

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO  
HIDRÁULICO EN EL COLECTOR DE ALCANTARILLADO “CERRO  
CANDELA” DURANTE EL PERIODO DE VERANO E INVIERNO  
DEL AÑO 2022, LIMA.**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA SANITARIA**

**TESISTA:**

**Br. MILAGROS ELENA PALACIOS GUTIERREZ**

**ASESOR:**

**MSc. YONY EDWIN RODRIGUEZ MINAYA**

**HUARAZ – PERÚ**

**2024**





**ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Bachiller: **MILAGROS ELENA PALACIOS GUTIERREZ.**

Tesis Titulada: **“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO EN EL COLECTOR DE ALCANTARILLADO “CERRO CANDELA” DURANTE EL PERIODO DE VERANO E INVIERNO DEL AÑO 2022, LIMA.”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

**APROBADO**

Con el calificativo de:


**DIECISEIS (16)**

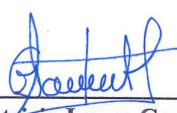
En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:


**INGENIERO SANITARIO**

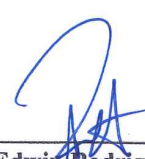
De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz, **24** de **Mayo** del 2024.

  
Dr. Judith Isabel Flores Albornoz  
Presidente

  
Mag. Patricia Laura Gamarra Tahua  
Primer Miembro

  
M.Sc. Gregorio Santiago Sáenz Pohl  
Segundo Miembro

  
Dr. Yony Edwin Rodríguez Minaya  
Asesor



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis titulada "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO EN EL COLECTOR DE ALCANTARILLADO "CERRO CANDELA" DURANTE EL PERIODO DE VERANO E INVIERNO DEL AÑO 2022, LIMA", presentado por el bachiller en ciencias de la ingeniería sanitaria MILAGROS ELENA PALACIOS GUTIERREZ, sustentada el día 24 de Mayo del 2024, lo cual el proyecto de tesis fue aprobado con RESOLUCIÓN DECANAL N° 249-2023 - UNASAM-FCAM de fecha 06 de Mayo de 2023, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia, queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, **24** de **Mayo** del 2024.

Dr. Judith Isabel Flores Albornoz  
Presidente

Mag. Patricia Laura Gamarra Tahua  
Primer Miembro

M.Sc. Gregorio Santiago Saenz Pohl  
Segundo Miembro

Dr. Yony Edwin Rodríguez Minaya  
Asesor



## CONSTANCIA 16-2024-UI-FCAM–UNASAM EVALUACIÓN DE SIMILITUD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo hace constar que:  
La versión final de la tesis **“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO EN EL COLECTOR DE ALCANTARILLADO “CERRO CANDELA” DURANTE EL PERIODO DE VERANO E INVIERNO DEL AÑO 2022, LIMA”**, de la Señorita **MILAGROS ELENA PALACIOS GUTIERREZ**, identificado con **DNI N° 75874291**, tras ser sometido a revisión mediante la plataforma de evaluación de similitud por su asesor el **Dr. YONY EDWIN RODRIGUEZ MINAYA**, conforme el Artículo 11° del Reglamento de Originalidad y/o Grado de Similitud de la Producción Académica, Científica e Investigativa de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Resolución de Consejo Universitario N° 126-2022-UNASAM, tiene una **similitud del 17%**.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinente.

Huaraz, **12 de junio de 2024**.



Ph.D Edwin Anibal Loarte Cadenas  
**DIRECTOR**  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
FCAM - UNASAM

CC. Archivo  
Adjunto: Informe de similitud antiplagio de su Asesor

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
**ANEXO 1**  
**INFORME DE SIMILITUD.**

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

Análisis de la variación del comportamiento hidráulico en el colector de alcantarillado "Cerro Candela " durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

Presentado por: Palacios Gutierrez Milagros Elena

con DNI N°: 75874291

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Sanitario

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : ...17%..... de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 11/06/2024



FIRMA

Apellidos y Nombres: Rodríguez Minaya Yony Edwin

DNI N°: 44720968

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis Milagros Palacios.pdf**

AUTOR

**Palacios Gutierrez Milagros Elena**

RECUENTO DE PALABRAS

**22570 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**117993 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**106 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 11, 2024 7:53 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 11, 2024 7:55 AM GMT-5****● 17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## DEDICATORIA

A mis padres por ser unos excelentes guías, por su amor, paciencia y apoyo incondicional.

A mis hermanos, por su motivación para ser un ejemplo para ellos.

A mi abuelo Benito Palacios por enseñarme a no rendirme para alcanzar mis metas.

A mis abuelas y abuelo que ya partieron, quienes con sus sabios consejos me dejaron valiosas lecciones de vida.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo por permitirme obtener una educación de calidad con los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria quienes con su experiencia aportaron en mi formación profesional.

Al Ing. Yony Rodríguez Minaya, asesor de tesis, por su compromiso durante el desarrollo de la presente tesis.

A mi mejor amiga, Paola Figueroa, por ser un ejemplo entusiasmo y perseverancia en la vida.

A Giancarlo Robles, cuyo optimismo y apoyo constante contribuyeron a la realización de la tesis.

A mis amigos y familiares de la vida, muchas gracias por su apoyo en esta etapa.

¡Mil gracias!



## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RELACIÓN DE FIGURAS.....	viii
RELACIÓN DE TABLAS.....	x
RELACIÓN DE ECUACIONES.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos .....	4
1.1.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.1.2. <i>Objetivos Especificos</i> .....	4
1.2. Hipótesis .....	4
1.2.1. <i>Hipótesis General</i> .....	4
1.2.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	4
1.3. Variables .....	5
1.3.1. <i>Variable Dependiente</i> .....	5
1.3.2. <i>Variable Independiente</i> .....	5
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes .....	7
2.1.1. <i>Internacional</i> .....	7
2.1.2. <i>Nacional</i> .....	8
2.1.3. <i>Regional</i> .....	10
2.2. Bases Teóricas.....	11
2.2.1. <i>Redes de Drenaje Urbano</i> .....	11
2.2.2. <i>Componentes del Sistema de Alcantarillado</i> .....	11
2.2.3. <i>Comportamiento Hidráulico</i> .....	13

2.2.4.	<i>Parámetros en la Evaluación de Redes de Alcantarillado</i> .....	14
2.2.5.	<i>Parámetros Geométricos de una Tubería Parcialmente Llena</i> .....	18
2.2.6.	<i>Estaciones de Verano en invierno en Lima</i> .....	22
2.2.7.	<i>Problemas e Incidencias en Redes de Alcantarillado Sanitario Urbano</i> ..	24
2.3.	Definición de Términos .....	28
<b>III.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>30</b>
3.1.	Diseño y Tipo de Investigación .....	30
3.1.1.	<i>Tipo de investigación</i> .....	30
3.1.2.	<i>Diseño de Investigación</i> .....	30
3.2.	Métodos o Técnicas .....	31
3.2.1.	<i>Métodos</i> .....	31
3.2.2.	<i>Aplicación Hidráulica</i> .....	33
3.2.3.	<i>Técnicas</i> .....	36
3.3.	Población y muestra .....	36
3.3.1.	<i>Población</i> .....	36
3.3.2.	<i>Muestra</i> .....	37
3.4.	Instrumentos validados de Recolección de datos .....	37
3.5.	Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información .....	38
3.5.1.	<i>Procesamiento Estadístico</i> .....	38
3.5.2.	<i>Prueba de Normalidad</i> .....	38
3.5.3.	<i>Prueba de Correlación de Pearson</i> .....	38
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
4.1.	Resultados de Análisis de parámetros hidráulicos durante las temporadas de verano e invierno del colector “Cerro Candela” del año 2022, Lima. ....	39
4.1.1.	<i>Resultados del Caudal (m<sup>3</sup>/s) de la Temporada de Verano e invierno por Cada Mes Muestreado</i> .....	39

4.1.2.	<i>Resultados de velocidad en las Temporadas de verano e invierno</i>	45
4.1.3.	<i>Resultados de resalto hidráulico</i>	48
4.1.4.	<i>Resultados de Capacidad Hidráulica en la temporada de verano e invierno</i>	51
4.1.5.	<i>Resultados de incidencias en colectores primarios</i>	56
4.2.	Resultados para el nivel Correlacional	56
4.2.1.	<i>Formulación para la Prueba de Normalidad</i>	56
4.2.2.	<i>Nivel de Significancia</i>	57
4.2.3.	<i>Prueba Estadística</i>	57
4.2.4.	<i>Criterio de Decisión</i>	57
4.2.5.	<i>Decisión</i>	57
4.2.6.	<i>Conclusión e Interpretación</i>	57
4.3.	Contrastación de la hipótesis específica N°01	58
4.3.1.	<i>Formulación de la Hipótesis para la Prueba de Correlación de Pearson</i>	58
4.3.2.	<i>Prueba de Correlación de Pearson para el caudal con la Capacidad hidráulica</i>	59
4.4.	Contrastación de la hipótesis específica N°02	60
4.4.1.	<i>Formulación de la Hipótesis para la Prueba de Correlación de Pearson</i>	60
4.4.2.	<i>Prueba de Correlación de Pearson para la velocidad con las incidencias</i>	60
4.4.3.	<i>Prueba de Correlación de Pearson para la velocidad con la capacidad hidráulica</i>	61
4.5.	Contrastación de la hipótesis específica N°03	62
4.5.1.	<i>Formulación de la Hipótesis para la Prueba de Correlación de Pearson</i>	62
4.5.2.	<i>Prueba de Correlación de Pearson para el resalto hidráulico con las incidencias</i>	63

4.5.3. Prueba de Correlación de Pearson para la velocidad con la capacidad hidráulica.....	64
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>65</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
6.1. Conclusiones.....	69
6.2. Recomendaciones .....	71
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de Colectores Principales .....	12
Figura 2 Parámetros Geométricos de la Sección Transversal de Tubería Parcialmente Llena.....	19
Figura 3 Esquema del Resalto Hidráulico .....	21
Figura 4 Representación gráfica del Resalto Hidráulico.....	22
Figura 5 Temperatura máxima, media y mínima del observatorio meteorológico Lima....	23
Figura 6 Temperatura Máxima y Mínima Correspondientes a la Época de Verano e invierno .....	24
Figura 7 Ruptura de tubería por corrosión.....	25
Figura 8 Grieta Múltiple en Tuberías de Alcantarillado Sanitario .....	25
Figura 9 Sedimentación de partículas solidas .....	26
Figura 10 Depósitos Incorporados Finos.....	26
Figura 11 Sobrecargas o aniegos en redes de alcantarillado.....	27
Figura 12 Aniego en lima del 2019 .....	27
Figura 13 Procedimiento de la investigación por etapas.....	31
Figura 14 Esquema de trabajo durante los aforos en Colectores .....	32
Figura 15 Esquema Ubicación del Colector Cerro Candela y sus Aportantes .....	33
Figura 16 Esquema de Ubicación del Punto de Aforo en Colectores.....	35
Figura 17 Aforo del colector Cerro Candela en Diciembre de 2021, Caudal vs Tiempo ..	40
Figura 18 Aforo del colector Cerro Candela en enero de 2022, Caudal vs Tiempo .....	41
Figura 19 Aforo del colector Cerro Candela en febrero de 2022, Caudal vs Tiempo. ....	42
Figura 20 Aforo del colector Cerro Candela en Julio de 2022, Caudal vs Tiempo .....	43
Figura 21 Aforo del colector Cerro Candela en agosto de 2022, Caudal vs Tiempo.....	44
Figura 22 Aforo del colector Cerro Candela en Setiembre de 2022, Caudal vs Tiempo. .	45
Figura 23 Distribución porcentual de tramos según rangos de velocidad en la temporada de verano.....	46

Figura 24 Distribución del número de tramos según rangos de velocidad en la temporada de invierno del Colector Cerro Candela. ....	47
Figura 25 Distribución del tipo de Resalto hidráulico según número de tramos para la temporada de verano en el Colector Cerro Candela.....	49
Figura 26 Distribución porcentual del tipo de Resalto hidráulico según número de tramos para la temporada de Invierno del Colector Cerro Candela .....	50
Figura 27 Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Diciembre en porcentajes.....	52
Figura 28 Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Enero en porcentajes.....	52
Figura 29 Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Febrero en porcentajes.....	53
Figura 30 Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Julio en porcentajes.....	54
Figura 31 Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Agosto en porcentajes.....	54
Figura 32 Capacidad hidráulica por rangos del Colector Cerro Candela en el Mes de Setiembre en porcentajes.....	55

## RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	6
Tabla 2 Distancia entre cámaras de inspección .....	13
Tabla 3 Coeficientes de perdidas menores del Método Estándar .....	18
Tabla 4 Tipos de Resalto Hidráulico .....	21
Tabla 5 Información técnica del Correntómetro .....	34
Tabla 6 Información Técnica del Caudalímetro con Sensor Ultrasónico .....	34
Tabla 7 .....	37
Tabla 8 Resumen de los Puntos Aforados en el Mes de Diciembre del 2021 .....	39
Tabla 9 Resumen de los Puntos aforados en el mes de enero del 2022 .....	40
Tabla 10 Resumen de los Puntos aforados en el mes de febrero del 2022 .....	41
Tabla 11 Resumen de los Puntos aforados en el mes de Julio de 2022 .....	42
Tabla 12 Resumen de los Puntos aforados en el mes de agosto de 2022.....	43
Tabla 13 Resumen de los Puntos aforados en el mes de Setiembre de 2022 .....	44
Tabla 14 Resultados de la velocidad en rangos según número de tramos en la temporada de verano del Colector Cerro Candela. ....	45
Tabla 15 Resultados de la velocidad en rangos según número de tramos en la temporada de invierno del Colector Cerro Candela. ....	47
Tabla 16 Resultados del Resalto hidráulico en rangos según el número de Froude para los tramos en la temporada de verano del Colector Cerro Candela .....	48
Tabla 17 Resultados del Resalto hidráulico en rangos según el número de Froude para los tramos en la temporada de invierno del Colector Cerro Candela .....	50
Tabla 18 Resultados de la capacidad hidráulica analizada para la temporada de verano e Invierno en el Colector cerro candela.....	51
Tabla 19 Resultados de Incidencias para los tramos en la temporada de verano e invierno del Colector Cerro Candela.....	56
Tabla 20 Prueba de Shapiro Wilk .....	57

Tabla 21 Prueba de Correlación de Pearson Caudal - Incidencias .....	58
Tabla 22 Prueba de Correlación de Pearson Caudal – Capacidad hidráulica.....	59
Tabla 23 Prueba de Correlación de Pearson Velocidad - Incidencias .....	60
Tabla 24 Prueba de Correlación de Pearson Velocidad – Capacidad hidráulica.....	61
Tabla 25 Prueba de Correlación de Pearson Resalto hidráulico - Incidencias .....	63
Tabla 26 Prueba de Correlación de Pearson Resalto hidráulico – Capacidad hidráulica.	64



## RELACIÓN DE ECUACIONES

Ecuación 1 Caudal por el Método de Manning.....	14
Ecuación 2 Ecuación de Velocidad para tuberías parcialmente llena .....	15
Ecuación 3 Ecuación de Caudal para tuberías parcialmente llena .....	15
Ecuación 4 Ecuación de la Tensión tractiva media.....	16
Ecuación 5 Ecuación de la velocidad critica.....	16
Ecuación 6 Perdidas de carga por el método Estándar .....	17
Ecuación 7 Área mojada de sección parcialmente llena .....	18
Ecuación 8 Perímetro mojado de sección parcialmente llena .....	18
Ecuación 9 Radio Hidráulico en secciones parcialmente llena .....	18
Ecuación 10 Ecuación de Harmon .....	20
Ecuación 11 Ecuación de Los Ángeles.....	20
Ecuación 12 Ecuación de Tchobanoglous .....	20

## RESUMEN

El estudio se centra en el colector Cerro Candela en Lima, afectado por el aumento de población y migración, generando un alto consumo de agua potable y descargas de aguas residuales. Los problemas de operación y mantenimiento, como aniegos y obstrucciones en sus tuberías, han sido recurrentes.

La investigación analiza la variación del comportamiento hidráulico del colector durante el verano e invierno de 2022. Es de tipo aplicada, con alcance correlacional y diseño no experimental-longitudinal. La población abarca 1025 km de red de alcantarillado de Lima y Callao, con una muestra discrecional de 3.85 km del colector. Se realizaron mediciones mensuales en puntos de aforo, empleando estadística cuantitativa y correlación de Pearson.

Los resultados muestran una correlación alta (0.878,  $p=0.021$ ) entre el caudal y el funcionamiento del colector mientras que el resalto hidráulico (correlación de 0.652,  $p=0.012$ ) tiene una relación media respecto al funcionamiento del colector, caso contrario sucede con la velocidad (correlación de 0.240,  $p=0.03$ ) que tiene una relación baja con el funcionamiento del colector. Se concluye que solo el caudal presenta una correlación alta con el funcionamiento del colector Cerro Candela durante las temporadas de verano e invierno.

*Palabras clave: colector primario, comportamiento hidráulico, funcionamiento de colectores, red de alcantarillado, incidencias.*

## ABSTRACT

The study focuses on the Cerro Candela collector in Lima, affected by the increase in population and migration, generating high consumption of drinking water and wastewater discharges. Operation and maintenance problems, such as flooding and blockages in its pipes, have been recurrent.

The research analyzes the variation in the hydraulic behavior of the collector during the summer and winter of 2022. It is of an applied type, with a correlational scope and non-experimental-longitudinal design. The population covers 1025 km of the sewer network of Lima and Callao, with a discretionary sample of 3.85 km of the collector. Monthly measurements were carried out at gauging points, using quantitative statistics and Pearson classification.

The results show a high rating (0.878,  $p=0.021$ ) between the flow rate and the operation of the collector while the hydraulic jump (correlation of 0.652,  $p=0.012$ ) has a medium relationship with respect to the operation of the collector, otherwise the opposite happens with the speed (correlation of 0.240,  $p=0.03$ ) that has a low relationship with the operation of the collector. It is concluded that only the flow presents a high elevation with the operation of the Cerro Candela collector during the summer and winter seasons.

*Keywords: primary collector, hydraulic behavior, collector operation, sewer network, incidents.*

## I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de alcantarillado, hay un conjunto amplio de factores que inciden en la problemática del saneamiento de las aguas residuales, sobresaliendo el desarrollo urbano y el crecimiento poblacional acelerado, en efecto se pueden dar condiciones de trabajo desfavorables, las cuales ponen en peligro la integridad de la infraestructura, debido a la corrosión por sulfuro de hidrogeno, sobrepresiones por exceso de caudal capaces de provocar daños en la conducción, también puede ser afectada el estado de las tuberías a causa de obstrucciones, así mismo, la problemática se manifiesta con la reducción de la capacidad hidráulica de los colectores que se utilizan para conducir las descargas residuales. Cusi (2019)

En la provincia de Lima la población tiene alta cobertura del servicio de alcantarillado por red pública (94,6%), por ende, solo en Lima Metropolitana se requiere de gran capacidad de gestión para la operación y mantenimiento de las redes secundarias y primarias, donde el 49% de colectores primarios tiene una antigüedad mayor de 30 años, superando la vida útil. A ello se suma el mal uso de las redes de alcantarillado por parte de la sociedad, generando atoros por la acumulación de residuos y aniegos por el volumen de conducción de aguas residuales. Anaya (2016)

Por tanto, esta investigación busca analizar la variación del comportamiento hidráulico del colector "Cerro Candela" durante los períodos de verano e invierno del año 2022 en Lima, mediante la correlación de Pearson. La hipótesis general planteada indica que la variación del comportamiento hidráulico tiene una alta influencia en el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante el periodo de verano e invierno. Esta investigación sustenta el beneficio social hacia los habitantes de la zona en estudio, ya que un análisis sobre el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado en los periodos de verano e invierno nos permitirá conocer las incidencias en el funcionamiento de este. Así mismo servirá como antecedente para las empresas prestadoras de estos servicios, evaluaciones futuras y brindar lo

necesario para el buen funcionamiento de redes de alcantarillado sanitario, generándose un beneficio económico en la reducción de costos en materiales y equipos durante la operación y la prevención de problemas, además mejorar los procesos de rehabilitación y mantenimiento con propuestas de mejora respecto al material de tuberías, tapas y construcción de cámaras de inspección.

A un nivel ambiental permitirá mejorar la operación y mantenimiento, ya que uno de los problemas que abarca las redes de alcantarillado son los aniegos y colapso por falta de capacidad que generan como residuos el agua estancada generando la aparición de plagas como cucarachas, moscas y otros insectos que se proliferan contaminando el ambiente.

Los resultados más importantes de esta investigación es el nivel alto de correlación ( $\rho=0.878$ ) entre el caudal y el funcionamiento durante el periodo de verano e invierno del colector "Cerro candela", evidenciando la relación entre el caudal las incidencias y la capacidad hidráulica, así mismo resaltar que el mes de Febrero se obtuvo el caudal más elevado del periodo de verano y agosto el mes con menor caudal para el invierno, por el contrario se observa una correlación baja de la velocidad y el resalto hidráulico con el funcionamiento del colector "Cerro Candela".

En conclusión, del análisis de parámetros de comportamiento hidráulico sobre el funcionamiento del Colector "Cerro Candela", el parámetro de caudal tiene una correlación alta evidenciando la variación entre el periodo de verano e invierno, siendo el verano la época de mayor incremento, donde las tuberías operan a presión durante las horas pico, exponiéndolos a diversos problemas como desgaste de tuberías, asentamiento de terrenos, techos de buzones, forados y aniegos.

Finalmente, la investigación se estructura en siete capítulos. El Capítulo I comprende la introducción, los objetivos, la hipótesis y las variables de investigación. El Capítulo II aborda el marco teórico y los términos básicos de la investigación. El Capítulo III detalla el marco metodológico, incluyendo el diseño, los métodos, la población y la

muestra, así como los instrumentos validados para la recopilación de datos y el procesamiento y análisis estadístico de la información. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos. En el Capítulo V se discuten los resultados en relación con las bases teóricas. Finalmente, el Capítulo VI presenta las conclusiones finales y las recomendaciones de la investigación.



## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivo general

Analizar la variación del comportamiento hidráulico sobre el funcionamiento del colector de alcantarillado “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Analizar la influencia del caudal sobre el funcionamiento del colector de alcantarillado “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.
- Analizar la influencia del parámetro de velocidad en el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.
- Analizar la -influencia del parámetro de resalto hidráulico en el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

## 1.2. Hipótesis

### 1.2.1. Hipótesis General

La variación del comportamiento hidráulico tiene una alta influencia sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela” en el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

### 1.2.2. Hipótesis específicas

- El parámetro de caudal tiene un grado alto de influencia sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela” en el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.
- El parámetro de velocidad tiene un grado de influencia media sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela” en el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

- El parámetro de resalto hidráulico tiene una alta influencia sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela” en el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

### **1.3. Variables**

La investigación tiene como unidad de análisis el colector de alcantarillado Sanitario “Cerro Candela”, así pues, se tienen las siguientes variables: dos variables dependientes y una variable independiente, con la finalidad de analizar la variación del comportamiento hidráulico sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela”.

#### **1.3.1. Variable Dependiente**

Funcionamiento del Colector “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022.

#### **1.3.2. Variable Independiente**

Comportamiento hidráulico del colector “Cerro Candela” en el período de verano e invierno del año 2022, Lima.



**Tabla 1**  
**Operacionalización de variables**

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	TIPO DE DATO	MÉTODO
<b>Comportamiento hidráulico del colector primario de alcantarillado sanitario “Cerro Candela”</b>	Según la Comisión Nacional del Agua los fluidos pueden transportarse de un lugar a otro a través de una tubería, donde el buzón es el punto de llegada donde este se conecta con otra, en estudios de redes una tubería es un conducto cerrado de determinada longitud donde cada una de las secciones transversales de sus extremos está conectada a un buzón. CONAGUA (2009)	El comportamiento hidráulico se midió mediante una prueba de Flujo de Aguas Residuales y la matriz de cálculo de Aforo en colectores.	Época de verano e Invierno	Caudal	m <sup>3</sup> /s	Cuantitativo Continuo	Determinación en campo.
				Velocidad	m/s	Cuantitativo Continuo	Determinación en gabinete.
				Resalto Hidráulico	Adm.	Cuantitativo Continuo	Determinación en gabinete.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	TIPO DE DATO	MÉTODO
<b>Funcionamiento del colector Cerro Candela en el periodo de verano e invierno</b>	El funcionamiento del colector “Cerro Candela” consta de recolectar y transportar las aguas residuales hasta un punto de descarga seguro, garantizando la eficiencia, y minimizando los impactos ambientales asegurando la salud pública.	El funcionamiento del colector se cuantifico a partir del Reporte de Incidencias ocurridas, y reportes de caudal en campo.	Época de verano e Invierno	Capacidad hidráulica	%	Cuantitativo Continuo	Determinación in situ
				N° de Incidencias	Und	Cuantitativo discreto	Determinación en gabinete

Nota: El resalto hidráulico se encuentran en función al número de Froude.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacional

Díaz y Gonzáles (2022) realizaron la investigación denominada: “La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento – España”, manifiesta que la temperatura afecta los procesos biológicos y fisicoquímicos cuyo objetivo principal es evidenciar los cambios de temperatura del agua en el sistema de distribución, así mismo, en el ítem de variación térmica en redes de abastecimiento se encontró que las temperaturas frecuentes en las plantas de tratamiento y las conexiones domiciliarias muestran las diferencias al ingreso de la red y los nodos finales, se da una variación estacional que depende de varios factores como el período de análisis verano o invierno, prueban que la temperatura del agua no tiene un valor constante a lo largo del año y puede presentar hasta una variación de 10°C, en conclusión la temperatura es un parámetro cambiante en el tiempo y en el espacio en las redes de distribución de agua, incluso afecta los procesos biológicos y físico-químicos.

García (2021) en su tesis titulada “Análisis sobre la aplicación de las herramientas de resiliencia climática en los proyectos de agua y saneamiento en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado sanitario - Bolivia” menciona que la resiliencia climática es la combinación de capacidades de absorción, adaptación y transformación de los sistemas de alcantarillado y agua potable respecto a problemas que se puedan presentar, por ello la EPS realiza la planificación, ejecución, monitoreo, evaluación de los procesos y resiliencia climática para analizar los riesgos climáticos existentes en torno a las fuentes de agua de la EPS, al mismo tiempo en una situación actual y con la perspectiva futura contribuye a la minimización de las amenazas, vulnerabilidad, el impacto mejorando la capacidad de

respuesta para definir el nivel de riesgo climático que tiene el sistema de alcantarillado y agua potable actual por lo que se establece el beneficio costo bajo la métrica de costos evitados.

Soto (2015) en su proyecto de tesis titulado “Estudio de las variaciones del caudal de llegada a plantas de tratamiento de aguas servidas en VI - VII - VIII regiones – Chile”, tiene como objetivo la evaluación teórica y operacional de las plantas de tratamiento de aguas residuales con deficiencias de capacidad sanitaria comparando caudales, analizando el factor de Harmon e identificar los parámetros influyentes sobre el caudal de las aguas servidas que llegan, para la determinación de los parámetros se emplea una metodología de análisis de información recopilada de la EPS, ya sea por telemetría o análisis de oferta – demanda y estudios de evaluación de capacidad que mediante un estadístico de prueba se llega a la conclusión que en las regiones VII y VIII el 75% se encuentra trabajando a más del 90% de su capacidad y se obtuvo un 50% de las plantas de tratamiento trabajan a 130% de su capacidad sin importar las variaciones estacionales y el 50% sobrante si es por la influencia de las variaciones estacionales.

### 2.1.2. Nacional

Cusi (2019) en su tesis denominada “Comportamiento hidráulico de redes de alcantarillado sanitario por deformación de tuberías, distrito de chilca, región Junín 2019”, se evaluó el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado por deformación de tuberías, en función a la variación de las tirantes de flujo y a los tipos de flujos que se presentan, este estudio es de tipo aplicada con nivel explicativo y enfoque cuantitativo presentando un diseño cuasiexperimental, por lo tanto, los resultados obtenidos inciden en que las deformaciones calculadas mediante la exploración de calicatas a la red de alcantarillado son de 2.59%, 2.64% y 1.16%

encontrándose dentro de la norma de deformación de tuberías que señala 7.5% como máxima deformación concluyendo que la tubería presentara problemas, por otro lado, la velocidad de flujo se ve mermada en la sección de deformación calculada por la ecuación de continuidad, en cuanto a la deformación vertical de tuberías el tirante se reduce reportando un estrangulamiento presentando tuberías obstruidas y buzones inoperativos, en conclusión el flujo producto de la deformación por cargas aplicadas del ensayo de aplastamiento tiene como resultado un número de Froude menor a 1 siendo un flujo sub crítico.

De igual manera Porta (2021) en la investigación titulada “Evaluación del alcantarillado sanitario del anexo Ancalahuata para determinar su comportamiento en estado crítico”, que busca determinar el comportamiento en estado crítico del sistema de alcantarillado, la investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo-comparativo, el diseño no experimental - transversal explicativo, se empleó la técnica de observación directa y guía de observación de campo, se logró conocer el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario del anexo Ancalahuata en su estado crítico que es defectuoso debido que durante las horas de caudal mínimo la velocidad es menor a 3m/s con una confianza al 95%, el cual no cumple con los parámetros de diseño de la norma RNE del 2006, por ende estos tramos pueden presentar sedimentaciones y atoros al interior de las tuberías generando un colapso del sistema.

Valderrama (2021) en su tesis titulada “Análisis comparativo del comportamiento hidráulico y operacional del sistema de alcantarillado sanitario en temporada de estiaje y de lluvias en la ciudad de Abancay”, analizó el comportamiento hidráulico y operacional del sistema de alcantarillado sanitario en temporadas de estiaje y lluvias esta ciudad, ya que la problemática en temporada de lluvias son los colapsos y

aniegos, por otro lado la investigación es de orientación aplicada con enfoque cualitativo explicativo, no experimental, concluyendo que los tramos de tubería T100, T24 y T98 con diámetros de 250 mm., 200 mm. y 200 mm. reciben caudal de un tramo T25 por gravedad aumentando el flujo sobrepasando los 75% de su capacidad incidiendo que el diámetro aguas abajo debe ser mayor para que los buzones con alturas menores a 1.20 m. no se sobre carguen y resulten en aniegos, así mismo, en temporadas de lluvias el T25 conduce 143.49 L/s en horario de máximo uso teniendo como capacidad máxima 142.47 L/s, concluyendo que en temporadas de lluvias el caudal se puede incrementar hasta 238.12 L/s provocando un aniego en el lugar, finalmente, 22 tramos de tuberías en temporada de estiaje y 50 tramos de tubería en estación de lluvias no cumplen con la capacidad de conducción del 75% en la relación tirante diámetro y la velocidad mínima consecuentemente con la tensión tractiva en los tramos de la red de alcantarillado por lo tanto se concluye que existe diferencias entre ambas temporadas.

### 2.1.3. Regional

Anaya (2016) en su estudio titulado “Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado primario del distrito de Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres”, con el objetivo de analizar el comportamiento hidráulico de las redes de recolección primaria, además de identificar los tramos del colector que operan a su máxima capacidad de diseño, tramos críticos y cámaras de inspección con riesgo de aniegos, para ello se realizó un modelo hidráulico calibrado con los aforos realizados en campo bajo el software SewerCad V8i, encontrándose que el 65% de tramos operan a una capacidad de conducción entre  $50\% < y/D < a 80\%$ , si el ingreso de caudal aumenta por el incremento poblacional este colector estaría provocando que estas tuberías operen a tubería llena, generándose futuros problemas de aniegos; por otro lado se evidencio que hay 10 tramos críticos que se encuentran antes de la

PTAR Puente Piedra cuyo diámetro son de 1200 mm, y su comportamiento hidráulico es la operación a presionen en horas punta, se recomienda realizar más campañas de aforos en otros colectores para evaluar el comportamiento hidráulico real.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Redes de Drenaje Urbano**

Son tramos de tuberías que conducen los residuos líquidos domésticas o comerciales hacia una planta de tratamiento y finalmente a un lugar de disposición final inocuo, los sistemas de alcantarillado constan de algunos componentes: alcantarillas, colectores, sifones, estaciones de tratamiento, emisores, estaciones de bombeo, dispositivos finales y obras complementarias. Según el Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, SIAPA (2014).

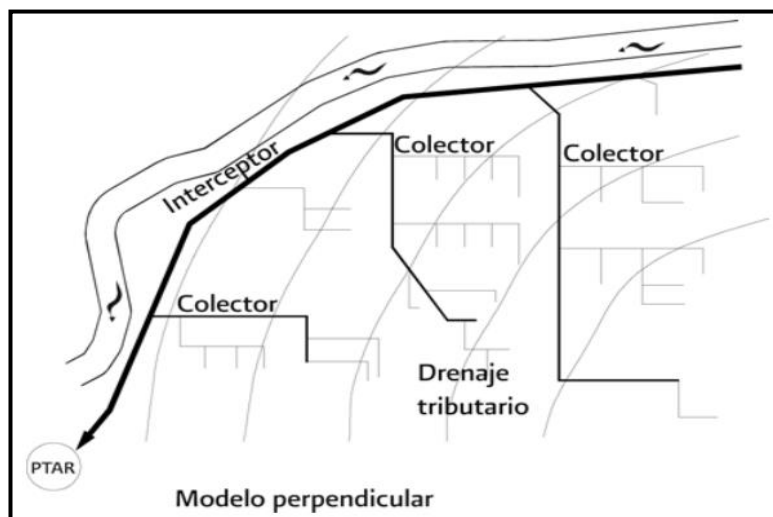
### **2.2.2. Componentes del Sistema de Alcantarillado**

El sistema de alcantarillado sanitario está compuesto por las redes colectoras, redes secundarias y las cámaras de inspección. Anaya (2016), y a continuación, se describe cada una de ellas.

#### **a) Redes Colectoras.**

Las tuberías de alcantarillado son las tuberías más grandes de la red y representan la mayor parte del sistema de alcantarillado son también llamados interceptores, dependiendo de su ubicación. El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, SEDAPAL (2010), su función es recoger el agua por los colectores inferiores y enviarla por la red, menciona la Comisión Nacional del Agua CONAGUA, (2009). Así mismo, los colectores de recolección de desagüe que son principales tienen el diámetro va desde el diámetro nominal de 355 mm y superiores, es aquel donde se empalman directamente los colectores secundarios como se puede observar en la Figura 1. SEDAPAL (2010)

**Figura 1**  
*Modelo de Colectores Principales*



Fuente: Adaptado de Lara (2007)

Características: No está permitido efectuar conexiones domiciliarias a colectores primarios, emisores o en tuberías de diámetros mayores al señalado, además el diámetro en los colectores es a partir de DN 350 mm en adelante. SEDAPAL (2010)

#### **b) Colectores Secundarios.**

Se encuentran definidos por la empresa SEDAPAL en su reglamento interno, a continuación, se describen las siguientes características de dicho colector de alcantarillado. SEDAPAL (2010) y entre sus características se encuentran que El diámetro mínimo de los colectores secundarios será de DN 200 mm y también se podrá instalar conexiones domiciliarias de desagüe hasta en colectores de DN 300 mm, siempre y cuando las tuberías no tengan armadura. SEDAPAL (2010)

#### **c) Cámaras de inspección.**

Las cámaras de inspección pueden ser buzones y buzones de inspección, se utilizarán buzones en las aceras a una profundidad no inferior a 1,00 m por encima de la tubería que serán proyectados para colectores de hasta 200 mm de diámetro y los buzones de inspección se utilizan a profundidades superiores a 1,0 m por encima de la tubería. SEDAPAL (2010) pues bien, se proyectarán cámaras de inspección en

todos los lugares donde sea necesario por razones de inspección, limpieza y en los siguientes casos: inicio de los tramos de arranque, empalmes de colectores, cambios de dirección, cambios de pendiente, diámetro y material, habría que añadir que, la distancia entre cámaras de inspección y limpieza está limitada por el alcance de los equipos de limpieza asimismo la separación máxima depende del diámetro de las tuberías, según se muestra en la siguiente tabla. RNE (2006)

**Tabla 2**  
*Distancia entre cámaras de inspección*

<b>Diámetro nominal de la tubería (mm)</b>	<b>Distancia Máxima (m)</b>
100	60
150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Fuente: Adaptado RNE (2006)

### 2.2.3. Comportamiento Hidráulico

El informe de Gil et al. (2002) afirma que el análisis del sistema hidráulico permite determinar el nivel de relación presión - caudal y el coeficiente de variación debido al diseño de los medidores, que es un parámetro igualmente importante para el coeficiente de uniformidad en los sistemas de riego y agua potable, por lo tanto, se puede observar su eficiencia.

Por otro lado, el significado de comportamiento es un estado permanente, es decir, una persona tiene una determinada característica o comportamiento, y solemos esperar que se mantenga más o menos igual, sin embargo, el comportamiento es causado por varias razones indirectas o directas desde el punto de vista en el que se estudie o analice este método ya sea desde la estadística, la física o la hidráulica. Concepto, (2023)



La investigación de Cusi (2019) menciona el comportamiento hidráulico, como la elección del tipo de conducto para las redes de alcantarillado que puede ser diferente, dependiendo del ingeniero proyectista y tipo de obra, para elegir un tipo de conducto hay dos cosas importantes a considerar: el tipo de material del conducto y segundo la forma geométrica, resistencia mecánica, peso, caudal sonoro, estabilidad del suelo, costo y facilidad de limpieza.

Según Chow (1994) indica que el comportamiento hidráulico es el análisis del flujo de fluidos como el agua, agua residual, a través de sistemas y estructuras hidráulicas, en este campo se examinan las propiedades y características del flujo como la velocidad, presión, caudal, pérdida de carga y más características.

#### 2.2.4. Parámetros en la Evaluación de Redes de Alcantarillado

Los parámetros en la evaluación de redes de alcantarillado tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Ecuación de Manning.** La ecuación de Manning es recomendable por ser de fácil aplicación y resultados eficientes en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas. Nogales y Quispe (2009)

##### ***Ecuación 1***

##### ***Caudal por el Método de Manning***

$$Q = \frac{A}{n} \times R h^2 \times S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s).

A: Área (m<sup>2</sup>).

N: Coeficiente de rugosidad

Rh: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente (m/m).

- **Velocidad y Caudal para Tuberías Parcialmente Llenas.** Sustituyendo en la ecuación de Manning, el valor de R para secciones circulares parcialmente llenas y desarrollando la ecuación de la continuidad tenemos las siguientes expresiones para velocidad y caudal. Nogales y Quispe (2009)

Así mismo, el reglamento menciona que la velocidad no debe producir depósitos ni erosiones y en ningún caso debe ser menor a 0.60 m/s y la velocidad máxima admisible en tubos de concreto y asbesto cemento es de 3 m/s y para las tuberías de PVC es de 5 m/s debiéndose justificar en caso se utilice otros materiales. RNE (2006)

**Ecuación 2**

**Ecuación de Velocidad para tuberías parcialmente llena**

$$V = \frac{0.397D^{\frac{2}{3}}}{n} \times \left(1 - \frac{360\text{sen}\theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} \times (S)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

**Ecuación 3**

**Ecuación de Caudal para tuberías parcialmente llena**

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 n (2\pi\theta)^{2/3}} (2\pi\theta - 360\text{sen}\theta)^{5/3} (S)^{1/2} \quad (3)$$

Donde:

V: velocidad (m/s)

n: coeficiente de Manning (adm).

D: Diámetro (m).

S: Pendiente (m/m).

- **Tensión tractiva.** En tuberías de alcantarillado, se debe garantizar que los sedimentos que ingresen al sistema puedan moverse por acción del flujo hacia aguas abajo de las tuberías, para esto, se debe garantizar un esfuerzo cortante mínimo, el cual depende del tipo de sistema de alcantarillado objeto del diseño, con

el fin de calcular la tensión tractiva bajo la condición de flujo uniforme lo indica el RNE (2006).

**Ecuación 4**  
**Ecuación de la Tensión tractiva media**

$$\sigma_t = \gamma * R_h * S_0 \quad (4)$$

Donde:

$\tau$  =Esfuerzo cortante (Pa)

$\gamma$  =Peso específico (N/m<sup>3</sup>)

$R_h$  =Radio hidráulico (m)

$S$  =Pendiente del canal (m/m)

- **Velocidad máxima y mínima.** Los colectores están diseñados para trabajar por gravedad y dependen del material, para la velocidad máxima y mínima donde los valores se deberán sustentar según las características del material, agua residual, reunión de colectores y turbulencia, la velocidad máxima real en un colector a gravedad no debe exceder los 5,0 m/s y la velocidad mínima real permitida es de 0,45 m/s, que deberá ser suficiente para aminorar la cantidad de sólidos sedimentados en horas de bajo caudal. RAS (2000)

Por otro lado, según el RNE (2006) cuando la velocidad final ( $V_f$ ) es superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ), la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo donde la velocidad crítica es dada por la siguiente expresión:

**Ecuación 5**  
**Ecuación de la velocidad crítica**

$$V_c = \sqrt[6]{g \cdot R_h} \quad (5)$$

Donde:

$g$  = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$R_h$  = Radio hidráulico (m).

- **Perdida de carga por fricción.** Indica que las pérdidas de energía experimentadas por el flujo de agua en las estructuras de conexión e inspección se deben a varios factores como los cambios de dirección que experimenta el flujo, las expansiones y contracciones que se llevan a cabo en la estructura. RAS (2000)

La confluencia de chorros, así mismo, el grado de relevancia de cada uno de los fenómenos que intervienen en el proceso de pérdida de energía al interior de la estructura depende del tipo de régimen bajo el cual operen las tuberías conectadas a la estructura, donde las pérdidas de energía en las cámaras de conexión e inspección es diferente si el régimen de flujo es crítico o supercrítico. Según la Empresa Pública de Medellín, EPM (2013).

Respecto al cálculo de las pérdidas menores de energía en la estructura hay diversas aproximaciones dependiendo de los factores que se tengan en cuenta y en la presente tesis solo se explicará el método que ha sido empleado y a continuación se explica el modelo. EPM (2013)

- **Método estándar.** Este método incluye las características geométricas de la cámara y las condiciones hidráulicas de la misma en el cálculo de las pérdidas menores de energía. EPM (2013)

### ***Ecuación 6***

#### ***Perdidas de carga por el método Estándar***

$$h_m = K_m \cdot \left( \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right) \quad (6)$$

Donde:

$H_m$ : Pérdidas menores en la cámara de inspección (m.)

$K_m$ : Coeficiente de pérdidas menores (ver siguiente tabla)

$V_2$ : Velocidad en el conducto de salida (m/s)

**Tabla 3**  
**Coefficientes de pérdidas menores del Método Estándar**

Descripción de la cámara	Coef. de pérdida $K_m$
Tubería única de entrada, sin media caña, $\Delta = 0^\circ$	0.5
Una tubería de entrada, sin media caña $\Delta = 90^\circ$	0.8
Dos conductos entrantes, ángulo entre ellos mayor que $90^\circ$	0.9
Tres o más conductos entrantes	1.0

Fuente: Adaptado EPM (2013).

### 2.2.5. Parámetros Geométricos de una Tubería Parcialmente Llena

Estas propiedades son fundamentales para describir el comportamiento hidráulico de una tubería dado que el Número de Froude es calculado con base en las siguientes ecuaciones. Chow (1994)

**Ecuación 7**  
**Área mojada de sección parcialmente llena**

$$A_m = \frac{r^2}{2} \cdot \left( \frac{2\pi}{360} \cdot \theta - \text{sen}\theta \right) \quad (7)$$

**Ecuación 8**  
**Perímetro mojado de sección parcialmente llena**

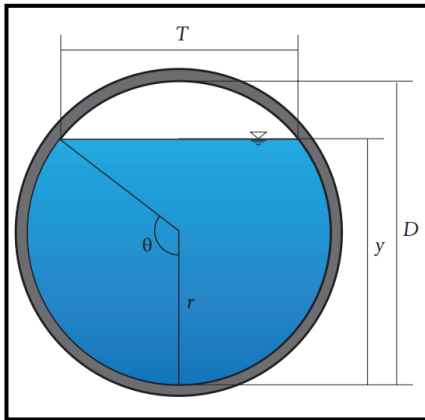
$$P_m = \frac{2\pi}{360} \cdot \theta \quad (8)$$

Sustituyendo el valor de  $A_m$  y  $P_m$  en la ecuación de radio hidráulico tenemos:

**Ecuación 9**  
**Radio Hidráulico en secciones parcialmente llena**

$$R = \frac{D}{4} \cdot \left( 1 - \frac{360 \text{sen}\theta}{2\pi\theta} \right) \quad (9)$$

**Figura 2**  
**Parámetros Geométricos de la Sección Transversal de Tubería Parcialmente Llena**



Fuente: Adaptado CONAGUA (2009)

Donde:

$T$  = Ancho de superficie libre (m)

$D$  = Diámetro interior (m)

$y$  = Tirante de la sección (m)

$A$  = área de la sección transversal del flujo ( $m^2$ ).

$\Theta$  = ángulo ( $^\circ$ )

a. Tirante o altura de la lámina de agua

La variación de caudal en los colectores se da continuamente, por un lado, está diseñado para un determinado tiempo, al inicio de su funcionamiento el colector recibe un cierto caudal proyectado, y por otro, están las variaciones horarias en las descargas que influyen en la cantidad de flujo en el conducto. EPM (2013)

Para conductos que trabajan parcialmente llenos y colectores a sección llena se indican relaciones de los elementos hidráulicos a diversas alturas de agua tales como los parámetros hidráulicos y se refieren al caudal, perímetro mojado, área mojada, radio hidráulico, rugosidad, velocidad y tirantes de agua. RNE (2006)

La altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final ( $Q_f$ ), igual o inferior a 75% del diámetro del colector. RNE (2006)

b. Factores de mayoración

La RAS (2000) menciona que los cambios en el consumo de agua per cápita se aplican al factor de aumento en algunos casos, se estima por mediciones de campo que no es muy práctico por tanto surgen relaciones aproximadas como Harmon y Babbitt que se aplican a poblaciones de 1.000 a 1.000.000 de habitantes:

**Ecuación 10**

**Ecuación de Harmon**

$$F = 1 + \frac{14}{4 + p^{0.5}} \quad (10)$$

También puede estar dado en términos de caudal medio diario como las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 11**

**Ecuación de Los Ángeles**

$$F = \frac{3.53}{Q^{0.0914}} \quad (11)$$

**Ecuación 12**

**Ecuación de Tchobanoglous**

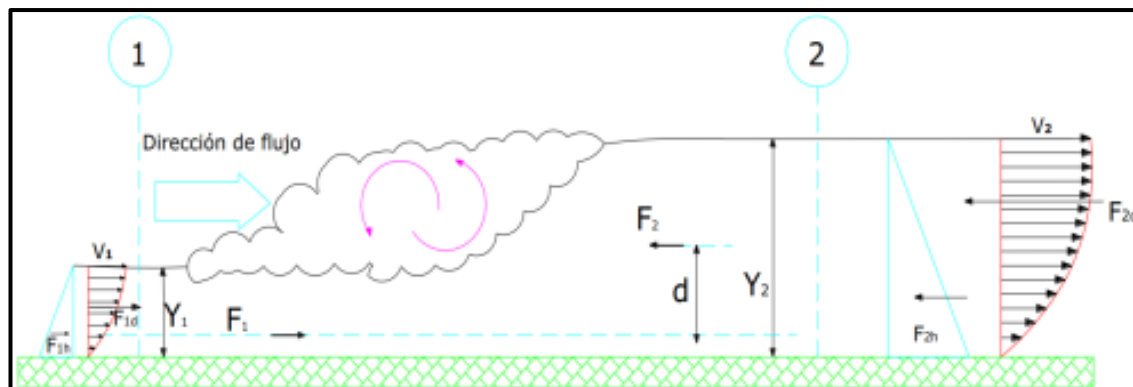
$$F = \frac{3.70}{Q^{0.0733}} \quad (12)$$

La fórmula de los Ángeles cumple para rangos de 2.8 a 28300 L/s y Tchobanoglous para 4 a 5000 L/s, por otro lado, el valor de F para cualquier expresión debe ser mayor o igual a 1,4. RAS (2000)

c. Resalto hidráulico

Chow (1994) en su libro menciona que el salto hidráulico, también llamado chorro, se produce con colectores horizontales, ligera pendiente, en este caso no se tiene en cuenta el peso del agua; cuando la pendiente es pronunciada este peso tiene un impacto significativo.

**Figura 3**  
**Esquema del Resalto Hidráulico**



Nota: En la figura se encuentra el esquema del resalto hidráulico existe una turbulencia característica, un movimiento severidad de pequeños vórtices y grandes turbulencias que causan las pérdidas de carga ( $h_f$ ). Chow (1994)

d. Tipos de resalto

La clasificación según los estudios de Bureau Of Reclamation Hager (1999) y detallados por Chow (1994) se presentan comúnmente en fondos horizontales, los cuales se pueden clasificarse convenientemente según el número de Froude del flujo entrante:

**Tabla 4**  
**Tipos de Resalto Hidráulico**






Rango	Descripción/ Tipo
$F_R=1$	El flujo es crítico y por consiguiente no se llama resalto.
$F_R=1$ a 1.7	La superficie del agua muestra ondulaciones y se presenta el resalto ondulante
$F_R=1.7$ a 2.5	Se desarrolla una serie de remolinos sobre la superficie de resalto, pero la superficie del agua hacia abajo permanece uniformemente. Se presenta un resalto débil.
$F_R= 2.5$ a 4.5	Existe un chorro oscilante que entra desde el fondo del resalto hasta la superficie y se devuelve sin ninguna periodicidad. Cada oscilación produce una onda grave con periodo irregular. Se presenta un resalto oscilante.
$F_R= 4.5$ a 9	La extremidad de aguas abajo del remolino superficial y el punto sobre el cual el chorro de alta velocidad tiende a dejar el flujo ocurren prácticamente en la misma sección vertical la acción y la posición de este resalto son menos sensibles a la variación de la profundidad aguas abajo. El resalto se encuentra balanceado, y



	su comportamiento es el mejor. La disipación de energía varía de 45 a 70 por ciento. Se presenta un resalto estable.
$F_R=9$ ,	mayores, el chorro de alta velocidad choca con paquetes de aguas intermitentes que corren hacia abajo a lo largo de la cara frontal del resalto, generando ondas hacia abajo, y puede prevalecer una superficie rugosa. La acción del resalto es brusca pero efectiva debido a que la disipación de energía puede alcanzar un 85 por ciento.

Fuente: Adaptado de Chow (1994)

**Figura 4**  
Representación gráfica del Resalto Hidráulico

Tipo de Resalto	Representación	Número de Froude
Resalto ondulante		1 - 1.7
Resalto Débil		1.7 - 2.5
Resalto Oscilante	Chorro Oscilante Remolino 	2,5 - 4.5
Resalto Estable		4.5 - 9.0
Resalto Fuerte		>9

Fuente: Adaptado de Chow (1994)

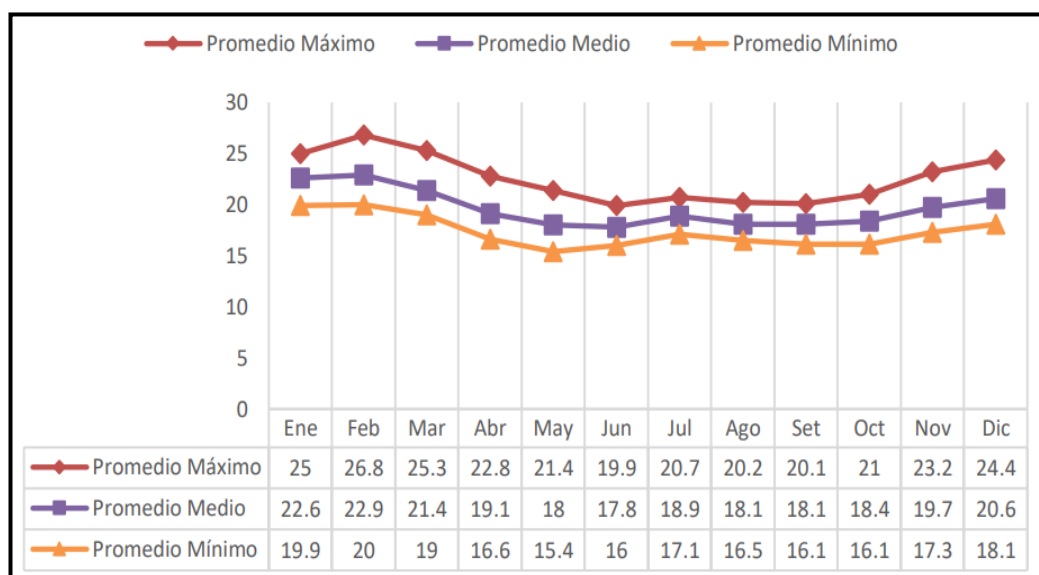
### 2.2.6. Estaciones de Verano en invierno en Lima

El clima de esta zona es similar al de la costa central del Perú, con la temporada de invierno caracterizada por cielos nublados, humedad intensa y poca luz de junio a septiembre, mientras que la temporada cálida o de verano es de diciembre a marzo,

en la actualidad, la cantidad de lluvia alcanza un promedio de 60 mm por año, en esta zona la temperatura media anual es de 18,6 °C y la humedad oscila entre el 85 y el 99%, los fuertes vientos del sur alcanzan una velocidad promedio de 3 m/s lo que explica la escasa cantidad de lluvia en la región, a continuación se muestra una data representativa del clima de la estación Pantanos de Villa de SENAMHI ha registrado datos desde el año 1996 hasta el año 2006, los datos fueron obtenidos en el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú. Gamarra (2021)

**Figura 5**

*Temperatura máxima, media y mínima del observatorio meteorológico Lima*

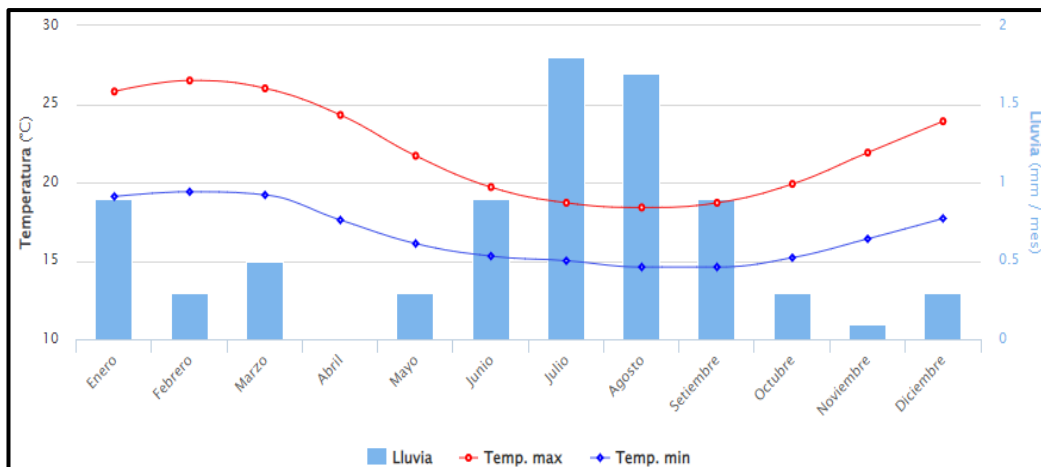


Fuente: Adaptado de Cedar (2023)

El invierno en la ciudad de Lima las temperaturas máximas están en el rango de 20°C hasta 16°C teniendo temperaturas mínimas promedio en el mes de agosto. Se tiene como referencia el más caluroso del año donde las temperaturas varían de 20 °C hasta 27 °C que es el mes de febrero, también se indica que la temporada de verano o templada dura 3 meses iniciando finales de diciembre y culminando en abril con un promedio de 27 °C y la temporada de invierno dura aproximadamente 4.2 meses, iniciando en junio y terminando aproximadamente el 17 de octubre con una temperatura que va desde 15 °C hasta 19 °C. Gamarra (2021)

**Figura 6**

Temperatura Máxima y Mínima Correspondientes a la Época de Verano e invierno



Fuente: Imagen extraída del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (2022)

### 2.2.7. Problemas e Incidencias en Redes de Alcantarillado Sanitario Urbano

Cuella (2012), menciona que el diseño de las redes de alcantarillado sanitario urbano debe cumplir con ciertos requisitos a fin de asegurar el buen funcionamiento del sistema y evitar fallas que puedan causar problemas de salud pública, problemas ambientales o daños a los servicios del mismo.

Por otro lado, en la investigación de Gomez y Sepulveda (2021) indican que las evaluaciones y los registros de fallos en las tuberías pueden ser examinados con el fin de identificar los tipos de imperfecciones comúnmente presentes en un sistema, así como para clasificar cada tubería de manera comparativa con miras a inspecciones y trabajos de reparación o rehabilitación de futuros tramos o buzones.

#### - Fallas Estructurales y Reposición de buzones.

Se pueden presentar por problemas de corrosión o cargas aplicadas que pueden agrietar las tuberías, generando una pérdida en la capacidad hidráulica y el aumento de infiltraciones y exfiltraciones expresa Cuella (2012).

Lo más desfavorable para las redes de alcantarillado es el aumento de caudales que traen consigo el aumento de corrosión y por ende el deterioro de ciertos tramos,

daños en la estructura del buzón, si bien es cierto que las fallas son difíciles de encontrar, se tiene que buscar la manera más efectiva de hallarlos como el tipo de material de las tuberías dependiendo como actúan ante la exposición del medio, los defectos varían entre agrietamientos, curvaturas en la tubería, desmoronamientos de la capa interior del revestimiento, huecos y grietas encontrándose este tipo de falla recurrentemente. Cuella (2012)

**Figura 7**  
*Ruptura de tubería por corrosión*



Fuente: Adaptado Mendoza (2007)

**Figura 8**  
*Grieta Múltiple en Tuberías de Alcantarillado Sanitario*

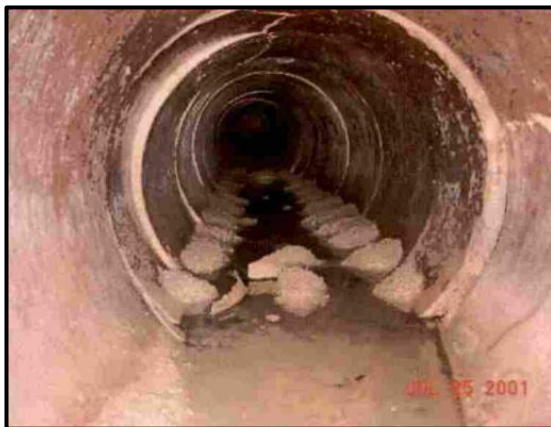


Nota: Figura extraída de la NASSCO (2016), donde se observa múltiples grietas en la parte inferior y superior del colector de material HDPE.

- **Piques y desatoros por sedimentación de Partículas Sólidas.** La sedimentación se refiere a la acumulación de partículas en el fondo de la tubería, provocando la pérdida de capacidad hidráulica de la red, que pueden ser para aguas superficiales o algún tipo de alcantarillado. Los inodoros se basan en microorganismos o desechos, papel y material recolectado por la red; la sedimentación en el alcantarillado se refiere a las partículas que ingresan a la red que son transportadas por el agua superficial, como materiales vegetales o desechos en general. Cuella, (2012)

**Figura 9**

*Sedimentación de partículas sólidas*



Fuente: imagen extraída de la NASSCO (2016), donde se observa depósitos de arenas y sedimentos de partículas en la parte inferior de la tubería de alcantarillado.

**Figura 10**

*Depósitos Incorporados Finos*



Fuente: imagen extraída de la NASSCO (2016), donde se observa depósitos de arenas finas en la parte inferior de la tubería de alcantarillado.

- **Aniegos o sobrecargas.** Esto sucede cuando el relleno supera el 80%, reduciendo el caudal y aumentando la profundidad hasta alcanzar una relación de llenado de 94%, llegando al máximo caudal, si la profundidad del agua incrementa la presión aumenta sobre la tubería, lo que se denomina sobrecarga, este tipo de falla es la más importante para la prevención de inundaciones porque el agua está altamente contaminada y puede causar problemas para la salud pública y el medio ambiente. Cuella (2012)

**Figura 11**

*Sobrecargas o aniegos en redes de alcantarillado*



Fuente: Imagen tomada el año 2022 por el equipo de recolección primaria. SEDAPAL (2010)

**Figura 12**

*Aniego en lima del 2019*



Fuente: Informe del Expreso 01 de diciembre de 2022. SEDAPAL (2010)

### 2.3. Definición de Términos

- **Agua residual:** Son las aguas cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica, incluyen a las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados. Vierendel (2009)
- **Cámara de inspección:** Definición general que se da a los buzones, buzonetas y cámaras especiales de desagüe. Cuella (2012)
- **Colector Tubería:** Son los constituidos por tuberías que reciben las descargas de aguas servidas por el alcantarillado de servicio local. En los colectores no se podrá realizar conexiones prediales. Vierendel (2009)
- **Capacidad Hidráulica:** Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación. RAS (2000)
- **Capacidad Máxima:** Caudal máximo de diseño de una estructura hidráulica. SEDAPAL (2010)
- **Contaminación del agua:** Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor. RAS (2000)
- **Diámetro interno real:** Diámetro interno de una tubería determinado con elementos de medición apropiados. EPM (2013)
- **Flujo gradualmente variado:** Flujo permanente cuya profundidad varía de manera gradual a lo largo de la longitud del canal. EPM (2013)
- **Líneas de alcantarillado:** Conjunto de tuberías de emisores, colectores, redes secundarias, conexiones domiciliarias, con los elementos que los constituyen, tales como buzones, buzonetas, cámaras especiales, cajas de registro, etc. Cuella (2012)
- **Línea piezométrica o línea de gradiente de hidráulico:** Línea o elevación obtenida como la suma de la altura de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia. EPM (2013)

- **Media caña:** Parte interior inferior de una estructura de conexión o cámara de inspección, cuya forma orienta el flujo. EPM (2013)
- **Mantenimiento:** Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen. RAS (2000)
- **Obras primarias:** Son obras vitales de agua potable y/o alcantarillado, constituido por la infraestructura básica de gran envergadura tales como fuentes de abastecimiento, almacenamiento, redes primarias de agua potable que alimentan directamente a reservorios de gran capacidad o cámaras de ingreso a sectores; y colectores principales primarios, interceptores, emisores, sistemas de disposición final de desagües. Cuella (2012)
- **Operación:** Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema. RAS (2000)
- **Perdida de carga:** Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso. RAS (2000)
- **Resalto Hidráulico:** Discontinuidad de la superficie del agua en la cual el flujo pasa de una manera abrupta de un régimen rápido (supercrítico) a un régimen tranquilo (subcrítico) y depende del número de Froude. RAS (2000)
- **Tramo:** “Conjunto de tuberías de alcantarillado comprendida entre dos cámaras de inspección”. Varela (2013)
- **Profundidad:** Diferencia de nivel entre la superficie de terreno y la generatriz inferior interna de la tubería. RNE (2006)



### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Diseño y Tipo de Investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Según el propósito es una investigación básica porque está orientada a la búsqueda de nuevos conocimientos y nuevos campos de investigación sin un fin práctico específico e inmediato, tiene como propósito crear un cuerpo de conocimiento teórico sobre los fenómenos sin preocuparse de su aplicación práctica. Sampieri et al. (2010)

En cuanto al alcance o nivel de profundización es correlacional ya que estos estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación dando un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa. Sampieri et al. (2010)

Según el tipo de datos empleados, tiene un enfoque de investigación cuantitativa ya que se recopilaron datos, utilizando herramientas de muestreo, procesamiento estadístico y matemáticas para ser medidos, permitiendo conclusiones generalizadas y proyectadas a través del tiempo. Sampieri et al. (2010)

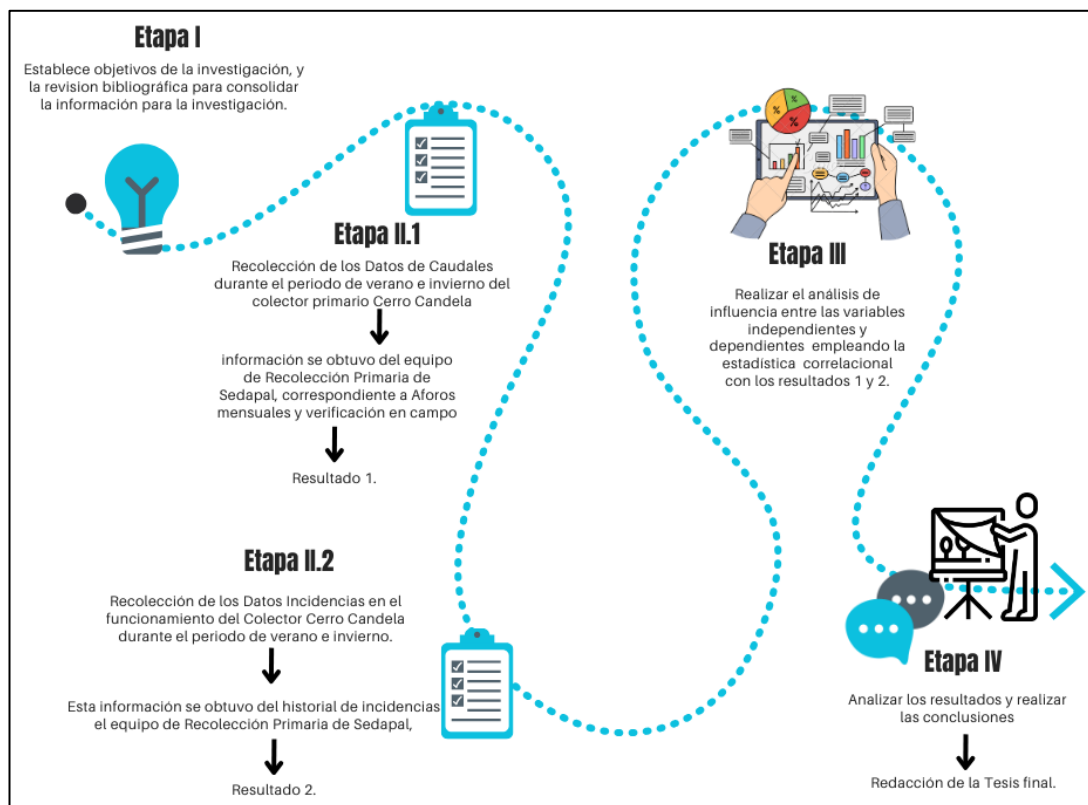
##### 3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que se observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo, donde la muestra se elige al azar; dentro de este tipo de diseño se encuentra el tipo de estudio longitudinal que implica la recolección de datos en intervalos de tiempo o momentos que dure la investigación, para esta investigación se considerarán los meses de la temporada de verano e invierno.

### 3.2. Métodos o Técnicas

Para desarrollar la presente investigación se siguieron las siguientes etapas como parte de la metodología:

**Figura 13 Procedimiento de la investigación por etapas.**



Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.1. Métodos

Para la investigación se aplicarán los siguientes procedimientos y métodos para la obtención de datos y el procesamiento de información.

Se tomarán datos del aforo de colectores durante los meses de verano: Diciembre, Enero y Febrero, e invierno: Julio, Agosto Setiembre del año 2022, tal como indica el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (2022) y Gamarra (2021), que para estas estaciones climatológicas de invierno y verano la conforman los meses indicados, así mismo, se seleccionó los tres meses de verano por qué se tuvo el criterio de mayor consumo de agua en meses cálidos y tres meses de invierno por que se considera que hay menor consumo de agua en los meses fríos, también

un factor importante fue la cantidad de datos de mediciones de aforos en los meses de estudio de la presente investigación, para ello se siguió la siguiente metodología:

- **Verificación del Colector en Estudio.** Se realizó un replanteo y verificación en campo del sistema de alcantarillado (material, longitud, estado, capacidad, cota de terreno, cota de fondo, estado), la información base fue extraída del GIS SEDAPAL la cual es administrada por el equipo de control y reducción de fugas (ECRF).

Se eligió los puntos de aforo que cumplieran las siguientes características como: Pendiente uniforme, Diámetros iguales aguas arriba y aguas abajo, Material de tubería similar aguas arriba y aguas abajo, sin descargas laterales de otros colectores, y que no deben tener desnivel entre la entrada y salida.

**Figura 14**

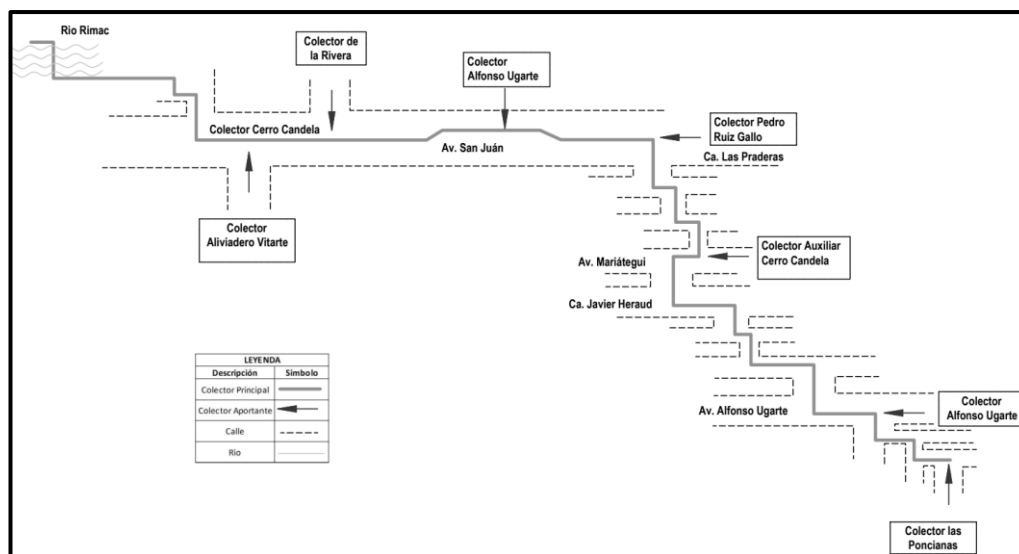
*Esquema de trabajo durante los aforos en Colectores*



Fuente: Figura extraída de la investigación de Anaya (2016)

Posteriormente se identificó la red principal y los aportantes, y se realizó el Procesamiento de datos recopilados del colector.

**Figura 15**  
Esquema Ubicación del Colector Cerro Candela y sus Aportantes



Fuente: Elaboración Propia.


### 3.2.2. Aplicación Hidráulica

El método consiste en obtener datos básicos para utilizar la fórmula de Manning para el cálculo de caudales en conductos que trabajen a gravedad, los datos preliminares necesarios para determinar si el punto seleccionado cumple con las condiciones para la utilización de la fórmula de Manning son, velocidad del flujo, diámetro, tirante o altura de agua en el conducto y pendiente del tramo escogido. Para realizar la aplicación hidráulica se requiere determinar:

#### a. Velocidad

La velocidad se puede obtener por el método con el uso de equipos instalados dentro de los conductos tales como los registradores magnéticos y molinetes. Los instalados externamente como los flujómetros ultrasónicos y los que utilizan el efecto Doppler que dan lecturas de instantáneas tirantes y de velocidad que pueden ser utilizadas directamente.

**Tabla 5**  
 Información técnica del Correntómetro


Equipo	Marca/Modelo	Imagen	Característica
<b>Correntómetro</b>	Medidor de flujo electromagnético OTT MF PRO		-Trabaja sumergido y envía datos de velocidad de flujo al equipo receptor. - Usa Baterías.

Fuente: Elaboración propia

#### b. Tirantes en Colectores

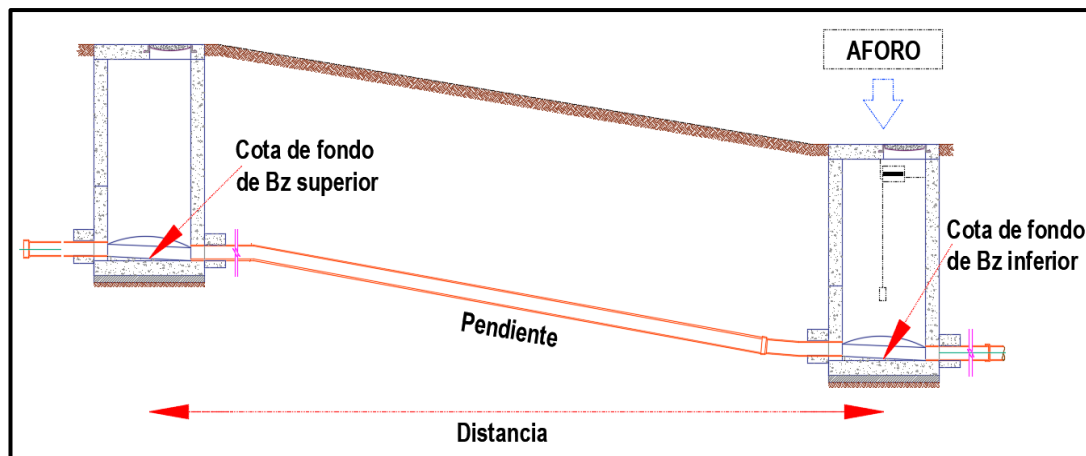
La medición de tirantes de agua en el conducto consiste en instalar un registrador automático por encima del nivel del agua, en colectores se instala dentro de un buzón o boca de inspección, las variaciones de altura de agua sobre la tubería son registradas, programándose la duración de la medición generalmente por 24 horas o por siete días ininterrumpidos. Estos trabajan mediante ultrasonido y algunos utilizando el efecto Doppler y su grado de precisión en la obtención de información es alto.

**Tabla 6**  
 Información Técnica del Caudalímetro con Sensor Ultrasónico

Equipo	Marca/Modelo	Imagen	Característica
<b>Caudalímetro con sensor ultrasónico</b>	American sigma		-Trabaja en cualquier tipo de canal (Flujo) o tanque (tirante). -Registra y almacena datos continuos de caudales o tirantes cada 10 segundos como mínimo.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 16**  
**Esquema de Ubicación del Punto de Aforo en Colectores**



Fuente: Elaboración Propia

c. **Desarrollo del modelo hidráulico del colector en estudio utilizando el programa Sewer Gems**

El programa Sewer Gems, es una herramienta que permite realizar diseños de redes de alcantarillado urbano de forma optimizada, así mismo se pueden realizar análisis de redes existentes en funcionamiento a través del análisis en el escenario de Periodo extendido que indicara los resultados de las aguas residuales en su caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ), el programa emplea las ecuaciones de Manning en flujo de tuberías parcialmente llenas y con los criterios empleados en flujo de movimiento gradualmente variado (MGV). Anaya (2016).

Se realizó el modelamiento hidráulico del colector primario de alcantarillado empleando el Programa Sewer Gems, para ello se siguió el siguiente procedimiento:

- Se identificaron los parámetros físicos del sistema de alcantarillado primario (material, diámetro, longitud de tubería, cotas de buzones).
- Se realizó un modelo del área de drenaje del Colector cerro candela bajo el escenario del análisis en el Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) y el Caudal promedio ( $Q_p$ ).
- Para este cálculo se emplearon las ecuaciones de hidráulica de tuberías parcialmente llenas, bajo el software de Sewer Gems.

- Para el modelo hidráulico en Periodo extendido se utilizaron los caudales de los puntos de buzones aforados del Colector Cerro candela.
- El monitoreo de caudales de los puntos de aforo (Datos de tirantes de flujo medidos en campo cada 5 minutos durante una semana).
- Se emplearon los datos del Velocidad de flujo in situ de cada punto de Aforo, para calcular el coeficiente de Rugosidad de Manning real.
- Seguidamente, se calcularon los caudales de cada tramo, para determinar los factores de variación, Se realizaron gráficos comparativos “Caudal vs Tiempo”, “Capacidad hidráulica vs tramo”, “Velocidad vs tramo”, “Resalto hidráulico vs tramo” para obtener los parámetros hidráulicos reales. (Ver Anexo 07. Reporte de Modelamiento hidráulico)

### 3.2.3. Técnicas

Se describen las técnicas para recolección de datos aplicados en la investigación:

#### - **Análisis Documental o Registro**

Recolección de la información necesaria sobre las características del colector en estudio, tales como: las características topográficas del tramo seleccionado para realizar el aforo, velocidad del flujo, clase de material y estado de limpieza del conducto. Para el aforo de colectores de desagües se toma las mismas consideraciones que para conductos que funcionan a gravedad.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

El sistema de colectores primarios de alcantarillado existente en Lima y Callao está compuesto por 1025 km de tuberías cuyo diámetro van en el rango de 350 a 2400 mm, de los cuales 948.22 operan a gravedad (colectores) y 72.70 Km operan a presión (líneas de impulsión, líneas de conducción y líneas de descarga).

### 3.3.2. Muestra

La muestra se determinó a través del muestreo no probabilístico de tipo muestreo discrecional o intencional, que es un subgrupo de la población en que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación, en ese tipo de toma de muestras los sujetos son elegidos para formar parte de la muestra, Sampieri et al. (2010)

Para la investigación se está considerando en estudio el Colector Cerro Candela ubicado en el distrito de Ate y el Agustino que consta de 3.85 km de tuberías que tienen un diámetro en el rango de 350 a 700 mm.

### 3.4. Instrumentos validados de Recolección de datos

A continuación, se describen las técnicas y sus respectivos instrumentos de recolección de datos, en función de las variables de investigación.

Para las variables independientes: se realizó una “Prueba de Flujo en Aguas Residuales”, seguido de una “Matriz de Cálculo para parámetros hidráulicos”, estos instrumentos de recolección se encuentran dentro del anexo 01.

Previa a la aplicación de los instrumentos de recolección de datos se sometió a una evaluación mediante la prueba de Juicio de Expertos; un grupo de expertos o especialistas en el tema de investigación, quienes revisaron y evaluaron la coherencia y relación de las variables, indicadores dimensiones dando un punto de vista favorable para la aplicación del instrumento:

#### **Tabla 7**

*Resultados de la Prueba de Juicio de expertos para la validación de instrumentos de recolección.*

Expertos	Valoración	Escala
Dr. Depaz Celi Kiko Félix	Alto	80%
Msc. Huamán Carranza Martín Miguel	Muy Alto	96%
Msc. Sánchez Merlo Yuri Marco	Muy Alto	96%

Fuente: Elaboración propia



De la tabla anterior, se tiene que los instrumentos de recolección de datos validados por expertos tienen una escala promedio de 91.00%, el cual considera como apto para su aplicación en la investigación.

### **3.5. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información**

Ya obtenido todos los resultados de las relaciones entre los parámetros hidráulicos con el número de incidencias y la capacidad hidráulica se procede a analizar la variable respuesta o dependiente mediante cuadros y diagramas esquemáticos.

#### **3.5.1. Procesamiento Estadístico**

Ya obtenidos los datos del modelamiento hidráulico se procedió a procesar en el software Excel 2016, separando cada indicador de la variable dependiente y calculando el porcentaje de tramos según la variable hidráulica. Así mismo, para realizar un análisis correcto debemos comparar las variables independientes que son los parámetros hidráulicos en la época de invierno con los parámetros hidráulicos de la época de verano en el modelo hidráulico.

#### **3.5.2. Prueba de Normalidad**

Realizamos la prueba de la normalidad de datos para observar y comprobar si la variable en estudio es paramétrica o no paramétrica, para este procesamiento utilizamos el programa SPSS 2023 y realizamos la prueba de Shapiro - Wilk (SW). Concluyendo con la prueba de la normalidad, y sabiendo que nuestras variables son correlacionadas por que se evaluarán las mismas variables para diferente espacio temporal, realizaremos la prueba de Correlación de Pearson y concluir con el procesamiento estadístico en el software SPSS.

#### **3.5.3. Prueba de Correlación de Pearson**

La prueba de Pearson la utilizaremos para realizar el análisis de correlación entre los grupos de datos en las diferentes estaciones que son la época de invierno y la época de verano y las incidencias.

## IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentara los resultados obtenidos en la investigación sobre la variación del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del Colector “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022- Lima, para ello se emplearon Reportes de Aforos en 06 puntos de control para obtener los parámetros hidráulicos tales como caudal, velocidad, resalto hidráulico, capacidad hidráulica y Reportes de incidencias, cuya información fue obtenida de los registros del equipo de Recolección primaria de SEDAPAL.

### 4.1. Resultados de Análisis de parámetros hidráulicos durante las temporadas de verano e invierno del colector “Cerro Candela” del año 2022, Lima.

#### 4.1.1. Resultados del Caudal (m<sup>3</sup>/s) de la Temporada de Verano e invierno por Cada Mes Muestreado

En los siguientes gráficos se presentan los datos de los caudales vs el tiempo de muestreo en los meses diciembre del 2021, enero del 2022, febrero del 2022 pertenecientes a la temporada de verano, y para los meses de julio del 2022, agosto del 2022 y septiembre del 2022 correspondientes a la temporada de invierno.

a. Datos de Diciembre

**Tabla 8**

*Resumen de los Puntos Aforados en el Mes de Diciembre del 2021*

PTO	BZ	MATERIAL	D (mm)	Coef. Rugosidad	Pendiente % ( m/m)	UBICACIÓN	TIRANTE (cm)			Q (L/s)		
							Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
P-1	BZ - 304176	PVC	350	0.009	0.052	Frente al Parque Santa Rosa	5.14	8.74	18.71	23.21	78.53	253.5
P-2	BZ - 196694	PVC	400	0.008	0.012	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	7.19	12.24	26.19	25.74	78.99	279.2
P-3	BZ - 196881	PVC	450	0.011	0.010	Av. Ruiseñores / Av. Huancaray	11.13	18.94	40.53	47.32	133.56	376.4
P-4	BZ - 173466	PVC	600	0.013	0.009	Av. San carlos Mz A Lt 2	14.89	25.35	54.25	78.49	221.27	620.7
P-5	BZ - 173481	PVC	600	0.011	0.014	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt 2.	16.09	27.39	58.61	131.87	348.91	586.5
P-6	BZ - 266127	CR	700	0.013	0.018	Margen derecha Río Rímac, aguas abajo Bocatoma	17.12	29.13	62.35	163.58	463.52	1323.8

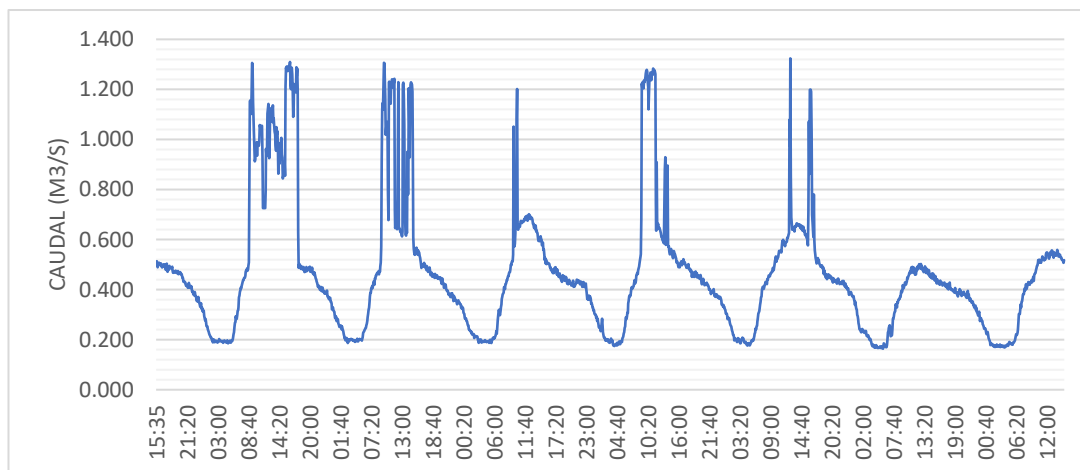
Fuente: Elaboración propia.

La *Tabla 8*, presenta el resumen de los caudales máximos en los seis (06) puntos aforados de los cuales se tiene un caudal máximo registrado de 1323.8 L/s para el mes de diciembre, registrando una tirante máxima de 0.62 m. en una tubería de 0.70

m. de diámetro, superando el 75% de su capacidad incumpliendo la capacidad hidráulica, por otro lado, el caudal mínimo para este punto de aforo es de 163.58 L/s generando una tirante de 0.17 m. para el mismo diámetro, por lo que indica una variación alta entre caudales en un mismo mes.

**Figura 17**

*Aforo del colector Cerro Candela en diciembre de 2021, Caudal vs Tiempo*



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 17* se observa el registro de los caudales aforados cada 5 minutos, presentando variación por cada día, el periodo de medición inició un 19 de diciembre y terminó un 26 de diciembre, observándose los caudales máximos horarios entre las 11:00 am y las 03:00 pm y caudales mínimos entre las 11:00 pm hasta las 04:00 am de cada día. También se observa que hay picos de caudales que superan el promedio indicando subidas grandes de caudal por lo tanto también se ve reflejado en el aumento de las tirantes en estas horas.

b. Datos de Enero

**Tabla 9**

*Resumen de los Puntos aforados en el mes de enero del 2022*

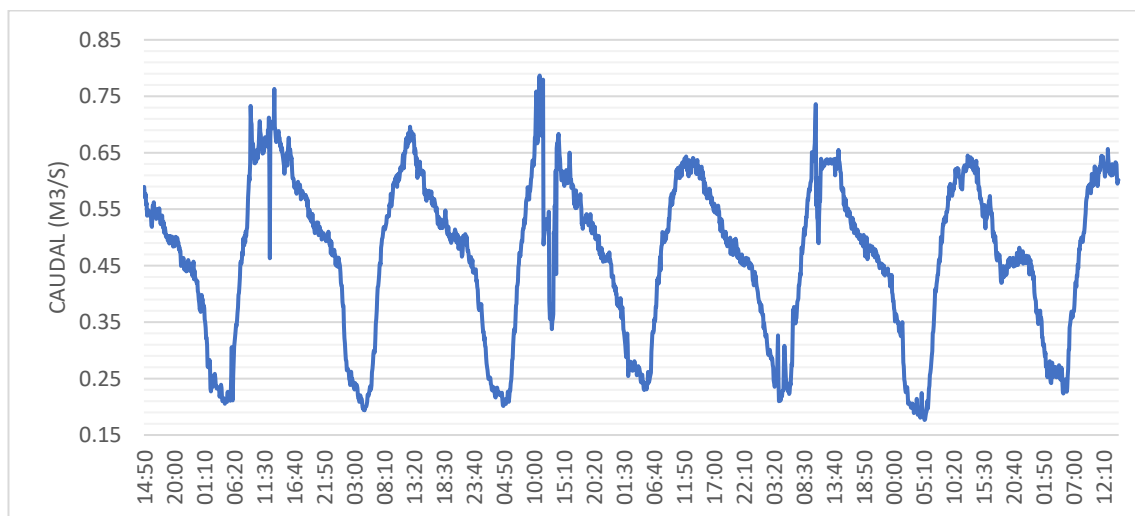
PTO	BZ	MATERIAL	D (mm)	Coef. Rugosidad	Pendiente % ( m/m)	UBICACIÓN	TIRANTE (cm)			Q (L/s)		
							Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
P-1	BZ - 304176	PVC	350	0.009	0.052	Frente al Parque Santa Rosa	5.30	8.83	12.10	24.46	70.82	126.8
P-2	BZ - 196694	PVC	400	0.008	0.012	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	7.42	12.37	16.93	27.01	76.43	134.4
P-3	BZ - 196881	PVC	450	0.011	0.010	Av. Ruisiñores / Av. Huancaray	11.48	19.14	26.21	52.59	141.13	236.8
P-4	BZ - 173466	PVC	600	0.013	0.009	Av. San carlos Mz A Lt 2	15.36	25.61	35.08	91.90	246.42	413.2
P-5	BZ - 173481	PVC	600	0.011	0.014	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt 2.	16.60	27.68	37.90	136.62	362.78	607.6
P-6	BZ - 266127	CR	700	0.013	0.018	Margen derecha Río Rimac, aguas abajo Bocatoma	17.66	29.44	40.32	173.94	467.86	1286.8

Fuente: Elaboración propia

De la *Tabla 09* se tiene un resumen de los caudales máximos en los seis (06) puntos aforados de los cuales se tiene un caudal máximo registrado de 1286.8 L/s para el mes de enero, registrando una tirante máxima de 0.64 m en una tubería de 0.70m de diámetro, superando el 75% de su capacidad.

### Figura 18

Aforo del colector Cerro Candela en enero de 2022, Caudal vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 18* se observa los caudales registrados para cada cinco minutos en el aforo del periodo comprendido entre el 21 al 29 de Enero de 2022, que tiene los caudales máximos entre las 10:00 hrs hasta las 13:00 hrs y los caudales mínimos entre 00:00 hrs y las 05:00 hrs.

#### c. Datos de Febrero

### Tabla 10

Resumen de los Puntos aforados en el mes de febrero del 2022

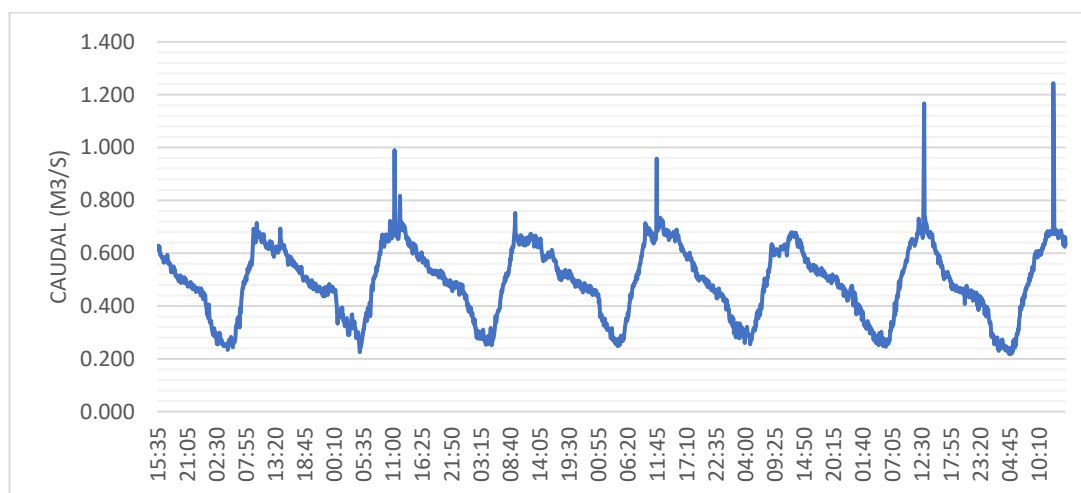
PTO	BZ	MATERIAL	D (mm)	Coef. Rugosidad	Pendiente % ( m/m)	UBICACIÓN	TIRANTE (cm)			Q (L/s)		
							Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
P-1	BZ - 304176	PVC	350	0.009	0.052	Frente al Parque Santa Rosa	6.05	9.19	14.12	31.00	73.46	163.3
P-2	BZ - 196694	PVC	400	0.008	0.012	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	8.31	12.69	24.01	36.19	84.90	256.9
P-3	BZ - 196881	PVC	450	0.011	0.010	Av. Ruiseñores / Av. Huancaray	12.87	19.71	37.15	62.98	141.69	355.4
P-4	BZ - 173466	PVC	600	0.013	0.009	Av. San carlos Mz A Lt 2	17.22	26.29	49.72	116.47	260.12	654.4
P-5	BZ - 173481	PVC	600	0.011	0.014	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt 2.	18.61	28.40	53.73	184.26	404.82	938.5
P-6	BZ - 266127	CR	700	0.013	0.018	Margen derecha Río Rímac, aguas abajo Bocatoma	19.80	30.21	57.16	217.83	487.91	1243.5

Fuente: Elaboración propia

De la *Tabla 11* se tiene un resumen de los caudales máximo en los seis (06) puntos aforados de los cuales se tiene un caudal máximo registrado de 1243.5 L/s para el mes de enero, registrando una tirante máxima de 0.57 m en una tubería de 0.70m de diámetro, superando el 75% de su capacidad.

**Figura 19**

Aforo del colector Cerro Candela en febrero de 2022, Caudal vs Tiempo.



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 19* se observa los caudales registrados para cada cinco minutos en el aforo del periodo comprendido entre el 17 al 26 de Febrero de 2022, donde se presentan caudales máximos horarios entre las 09:30 hrs hasta las 15:00 hrs y los caudales mínimos entre 23:30 hrs y las 05:00 hrs.

d. Datos de Julio

**Tabla 11**

Resumen de los Puntos aforados en el mes de Julio de 2022

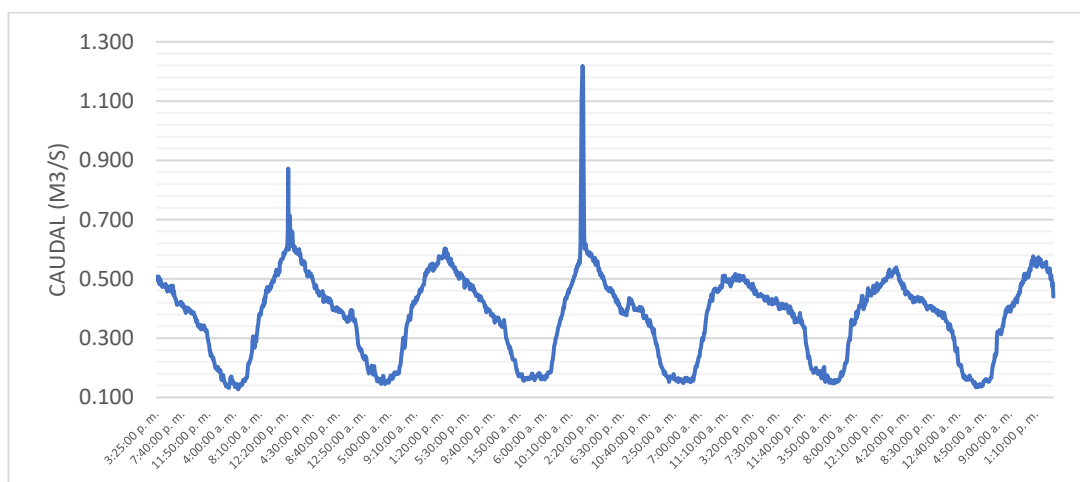
PTO	BZ	MATERIAL	D (mm)	Coef. Rugosidad	Pendiente % ( m/m)	UBICACIÓN	TIRANTE (cm)			Q (L/s)		
							Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
P-1	BZ - 304176	PVC	350	0.009	0.052	Frente al Parque Santa Rosa	3.83	7.39	11.32	11.30	46.11	101.2
P-2	BZ - 196694	PVC	400	0.008	0.012	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	5.37	10.30	15.85	11.79	47.00	101.1
P-3	BZ - 196881	PVC	450	0.011	0.010	Av. Ruiseñores / Av. Huancaray	8.31	16.00	24.53	26.24	99.29	203.4
P-4	BZ - 173466	PVC	600	0.013	0.009	Av. San carlos Mz A Lt 2	11.12	21.42	32.83	43.62	164.94	337.7
P-5	BZ - 173481	PVC	600	0.011	0.014	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt 2.	12.02	23.15	35.47	74.71	277.73	558.8
P-6	BZ - 266127	CR	700	0.013	0.018	Margen derecha Río Rimac, aguas abajo Bocatoma	12.78	24.62	37.74	145.30	344.52	707.4

Fuente: Elaboración propia

De la *Tabla 11* se tiene un resumen de los caudales máximo en los seis (06) puntos aforados de los cuales se observa un caudal máximo de 707.40 L/s para el mes de Julio, registrando una tirante máxima de 0.37 m en una tubería de 0.70m de diámetro, operando al 50% de su capacidad.

**Figura 20**

*Aforo del colector Cerro Candela en Julio de 2022, Caudal vs Tiempo*



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 20* se observa los caudales registrados para cada cinco minutos en el aforo del periodo comprendido entre el 23 al 31 de Julio de 2022, que tiene los caudales máximos entre las 11:00 hrs hasta las 15:00 hrs y los caudales mínimos entre 00:00 hrs y las 05:30 hrs. También se puede observar para el día 27 de Julio se observa un incremento atípico del caudal llegando aproximadamente a 1.20 m3/s.

e. Datos de Agosto.

**Tabla 12**

*Resumen de los Puntos aforados en el mes de agosto de 2022*

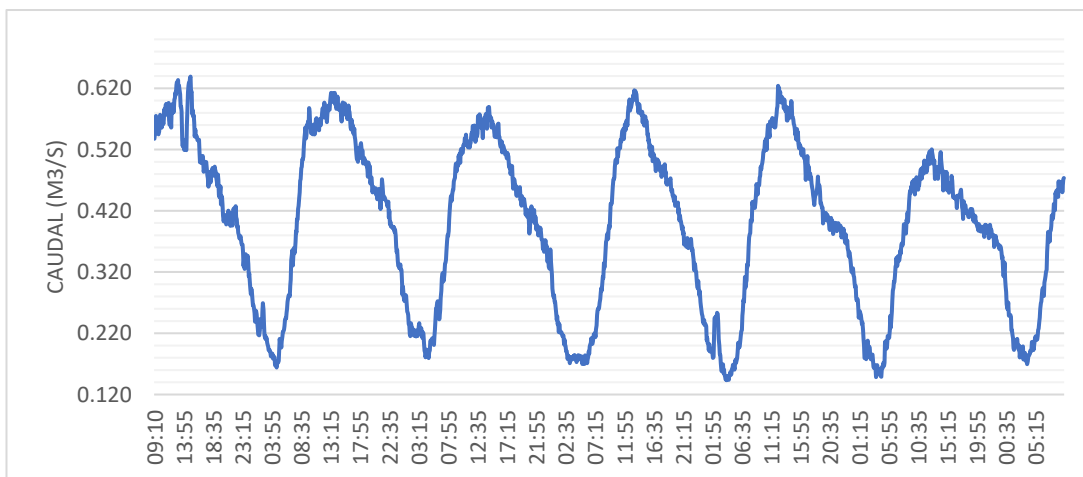
PTO	BZ	MATERIAL	D (mm)	Coef. Rugosidad	Pendiente % ( m/m)	UBICACIÓN	TIRANTE (cm)			Q (L/s)		
							Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
P-1	BZ - 304176	PVC	350	0.009	0.052	Frente al Parque Santa Rosa	1.12	1.88	2.49	0.85	2.66	4.6
P-2	BZ - 196694	PVC	400	0.008	0.012	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	2.24	3.75	4.97	2.16	6.69	11.6
P-3	BZ - 196881	PVC	450	0.011	0.010	Av. Ruiseñores / Av. Huancaray	5.13	8.57	11.36	9.83	29.47	50.0
P-4	BZ - 173466	PVC	600	0.013	0.009	Av. San carlos Mz A Lt 2	6.73	11.25	14.91	15.72	47.17	80.1
P-5	BZ - 173481	PVC	600	0.011	0.014	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt.2.	12.99	21.45	29.43	89.69	243.76	422.7
P-6	BZ - 266127	CR	700	0.013	0.018	Margen derecha Río Rimac, aguas abajo Bocatoma	16.02	26.78	35.51	143.34	395.97	739.2

Fuente: Elaboración propia

De la *Tabla 12*, se tiene un resumen de los caudales máximo en los seis (06) puntos aforados de los cuales se tiene un caudal máximo de 739.20 L/s para el mes de agosto, registrando una tirante máxima de 0.35 m en una tubería de 0.70m de diámetro, operando al 50% de su capacidad.

**Figura 21**

*Aforo del colector Cerro Candela en agosto de 2022, Caudal vs Tiempo.*



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 21* se observa los caudales registrados para cada cinco minutos en el aforo del periodo comprendido entre el 20 al 27 de Agosto de 2022, que tiene los caudales máximos entre las 11:00 hasta las 15:00 horas y los caudales mínimos entre 00:00 hrs y las 05:30 hrs. Observando que en los días de aforo no se presentaron valores atípicos de caudal.

f. Datos de Septiembre

**Tabla 13**

*Resumen de los Puntos aforados en el mes de Setiembre de 2022*

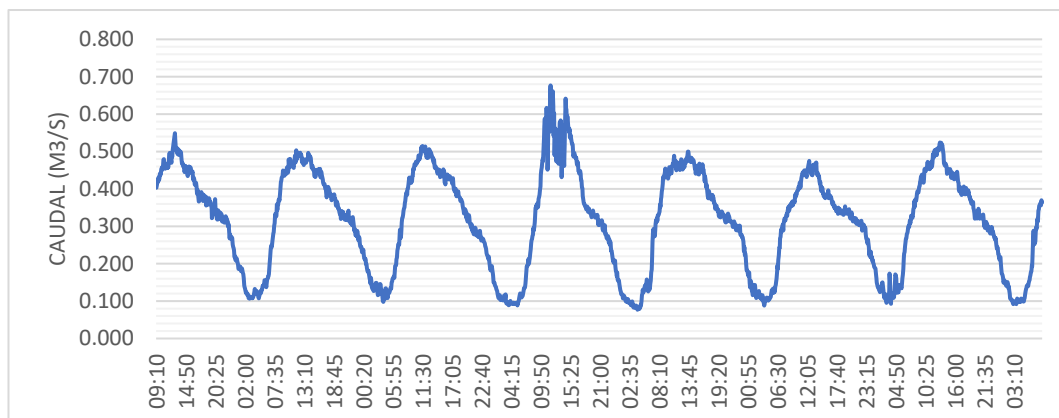
PTO	BZ	MATERIAL	D (mm)	Coef. Rugosidad	Pendiente % ( m/m)	UBICACIÓN	TIRANTE (cm)			Q (L/s)		
							Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
P-1	BZ - 304176	PVC	350	0.009	0.052	Frente al Parque Santa Rosa	3.53	7.09	11.02	9.76	43.73	98.4
P-2	BZ - 196694	PVC	400	0.008	0.012	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	4.95	9.88	15.43	10.56	45.64	102.1
P-3	BZ - 196881	PVC	450	0.011	0.010	Av. Ruiseñores / Av. Huancaray	7.66	15.29	23.88	21.61	88.83	189.4
P-4	BZ - 173466	PVC	600	0.013	0.009	Av. San carlos Mz A Lt 2	10.25	20.47	31.96	39.80	163.48	348.2
P-5	BZ - 173481	PVC	600	0.011	0.014	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt 2.	11.08	22.11	34.53	128.08	338.67	569.7
P-6	BZ - 266127	CR	700	0.013	0.018	Margen derecha Río Rímac, aguas abajo Bocatoma	11.78	23.52	36.74	143.03	418.74	780.8

Fuente: Elaboración propia

De la *Tabla 13* se tiene un resumen de los caudales máximo en los seis (06) puntos aforados de los cuales se tiene un caudal máximo registrado de 780.8 L/s para el mes de Setiembre, registrando una tirante máxima de 0.36 m en una tubería de 0.70m de diámetro, operando al 50% de su capacidad.

**Figura 22**

*Aforo del colector Cerro Candela en Setiembre de 2022, Caudal vs Tiempo.*



Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 22* se observa los caudales registrados para cada cinco minutos en el aforo del periodo comprendido entre el 19 al 26 de Setiembre de 2022, que tiene los caudales máximos entre las 10:30 hrs hasta las 15:00 hrs y los caudales mínimos entre 01:00 hrs y las 05:30 hrs. Observándose que es el mes donde se presentan los valores mas bajos de caudal respecto al caudal promedio.

#### 4.1.2. Resultados de velocidad en las Temporadas de verano e invierno

a. Resultados de la velocidad en la época de verano

**Tabla 14**

*Resultados de la velocidad en rangos según número de tramos en la temporada de verano del Colector Cerro Candela.*

VELOCIDAD	N° TRAMOS		
	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
(1.0 m/s - 2.0 m/s)	20.00	1.00	0.00
(2.0 m/s - 3.0 m/s)	46.00	23.00	29.00
(3.0 m/s - 4.0 m/s)	28.00	60.00	36.00
(4.0 m/s - 5.0 m/s)	5.00	13.00	30.00
(5.0 m/s - 6.0 m/s)	2.00	3.00	3.00
(6.0 m/s - 7.0 m/s)	2.00	3.00	5.00
<b>Total:</b>	103.00	103.00	103.00

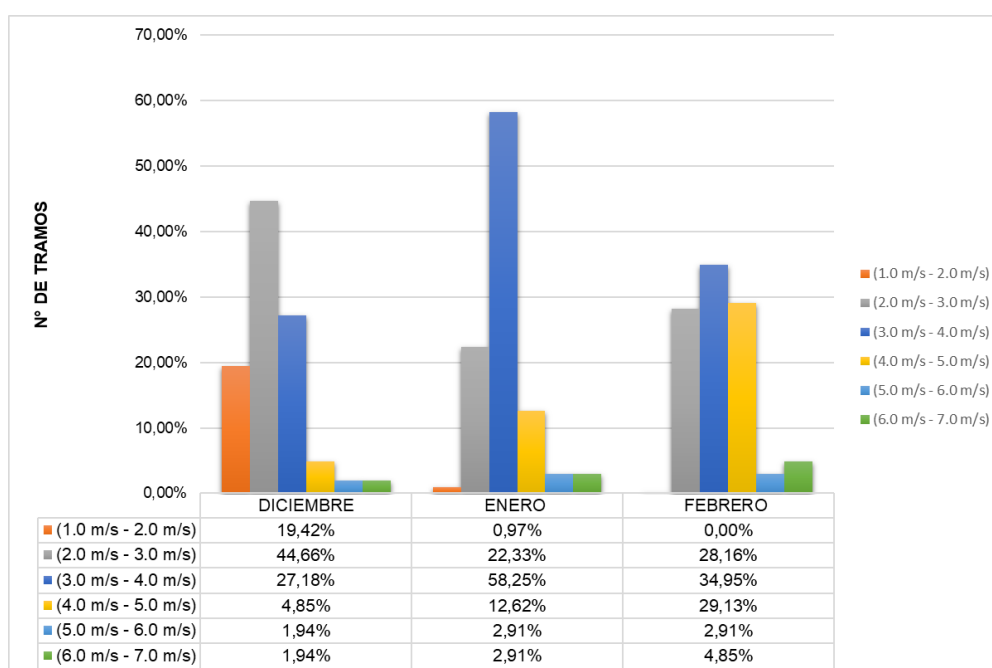
Fuente: Elaboración propia



En la *Tabla 14* se tienen los resultados del parámetro de velocidad según número de tramos para los meses de verano, donde se observa que Diciembre cuenta con 99 tramos con velocidades menores a 5m/s, seguido de Enero con 97 tramos y Febrero con 95 tramos respectivamente. Siendo Febrero con 08 tramos es el mes más crítico superando la velocidad de 5m/s y Diciembre el mes menos crítico con 04 tramos operando a velocidades mayores de 5.00 m/s.

### Figura 23

*Distribución porcentual de tramos según rangos de velocidad en la temporada de verano.*



Fuente: Elaboración propia

De la *Figura 23* se presentan los resultados en Distribución porcentual de los tramos analizados durante los meses de la temporada de verano, donde Febrero es el mes más crítico con un 7.76% del total equivalente a 08 tramos con velocidades superiores a 5.00 m/s, Diciembre es el mes con menos tramos ya que tiene un 2.13% equivalente a 04 tramos que operan superando la velocidad máxima de 5.00 m/s que señala el Reglamento Nacional de edificaciones para Redes de alcantarillado, estos tramos son críticos y tienden a ocurrir incidencias además dificulta la operación y el mantenimiento.

## b. Resultados de la velocidad en la época de invierno

**Tabla 15**

Resultados de la velocidad en rangos según número de tramos en la temporada de invierno del Colector Cerro Candela.

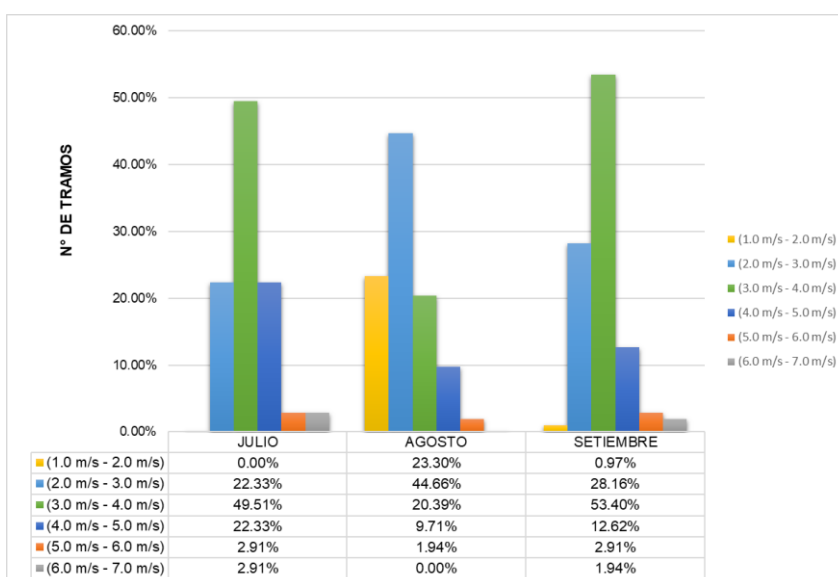
VELOCIDAD	N° TRAMOS		
	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
(1.0 m/s - 2.0 m/s)	0.00	24.00	1.00
(2.0 m/s - 3.0 m/s)	23.00	46.00	29.00
(3.0 m/s - 4.0 m/s)	51.00	21.00	55.00
(4.0 m/s - 5.0 m/s)	23.00	10.00	13.00
(5.0 m/s - 6.0 m/s)	3.00	2.00	3.00
(6.0 m/s - 7.0 m/s)	3.00	0.00	2.00
<b>Total:</b>	<b>103.00</b>	<b>103.00</b>	<b>103.00</b>

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 15* se tienen los resultados del parámetro de velocidad según número de tramos para los meses de invierno, donde se observa que Agosto cuenta con 101 tramos con velocidades menores a 5m/s, seguido de Setiembre con 98 tramos y Julio con 97 tramos respectivamente, estos no se verán afectados por las velocidades altas durante el funcionamiento del Colector. Por otro lado, el mes de Julio con 06 tramos es el mes más crítico superando la velocidad de 5m/s y Agosto el mes menos crítico con 02 tramos operando a velocidades mayores de 5.00 m/s.

**Figura 24**

Distribución del número de tramos según rangos de velocidad en la temporada de invierno del Colector Cerro Candela.



Fuente: Elaboración propia

En el *Figura 25* se presentan los resultados de los tramos analizados durante los meses de la temporada de invierno, siendo Julio el mes crítico ya presenta un 5.82% del total equivalente a 06 tramos que superan el valor máximo de la velocidad de 5.00 m/s, Agosto es el mes que tiene menos tramos ya que tiene 1.94% equivalente a 04 tramos que operan superando la velocidad máxima de 5.00 m/s que señala el Reglamento Nacional de edificaciones para Redes de alcantarillado, estos tramos son críticos y tienden a ocurrir incidencias además dificulta la operación y el mantenimiento.

#### 4.1.3. Resultados de resalto hidráulico

- a. Resalto hidráulico en la época de verano

**Tabla 16**

*Resultados del Resalto hidráulico en rangos según el número de Froude para los tramos en la temporada de verano del Colector Cerro Candela*

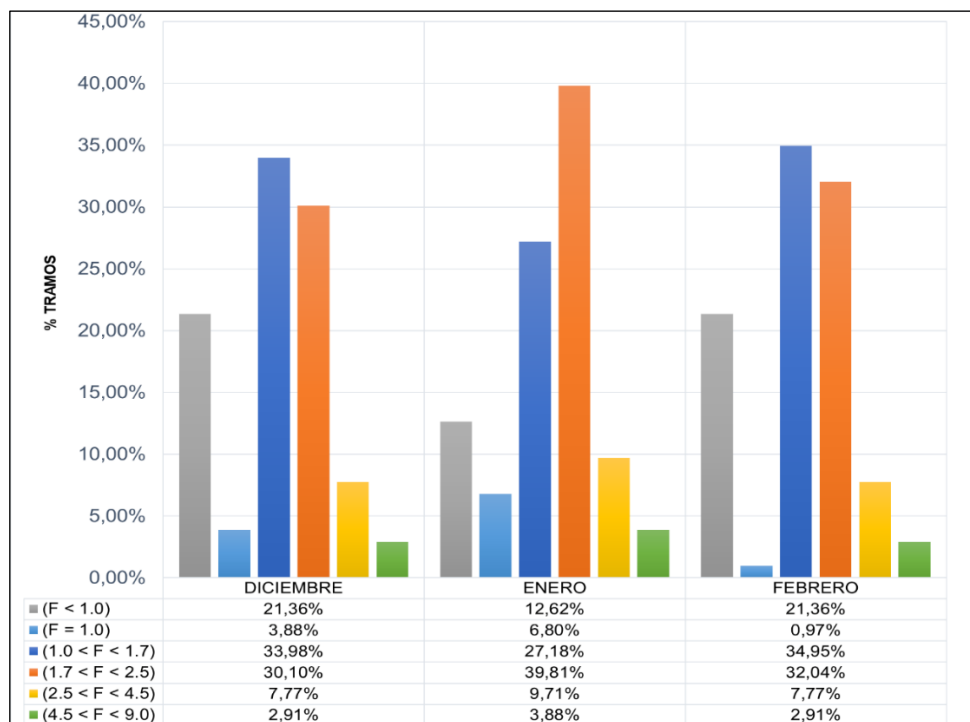
RESALTO HIDRAULICO	N° DE TRAMOS		
	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
(F < 1.0)	22.00	13.00	22.00
(F = 1.0)	4.00	7.00	1.00
(1.0 < F < 1.7)	35.00	28.00	36.00
(1.7 < F < 2.5)	31.00	41.00	33.00
(2.5 < F < 4.5)	8.00	10.00	8.00
(4.5 < F < 9.0)	3.00	4.00	3.00
<b>Total:</b>	103.00	103.00	103.00

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 16 se presentan los Resultados del Resalto hidráulico en rangos según el número de Froude para los meses de la temporada de verano del Colector Cerro Candela. El mes de diciembre presenta 3 tramos con un numero de Froude de 4.5 a 9.0 considerándose un resalto estable, el mayor numero de tramos (35 tramos) presentan un numero de Froude de 1.0 a 1.7 considerándose un resalto débil. Para el mes de enero 4 tramos se consideran como resalto estable y 41 tramos como resalto oscilante y finalmente para el mes de febrero se tiene 3 tramos con resalto estable y 36 tramos con resalto débil, lo que quiere decir es que, en los meses de verano se presenta un menor número de tramos que tienen resalto hidráulico estable y esto indica que el colector opera dentro del rango aceptable, pero con tendencia a que estos tramos presenten algún tipo de incidencia.

**Figura 25**

Distribución del tipo de Resalto hidráulico según número de tramos para la temporada de verano en el Colector Cerro Candela.



Fuente: Elaboración Propia

En la *Figura 25* se observa que predomina el tipo de Resalto hidráulico débil representando con un número de Froude entre de  $1.70 < Fr < 2.50$ , se caracteriza por presentar una serie de remolinos sobre la superficie de resalto, pero la superficie aguas abajo permanece uniforme; además se evidencia un promedio de 08 tramos (7.77%) tienen un tipo resalto hidráulico oscilante el cual presenta ondulaciones en su trayectoria; de igual manera se presentan en promedio 23 tramos con el número de Froude menor igual a 1.00, estos no son denominados resaltos sino están dentro del tipo de flujo crítico, además se tiene un 3.00% de tramos con número de Froude mayor a 4.50 que son un tipo resalto estable, menos sensibles a la variación de la profundidad aguas abajo y su comportamiento es el mejor donde la disipación de energía varía de 45% a 70%.

## b. Resalto hidráulico en la época de invierno

**Tabla 17**

Resultados del Resalto hidráulico en rangos según el número de Froude para los tramos en la temporada de invierno del Colector Cerro Candela

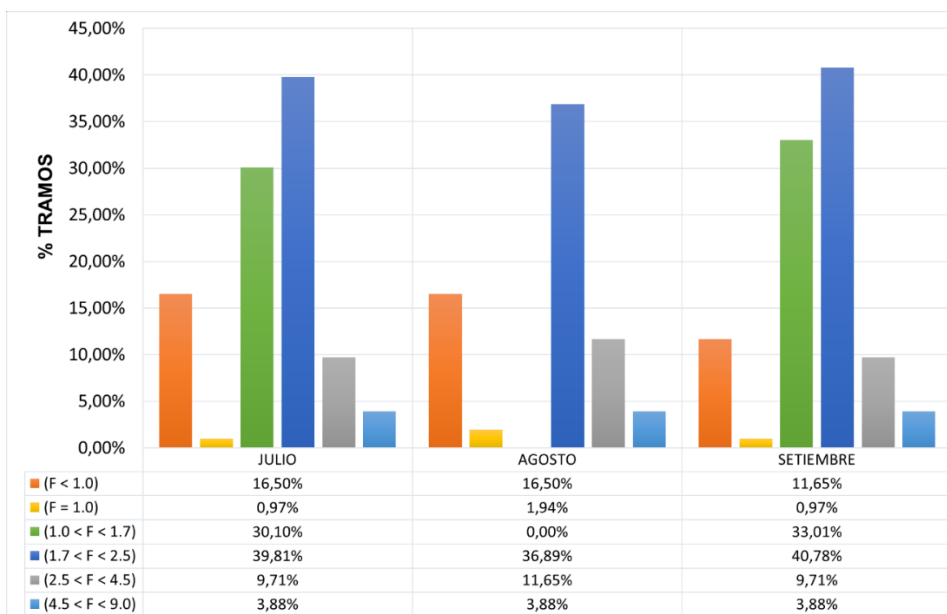
RESALTO HIDRAULICO	N° DE TRAMOS		
	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
( $F < 1.0$ )	17.00	17.00	12.00
( $F = 1.0$ )	1.00	1.00	1.00
( $1.0 < F < 1.7$ )	31.00	31.00	34.00
( $1.7 < F < 2.5$ )	41.00	41.00	42.00
( $2.5 < F < 4.5$ )	9.00	9.00	10.00
( $4.5 < F < 9.0$ )	4.00	4.00	4.00
<b>Total:</b>	<b>103.00</b>	<b>103.00</b>	<b>103.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 17 se presentan los Resultados del Resalto hidráulico en rangos según el número de Froude para los meses de la temporada de invierno del Colector Cerro Candela, donde se observa que la mayoría de tramos ( $1 \leq F < 2.5$ ) presentan un resalto ondulante y débil, dejando solo 4 tramos con resalto estable.

**Figura 26**

Distribución porcentual del tipo de Resalto hidráulico según número de tramos para la temporada de Invierno del Colector Cerro Candela



Fuente: Elaboración Propia

En la *Figura 26* se observa que predomina tipo de Resalto débil están dentro del rango de  $1.70 < Fr < 2.50$ , este presenta una serie de remolinos sobre la superficie de resalto, pero la superficie del aguas abajo permanece uniforme; además se

evidencia un promedio de 09 tramos que presentan un tipo resalto hidráulico oscilante el cual presenta ondulaciones en su trayectoria, de igual manera se presentan en promedio 16 tramos con el número de Froude menor igual a 1.00 que no son denominados como resaltos sino están dentro del tipo de flujo crítico, este dato es menor en comparación a la temporada de verano; así mismo se evidencia que hay 04 tramos en promedio con numero de Froude mayor a 4.50 son un tipo resalto estable, menos sensibles a la variación de la profundidad aguas abajo y su comportamiento es el mejor donde la disipación de energía varia de 45% a 70%, siendo este un resultado similar a la temporada de verano, por ende no se observa variación.

#### 4.1.4. Resultados de Capacidad Hidráulica en la temporada de verano e invierno

##### a. Mes de diciembre

**Tabla 18**

*Resultados de la capacidad hidráulica analizada para la temporada de verano e Invierno en el Colector cerro candela*

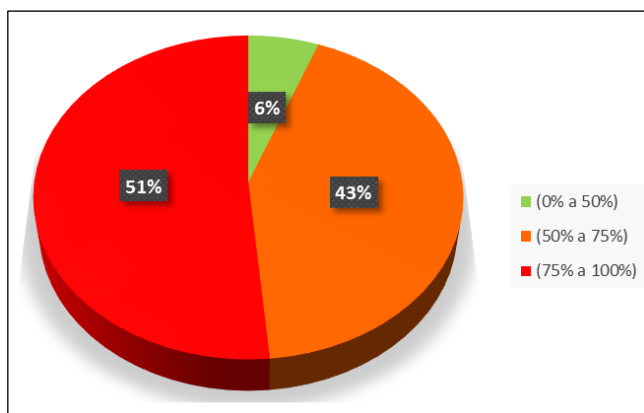
N° DE TRAMOS	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
(0% a 50%)	6.00	1.00	1.00	13.00	17.00	30.00
(50% a 75%)	44.00	46.00	44.00	61.00	65.00	60.00
(75% a 100%)	53.00	56.00	58.00	29.00	21.00	13.00
<b>Total:</b>	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se presentan los Resultados de la capacidad hidráulica para la temporada de verano e invierno, donde en los meses de diciembre, enero y febrero se cuenta con 53, 56 y 58 tramos que superan el 75% respectivamente y en los meses de julio, agosto y setiembre se cuenta con 29, 21 y 13 tramos que superan el 75% de la capacidad hidráulica respectivamente. Dichos tramos se les considera críticos ya que sobrepasan la capacidad hidráulica establecida en el RNE y presentan tendencia a que ocurran más incidencias en los meses de verano.

**Figura 27**

Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Diciembre en porcentajes



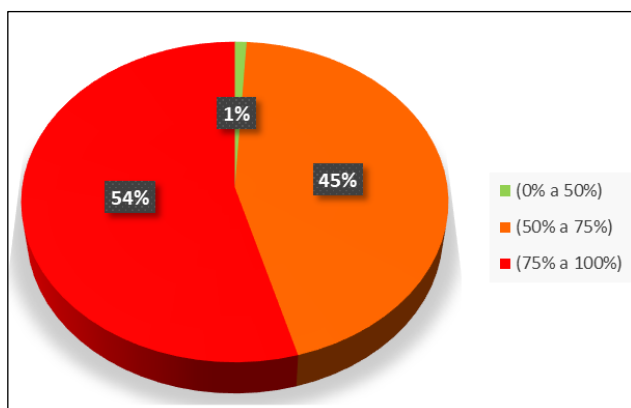
Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que en el mes de diciembre se tiene 51% de tramos que superan el valor máximo 75% de la capacidad hidráulica en redes de alcantarillado, mientras que solo el 6% equivalente a 6 tramos trabajan a menos del 50% de la capacidad hidráulica y con 43% los tramos que se encuentran dentro del rango entre el 50% a 75% de la capacidad hidráulica. Por lo tanto, podemos inferir que en el mes de diciembre la mayoría de los tramos se encuentran trabajando al límite de su capacidad por lo que se presentan mayor cantidad de incidencias.

b. Mes de Enero

**Figura 28**

Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Enero en porcentajes



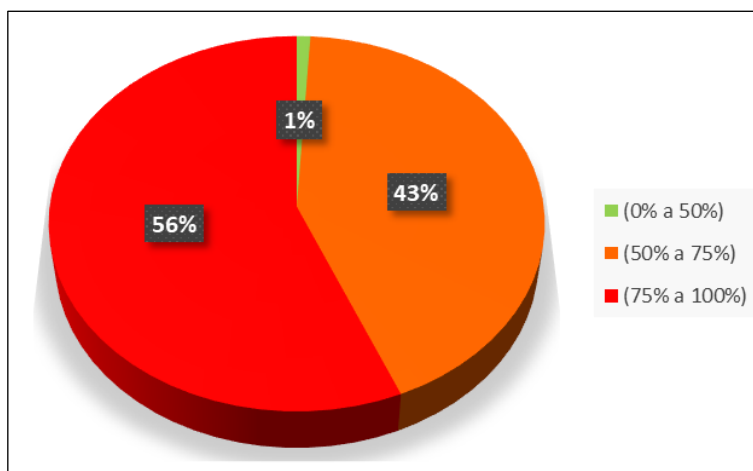
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28 se presentan los resultados del mes de enero, donde se evidencia que el 54% de tramos que superan el valor máximo de la capacidad hidráulica en redes de alcantarillado, mientras que solo el 1% equivalente a 2 tramos trabajan a menos del 50% de la capacidad hidráulica y el 45% los tramos se encuentran dentro del rango del 50% al 75% de la capacidad hidráulica. Por lo tanto, podemos inferir que en el mes de enero la mayoría de los tramos se encuentran trabajando al límite de su capacidad por lo que se presentan problemas de represamientos en buzones.

c. Mes de Febrero

**Figura 29**

*Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Febrero en porcentajes*



Fuente: Elaboración propia

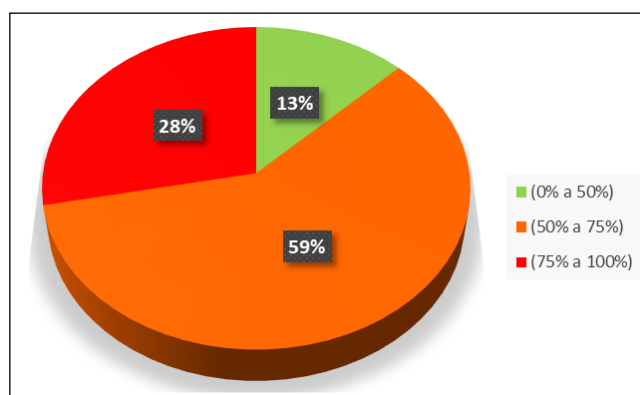
De la Figura 29, febrero es el mes más crítico de la temporada de verano, donde se tiene el 56% de tramos que superan el valor máximo de 75% de capacidad hidráulica, mientras que solo el 1% equivalente a 1 tramo trabajan a menos del 50% de la capacidad hidráulica y con 43% equivalente a 44 tramos se encuentran dentro del rango del 50% a 75% de la capacidad hidráulica.



## d. Mes de Julio

**Figura 30**

Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Julio en porcentajes



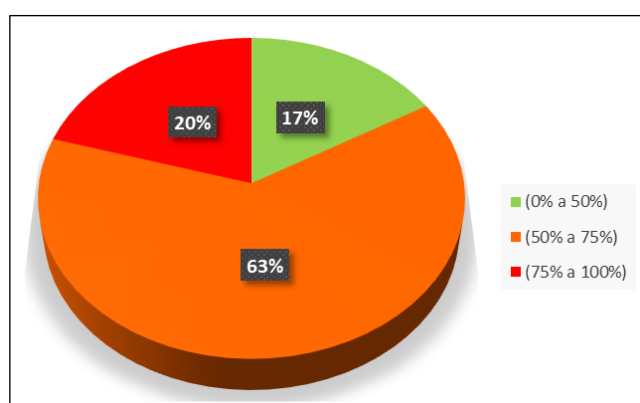
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 30, se observa que en el mes de Julio se tiene un 59% de los tramos del Colector Cerro Candela que se encuentran dentro del rango de 50% a 75% de la capacidad hidráulica en redes de alcantarillado, siendo solo el 28% de tramos que superan el valor máximo, mientras que el 13% equivalente a 13 tramos trabajan a menos del 50% de su capacidad hidráulica.

## e. Mes de Agosto

**Figura 31**

Capacidad hidráulico del Colector Cerro Candela en el Mes de Agosto en porcentajes



Fuente: Elaboración propia

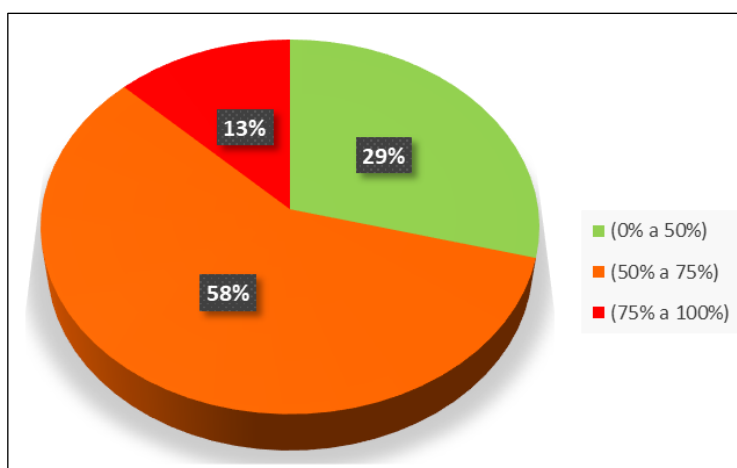
En la Figura 31, se evidencia que para el mes de agosto donde el 63% de tramos del Colector Cerro Candela se encuentran dentro del rango del 50% a 75% de la

capacidad hidráulica de la red de alcantarillado, mientras que el 20% equivalente a 17 tramos trabajan a menos del 50% de su capacidad hidráulica y solo el 17% supera la capacidad máxima hidráulica.

f. Mes de Septiembre

**Figura 32**

*Capacidad hidráulica por rangos del Colector Cerro Candela en el Mes de Setiembre en porcentajes*



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico anterior se observa para el mes de Setiembre un 29% de tramos trabajan a menos del 50% de su capacidad hidráulica siendo este el mes en el que se tiene el valor más alto para este rango durante la temporada de invierno, y el 58% se encuentran dentro del rango del 50% al 75% de la capacidad hidráulica de la red de alcantarillado, mientras que el 13% de tramos equivalente a 13 tramos superan la máxima capacidad hidráulica.

#### 4.1.5. Resultados de incidencias en colectores primarios

**Tabla 19**

*Resultados de Incidencias para los tramos en la temporada de verano e invierno del Colector Cerro Candela.*

N° Tramos / MES	Verificación de los colectores que superan la capacidad hidráulica	Limpieza de colectores primarios	Ejecutar piques y/o desatoros	Atoros en Colectores primarios	Atención de aniegos por atoro
DICIEMBRE	11,00	5,00	4,00	3,00	2,00
ENERO	12,00	6,00	5,00	4,00	1,00
FEBRERO	15,00	4,00	7,00	5,00	2,00
JULIO	4,00	5,00	3,00	4,00	0,00
AGOSTO	5,00	6,00	2,00	6,00	0,00
SETIEMBRE	6,00	5,00	1,00	3,00	1,00

Fuente: Elaboración Propia

En la *Tabla 19*, se tienen las incidencias atendidas por el Equipo de Recolección Primaria durante el año 2022 en el Colector Cerro Candela, dentro de las incidencias que más se dan durante la temporada de verano son de atención de atoros de colectores primario y aniegos por atoros en colectores, el cual es inversamente proporcional para la temporada de invierno donde hay menor cantidad de incidencias.

#### 4.2. Resultados para el nivel Correlacional

Para determinar el método estadístico a emplear es necesario realizar una prueba de normalidad de datos, a las variables de la investigación en este caso se está empleando las variables de Caudal promedio por cada mes, así mismo el número de incidencias según tramos por cada mes de las temporadas de verano e invierno.

##### 4.2.1. Formulación para la Prueba de Normalidad

- $H_0$ : Los datos de las variables de la investigación tienen una distribución normal de datos.
- $H_a$ : Los datos de las variables de investigación no tienen una distribución normal de datos.

#### 4.2.2. Nivel de Significancia

- Nivel de Confianza: 95%
- Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 5% = 0.05

#### 4.2.3. Prueba Estadística

**Tabla 20**  
**Prueba de Shapiro Wilk**

	Estadístico	gl	p
Incidencias	0,91	6,00	0,41
Caudal	0,93	6,00	0,60

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4. Criterio de Decisión

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$

#### 4.2.5. Decisión

p-valor	>	nivel de significancia
0.41	>	0.05
0.60	>	0.05

Por lo tanto, el Valor P es mayor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula.

#### 4.2.6. Conclusión e Interpretación

Se tiene evidencia suficiente para confirmar con un nivel de confianza del 95% que los datos de los caudal promedio en las temporadas de verano e invierno presentan una distribución normal, de igual forma se puede confirmar a un nivel de confianza del 95% que los datos de incidencias promedio tienen una distribución normal, ya que el p-valor es mayor a 0,05; por lo tanto para ambos casos se aplicará la Estadística Paramétrica para datos Cuantitativos, siendo optimo utilizar la Prueba de Correlación de Pearson.

#### 4.3. Contrastación de la hipótesis específica N°01

Analizar la influencia del parámetro de caudal en el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

##### 4.3.1. Formulación de la Hipótesis para la Prueba de Correlación de Pearson

- $H_0$ : No existe correlación entre el parámetro de caudal del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante las temporadas de verano e invierno.
- $H_a$ : Existe correlación entre el parámetro de caudal del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante las temporadas de verano e invierno.
- Nivel de Confianza: 95%
- Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 5% = 0.05

##### Prueba de Pearson

Se cuenta con las muestras de los datos de caudales promedio e Incidencias totales según número de tramos que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

##### Prueba estadística

**Tabla 21**

*Prueba de Correlación de Pearson Caudal - Incidencias*

	$\rho$	p	N
Caudal - Incidencias	0.878	0.021	6

Fuente: Elaboración propia

##### Criterio de Decisión

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$

##### Decisión

p-valor	<	nivel de significancia
0.021	<	0.05

Por lo tanto, el Valor P es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa.

#### ✚ **Conclusión e interpretación**

Se tiene evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, lo que quiere decir que existe una correlación muy alta o directa ( $\rho=0.878$ ), es decir en los meses donde se presentan mayor caudal, se da mayor número de incidencias en el colector “Cerro Candela”.

#### 4.3.2. Prueba de Correlación de Pearson para el caudal con la Capacidad hidráulica

Se cuenta con las muestras de los datos de caudales promedio y los datos del número de tramos que superan el 75% de la capacidad hidráulica que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

#### ✚ **Prueba estadística**

##### **Tabla**

22

##### **Prueba de Correlación de Pearson Caudal – Capacidad hidráulica**

	$\rho$	p	N
Caudal – Capacidad hidráulica	0.826	0.043	6

Fuente: Elaboración propia

#### ✚ **Criterio de Decisión**

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$

#### ✚ **Decisión**

p-valor	<	nivel de significancia
0.043	<	0.05

Por lo tanto, el Valor P es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa.

#### ✚ **Conclusión e interpretación**

Se tiene evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, lo que quiere decir que existe una relación alta ( $\rho=0.826$ ), es decir en los meses donde se presentan mayor caudal,

se da mayor número de tramos que superan el 75% de su capacidad hidráulica en el colector “Cerro Candela”.

#### 4.4. Contrastación de la hipótesis específica N°02

Analizar la influencia del parámetro de velocidad en el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

##### 4.4.1. Formulación de la Hipótesis para la Prueba de Correlación de Pearson

- $H_0$ : No existe correlación entre la velocidad parámetro del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante las temporadas de verano e invierno.
- $H_a$ : Existe correlación entre el parámetro de velocidad del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del colector “Cerro Candela” durante las temporadas de verano e invierno.
- Nivel de Confianza: 95%
- Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 5% = 0.05

##### 4.4.2. Prueba de Correlación de Pearson para la velocidad con las incidencias

Se cuenta con las muestras de los datos de velocidad que superan el máximo que es de 5.00 m/s e Incidencias totales según número de tramos que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

##### Prueba estadística

**Tabla 23**  
**Prueba de Correlación de Pearson Velocidad - Incidencias**

	$\rho$	p	N
Velocidad - Incidencias	0.537	0.012	6

Fuente: Elaboración propia

##### Criterio de Decisión

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$ .
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$ .

#### ✚ Decisión

p-valor	<	nivel de significancia
0.012	<	0.05

Por lo tanto, el Valor P es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa.

#### ✚ Conclusión e interpretación

Se tiene evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, es decir existe una correlación media ( $\rho=0.537$ ), es decir en los meses donde se presentan mayor número de tramos con velocidades que superan los 5.00 m/s, se da una cantidad considerables de incidencias en el colector “Cerro Candela”.

#### 4.4.3. Prueba de Correlación de Pearson para la velocidad con la capacidad hidráulica

Se cuenta con las muestras de los datos de velocidad que superan el máximo que es de 5.00 m/s y los datos del número de tramos que superan el 75% de la capacidad hidráulica que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

#### ✚ Prueba de Pearson

Se cuenta con las muestras de los datos de caudales promedio e Incidencias totales según número de tramos que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

#### ✚ Prueba estadística

**Tabla 24**

*Prueba de Correlación de Pearson Velocidad – Capacidad hidráulica*

	$\rho$	p	N
Velocidad – Capacidad hidráulica	0.240	0.03	6

Fuente: Elaboración propia



#### ✚ Criterio de Decisión

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$

#### ✚ Decisión

p-valor	<	nivel de significancia
0.03	<	0.05

Por lo tanto, el Valor P es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

#### ✚ Conclusión e interpretación

Se tiene evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, lo que quiere decir que hay una relación baja ( $\rho=0.240$ ) entre el número de tramos que superan la velocidad máxima de 5.00 m/s y el número de tramos que superan la capacidad hidráulica del 75% en el colector "Cerro Candela".

### 4.5. Contrastación de la hipótesis específica N°03

Analizar la influencia del parámetro de Resalto hidráulico en el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante el periodo de verano e invierno del año 2022, Lima.

#### 4.5.1. Formulación de la Hipótesis para la Prueba de Correlación de Pearson

- $H_0$ : No existe correlación entre el parámetro de resalto hidráulico del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante las temporadas de verano e invierno.
- $H_a$ : Existe correlación entre el parámetro de resalto hidráulico del comportamiento hidráulico y el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante las temporadas de verano e invierno.
- Nivel de Confianza: 95%
- Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 5% = 0.05

#### 4.5.2. Prueba de Correlación de Pearson para el resalto hidráulico con las incidencias

Se cuenta con las muestras de los datos de Resalto hidráulico que se encuentra dentro del rango ( $2.5 < F < 9.00$ ) e Incidencias totales según número de tramos que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

✚ Prueba estadística

**Tabla 25**  
**Prueba de Correlación de Pearson Resalto hidráulico - Incidencias**

	$\rho$	p	N
Resalto hidráulico - Incidencias	0.652	0.012	6

Fuente: Elaboración propia

✚ Criterio de Decisión

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$ .
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$ .

✚ Decisión

p-valor	<	nivel de significancia
0.012	<	0.05

- Por lo tanto, el Valor P es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

✚ Conclusión e interpretación

Se tiene evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, por tanto, existe una relación directa ( $\rho=0.652$ ), es decir que en los meses donde se presentan mayor número de tramos con Resalto hidráulico en el rango de ( $4.5 < F < 9.00$ ), se da una cantidad mayor de numero de incidencias en el colector "Cerro Candela".

#### 4.5.3. Prueba de Correlación de Pearson para la velocidad con la capacidad hidráulica

Se cuenta con las muestras de los datos de Resalto hidráulico que se encuentra dentro del rango ( $4.5 < F < 9.00$ ) y los datos del número de tramos que superan el 75% de la capacidad hidráulica que hacen referencia a las variables independientes y dependientes.

##### Prueba estadística

**Tabla 26**

**Prueba de Correlación de Pearson Resalto hidráulico – Capacidad hidráulica**

	$\rho$	p	N
Resalto hidráulico – Capacidad hidráulica	0.779	0.04	6

Fuente: Elaboración propia

##### Criterio de Decisión

- Si  $p < 0,05$  rechazamos la  $H_0$ , aceptamos la  $H_a$ .
- Si  $p \geq 0,05$  rechazamos la  $H_a$ , aceptamos la  $H_0$ .

##### Decisión

p-valor	<	nivel de significancia
0.04	<	0.05

- Por lo tanto, el Valor P es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

##### Conclusión e interpretación

Se tiene evidencia suficiente con un nivel de confianza del 95% para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, lo que quiere decir que existe una relación alta ( $\rho=0.779$ ) entre el número de tramos que están dentro del rango ( $4.5 < F < 9.00$ ) y el número de tramos que superan la capacidad hidráulica del 75% en el colector “Cerro Candela”.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación se analizó la variación del comportamiento hidráulico en el colector de alcantarillado “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, donde se obtuvo el resultado estadístico de la prueba de Correlación de Pearson indicando a un nivel de confianza del 95% que los datos de los parámetros hidráulicos (caudal, velocidad, resalto hidráulico) son diferentes en las temporadas de verano como en invierno, es decir que presentan variación entre las medianas, por lo tanto, se puede realizar el análisis del comportamiento hidráulico para cada una de las variables dependientes generando resultados diferentes que influyen en el funcionamiento del colector en estudio; de forma similar en la investigación de Valderrama (2021) se pudo contrastar con una probabilidad de error del 0.05% que existe diferencias en el comportamiento hidráulico y operacional del sistema de alcantarillado sanitario en temporadas de estiaje y de lluvias en la ciudad de Abancay. Estos resultados nos indican que los parámetros del comportamiento hidráulico según el modelo realizado que incluyen los parámetros físicos de campo (diámetro, longitud, cotas), y los parámetros hidráulicos reales (coeficiente de rugosidad de maning), han sido elaborados a partir de los aforos que están en base a los consumos (domestico, industrial, comercial) que dependen del tiempo de monitoreo como es el caso de la estación de invierno y el verano.

Respecto al análisis de la influencia de los parámetros hidráulicos como el caudal sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela” en el periodo de verano e invierno, se obtuvo un nivel de correlación de 0.878 para el caudal promedio con el número de incidencias lo que indica que existe una relación alta, es decir a mayor caudal mayor es el número de incidencias, por ende se refiere a una relación directamente proporcional entre la variación de caudal durante las temporadas de verano e invierno y las incidencias del colector “Cerro candela”; para el análisis del parámetro de caudal con la capacidad hidráulica se obtuvo un nivel de correlación de 0.826 que indica una relación alta; en efecto el caudal promedio tiene una alta influencia sobre el número de tramos que superan la

capacidad hidráulica del 75% del Colector “Cerro Candela”, de los resultados de verano, siendo el mes de febrero tiene más tramos que superaron su capacidad hidráulica, por otro lado, en invierno el mes menos crítico fue agosto, con solo 3 tramos operando al 75% - 100% de su capacidad, estos resultados son similares a la investigación de Anaya (2016) que indica que en el colector Puente Piedra se evidencia que los resultados de los aforos realizados muestran los caudales guardan relación con la capacidad hidráulica (relación tirante/diámetro), se infiere que al observarse valores atípicos del caudal indican alguna incidencia o problema dentro del funcionamiento del colector de alcantarillado.

Además, como se menciona en la investigación de Soto (2015) el caudal promedio en el periodo de verano indica la influencia de la población de diseño y el diametro de la red en problemas de sobrecarga de llegada a la planta de tratamiento por lo tanto sus plantas trabajan a mas del 90% de su capacidad, esto guarda relación con la presente investigación ya que en el periodo de verano se tiene mayor numero de tramos que superan el 75% de su capacidad hidraulica que indica la norma OS.070, se puede inferir que los caudales están relacionados a la capacidad hidráulica de la Red de Alcantarillado y estos en su disposición final en las Planta de tratamiento de aguas residuales.

Respecto al objetivo del análisis de la influencia de los parámetros hidráulicos como la velocidad sobre el funcionamiento del colector “Cerro Candela” en el periodo de verano e invierno, se obtuvo un nivel de correlación de 0.537 para la velocidad critica con el número de incidencias, es decir que existe una relación media de la cantidad de tramos con velocidades que superan los 5.00 m/s y el número de incidencias del colector “Cerro candela”, para el análisis del parámetro de velocidad con la capacidad hidráulica se obtuvo un nivel de correlación de 0.240 que muestra una relación baja para el colector “Cerro Candela”; indicando que el parámetro de velocidad tiene una influencia baja sobre el comportamiento hidráulico del “Colector Cerro Candela”, por otro lado en el estudio de Valderrama (2021), señala que 28 tramos de tubería y 17 tramos de tubería en las temporadas de estiaje y de lluvia respectivamente no cumplen con la velocidad mínima

igual a 0.6 m/s, de igual manera 55 tramos de tubería y 47 tramos de tubería de las temporadas de estiaje y lluvia no cumplen con el esfuerzo cortante para la autolimpieza de tuberías; desde este punto de vista las velocidades bajas generan deposición de sedimentos y desechos dentro de las tuberías, por ello tienen una baja relación con las incidencias de atoros y aniegos en colectores.

Por lo que se refiere al análisis de la influencia del parámetro de resalto hidráulico en el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante el periodo de verano e invierno, tal como se muestra en la tabla 25 y 26, se obtuvo una relación directa 0.652 entre el parámetro de resalto hidráulico e incidencias, así mismo se tiene una correlación de 0.779 con el parámetro capacidad hidráulica donde indica que existe una relación alta del resalto hidráulico con los indicadores del funcionamiento del colector "Cerro Candela" lo que quiere decir que en medida se tenga más tramos con resalto hidráulico, el funcionamiento del colector no será óptimo y viceversa; tal como señala Anaya (2016) en su investigación también se evidencia la formación de resaltos hidráulicos en los tramos comprendidos entre los buzones Bz-57, Bz-58 y Bz-59, indica que estos tramos operan a una capacidad de conducción de agua residual de relación de tirante vs diámetro mayor al 75 %, de estos resultados se puede señalar que el resalto hidráulico es el número de Froude que toma valores entre 0.7 y 6.5 indicando que existen tramos con flujo supercrítico y llegando hasta un tipo de flujo hipercrítico las cuales generan resaltos hidráulicos estables y fuertes, donde se eleva la línea de gradiente hidráulica a niveles que superan la capacidad hidráulica (tirante/diámetro) del colector Cerro Candela siendo esto negativo para su operación y mantenimiento.

De igual forma Cusi (2019) en su investigación menciona que para velocidades mínimas o bajas el flujo tenderá a ser subcrítico, si se presenta un incremento del tirante de flujo en el área de la sección de la tubería, aumentará las velocidades, y si la velocidad disminuye se obtiene un Numero Froude menor a 1, ya que este depende de la velocidad, por otro lado si las velocidades aumentan el flujo tenderá a ser supercrítico, estos

resultados tienen relación con los parámetros hidráulicos analizados para el colector Cerro Candela durante el periodo de verano e invierno donde se observa una variación de velocidades durante todos los meses de aforo, siendo Febrero el mes con más tramos con velocidades mayores a 5.00 m/s y presentando 36 tramos con tipo de Resalto hidráulico débil con número de Froude de 1.00 a 1.7, y para el periodo de invierno Agosto es el mes que cuenta con mayor número de tramos con velocidades menores a 5.00 m/s siendo este 101 tramos y con 41 tramos con resalto débil, indicando que la velocidad aguas abajo en estos tramos es uniforme, por ello se resalta la importancia de las velocidades en la formación de resaltos hidráulicos y estos a su vez pueden afectar la Red de Alcantarillado.

Por último en el análisis de la capacidad hidráulica se obtuvo que en la temporada de invierno se presenta en mayor cantidad, tramos que se encuentran por debajo del 75% de la capacidad hidráulica, mientras que en la temporada de verano más de la mitad del total de tramos superan el valor máximo del 75% de la capacidad hidráulica en redes de alcantarillado, donde algunos tramos llegan al 100% de su capacidad, estos resultados se asemejan a la tesis de Valderrama (2021) indica que 22 tramos no cumplen con la capacidad de transporte al 75% en la temporada de estiaje y 50 tramos no cumplen en la época de lluvia; por ende este parámetro se encuentra relacionado al diámetro de los colectores, que si superan la capacidad máxima del transporte de agua residual los tramos de tuberías funcionarán a presión lo cual ocasionarían represamiento de buzones, desgaste por fricción en tuberías y posteriormente aumento de la tirante aguas arriba ocasionando aniegos en los buzones siendo un peligro social y ambiental.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- En conclusión del análisis del comportamiento hidráulico durante el periodo de verano e invierno del colector de alcantarillado “Cerro Candela”, año 2022, se obtuvo una correlación general de 0.826 con un valor P de 0.043 para el análisis de parámetros hidráulicos (caudal, velocidad, resalto hidráulico) respecto al funcionamiento del colector, donde el parámetro de caudal tiene una correlación alta (0.878) que indica una alta influencia sobre los indicadores de funcionamiento del colector (incidencias y capacidad hidráulica). Además, se evidenció variación de caudales entre las temporadas, siendo el verano la época de mayor incremento, donde la mayor parte de los tramos operan a presión durante las horas pico (9:00 – 15:00 hrs), exponiéndolos a diversos problemas como desgaste de tuberías, asentamiento de terrenos, colapso en techos de buzones, forados y aniegos. Por ello se resalta la importancia de la evaluación del comportamiento hidráulico especialmente durante la temporada de verano, con el fin de prevenir situaciones críticas y asegurar el óptimo funcionamiento del sistema de alcantarillado.
- Respecto al análisis de la influencia del caudal sobre el funcionamiento del colector de alcantarillado “Cerro Candela” durante el periodo de verano e invierno del año 2022, se demuestra que existe una correlación alta de 0.878 y un P valor de 0.021, por lo que podemos concluir que existe relación directa entre el parámetro de caudal (comportamiento hidráulico) y el número de incidencias y una correlación de 0.826 con la capacidad hidráulica (funcionamiento del colector), es decir que, cuando se incrementa el caudal en la temporada de verano se tiene mayor número de incidencias y aumento de tramos que superan la capacidad hidráulica por normativa alcanzando el 75% y hasta el 100% por lo que ocasiona que el funcionamiento del colector no sea óptimo en la temporada de verano maximizando un riesgo de desbordamiento de agua residual ante cualquier aumento del caudal y más aún en las horas punta.



- Del análisis de la influencia de la velocidad en el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante el periodo de verano e invierno del año 2022, se obtuvo una correlación de 0.240 y un valor P de 0.03, indicando una relación baja entre la velocidades de los tramos (mayor a 5.00 m/s) y el número de incidencias y una correlación de 0.537 con la capacidad hidráulica (funcionamiento del colector), infiriendo que existe una relación directa, siendo la velocidad un indicador de fallas estructurales podemos afirmar que si son velocidades altas se presentan erosiones y desgaste de los materiales en los tramos del colector, y si son velocidades bajas se pueden presentar problemas de sedimentación por lo que podemos concluir que el parámetro de la velocidad en el comportamiento hidráulico influye en el buen funcionamiento del colector en estudio.
- Por ultimo sobre la influencia del parámetro de resalto hidráulico en el funcionamiento del colector "Cerro Candela" durante el periodo de verano e invierno del año 2022, existe una correlación de 0.652, es decir es una relación directa del resalto hidráulico ( $4.5 < F < 9.0$ ) con las incidencias y una correlación de 0.779 con la capacidad hidráulica, lo que nos indica que este parámetro está relacionado a la línea de gradiente hidráulica y a los cambios de tipo de flujo, lo que indica que a mayor número de tramos que presenten resalto hidráulico, mayor será el número de incidencias y tramos que superen la capacidad hidráulica, por otro lado, a menor número de tramos con resalto hidráulico, menor será el número de incidencias y tramos que superen la capacidad hidráulica. Por lo tanto, se puede concluir que de presentarse el resalto hidráulico con ( $4.5 < F < 9.0$ ) en la mayoría de tramos, esto sería negativo para el funcionamiento ya que puede producir fallas estructurales, mayor liberación de gases, represamiento y aniegos en el colector "Cerro Candela".

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar campañas de aforo cada año al colector “Cerro candela”, al ser un colector existente y con la expansión urbana, requiere un monitoreo constante para prevenir futuros incidentes o problemas en el funcionamiento.
- Según la metodología de aforos y simulación del comportamiento hidráulico se recomienda realizar más campañas de aforo a otros colectores de alcantarillado, para evaluar los parámetros hidráulicos como el caudal, resaltos hidráulicos, velocidad y la influencia que tienen sobre el funcionamiento de este, así mismo abarcando la mayor cantidad de buzones aforados para que los datos recopilados sean confiables y se obtenga una muestra más representativa.
- Por último, este trabajo de investigación puede ser considerado como un antecedente para futuros proyectos de mejoramiento y/o ampliación del colector de alcantarillado “Cerro Candela”, en caso se requiera rehabilitar los tramos críticos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya, J. J. (2016). *Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado Pirmario del distrito de Puente Piedra, Carabaylo y San Martín de Porres*.
- Cedar Lake Ventures, I. (Octubre de 2023). *Weather Spark*. Clima en Lima: <https://es.weatherspark.com/y/20441/Clima-promedio-en-Lima-Perú-durante-todo-el-año#Figures-Temperature>
- Chow, V. t. (1994). *Hidrología aplicada*. Mc Graw Hill.
- CONAGUA. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Concepto. (03 de Febrero de 2023). *Enciclopedia concepto*. (E. Etecé, Editor) <https://concepto.de/comportamiento/>
- Cuella, L. (2012). *Diseño Optimizado de redes de drenaje urbano usando el concepto de potencia unitaria*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Cusi Huaman, R. (2019). *Comportamiento Hidraulico de Redes de Alcantarillado Sanitario por deformacion de tuberías, Distrito de Chilca, Region Junin*. Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil.
- Díaz Gomez, A., & Heredia Sepulveda, N. (2021). *Reconocimiento de los factores Influyentes en las fallas en el sistema de alcantarillado de Bogotá, Mediante el Análisis de la Inspección CCTV para zonas residenciales*. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.
- Díaz, S., & Gonzáles, J. (2022). *La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento*. Papper, Escuela Tecnica superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería civil y de la Edificación, Ciudad Real (España). <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/la.2022.17366>
- EPM. (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Publicas de Medellín*. Medellín, Colombia.

- Gamarra Quenaya, R. (2021). *Institución Educativa Primaria Y Secundaria Institución Educativa Primaria Y Secundaria*. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- García Ayala , J. (2021). *Análisis sobre la aplicación de las herramientas de resiliencia climática en los proyectos de agua y saneamiento en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado sanitario*. Posgrado, Universidad Mayor De San Simón, Facultad de Ciencias Sociales, Cochabamba – Bolivia. Retrieved 2023.
- Gil, J., Khan, L., & Hernández, R. (2002). *Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo*. Universidad de Oriente, Ingeniería Agrícola - Escuela de Ingeniería Agronómica. UDO Agricola. Retrieved 2023.
- Hager, H. (1999). *Hydraulic Jump In Circular Pipes*. ProQuest Science Journals.
- Hernández Sampieri , R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Quinta ed.). (S. D. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) MEXICO: McGrawHill. Retrieved 06 de 01 de 2022.
- Lara Mendoza, C. (2007). *Determinación del estado de redes de alcantarillado y su necesidad o no de ser sometidas a renovación/rehabilitación teniendo en cuenta su comportamiento hidráulico. caso ciudad de tunja*. Maestría, Universidad De Los Andes, Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Civil Y Ambiental.
- NASSCO. (2016). *National Association of Sewer Service Companies*. Programa de Certificación para la Evaluación de Tuberías PACP, MACP y LAC, (Vol. 7.0.4). (I. Edition, Ed.).
- Nogales, S., & Quispe. (2009). *Diseño Y Métodos Constructivos De Sistemas De Alcantarillado Y Evacuación De Aguas Residuales*. Ingeniería Sanitaria.
- Pérez, J. C. (16 de Marzo de 2017). Centro de Ciencias de la Tierra. *Dir. de Comunicación de la Ciencia, UV, Universidad Veracruzana* .

- Porta Rutte , Y. (2021). *Evaluación del alcantarillado sanitario del anexo ancalahuata para determinar su comportamiento en estado crítico*. Tesis, Universidad Peruana Los Andes , Facultad de Ingeniería, Huancayo – Peru. Retrieved 2021.
- RAS. (2000). *Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Pluviales*. Reglamento Técnico Del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico,.
- RNE. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones* (Decima ed.). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- SEDAPAL. (2010). *Comité Tecnico Permanente de Sedapal*. Lima - Perú. Retrieved 2023.
- SENAMHI. (2022). *Gobierno Peruano.PE*. Pronostico del tiempo: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?p=pronostico-detalle&dp=lima&localidad=0001>
- SIAPA. (2014). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades*. Sistema intermunicipal de los servicios de Agua .
- Soto Rodríguez, H. F. (2015). *Estudio de las variaciones del sobrecaudal de llegada a plantas de tratamiento de aguas servidas en VI –VII –VIII regiones*. Tesis, Universidad del Bio-Bio, Ingeniería Civil Y Ambiental, Concepción . Retrieved 2023.
- Valderrama Guisado, K. (2021). *Análisis comparativo del comportamiento hidráulico y operacional del sistema de alcantarillado sanitario en temporada de estiaje y de lluvias en la ciudad de Abancay, 2019*. Tesis de Grado, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería .
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Lima.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos

Formulario N°01: Prueba de Flujos en Aguas Residuales.

#### FORMULARIO N°01

COLECTOR: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DEL BUZON: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

COTA DE TAPA: \_\_\_\_\_

COTA DE FONDO: \_\_\_\_\_

DIÁMETRO DE TUBERIA "D": \_\_\_\_\_

MEDICION EN CAMPO:

Tiempo (min)	Velocidad (m/s)	Tirante (m)

OBSERVACIONES:

---

---

---

---

---

---

Formulario N° 02: Datos Generales de Puntos de Aforo

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO		PARÁMETROS CALCULADOS
N° _____		
Distrito:	ATE	S (%) =
Código de Buzón:	BZ - _____	e (rad) =
Nombre de Colector:	Cerro Candela	A (m <sup>2</sup> ) =
Ubicación:		P (m) =
<b>DATOS TOPOGRAFICOS</b>		Rh (A/P) =
h1=		Q=
h2=		n=
P1=		D (m)=
P2=		Q mính =
L (m)=		Q prom =
Material		Q máxh =
<b>VELOCIDADES</b> (Medición en campo)		V mín =
		V prom =
		V máx =
		y/D (%) mín =
		y/D (%) =
V prom. =		y/D (%) máx =

Formulario N° 03: Matriz de cálculo de Numero de Incidencias según número de tramos.

N° TRAMOS / MES	Evaluación de la capacidad de los colectores primarios	Limpieza de colectores primarios	Rehabilitación de colectores primarios	Ejecutar piques y/o desatoros	Atoros en Colectores primarios	Atención de aniegos por atoro
DICIEMBRE						
ENERO						
FEBRERO						
JULIO						
AGOSTO						
SETIEMBRE						
Total=						





## Anexo 2. Autorización de uso de Información

### AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo, Yuri Sánchez Merlo, identificado con DNI N° 20055620, en mi calidad del área de Jefe de equipo del área de Recolección Primaria de la empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL, con R.U.C N°20100152356, ubicada en la ciudad de Lima.

#### **OTORGO LA AUTORIZACIÓN,**

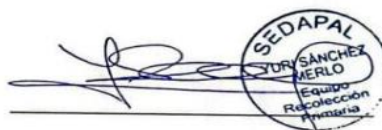
A la Sra. Palacios Gutierrez Milagros Elena, Identificado con DNI N° 75874291. Bachiller de la Escuela profesional Ingeniería Sanitaria, para que utilice la información de la empresa basada en sus análisis y/o estudios requeridos.

Con la finalidad de que pueda desarrollar su  Informe estadístico,  Trabajo de Investigación,  Tesis para optar el Título Profesional.

Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UNASAM.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

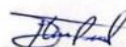
Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o  Mencionar el nombre de la empresa.



Firma y sello

DNI: 20055620

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Palacios Gutierrez Milagros Elena

DNI: 758874291

### Anexo 3. Informe de opinión de Juicio de expertos

#### INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

##### 1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO

1.1. **NOMBRES Y APELLIDOS:** KIKO FELIX DEPAZ CELI

1.2. **ACTIVIDAD LABORAL:** DOCENTE UNIVERSITARIO

1.3. **INSTITUCION DONDE LABORA:** UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

##### 2. EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

En el siguiente cuadro usted evalúa los instrumentos para poder validarlo:

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor marque con una X la respuesta entre las cinco opciones que se presentan, siendo.

- 1= Totalmente desacuerdo
- 2= En desacuerdo
- 3= Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo
- 4= De acuerdo
- 5= Totalmente de acuerdo.

N°	CRITERIOS EVALUATIVOS	ESCALA				
		1	2	3	4	5
01	CLARIDAD: está escrito en lenguaje científico de fácil comprensión y es apropiado al tipo de investigación que se pretende realizar.				X	
02	OBJETIVIDAD: esta expresado en forma de indicadores observables y medibles.				X	
03	ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
04	ORGANIZACIÓN: existe un orden lógico en la investigación.				X	
05	COHERENCIA ESTRUCTURAL: Los ítems corresponden al número de indicadores que se pretende medir.				X	
06	COHERENCIA SEMÁNTICA: los ítems se refieren a las incógnitas de problemas de investigación o al sentido de la investigación.				X	
07	CONSISTENCIA TEORICA: los ítems se sustentan en el marco teórico desarrollado en la investigación.				X	
08	METODOLOGIA: el instrumento planteado corresponde al tipo y diseño de investigación propuesto				X	
09	ESTRUCTURA FORMAL: El instrumento contiene todos los elementos estructurados básicos.				X	
10	ORIGINALIDAD: este instrumento es elaboración propia de lo contrario se menciona fuente.				X	
Puntaje Parcial					40	
Puntaje Total		40				

Nota: Índice de validación (Puntaje) = 40 Puntos.

Resultado (%):  $[Puntaje/50] \times 100 = (40/50) \times 100 = 80\%$

### 3. ESCALA DE VALIDACIÓN

(MARCAR CON "X" según el resultado obtenido en el ítem anterior)

Muy baja 0 – 19%	Baja 20 – 39%	Regular 40 – 59 %	Alto 60 – 79%	Muy alto 80-100%
El instrumento de investigación esta observado, requiere reajustes para su aplicación.			El instrumento de investigación puede ser aplicado, de ser necesario aplicar reajustes.	El instrumento de investigación esta apto para su aplicación.
Interpretación: El valor mas bajo o cero, indicará error en la validez y requerirá realizar nuevamente.				

### 4. CONSTANCIA DE JUICIO DE EXPERTO

El que suscribe, Dr. KIKO FELIX DEPAZ CELI, identificado con DNI N° 31663735  
Certifico que realice el juicio de experto del instrumento diseñado por la Tesista Milagros Elena Palacios Gutierrez, para su aplicación en la investigación "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO EN EL COLECTOR DE ALCANTARILLADO "CERRO CANDELA" DURANTE EL PERIODO DE VERANO E INVIERNO DEL AÑO 2022, LIMA".



Firma

Dr. KIKO FELIX  
DEPAZ CELI  
DNI: 31663735

## INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO

1.1. **NOMBRES Y APELLIDOS:** MARTIN MIGUEL HUAMAN CARRANZA

1.2. **ACTIVIDAD LABORAL:** DOCENTE UNIVERSITARIO

1.3. **INSTITUCION DONDE LABORA:** UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

### 2. EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

En el siguiente cuadro usted evalúa los instrumentos para poder validarlo:

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor marque con una X la respuesta entre las cinco opciones que se presentan, siendo.

1= Totalmente desacuerdo

2= En desacuerdo

3= Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo

4= De acuerdo

5= Totalmente de acuerdo.

N°	CRITERIOS EVALUATIVOS	ESCALA				
		1	2	3	4	5
01	CLARIDAD: está escrito en lenguaje científico de fácil comprensión y es apropiado al tipo de investigación que se pretende realizar.					X
02	OBJETIVIDAD: esta expresado en forma de indicadores observables y medibles.					X
03	ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
04	ORGANIZACIÓN: existe un orden lógico en la investigación.				X	
05	COHERENCIA ESTRUCTURAL: Los ítems corresponden al número de indicadores que se pretende medir.					X
06	COHERENCIA SEMÁNTICA: los ítems se refieren a las incógnitas de problemas de investigación o al sentido de la investigación.					X
07	CONSISTENCIA TEORICA: los ítems se sustentan en el marco teórico desarrollado en la investigación.				X	
08	METODOLOGIA: el instrumento planteado corresponde al tipo y diseño de investigación propuesto					X
09	ESTRUCTURA FORMAL: El instrumento contiene todos los elementos estructurados básicos.					X
10	ORIGINALIDAD: este instrumento es elaboración propia de lo contrario se menciona fuente.					X
Puntaje Parcial					8	40
Puntaje Total		48				

Nota: Índice de validación (Puntaje) = 48 Puntos.  
 Resultado (%):  $[Puntaje/50] \times 100 = (48/50) \times 100 = 96\%$

### 3. ESCALA DE VALIDACIÓN

(MARCAR CON "X" según el resultado obtenido en el ítem anterior)

Muy baja	Baja	Regular	Alto	Muy-alto
0 – 19%	20 – 39%	40 – 59 %	60 – 79%	80-100%
El instrumento de investigación esta observado, requiere reajustes para su aplicación.			El instrumento de investigación puede ser aplicado, de ser necesario aplicar reajustes.	El instrumento de investigación esta apto para su aplicación.
Interpretación: El valor más bajo o cero, indicará error en la validez y requerirá realizar nuevamente.				

### 4. CONSTANCIA DE JUICIO DE EXPERTO

El que suscribe, MSC. MARTIN MIGUEL HUAMAN CARRANZA, identificado con DNI N° 44779016

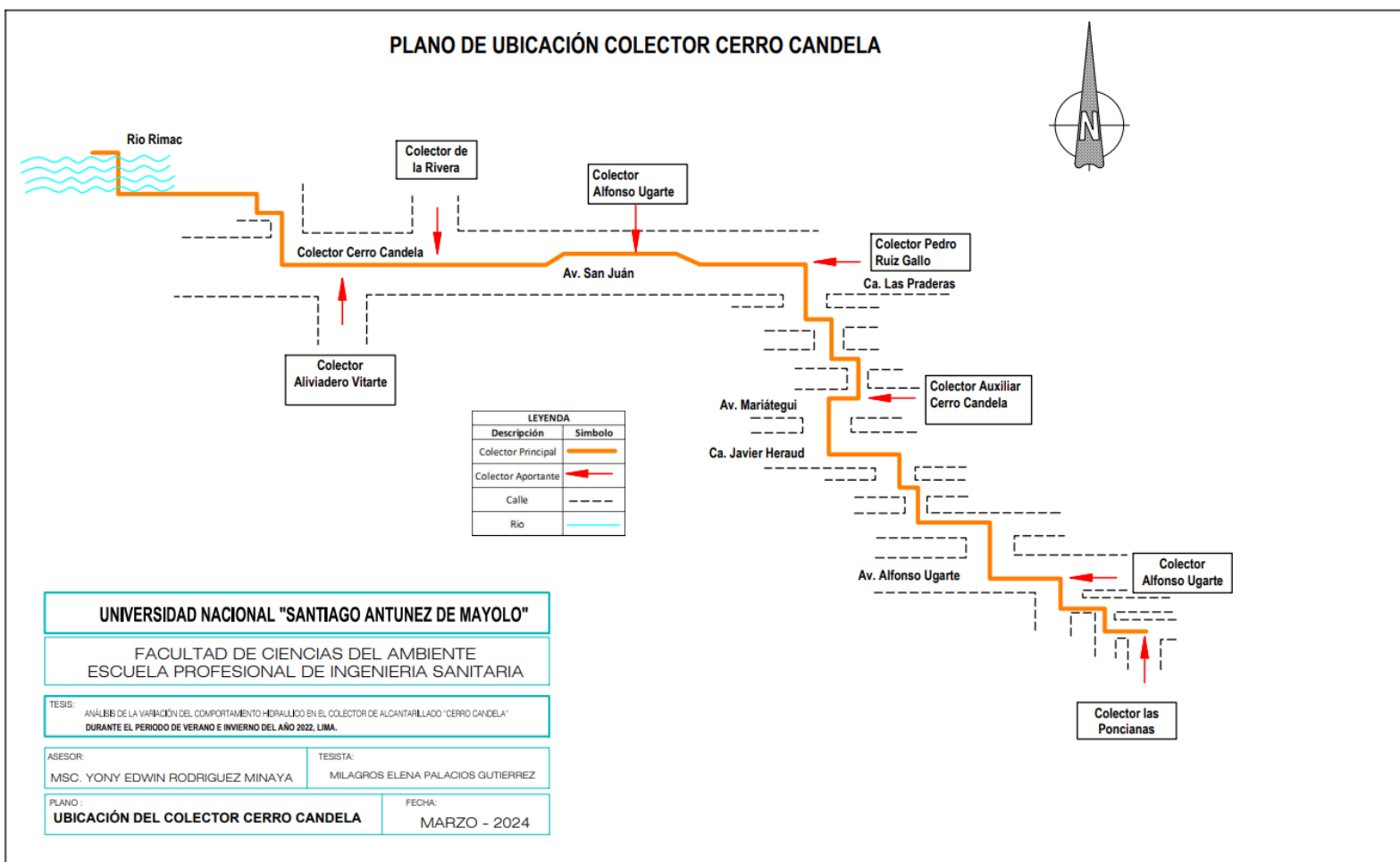
Certifico que realice el juicio de experto del instrumento diseñado por la Tesista Milagros Elena Palacios Gutierrez, para su aplicación en la investigación "ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO EN EL COLECTOR DE ALCANTARILLADO "CERRO CANDELA" DURANTE EL PERIODO DE VERANO E INVIERNO DEL AÑO 2022, LIMA".

  
  
 Martín Miguel Huamán Carranza  
 INGENIERO SANITARIO  
 CIP N° 137586

Firma

**MSc. MARTÍN MIGUEL  
 HUAMÁN CARRANZA**  
 DNI: 44779016

#### Anexo 4. Plano de ubicación del Colector “Cerro Candela”



## Anexo 5. Información Topológica del Colector Cerro Candela

Bz inicio	Bz final	Código de tubería	Diámetro (mm)	Cota inicio (m)	Cota Final (m)	Longitud (m)
BZ-195626	BZ-196690	CGD-335177	350	376.65	375.07	13.8
BZ-196311	BZ-196871	CGD-241169	600	349.37	348.38	7.7
BZ-197156	BZ-197155	CGD-237996	600	335.82	333.66	19.7
BZ-196690	BZ-304176	CGD-240727	350	375.07	370.92	75.8
BZ-173136	BZ-266019	CGD-343087	700	282.16	278.84	66
BZ-197158	BZ-197157	CGD-237994	600	337.72	337.14	14.4
BZ-273373	BZ-273378	CGD-142915	700	265.26	261.26	92.6
BZ-196712	BZ-196713	CGD-240762	450	354.02	353	37.5
BZ-196183	BZ-196311	CGD-241471	600	351.54	349.37	77.7
BZ-173137	BZ-173136	CGD-239773	700	284.94	282.16	92.9
BZ-196308	BZ-303709	CGD-342557	600	345.85	342.44	137.1
BZ-273377	BZ-273376	CGD-320002	700	273.89	270.84	114.5
BZ-303709	BZ-197161	CGD-237990	600	342.44	339.18	138.3
BZ-196709	BZ-196710	CGD-240764	450	355.34	354.66	32
BZ-196828	BZ-173463	CGD-342576	600	313.28	310.67	116.6
BZ-197154	BZ-197153	CGD-237998	600	332.62	330	118.9
BZ-173467	BZ-173475	CGD-238332	600	302.6	300.22	97.7
BZ-173463	BZ-173464	CGD-238329	600	310.67	308.45	104.9
BZ-196694	BZ-304169	CGD-240850	400	366.18	364.29	99.8
BZ-196871	BZ-196310	CGD-241170	600	348.38	347.29	52.5
BZ-173487	BZ-173488	CGD-238358	700	293.7	292.27	63
BZ-196943	BZ-304181	CGD-239551	600	318.03	315.67	119.1
BZ-197147	BZ-196943	CGD-239649	600	319.64	318.03	83
BZ-197151	BZ-303708	CGD-238000	600	326.88	324.69	114.9
BZ-173205	BZ-173139	CGD-239777	700	287.69	285.93	86.1
BZ-304181	BZ-196828	CGD-239552	600	315.67	313.28	132.7
BZ-273371	BZ-273377	CGD-142920	700	276.78	273.89	150.5
BZ-196881	BZ-196183	CGD-240822	450	352.53	351.54	42
BZ-197150	BZ-196737	CGD-238002	600	322.86	321.46	83.5
BZ-196309	BZ-196308	CGD-241171	600	346.69	345.85	50.7
BZ-196737	BZ-197149	CGD-239937	600	321.46	320.81	39.3
BZ-197153	BZ-197152	CGD-237999	600	330	328.02	123.3
BZ-266128	BZ-266129	CGD-141125	700	254.67	251.4	128.8
BZ-173464	BZ-173465	CGD-345914	600	308.45	306.52	131.7
BZ-173465	BZ-173466	CGD-238330	600	306.52	304.56	135.1
BZ-303708	BZ-197150	CGD-238001	600	324.69	322.86	126.7
BZ-266126	BZ-266127	CGD-141123	700	258.94	256.63	141
BZ-196698	BZ-196699	CGD-240845	450	362.91	360.44	101.9
BZ-273375	BZ-273370	CGD-142918	700	268.83	267.03	126.2
BZ-197157	BZ-197156	CGD-237995	600	337.14	335.82	105.3
BZ-173489	BZ-173487	CGD-238359	700	295.07	293.7	96.7
BZ-196699	BZ-196700	CGD-240776	450	360.44	359.22	53
BZ-173466	BZ-173467	CGD-238331	600	304.56	302.6	134.1
BZ-173476	BZ-173481	CGD-345915	600	298.8	297.1	148.3
BZ-197148	BZ-197147	CGD-348406	600	319.86	319.64	19.3
BZ-273376	BZ-273375	CGD-142919	700	270.84	268.83	155.6
BZ-196693	BZ-196694	CGD-350381	400	367.56	366.18	121.4
BZ-266019	BZ-273372	CGD-142922	700	278.84	277.53	102.6
BZ-173475	BZ-173476	CGD-238339	600	300.22	298.8	131.4
BZ-173490	BZ-173489	CGD-345917	600	295.61	295.07	33.4
BZ-196711	BZ-196712	CGD-240763	450	354.49	354.02	43.8
BZ-197152	BZ-197151	CGD-352828	600	328.02	326.88	108.6
BZ-196713	BZ-196881	CGD-241077	450	353	352.53	47.3
BZ-173169	BZ-173328	CGD-239917	700	292.21	290.6	144.9
BZ-266129	O-1	CGD-141119	700	251.4	251.17	11.8
BZ-197159	BZ-197158	CGD-237993	600	338.58	337.72	90.6

BZ-196775	BZ-196774	CGD-240725	350	370.8	370.55	16.5
BZ-195625	BZ-195626	CGD-239216	350	376.96	376.65	29.9
BZ-304176	BZ-196775	CGD-240726	350	370.92	370.8	46.4
BZ-195624	BZ-195625	CGD-238716	350	378.31	376.96	133.3
BZ-273370	BZ-273374	CGD-142917	700	267.03	265.85	109.6
BZ-196773	BZ-196691	CGD-240723	400	369.73	369.25	47.8
BZ-197149	BZ-197148	CGD-238003	600	320.81	319.86	105
BZ-196708	BZ-196709	CGD-240766	450	356.06	355.34	79.7
BZ-197155	BZ-197154	CGD-237997	600	333.66	332.62	120.3
BZ-196310	BZ-196309	CGD-350881	600	347.29	346.69	70.7
BZ-273372	BZ-273371	CGD-142921	700	277.53	276.78	78.6
BZ-197161	BZ-197160	CGD-237991	600	339.18	339.06	14.8
BZ-266127	BZ-266128	CGD-141124	700	256.63	254.67	114.6
BZ-266125	BZ-266126	CGD-141122	700	260.29	258.94	141.4
BZ-273374	BZ-273373	CGD-142916	700	265.85	265.26	66.8
BZ-197160	BZ-197159	CGD-237992	600	339.06	338.58	67
BZ-173481	BZ-173491	CGD-238348	600	297.1	295.8	108.2
BZ-173140	BZ-292522	CGD-348401	700	290.25	289.8	58
BZ-292522	BZ-173327	CGD-238183	700	289.8	289.32	62.9
BZ-173203	BZ-173204	CGD-238057	700	288.31	288	42.2
BZ-173138	BZ-173137	CGD-239774	700	285.38	284.94	61.8
BZ-196774	BZ-196773	CGD-240724	400	370.55	369.73	87
BZ-196692	BZ-196693	CGD-240851	400	368.34	367.56	103.8
BZ-196691	BZ-196692	CGD-240926	400	369.25	368.34	127.6
BZ-173491	BZ-173490	CGD-238360	600	295.8	295.61	19.4
BZ-173204	BZ-173205	CGD-238056	700	288	287.69	49.9
BZ-273378	BZ-266125	CGD-141121	700	261.26	260.29	152.1
BZ-173488	BZ-173169	CGD-239918	700	292.27	292.21	9.9
BZ-173328	BZ-173140	CGD-239778	700	290.6	290.25	57.7
BZ-196710	BZ-196711	CGD-350372	450	354.66	354.49	27.9
BZ-173326	BZ-173203	CGD-238058	700	288.79	288.31	84.9
BZ-304170	BZ-196706	CGD-240771	450	356.76	356.6	38.9
BZ-196706	BZ-196707	CGD-240769	450	356.6	356.43	42.1
BZ-196705	BZ-304170	CGD-240773	450	357.05	356.76	72.7
BZ-196695	BZ-196696	CGD-240848	450	363.87	363.85	73.6
BZ-196703	BZ-196704	CGD-350373	450	357.62	357.35	74.2
BZ-196702	BZ-196703	CGD-241126	450	357.91	357.62	79.3
BZ-196704	BZ-196705	CGD-350876	450	357.35	357.05	89.2
BZ-196707	BZ-196708	CGD-240768	450	356.43	356.06	91.5
BZ-196700	BZ-196701	CGD-240775	450	359.22	358.59	104.6
BZ-196696	BZ-196697	CGD-240847	450	363.85	363.37	109.4
BZ-196697	BZ-196698	CGD-240846	450	363.37	362.91	115.2
BZ-196701	BZ-196702	CGD-240774	450	358.59	357.91	123.6
BZ-304169	BZ-196695	CGD-240849	450	364.29	363.87	124.9
BZ-173139	BZ-292505	CGD-239776	700	285.93	285.79	39
BZ-292505	BZ-173138	CGD-239775	700	285.79	285.38	98
BZ-173327	BZ-173326	CGD-238184	700	289.32	288.79	113.7

Fuente: Datos verificados en campo y extraídos del Sistema de Información

Geográfica (GIS Web SEDAPAL), Redes de Agua potable y Alcantarillado de Lima.



## Anexo 6. Datos de los puntos aforados.

- Datos Generales del Punto de Aforo 1

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO 1		PARÁMETROS CALCULADOS	
Distrito:	ATE	S (%) =	5.24%
Código de Buzón:	BZ - 304176	$\theta$ (rad) =	1.9939
Nombre de Colector:	Cerro Candela	A (m <sup>2</sup> ) =	0.0166
Ubicación/Referencia:	Frente al parque Santa Rosa	P (m) =	0.3489
<b>DATOS TOPOGRAFICOS</b>		Rh (A/P) =	0.0475
h1=	1.61	Q=	0.0537
h2=	3.2	n=	0.0093
P1=	1.222	D (m)=	0.3500
P2=	3.796	Qmính =	0.0232
L (m)=	79.4	Qprom =	0.0785
Material	PVC	Qmáxh =	0.2535
		Vmín =	2.5308
		Vprom =	3.4509
		Vmáx =	4.9658
Velocidades de medición	3.12 - 3.22 - 3.35 - 3.10 - 3.50 - 3.34 - 3.50 - 3.26 - 3.14	y/D (%) mín =	14.67%
		y/D (%) =	24.97%
		y/D (%) máx =	53.45%

Fuente: Elaboración Propia

- Datos Generales del Punto de Aforo 2

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO 2		PARÁMETROS CALCULADOS	
Distrito:	ATE	S (%) =	0.011759729
Código de Buzón:	BZ - 196694	$\theta$ (rad) =	2.208061975
Nombre de Colector:	Cerro Candela	A (m <sup>2</sup> ) =	0.028086726
Ubicación:	AH. 25 de Julio Mz. H, Lt 27.	P (m) =	0.441612395
<b>DATOS TOPOGRAFICOS</b>		Rh (A/P) =	0.063600401
h1=	2.51	Q=	0.06038646
h2=	2.32	n=	0.008036497
P1=	0.78	D (m)=	0.400
P2=	2.36	Qmính =	0.025742537
L (m)=	118.20	Qprom =	0.078988513
Material	PVC	Qmáxh =	0.279189353
VELOCIDADES (Medición en campo)	2.21 - 2.19 - 2.18 - 2.01 - 2.20 - 2.18 - 2.20 - 2.22 - 2.25 - 2.01 - 2.18 - 2.15	Vmín =	1.677239668
		Vprom =	2.236231133
		Vmáx =	3.202239582
		y/D (%) mín =	0.1797285
		y/D (%) =	0.305900649
V prom. =	1.481	y/D (%) máx =	0.654717

Fuente: Elaboración Propia

- Datos Generales del Punto de Aforo 3

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO 3		PARÁMETROS CALCULADOS	
Distrito:	ATE	S (%) =	1.030%
Código de Buzón:	BZ - 196881	$\theta$ (rad) =	3.3643
Nombre de Colector:	Cerro Candela	A (m <sup>2</sup> ) =	0.0907
Ubicación:	Av. Ruiseñores / Av. Huancaray	P (m) =	0.7570
<b>DATOS TOPOGRAFICOS</b>		Rh (A/P) =	0.1199
h1=	3.85	Q=	0.2102

<b>h2=</b>	3.16	<b>n=</b>	0.0107
<b>P1=</b>	1.23	<b>D (m)=</b>	0.4500
<b>P2=</b>	2.44	<b>Qmính =</b>	0.0473
<b>L (m)=</b>	50.50	<b>Qprom =</b>	0.1336
<b>Material</b>	PVC	<b>Qmáxh =</b>	0.3764
<b>VELOCIDADES (Medición en campo)</b>	2.39 - 2.28 - 2.24 - 2.39 - 2.25 - 2.32 - 2.42 - 2.24 - 2.22 - 2.43 - 2.22 - 2.34	<b>Vmín =</b>	1.5457
		<b>Vprom =</b>	1.9988
		<b>Vmáx =</b>	2.5310
		<b>y/D (%) mín =</b>	24.725%
		<b>y/D (%) =</b>	42.082%
<b>V prom. =</b>	2.316	<b>y/D (%) máx =</b>	90.067%

Fuente: Elaboración Propia

- Datos Generales del Punto de Aforo 4

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO 4		PARÁMETROS CALCULADOS	
<b>Distrito:</b>	ATE	<b>S (%) =</b>	0.870%
<b>Código de Buzón:</b>	BZ - 173466	<b>e (rad) =</b>	3.2750
<b>Nombre de Colector:</b>	Cerro Candela	<b>A (m2)=</b>	0.1534
<b>Ubicación:</b>	Av. San Carlos Mz A Lt 2	<b>P (m) =</b>	0.9825
DATOS TOPOGRAFICOS		<b>Rh (A/P) =</b>	0.1561
<b>h1=</b>	2.12	<b>Q=</b>	0.3238
<b>h2=</b>	1.86	<b>n=</b>	0.0128
<b>P1=</b>	0.81	<b>D (m)=</b>	0.6000
<b>P2=</b>	2.22	<b>Qmính =</b>	0.0785
<b>L (m)=</b>	131.70	<b>Qprom =</b>	0.2213
<b>Material</b>	Policloruro de vinilo - PVC	<b>Qmáxh =</b>	0.6207
<b>VELOCIDADES (Medición en campo)</b>	2.05 - 2.12 - 2.18 - 2.15 - 2.10 - 2.00 - 2.21 - 2.08	<b>Vmín =</b>	1.4346
		<b>Vprom =</b>	1.8542
		<b>Vmáx =</b>	2.3438
		<b>y/D (%) mín =</b>	24.820%
		<b>y/D (%) =</b>	42.243%
<b>V prom. =</b>	2.111	<b>y/D (%) máx =</b>	90.413%

Fuente: Elaboración Propia

- Datos Generales del Punto de Aforo 5

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO 5		PARÁMETROS CALCULADOS	
<b>Distrito:</b>	ATE	<b>S (%) =</b>	1.432%
<b>Código de Buzón:</b>	BZ - 173481	<b>e (rad) =</b>	3.1416
<b>Nombre de Colector:</b>	Cerro Candela	<b>A (m2)=</b>	0.1414
<b>Ubicación:</b>	Av. Ferrocarril MZ A 4, Lt 2.	<b>P (m) =</b>	0.9425
DATOS TOPOGRAFICOS		<b>Rh (A/P) =</b>	0.1500
<b>h1=</b>	3.55	<b>Q=</b>	0.4367
<b>h2=</b>	3.61	<b>n=</b>	0.0109
<b>P1=</b>	0.57	<b>D (m)=</b>	0.6000
<b>P2=</b>	2.24	<b>Qmính =</b>	0.1319
<b>L (m)=</b>	120.50	<b>Qprom =</b>	0.3489
<b>Material</b>	Policloruro de vinilo - PVC	<b>Qmáxh =</b>	0.5865
<b>VELOCIDADES (Medición en campo)</b>	3.12 - 3.05 - 3.08 - 3.17 - 3.06 - 3.14 - 3.10 - 2.99 - 3.20 - 3.06 - 3.07 - 3.19	<b>Vmín =</b>	2.2258
		<b>Vprom =</b>	2.8758
		<b>Vmáx =</b>	3.3122
		<b>y/D (%) mín =</b>	26.262%
		<b>y/D (%) =</b>	43.578%
<b>V prom. =</b>	3.089	<b>y/D (%) máx =</b>	59.985%

Fuente: Elaboración Propia



- Datos Generales del Punto de Aforo 6

DATOS GENERALES DEL PUNTO DE AFORO 6		PARÁMETROS CALCULADOS	
<b>Distrito:</b>	ATE	S (%) =	1.815%
<b>Código de Buzón:</b>	Bz 266127	e (rad) =	3.1416
<b>Nombre de Colector:</b>	Cerro Candela	A (m <sup>2</sup> )=	0.1414
<b>Ubicación:</b>	Margen derecha Río Rímac, aguas abajo Bocatoma	P (m) =	0.9425
<b>DATOS TOPOGRAFICOS</b>		Rh (A/P) =	0.1500
<b>h1=</b>	3.50	Q=	0.4367
<b>h2=</b>	3.60	n=	0.0130
<b>P1=</b>	0.57	D (m)=	0.7000
<b>P2=</b>	2.24	Qmính =	0.1319
<b>L (m)=</b>	105.21	Qprom =	0.3489
<b>Material</b>	Concreto Reforzado - CR	Qmáxh =	0.5865
		Vmín =	2.2258
<b>VELOCIDADES</b> <b>(Medición en campo)</b>	3.15 - 3.11 - 3.04 - 3.08 - 3.07 - 3.21 - 2.98 - 3.13 - 3.19 - 3.04	Vprom =	2.8758
		Vmáx =	3.1122
		y/D (%) mín =	29.262%
		y/D (%) =	48.578%
<b>V prom. =</b>	3.100	y/D (%) máx =	62.985%

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 7. Panel fotográfico

	
<p>Fotografía N°01. Se observa la identificación del buzón a medir, se corrobora la ubicación.</p>	<p>Fotografía N°02 Se observa el trabajo de recolección e información en campo en los buzones correspondientes al colector Cerro Candela.</p>



Fotografía N°03. Se observa la medición de altura y velocidades en los buzones al colector Cerro Candela.



Fotografía N°04. Se identifica el interior del buzón que será aforado, el cual deberá cumplir con las características de medición de caudal.



Fotografía N°05. Se observa la instalación del sensor para la lectura de las tirantes al caudalímetro Sigma.



Fotografía N°06. Se tiene instalado el soporte para el caudalímetro al interior del buzón a aforar.



Fotografía N°07. Se toman las medidas de las velocidades iniciales y características del colector.



Fotografía N°08. Se deja el caudalímetro instalado al interior del buzón por un periodo de 7 días.

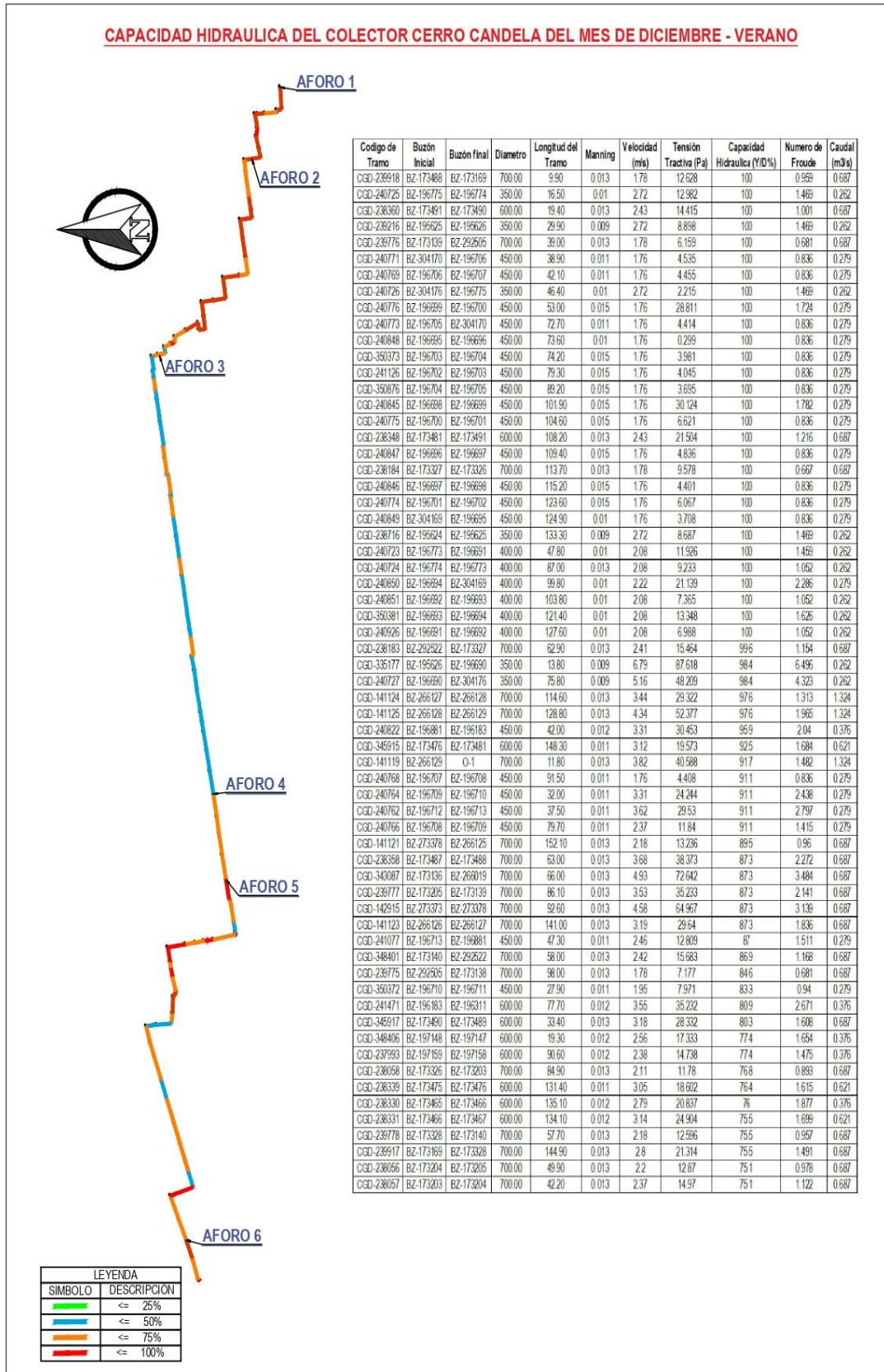


Fotografía N°09. Se repite el mismo procedimiento para los demás puntos a aforar.



Fotografía N°10. Se observa la inspección en los tramos finales del colector "Cerro Candela".

## Anexo 8. Reporte de Modelamiento hidráulico.



## TRAMOS CRITICOS DEL COLECTOR CERRO CANDELA DEL MES DE AGOSTO - INVIERNO



TRAMOS CRITICOS EN EL MES DE AGOSTO										
Codigo de Tramo	Buzon Inicial	Buzon final	Diametro	Longitud del Tramo	Manning	Velocidad (m/s)	Tension Tractiva (Pa)	Capacidad Hidraulica (Y/D%)	Numero de Froude	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
CIG-141125	BZ-286128	BZ-286129	700	128.8	0.013	3.7	41.215	83.9	2.371	0.639
CIG-238380	BZ-173491	BZ-173490	800	19.4	0.013	2.37	18.066	82.6	1.389	0.423
CIG-239818	BZ-173488	BZ-173169	700	9.9	0.013	1.99	10.96	78.3	1.148	0.423
CIG-239776	BZ-173139	BZ-292505	700	39	0.013	1.62	7.063	71.7	0.828	0.423
CIG-343087	BZ-173136	BZ-286019	700	66	0.013	4.31	59.357	70.9	3.519	0.423
CIG-238184	BZ-173327	BZ-173326	700	113.7	0.013	1.79	8.797	70.6	0.978	0.423
CIG-142915	BZ-273373	BZ-273378	700	92.6	0.013	4.01	53.186	70.3	3.185	0.423
CIG-141121	BZ-273378	BZ-286125	700	152.1	0.013	1.99	11.488	70.3	1.148	0.423
CIG-239777	BZ-173205	BZ-173139	700	86.1	0.013	3.11	29.11	68.8	2.224	0.423
CIG-238356	BZ-173487	BZ-173488	700	63	0.013	3.23	31.845	66.3	2.35	0.423
CIG-141123	BZ-286126	BZ-286127	700	141	0.013	2.82	24.624	65.1	1.932	0.423
CIG-238348	BZ-173481	BZ-173491	800	108.2	0.013	2.56	19.026	63.8	1.552	0.423
CIG-141119	BZ-286129	0-1	700	11.8	0.013	3.35	33.28	63.2	2.048	0.639
CIG-141124	BZ-286127	BZ-286128	700	114.6	0.013	3.19	29.919	61.8	1.903	0.639
CIG-345917	BZ-173490	BZ-173489	800	33.4	0.013	2.87	24.286	61.5	1.845	0.423
CIG-239775	BZ-292505	BZ-173138	700	99	0.013	1.72	8.037	59.6	0.914	0.423
CIG-238183	BZ-292522	BZ-173327	700	62.9	0.013	2.16	13.183	58.6	1.307	0.423
CIG-238058	BZ-173326	BZ-173203	700	84.9	0.013	1.93	10.313	56.8	1.099	0.423
CIG-239778	BZ-173328	BZ-173140	700	57.7	0.013	1.98	10.934	56.2	1.146	0.423
CIG-238056	BZ-173204	BZ-173205	700	49.9	0.013	2	11.146	56	1.162	0.423
CIG-239774	BZ-173138	BZ-173137	700	61.8	0.013	2.11	12.485	54.9	1.257	0.423
CIG-238057	BZ-173203	BZ-173204	700	42.2	0.013	2.13	12.791	54.7	1.28	0.423
CIG-348401	BZ-173140	BZ-292522	700	58	0.013	2.18	13.36	54.3	1.318	0.423
CIG-142916	BZ-273374	BZ-273373	700	66.8	0.013	2.28	14.859	53.4	1.419	0.423
CIG-141122	BZ-286125	BZ-286126	700	141.4	0.013	2.31	15.959	53.1	1.443	0.423
CIG-142921	BZ-273372	BZ-273371	700	78.8	0.013	2.35	15.809	52.8	1.481	0.423
CIG-142917	BZ-273370	BZ-273374	700	109.6	0.013	2.46	17.431	52	1.582	0.423
CIG-239817	BZ-173169	BZ-173328	700	144.9	0.013	2.49	17.871	51.8	1.609	0.423
CIG-142922	BZ-286019	BZ-273372	700	102.6	0.013	2.62	19.983	50.9	1.735	0.423
CIG-142919	BZ-273376	BZ-273375	700	156.6	0.013	2.63	20.172	50.9	1.746	0.423
CIG-345915	BZ-173476	BZ-173481	800	148.3	0.011	1.81	8.625	50.5	1.925	0.08
CIG-238359	BZ-173489	BZ-173487	700	96.7	0.013	2.72	21.72	50.3	1.834	0.423
CIG-142918	BZ-273375	BZ-273370	700	126.2	0.013	2.73	21.834	50.3	1.841	0.423
CIG-142920	BZ-273371	BZ-273377	700	150.5	0.013	3.04	27.694	48.6	2.153	0.423
CIG-329002	BZ-273377	BZ-273376	700	114.5	0.013	3.42	35.91	47	2.55	0.423
CIG-239773	BZ-173137	BZ-173136	700	92.9	0.013	3.57	39.401	46.4	2.707	0.423
CIG-240822	BZ-198881	BZ-198183	450	42	0.012	1.94	13.633	38.2	2.352	0.06
CIG-241471	BZ-198183	BZ-198311	800	77.7	0.012	1.98	14.726	27.4	2.584	0.06
CIG-238330	BZ-173465	BZ-173466	800	135.1	0.012	1.58	8.853	26.7	1.9	0.06
CIG-348406	BZ-197148	BZ-197147	800	19.3	0.012	1.46	7.425	26.4	1.703	0.06
CIG-237993	BZ-197159	BZ-197158	800	90.6	0.012	1.36	6.383	26.4	1.548	0.06
CIG-238339	BZ-173475	BZ-173476	800	131.4	0.011	1.77	8.236	25.8	1.87	0.08
CIG-238331	BZ-173466	BZ-173467	800	134.1	0.012	1.82	10.962	25.6	1.937	0.08
CIG-237996	BZ-197156	BZ-197155	800	19.7	0.012	3.2	42.587	25.4	4.959	0.06
CIG-241077	BZ-198713	BZ-198881	450	47.3	0.011	1.02	3.405	25	1.864	0.011
CIG-238332	BZ-173467	BZ-173475	800	97.7	0.012	2.18	16.333	24.4	2.48	0.08
CIG-240848	BZ-198995	BZ-198996	450	73.6	0.01	0.3	0.199	23.8	0.315	0.011
CIG-237982	BZ-197160	BZ-197159	800	67	0.012	1.23	5.111	21.8	1.351	0.06
CIG-240849	BZ-304169	BZ-198995	450	124.9	0.01	0.73	1.418	21.8	1.089	0.011
CIG-237991	BZ-197161	BZ-197160	800	14.8	0.012	1.28	5.617	21.5	1.432	0.06
CIG-350881	BZ-196310	BZ-196309	800	70.7	0.012	1.31	5.834	21.4	1.466	0.06
CIG-237997	BZ-197155	BZ-197154	800	120.3	0.012	1.31	5.901	21.4	1.477	0.06
CIG-238003	BZ-197149	BZ-197148	800	105	0.012	1.33	6.106	21.3	1.508	0.06
CIG-352828	BZ-197152	BZ-197151	800	108.6	0.012	1.41	6.906	20.9	1.628	0.06
CIG-237995	BZ-197157	BZ-197156	800	105.3	0.012	1.5	7.905	20.5	1.77	0.06
CIG-350373	BZ-196703	BZ-196704	450	74.2	0.015	0.57	1.792	20.4	0.752	0.011
CIG-238001	BZ-303708	BZ-197150	800	126.7	0.012	1.58	8.816	20.2	1.865	0.06
CIG-345914	BZ-173464	BZ-173465	800	131.7	0.012	1.58	8.919	20.2	1.908	0.06
CIG-237999	BZ-197153	BZ-197152	800	123.3	0.012	1.63	9.580	20	1.993	0.06
CIG-239837	BZ-196737	BZ-197149	800	39.3	0.012	1.65	9.817	19.9	2.021	0.06
CIG-241171	BZ-196309	BZ-196308	800	50.7	0.012	1.65	9.817	19.9	2.021	0.06
CIG-238002	BZ-197150	BZ-196737	800	83.5	0.012	1.66	9.909	19.9	2.033	0.06
CIG-239552	BZ-304181	BZ-198828	800	132.7	0.012	1.7	10.483	19.8	2.106	0.06

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
<span style="color: green;">█</span>	<= 25%
<span style="color: blue;">█</span>	<= 50%
<span style="color: orange;">█</span>	<= 75%
<span style="color: red;">█</span>	<= 100%