el tipo de prueba estadística para los datos obtenidos se analizó a partir del número de muestras y tipo de variable de la siguiente manera:

- **La variable clasificatoria es:**
  Tipo de modelo (Físico y Numérico)
- **La variable de resultado es:**
  Los efectos hidráulicos (Velocidades, Caudales, Presiones y Pendientes)
- **El nivel de medición de la variable de resultado es:**
  Intervalo de frecuencias
- **Muestra relacionada o no relacionada:**
  La muestra será relacionada (pre test y post test)
- **Prueba estadística:**
  T- Student (muestras relacionadas)
  De acuerdo a lo identificado se determina que para el tipo de variables y número de muestras obtenidas de la investigación se realizará la prueba estadística de T- Student para muestras independientes, por lo tanto, se calculará la frecuencia de intervalos mediante la fórmula de Surges.

$$K = 1 + 3.322 * logN$$

$$K = 1 + 3.322 * \log(9)$$

$$K = 4.17 \cong 4\ clases\ de\ intervalo$$

Para el Rango:

$$K = Valor\ máximo - Valor\ minimo$$

Por lo tanto, se utilizará 04 intervalos de frecuencia para determinar las medias de tendencia a nivel de modelo físico y numérico, considerando los ángulos analizados de las 9 muestras.

4.11.1. Fórmula de T Student

Para determinar el índice de confianza de los resultados obtenidos, vamos a considerar al 95% (IC), debido a que se cuenta con una muestra pequeña de acuerdo a los ensayos realizados.

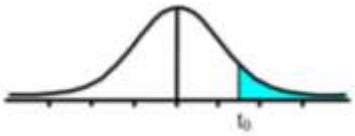


Tabla t-Student

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123

Figura 77: Tabla de T-Student.

4.11.2. Procesamiento de datos

Para el análisis estadístico se tuvieron que analizar los datos de los resultados de los modelos físicos y numéricos, de las velocidades, caudales y presiones, para su posterior análisis de intervalos de frecuencia y tendencias, los cuales se muestra a continuación en la siguiente tabla:

						Modelo Físico		Modelo Numérico		
Modelo Físico	Ángulo (Horizontal)	Ángulo (Vertical)	Tiempo (s)	Volumen (lts)	Área (m2)	Velocidad real (m/s)	Caudal real (m3/s)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)	Presiones (KPa)
PRUEBA N° 01	180°	15°	3.2	0.19	0.0336	8.711	0.293	8.508	0.286	39.98
PRUEBA N° 02	180°	30°	3.6	0.235	0.0379	8.490	0.322	8.326	0.316	38.27
PRUEBA N° 03	180°	45°	4.3	0.2	0.0472	4.858	0.229	4.794	0.226	41.44
PRUEBA N° 04	225°	15°	3.2	0.245	0.0436	8.656	0.377	8.478	0.370	38.55
PRUEBA N° 05	225°	30°	3.8	0.36	0.0561	8.325	0.467	8.523	0.478	39.71
PRUEBA N° 06	225°	45°	3.5	0.465	0.0812	8.066	0.655	8.213	0.667	37.62
PRUEBA N° 07	247.5°	15°	3.2	0.275	0.0980	4.323	0.424	4.497	0.441	39.24
PRUEBA N° 08	247.5°	30°	3.5	0.325	0.0844	5.423	0.458	5.671	0.479	41.3
PRUEBA N° 09	247.5°	45°	2.8	0.400	0.1034	6.811	0.704	6.971	0.721	33.41
MIN	180°	15°	2.800	0.190	0.190	4.323	0.229	4.497	0.226	33.410
MAX	247.5°	45°	4.300	0.465	0.465	8.711	0.704	8.523	0.721	41.440

Tabla 13: Datos obtenido en campo del modelo físico y numérico.
Fuente: Elaboración propia

4.11.3. Análisis de datos para caudales (modelo físico)

INTERVALOS DE FRECUENCIA DE CAUDALES (MODELO FISICO)						
Intervalos de frecuencia		Marca de clase (X)	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (F)	Frecuencia acumulada	X*f
min	max					
0.229	0.348	0.289	3	0.333	3	0.86593844
0.348	0.467	0.407	3	0.333	6	1.22214007
0.467	0.585	0.526	1	0.111	7	0.5261139
0.585	0.704	0.645	2	0.222	9	1.28969555

Tabla 14: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda.
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 14. Se puede observar los intervalos de frecuencia para los caudales del modelo físico, donde se puede obtienen los caudales máximos y mínimos de 0.704 m3/s y 0.229 m3/s.

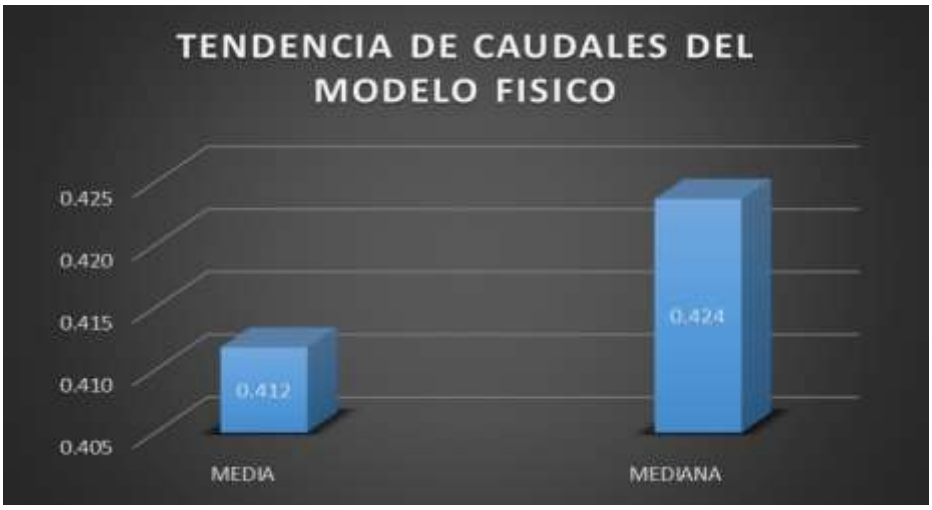


Figura 78: Tendencia de caudales (modelo físico).
Fuente: Elaboración propia

De la figura 79. Se puede observar la tendencia de los caudales del modelo físico, teniendo como Media 0.412 m3/s, Mediana 0.424 m3/s y la Moda con ningún valor, por lo tanto, se puede concluir que la variación de caudales en las tuberías de alcantarillado sumergidas, dependen del área de intersección entre la tubería y los ángulos de inclinación

4.11.4. Análisis de datos para velocidades (modelo físico)

INTERVALOS DE FRECUENCIA DE LAS VELOCIDADES (MODELO FISICO)						
Intervalos de frecuencia		Marca de clase (X)	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (F)	Frecuencia acumulada	X*f
min	max					
4.323	5.420	4.871	2.000	0.222	2.000	9.743
5.420	6.517	5.968	1.000	0.111	3.000	5.968
6.517	7.614	7.065	1.000	0.111	4.000	7.065
7.614	8.711	8.162	5.000	0.556	9.000	40.812

Tabla 15: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda.
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 15. Se puede observar los intervalos de frecuencia para las velocidades del modelo físico, donde se puede observar las velocidades máximas y mínimas de 8.711m/s y 4.323 m/s

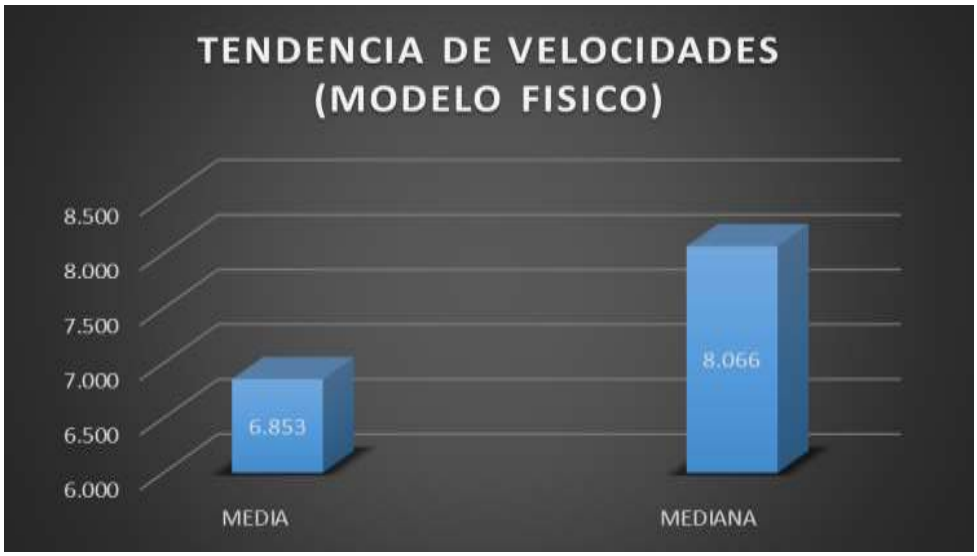


Figura 79: Tendencia de velocidades (modelo físico).
Fuente: Elaboración propia

De la figura 78. Se puede observar la tendencia de las velocidades, teniendo como Media 6.853 m/s, Mediana 8.066 m/sy la Moda con ningún valor, por lo tanto, se puede concluir que la variación de velocidades en las tuberías de alcantarillado sumergidas, dependen del área de intersección entre la tubería y los ángulos de inclinación.

4.11.5. Análisis de datos para caudales (modelo numérico)

INTERVALOS DE FRECUENCIA DE CAUDALES (MODELO NUMÉRICO)						
Intervalos de frecuencia		Marca de clase (X)	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (F)	Frecuencia acumulada	X*f
min	max					
0.226	0.350	0.288	3	0.333	3	0.86427713
0.350	0.474	0.412	2	0.222	5	0.82344705
0.474	0.597	0.535	2	0.222	7	1.07070935
0.597	0.721	0.659	2	0.222	9	1.31797165

Tabla 16: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda.
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 16. Se puede observar los intervalos de frecuencia para los caudales del modelo numérico, donde se puede observar los caudales máximos y mínimos de 0.721 m3/s y 0.226 m3/s

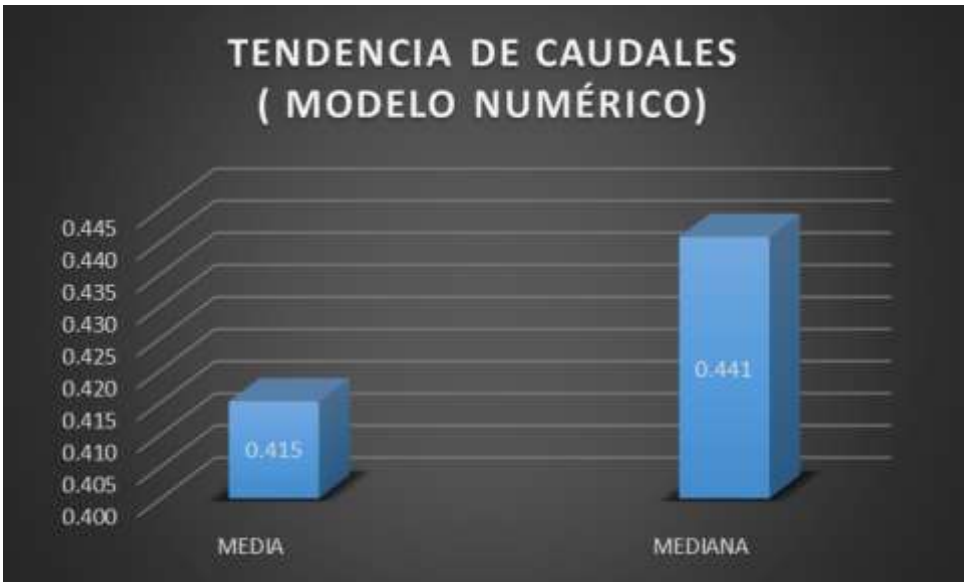


Figura 80: Tendencia de caudales (modelo numérico).
Fuente: Elaboración propia

De la figura 81. Se puede observar la tendencia de los caudales, tenido como Media 0.415 m3/s, Mediana 0.441 m3/s y la Moda con ningún valor, por lo tanto, se puede concluir que la variación de caudales en las tuberías de alcantarillado sumergidas, dependen del área de intersección entre la tubería y los ángulos de inclinación.

4.11.6. Análisis de datos para velocidades (modelo numérico)

INTERVALOS DE FRECUENCIA DE VELOCIDADES (MODELO NUMÉRICO)						
Intervalos de frecuencia		Marca de clase (X)	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (F)	Frecuencia acumulada	X*f
min	max					
4.497	5.504	5.000	2	0.222	2	10.0005
5.504	6.510	6.007	1	0.111	3	6.00675
6.510	7.517	7.013	1	0.111	4	7.01325
7.517	8.523	8.020	5	0.556	9	40.09875

Tabla 17: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda.
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 17. Se puede observar los intervalos de frecuencia para las velocidades del modelo numérico, donde se puede observar las velocidades máximas y mínimas de 8.523 m/s y 4.497 m/s

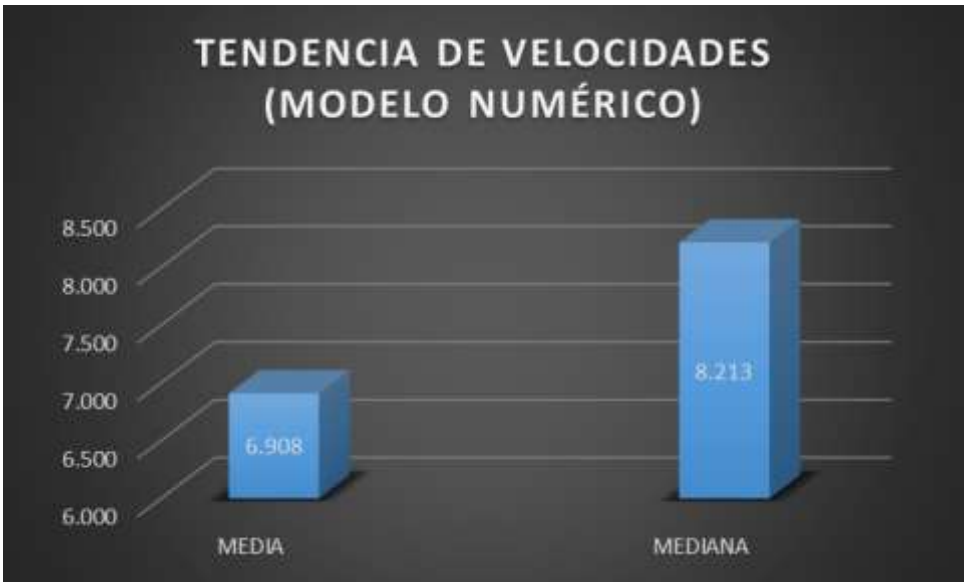


Figura 81: Tendencia de velocidades (modelo numérico).
Fuente: Elaboración propia

De la figura 80. Se puede observar la tendencia de las velocidades, tenido como Media 6.908 m/s, Mediana 8.213 m/s y la Moda con ningún valor, por lo tanto, se puede concluir que la variación de velocidades en las tuberías de alcantarillado sumergidas, dependen del área de intersección entre la tubería y los ángulos de inclinación.

4.11.7. Análisis de datos para presiones (modelo numérico)

INTERVALOS DE FRECUENCIA DE PRESIONES (MODELO NUMÉRICO)						
Intervalos de frecuencia		Marca de clase (X)	Frecuencia absoluta (f)	Frecuencia relativa (F)	Frecuencia acumulada	X*f
min	max					
33.410	35.418	34.414	1	0.111	1	34.41375
35.418	37.425	36.421	0	0.000	1	0
37.425	39.433	38.429	4	0.444	5	153.715
39.433	41.440	40.436	4	0.444	9	161.745

Tabla 18: Intervalos de frecuencia para determinar la Media, Mediana y Moda.
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 18. Se puede observar los intervalos de frecuencia para las presiones del modelo numérico, donde se puede observar presiones máximas y mínimos de 41.44 KPa y 33.41 KPa.

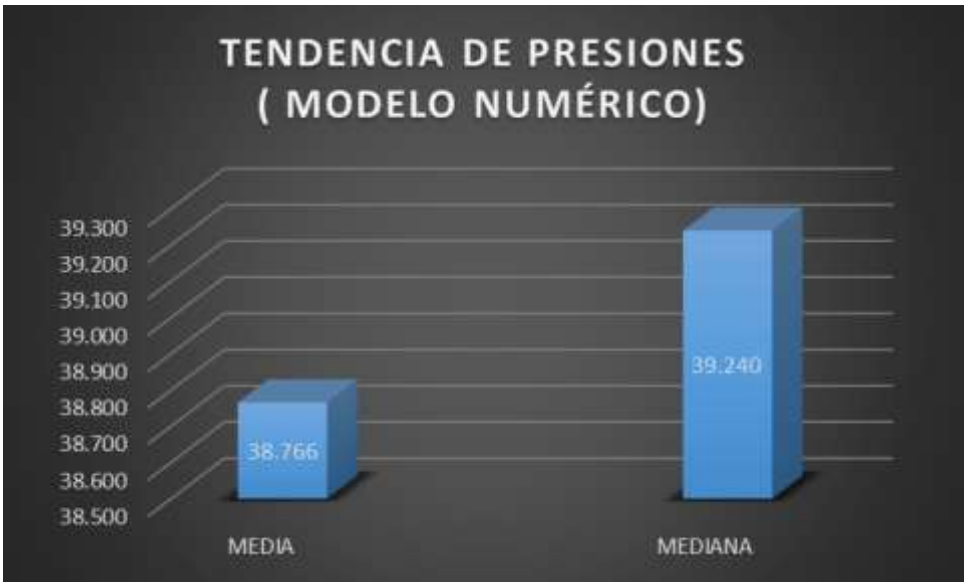


Figura 82: Tendencia de presiones (modelo numérico).
Fuente: Elaboración propia

De la figura 82. Se puede observar la tendencia las presiones, tenido como Media 38.766 KPa, Mediana 39.240 KPa y la Moda con ningún valor, por lo tanto, se puede concluir que la variación de presiones en las tuberías de alcantarillado sumergidas, dependen del área de intersección entre la tubería y los ángulos de inclinación.

4.12. Discusión de resultados

- De acuerdo al RNE. OS. 070 se establecen consideraciones de pendientes mínimas en las tuberías deben ser 0.455% (0.26°), que altura de lámina de agua en las tuberías de alcantarillado deben de ser menor o igual al 75% del diámetro de la tubería, velocidades máximas deben ser de 5 m/s en las redes de tuberías de alcantarillado y menciona que las redes de tuberías de alcantarillado deben cumplir la condición de auto limpieza aplicando la tensión tractiva con un valor mínimo de 1.0 Pa; en razón a ello se menciona que de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, las pendientes analizadas en las tuberías de alcantarillado satisfacen la pendiente mínima que propone el RNE. OS. 070, respecto al caudal debido al incremento del río Ichu las tuberías de alcantarillado están completamente llenas, sobrepasando la altura minina de agua propuestos por el RNE OS. 070, respecto a la velocidad debido al incremento del caudal del

río Ichu, no cumple llegando a tener una velocidad máxima de 8.523 m/s, que sobre pasan lo propuesto según el RNE OS. 070, así como también debido al incremento del caudal del río Ichu, se tiene una presión máxima de 44.41 KPa dentro de tubería de alcantarillado, superando así lo permitido por el RNE OS. 070.

- De acuerdo a esta investigación realizada de una total de 27 ensayos realizados en de 09 tipos de pruebas el modelo físico y 09 pruebas en el modelo numérico se obtuvo que al incrementar la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, estas se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvieron pendientes máximas con ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y ángulos verticales de 45°, pendientes mínimos con ángulos de inclinación horizontal de 180° y ángulos verticales de 45°, las mismas que generan caudales de ingreso máximos y mínimos en las tuberías de alcantarillado sumergidas, de acuerdo a las pruebas físicas y numéricas realizadas según la tabla N° 9. Por otra parte **Salehi & Azimi, (2022)**, en su investigacion concluyen que una comparación de los perfiles del lecho de equilibrio donde indican que las profundidades de socavación pico mínima y máxima ocurrieron con un spoiler rectangular con θ = 180° y un piggyback circular con θ = 270°, respectivamente, por lo que se puede afirmar que a un θ = 180° y un piggyback circular con θ = 270° se puede tener mayor salida de caudal de la tubería de alcantarillado sumergida en el río Ichu.
- En esta investigación de una total de 27 ensayos realizados en de 09 tipos de pruebas el modelo físico y 09 pruebas en el modelo numérico se obtuvo que al incrementar la pendiente se reducirá de manera proporcional el ingreso del caudal hacia la tubería de alcantarillado sumergida. Demostrando así que el caudal de ingreso del río hacia la tubería de alcantarillado, depende de la pendiente y del área de intersección entre la tubería y el margen del río Ichu; según **Jabari et al., (2021),** en su investigación concluye que cuatro diferentes diámetros, cuatro caudales variables y cuatro anchos de spoiler, en condiciones de agua clara. Los resultados sugirieron la eficiencia del spoiler para reducir la

longitud, pero aumentar la profundidad de la socavación, en promedio, la incorporación del alerón redujo la socavación debajo de la tubería en un 21% de longitud y la hizo aproximadamente en un 22% más profunda, en base a ello se observa que existe una característica en común, que es el caudal de salida de la tubería de alcantarillado.

- De los resultados obtenidos de la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, los cuales se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvo una velocidad mínima de ingreso de 4.323 m/s y una velocidad máxima de ingreso de 8.711 m/s dentro de las tuberías, para ángulos de inclinación horizontal de 247.5°, 180° y ángulo vertical de 15°(pendientes), los cuales se muestran en las pruebas N° 07 y N° 01 de acuerdo a la tabla N° 05 del modelo físico. Así mismo, **Salehi & Azimi, (2022),** en su investigacion muestran un análisis de cuadrante basado en datos de velocidad para estudiar el efecto de los spoilers en la transferencia de momento turbulento entre tubos gemelos y los coeficientes de energía y momento, se extrajeron de los perfiles de velocidad, lo que indica una interrupción significativa del campo de velocidad y provoca un arrastre adicional en la tubería trasera. Una comparación de los perfiles del lecho de equilibrio indicó que las profundidades de socavación pico mínima y máxima ocurrieron cudo un spoiler rectangular con θ = 180° y un piggyback circular con θ = 270°, de los resultados comparados podemos precisar que existe una semejanza debido a los ángulos de inclinación horizontal y vertical de las tuberías de alcantarillado.

Conclusiones

- En esta tesis de ha determinado los efectos hidráulicos en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, los cuales se presentan debido al incremento del caudal del río, produciendo el colapso de la red de tuberías de alcantarillado y buzones existentes en el margen de río Ichu.
- Se determinó el efecto hidráulico respecto a la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, los cuales se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvieron pendientes máximas con ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y ángulos verticales de 45°, pendientes mínimos con ángulos de inclinación horizontal de 180° y ángulos verticales de 45°, las mismas que generan caudales de ingreso máximos y mínimos en las tuberías de alcantarillado sumergidas, de acuerdo a las pruebas físicas y numéricas realizadas según la tabla N° 9. Concluyendo que, al incrementar la pendiente se reducirá de manera proporcional el ingreso del caudal hacia la tubería de alcantarillado sumergida. Demostrando así que el caudal de ingreso del río hacia la tubería de alcantarillado, depende de la pendiente y del área de intersección entre la tubería y el margen del río Ichu. Por lo que se propone poner tuberías de alcantarillado con ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical, los cuales nos generaran menores caudales de ingreso dentro de las tuberías de alcantarillado sumergidas, ya que en comparación con el RNE. OS. 070, donde menciona que las pendientes mínimas en las tuberías deben ser 0.455% (0.26°) con respecto al caudal, las pendientes analizadas en las tuberías de alcantarillado satisfacen la pendiente mínima que propone el RNE. OS. 070.
- En esta investigación de determino el efecto hidráulico del caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, los cuales se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvieron caudales de ingreso mínimo de 0.229 m3/s y caudales máximos de ingreso de 0.704 m3/s, en las tuberías de alcantarillado sumergidas, que se presentan en las tuberías con ángulos de inclinación horizontal de 180° y 247.5°, ángulos verticales de 45°(pendientes), los cuales se muestran en las pruebas N° 03 y N° 09 de acuerdo a la tabla N° 04 del modelo físico. Así mismo se

obtuvo caudales de ingreso mínimo de 0.226 m3/s y caudales de ingreso máximo de 0.721 m3/s, en las tuberías de alcantarillado sumergidas, las que se presentan en las tuberías con ángulos de inclinación horizontal de 180°y 247.5°, ángulos verticales de 45°, los cuales se muestran en los modelos numéricos N° 09 y N° 03 de acuerdo a la tabla N° 09 del modelo numérico. Concluyendo que, el caudal de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas depende del ángulo horizontal y vertical (pendiente) que se da en la intersección entre la tubería y el margen del río Ichu. Por lo que propone poner tuberías de alcantarillado con ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical, los cuales nos generaran menores caudales de ingreso dentro de las tuberías de alcantarillado sumergidas, que en comparación al RNE OS. 070, menciona que la altura de lámina de agua en las tuberías de alcantarillado deben de ser menor o igual al 75% del diámetro de la tubería, el cual debido al incremento del caudal del río Ichu las tuberías de alcantarillado están completamente llenas, sobrepasando la altura minina de agua propuestos por el RNE OS. 070.

- Se determinó el efecto hidráulico de la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, los cuales se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvo una velocidad mínima de ingreso de 4.323 m/s y una velocidad máxima de ingreso de 8.711 m/s dentro de las tuberías, para ángulos de inclinación horizontal de 247.5°, 180° y ángulo vertical de 15°(pendientes), los cuales se muestran en las pruebas N° 07 y N° 01 de acuerdo a la tabla N° 05 del modelo físico. De la misma manera se logró obtener una velocidad mínima de ingreso de 4.497 m/s y una velocidad máxima de ingreso de 8.523 m/s, en las tuberías de alcantarillado, las que se presentan con ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y 225°, ángulos verticales de 15° y 30° (pendientes), los cuales se muestran en los modelos numéricos N° 07 y N° 05 de acuerdo a la tabla N° 10 del modelo numérico. Concluyendo que, la velocidad de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas depende de la pendiente que tiene la tubería con la intersección del margen del río Ichu. Por lo que se podría optar pendientes que generen menores caudales y/o velocidades de ingreso dentro de las tuberías con ángulos de inclinación de 247.5° horizontal y 15° vertical (pendiente). En comparación al RNE OS. 070, donde se menciona que se debe tener velocidades

máximas de 5 m/s en las redes de tuberías de alcantarillado, los cuales debido al incremento del caudal del río Ichu, no cumplen llegando a tener una velocidad máxima de 8.523 m/s, que sobre pasan lo propuesto según el RNE OS. 070.

- En esta investigación de determino el efecto hidráulico de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu, los cuales se presentan debido al incremento del caudal del río. Donde se obtuvo una presión mínima de 33.41 kPa y una presión máxima de 41.44 kPa, al interior de la tubería de alcantarillado, para los ángulos de inclinación horizontal de 247.5° y 180°, ángulo vertical de 45°(pendiente), los cuales se muestran en las modelos numéricos N° 09 y N° 03 de acuerdo a la tabla N° 11 del modelo numérico. Por lo que para obtener el menor caudal de ingreso en las tuberías y generar mayor presión en las tuberías, se propone colocar tuberías de alcantarillado con ángulos de inclinación de 180° horizontal y 45° vertical (pendiente). Respetando así el RNE OS. 070 donde menciona que las redes de tuberías de alcantarillado deben cumplir la condición de auto limpieza aplicando la tensión tractiva con un valor mínimo de 1.0 Pa, sin embargo, debido al incremento del caudal del río Ichu, se una presión máxima de 44.41 KPa dentro de tubería de alcantarillado, superando así lo permitido por el RNE OS. 070.
- De acuerdo a las simulaciones numéricas realizadas, se observó que para el modelo numérico N° 03 con ángulos de inclinación de 180° Horizontal y 45° Vertical, se presenta el menor caudal de ingreso en las tuberías de alcantarillado sumergidas, es por ello que se le consideró para una simulación numérica con dos flujos, con flujo en el canal del río y otro flujo en la tubería de alcantarillado sumergida, obteniéndose un caudal de salida de 0.129 m3/s, velocidad de 3.405 m/s y una presión de 61.60 KPa, en la tubería de alcantarillado. Concluyendo que, en comparación con los modelos numérico anteriores, presenta la disminución del caudal y la velocidad, pero se tiene un incremento de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en la intersección del cauce de río Ichu, demostrando que el incremento del caudal del río Ichu produce efectos hidráulicos en las tuberías de alcantarillado sumergidas, las cuales producen el colapso de la red de tuberías de alcantarillado y buzones existentes en el margen de río Ichu de la cuidad de Huancavelica.

Recomendaciones

- De acuerdo a los resultados obtenidos con esta investigación, es importante que la EPS EMAPA Huancavelica, sugiera a los proyectistas tener las consideraciones necesarias, para la realización de los cálculos en los sistemas de alcantarillado que desemboquen en el cauce del río Ichu.
- Se recomienda que, a través de esta investigación, la Universidad Nacional de Huancavelica, comunique a la EPS EMAPA Huancavelica, la existencia de tuberías de alcantarillado sanitario que descargan en el río Ichu, contaminando el caudal del río, por ello los tesistas sugieren que es necesario la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad Huancavelica y así poder evitar la contaminación del cauce del río Ichu.
- Se recomienda que para realizar una mejor investigación siempre es necesario contar con las herramientas adecuadas, es decir tener los equipos adecuados para realizar las mediciones en un modelo físico ya que debido a las carencias que se tuvieron en esta investigación no se pudieron obtener algunos datos que son de gran importancia para los cálculos hidráulicos, pero que si se lograron visualizar en el modelo numérico.
- Se recomienda a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, mantener en buen estado el modelo físico del río Ichu que fue construido por los tesistas, implementando equipos e instrumentos con los que se puedan realizar mediciones en tiempo real, para así poder solucionar problemas planteados en diseños y cálculos hidráulicos que se presenten en el río Ichu.
- Se recomienda utilizar los modelos físicos y matemáticos conjuntamente ya que éstos siempre van ser usados dentro una investigación más profunda, para así poder tener una adecuada semejanza hidráulica, pues estos van a ser más reales y por lo tanto vamos a tener resultados más adecuados y verificados para poder diseñar estructuras hidráulicas.

Referencias bibliográficas

Alejos Castillo, J. A. (2021). Propuesta Técnica para cambio de redes de alcantarillado en la urbanización Miramar, Distrito de San Miguel, Provincia y Departamento de Lima. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Puicon_Evaluacion-resistencia-natural.pdf

Belito Paquiyauri, E. E. (2018). Modelamiento hidraulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica. In *Universidad Nacional de Huancavelica.* http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2117%0Ahttp://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1042/QUILICHE CABANILLAS%2C IRMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Beyvazpour, A., Daryaee, M., & Kashefipour, S. M. (2021). Improvement of pressurized flushing efficiency by installing a single pile upstream of the orifice. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(1), 47–55. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.011

Briones, G. (2022). Metodología de la Investigación Cuantitativa en las Ciencias Sociales. In *La Investigación Cuantitativa en las Ciencias Sociales*. https://doi.org/10.47460/autana.book.1

Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2020). Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. *McGrawHill*, *5*(3), 997.

CONAGUA. (2009). Manual de agua, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado y sanitario. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, 1–123. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf

Cusi Huaman, R. (2020). Comportamiento hidraulico de redes de alcantarillado sanitario por deformación de tuberías, distrito de Chilca, Región Junin 2019. In *Universidad Nacional del Centro del Perú.*

Díaz Solórzano, S., & González Díaz, L. (2010). Reflexiones sobre los conceptos velocidad y

rapidez de una partícula en física. *Revista Mexicana de Fisica E*, *56*(2), 181–189.

Duque Villareal, N. (2013). Metodología para la Optimizacíon del diseño de tuberias en serie en sistemas de alcantarillado. *Universidad de Los Andes*, 87.

Giles, R. V. (2009). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. *Revista Internacional de Seguridad Social*, *62*(4), 281. http://doi.wiley.com/10.1111/j.1752-1734.2009.01342.x

Gonzales Casas, A., Oseda Gago, D., Ramíres Rosales, F. G., & Gave Chagua, J. L. (2011). *¿Como Aprender y Enseñar Investigación Científica?*

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación*.

Jabari, V., Masjedi, A., Heidarnejad, M., Kamanbedast, A., & Bordbar, A. (2021). Scour control around Submerged pipeline on the river bed using an impermeable Spoiler. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(1), 37–45. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.09.001

López, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y Alcantarillados*.

Lozada José. (2014). Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica*, *1*(3), 34–39. http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf

Martin Domingo, A. (2011). Apuntes de Mecanica de Fluidos. In *Universidad Politécnica de Madrid*. https://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf

Mateos, C. (2000). La modelación física en las obras hidráulicas. *Ingeniería Del Agua*, *7*(1), 55. https://doi.org/10.4995/ia.2000.2837

Mott, R. L. (2004). Mecánica de fluidos. In *Universidad de Dayton*. https://drive.google.com/file/d/1hb8uxv23sedWZvJ33d4H-_pdmrVyi4Wa/view

Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la Investigación Diseño y Ejecución*.

Perez Carmona, R. (2013). *Diseño y construccion de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje en carreteras.* https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

Pothof, I. W. M., & Clemens, F. H. L. R. (2011). Experimental study of air-water flow in downward sloping pipes. *International Journal of Multiphase Flow*, *37*(3), 278–292. https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2010.10.006

Requena Machuca, D. (2018). Transito de avenidas en el cauce natural del rio Ichu mediante redes neuronales artificiales. In *Universidad Nacional de Huancavelica.*

Saldarriaga V., J. G. (2001). *Hidráulica de Tuberías*. McGrawHill.

Salehi, S., & Azimi, A. H. (2022). Effects of spoiler and piggyback on local scour under single and twin submerged pipes. *Ocean Engineering*, *261*(April), 112137. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112137

VIERENDEL. (1990). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. https://drive.google.com/file/d/1lOgrTFaIl6S01c7dIuDGCU5FPK5Oi7Me/view

Yaranga Prado, V. H. (2018). Optimización en el diseño de redes de alacantarillado mediante programación dinámica. In *Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga*. Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.

Apéndice

Definición operativa de variables

	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Tipo
INDEPENDIENTE	Efecto hidráulico	Los efectos hidráulicos son fenómenos hidráulicos producto del cambio de las características hidráulicas como la geometría, pendiente de un canal, velocidad de flujo, caudal, entre otros.	Para la variable de efecto hidráulico, se ha considerado la dimensión del caudal del Río Ichu debido a que el caudal como causa genera efectos hidráulicos que serán evaluados en el modelo físico y numérico.	• Caudal del río Ichu (m3/s)	Cuantitativo
DEPENDIENTE	Tuberías de alcantarillado sumergidas.	Es un medio para para recolectar y transportar las aguas residuales y pluviales, desde donde se origina la descarga hasta el sitio donde se va a depositar y tratar el agua, se necesita un sistema completamente artificial de alcantarillado.(**Duque Villareal, 2013**, p. 15)	Para la variable estudiada de tuberías de alcantarillado sumergidas, se ha considerado el caudal, la pendiente, presión y velocidad como causas que serán evaluadas en el modelo físico y numérico.	• Pendiente(%) • Caudal(m3/s) • Velocidad (m/s) • Presión(Pa)	Cuantitativo

Matriz de Consistencia

TÍTULO: "EFECTO HIDRÁULICO EN LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO SUMERGIDAS EN EL CAUCE DEL RÍO ICHU"

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Qué efecto hidráulico se produce en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu? **Problemas específicos:** • ¿Qué efecto hidráulico produce la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu? • ¿Qué efecto hidráulico produce el caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu? • ¿Qué efecto hidráulico produce la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?	**Objetivo general** Determinar el efecto hidráulico en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. **Objetivos específicos:** Determinar el efecto hidráulico de la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. Determinar el efecto hidráulico del caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. Determinar el efecto hidráulico de la velocidad en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.	**Antecedentes** **A nivel internacional** • Saeed Salehi., Amir H. Azimi. (2022). Effects of spoiler and piggyback on local scour under single and twin submerged pipes. doi:https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112137 • Naresh Gaj., Chandra A. Madramootoo. (2021). Simulating upward soil-water flow from buried pipes with variable hydraulic characteristics. doi:https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2021.104074 • Ahmad Beyvazpour., Mehdi Daryaee., Seyed Mahmood Kashefipour. (2021). Improvement of pressurized flushing efficiency by installing a single pile upstream of the orifice. doi:https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.011 • V. Jabari., A. Masjedi., M. Heidarnejad., A. Kamanbedast., A. Bordbar. (2021).	**Hipótesis general** El efecto hidráulico produce el colapso de las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. **Hipótesis específicas:** El efecto hidráulico produce el incremento de la pendiente en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. El efecto hidráulico produce la disminución del caudal en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. El efecto hidráulico produce la disminución de la velocidad en las tuberías de	**Identificación de Variables:** **a. Variable independiente:** El efecto hidráulico **Dimensiones:** 1. Caudal del Río Ichu (m3/s). **b. Variable dependiente:** Tuberías de alcantarillado sumergidas. **Dimensiones:** 1. Pendiente (%) 2. Caudal (m3/s) 3. Velocidad (m/s) 4. Presión (Pa)	**Tipo** : Aplicada. **Nivel** : Explicativa (causa efecto). **Diseño**: Pre Experimental con pre test y post test. Por qué las conclusiones serán de los resultados que vamos a obtener sin comparar con lo que existe. .GE: Y1 X Y2 **Población y Muestra** **Población:** Las tuberías de alcantarillado que desembocan en el cauce del río Ichu de la provincia de Huancavelica y departamento de Huancavelica. **Muestra:** Las tuberías de alcantarillado que se ubican entre el Puente de san Cristóbal – Puente Tablachaca.

• ¿Qué efecto hidráulico produce la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu?	Determinar el efecto hidráulico de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.	Scour control around Submerged pipeline on the river bed using an impermeable Spoiler doi:https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.09.001 **A nivel nacional** • Yaranga, V. (2018). Optimización en el diseño de redes de alcantarillado mediante programación dinámica**.** • Cusi, R. (2020), Comportamiento hidráulico de redes de alcantarillado sanitario por deformación de tuberías, distrito de chilca, región Junín 2019. • Alejos, J. (2015), propuesta técnica para cambio de redes de alcantarillado en la urbanización Miramar, distrito san miguel, provincia y departamento de Lima. **A nivel local** • Requena, D. (2018), Tránsito de avenidas, en el cauce del río Ichu mediante Redes Neuronales Artificiales. Huancavelica, Perú. • Paquiyauri, E. (2015), modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica" **Marco teórico referencial**	alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu. El efecto hidráulico produce el incremento de la presión en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el cauce del río Ichu.		**Muestreo:** No probabilístico de carácter intencionado. Se tomó para el análisis numérico y físico la tubería de alcantarillado más crítica respecto al lecho del Río Ichu. **ESQUEMA METODOLÓGICO:** 1. Reconocimiento del terreno y levantamiento topográfico. 2. Recolección de datos. 3. Diseño y construcción del modelo físico del tramo de estudio del Río Ichu. 4. Diseño y construcción de la tubería de alcantarillado. 5. Ensayos hidráulicos en el modelo físico y toma de datos en las tuberías del cauce del Río Ichu 6. Modelamiento numérico del flujo en las tuberías de alcantarillado sumergidas en el río

		• Definición y tipos de flujo • Régimen de caudales. • Numero de reynolds. • Perdidas de energía por fricción en el flujo laminar • Pérdidas de energía por fricción en el flujo turbulento • Ecuación de Bernoulli • Sistema de alcantarillado • Alcantarillados convencionales • Alcantarillado no convencional • Elementos de alcantarillado • Velocidad • Presión • Tirante • Caudal • Pendiente • Tuberías de alcantarillado • Cálculo hidráulico • Pendientes mínimas • Modelos físicos. • Modelo de lecho fijo • Teoría de semejanza. • Similitud geométrica, cinemática, dinámica e hidráulica. • Escala de líneas, áreas, volúmenes.			Ichu a través del Software ANSYS. 7. Conclusiones.