

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N°25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y
SANITARIA**

TESIS:

**MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE DISPERSIÓN DE
CONTAMINANTES DEL VERTIMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL RIO ICHU, HUANCVELICA-2021**

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. CONDORI PAYTAN, José Luis

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCVELICA PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 22 días del mes de abril del año 2022, a horas 5:00 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado por los siguientes: **Mg. Wilfredo SÁEZ HUAMÁN (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Mabel Yesica ESCOBAR SOLDEVILLA (SECRETARIA)**, **Dr. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO (ASESOR)**, designados con Resolución de Decano N° 382-2021-FCI-UNH, de fecha 22 de diciembre del 2021, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "MODELAMIENTO Y SIMULACION DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RIO ICHU, HUANCVELICA - 2021 ", presentado por el Bachiller **José Luis CONDORI PAYTAN**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**; Finalizado la evaluación a horas...5:55 p.m.; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO POR... UNANIMIDAD

DÉSAPROBADO

En señal de conformidad, firmamos a continuación:



Presidente



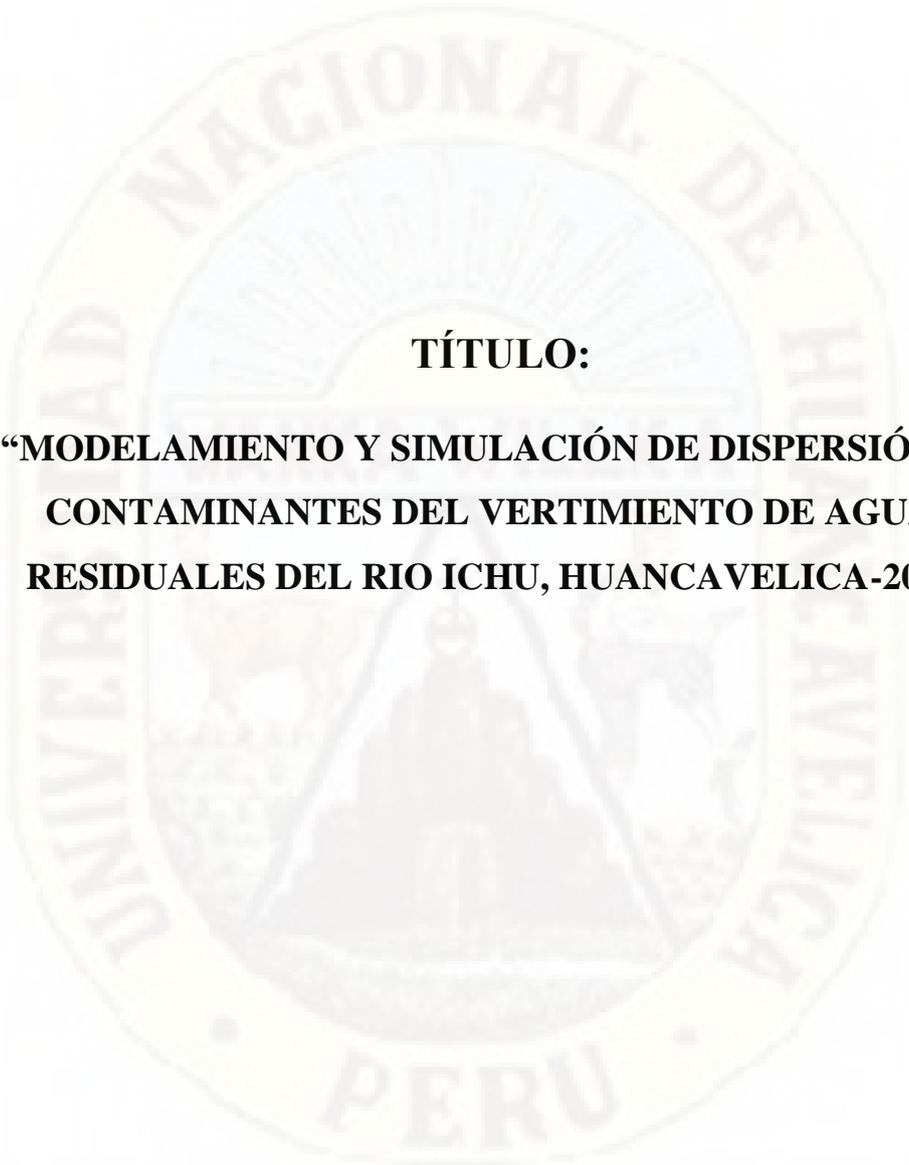
Secretario



Asesor

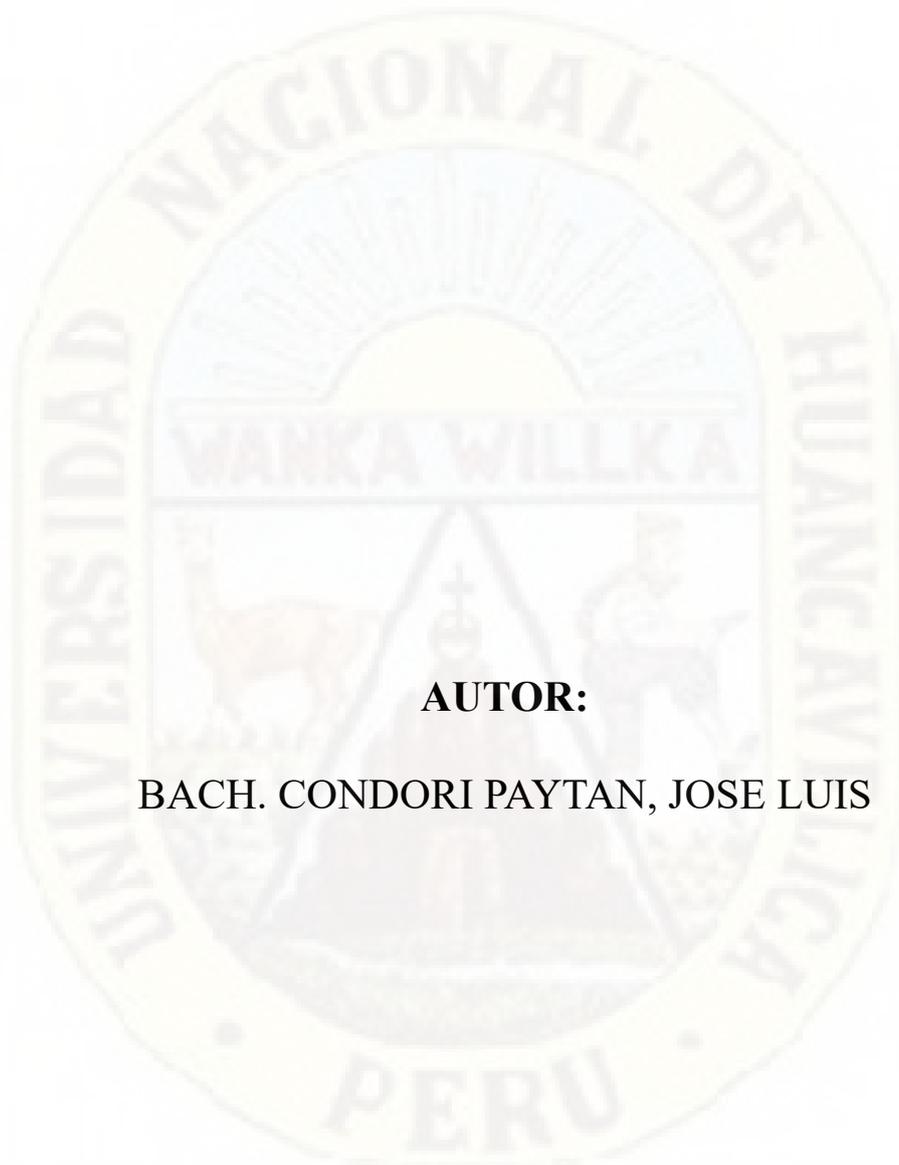


Vº Bº Decano



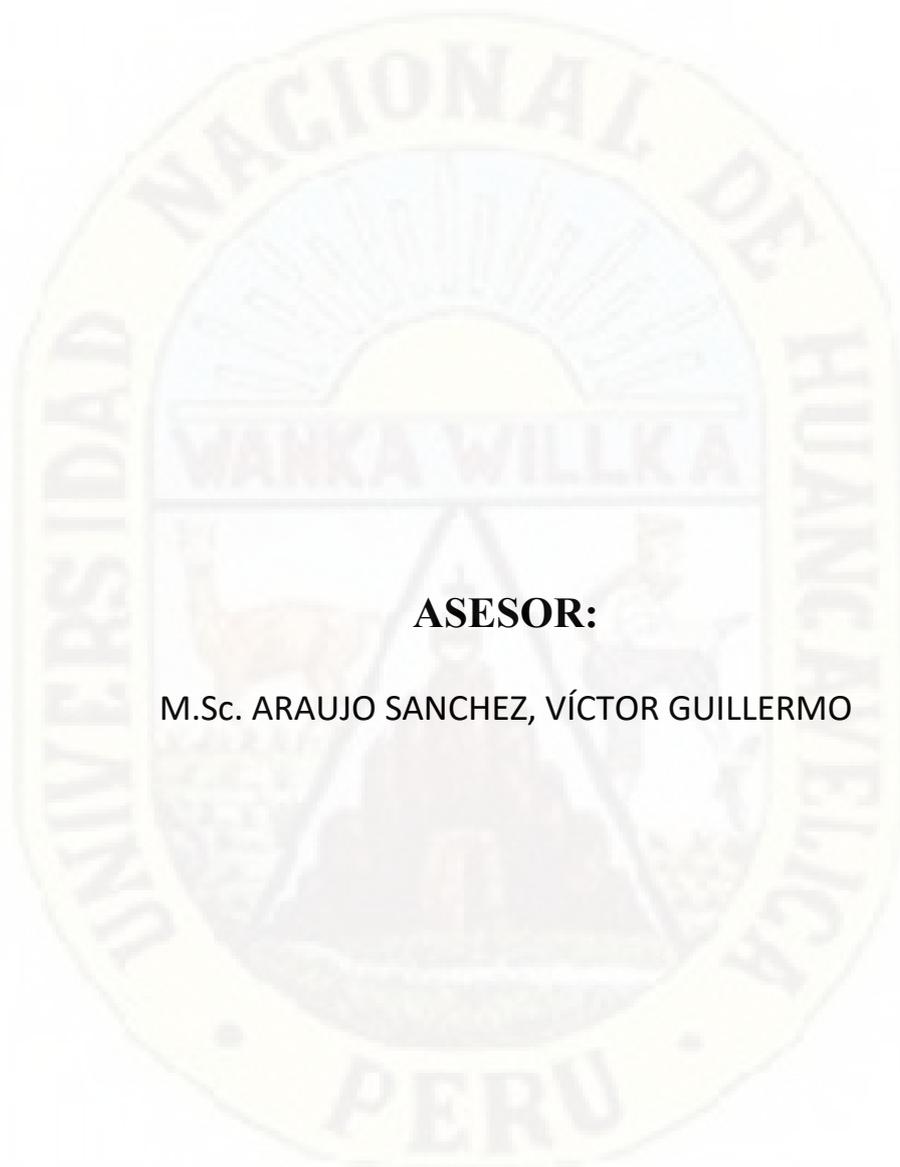
TÍTULO:

**“MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE DISPERSIÓN DE
CONTAMINANTES DEL VERTIMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL RIO ICHU, HUANCVELICA-2021”**



AUTOR:

BACH. CONDORI PAYTAN, JOSE LUIS

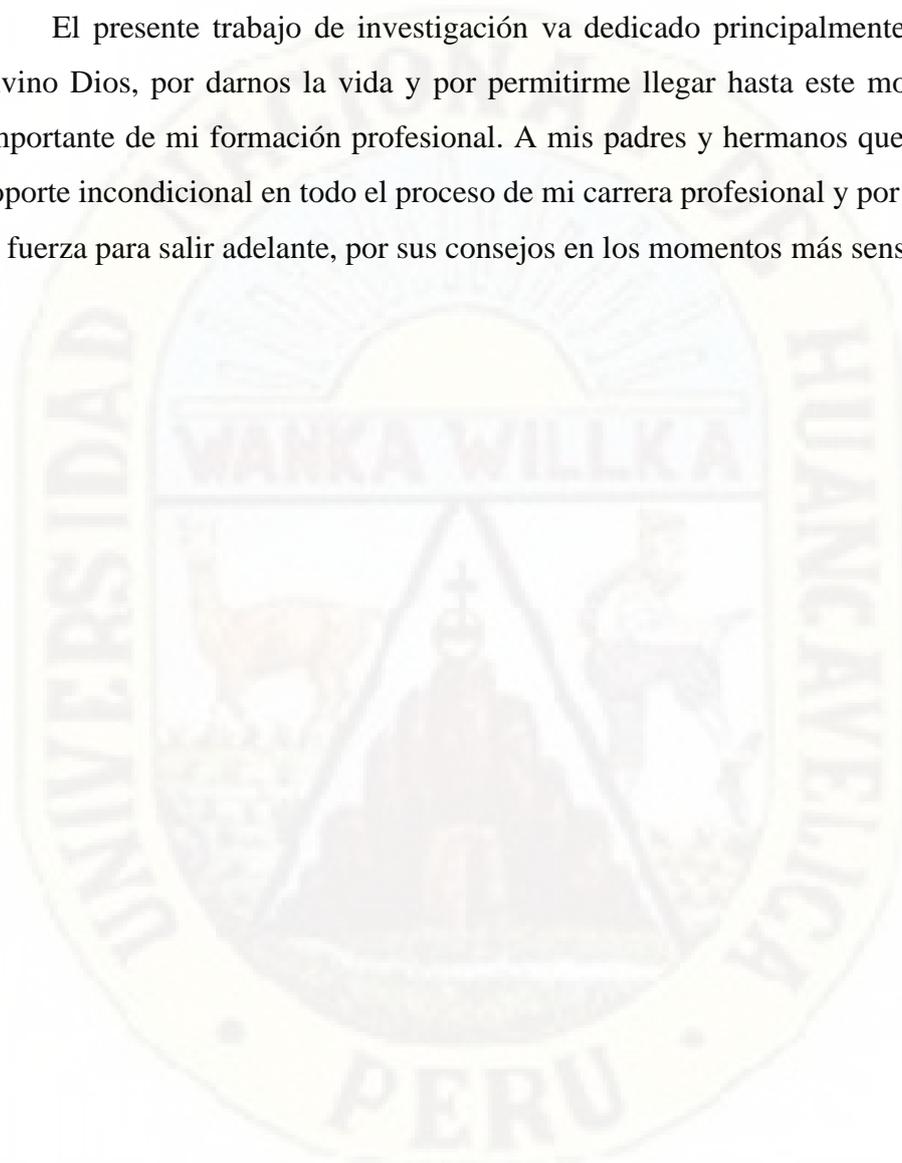


ASESOR:

M.Sc. ARAUJO SANCHEZ, VÍCTOR GUILLERMO

DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a nuestro divino Dios, por darnos la vida y por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres y hermanos que fueron un soporte incondicional en todo el proceso de mi carrera profesional y por brindarme la fuerza para salir adelante, por sus consejos en los momentos más sensibles.



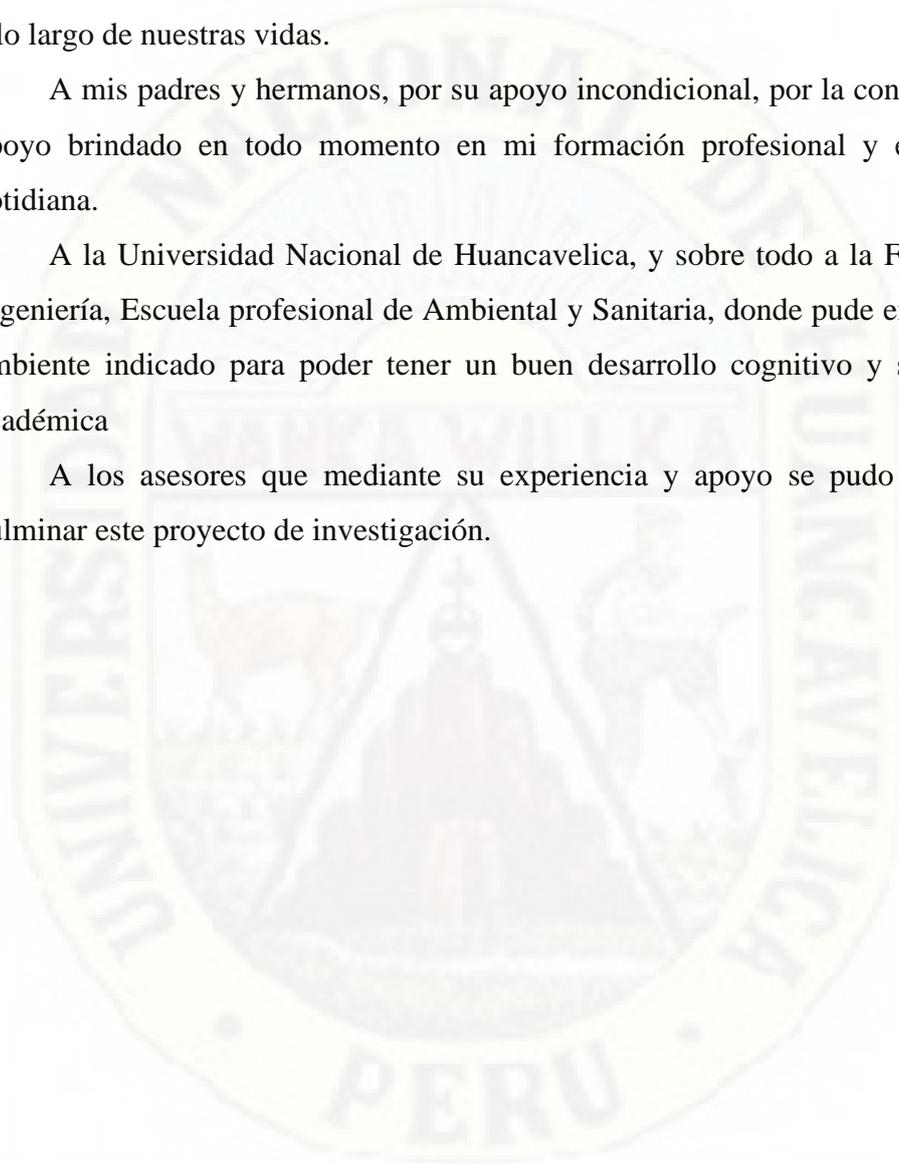
AGRADECIMIENTO:

En primer lugar, a Dios por darnos la vida, por protegernos siempre y darnos fuerzas para superar cualquier obstáculos y dificultades que se nos pueda presentar a lo largo de nuestras vidas.

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional, por la confianza y el apoyo brindado en todo momento en mi formación profesional y en la vida cotidiana.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, y sobre todo a la Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ambiental y Sanitaria, donde pude encontrar el ambiente indicado para poder tener un buen desarrollo cognitivo y superación académica

A los asesores que mediante su experiencia y apoyo se pudo realizar y culminar este proyecto de investigación.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA:.....	V
AGRADECIMIENTO:.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
CAPÍTULO I.....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1 Descripción del problema.....	20
1.2 Formulación del problema.....	23
1.2.1 Problema general.....	23
1.2.2 Problemas específicos.....	23
1.3 Objetivo:.....	23
1.3.1 Objetivo general.....	23
1.3.2 Objetivos específicos.....	24
1.4 Justificación.....	24
1.4.1 Justificación científica o teórica.....	25
1.4.2 Justificación metodológica.....	25
1.4.3 Justificación social.....	25
1.4.4 Justificación Ambiental.....	26
CAPÍTULO II.....	27
MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Antecedentes de la investigación.....	27
2.1.1 Antecedente Internacional.....	27
2.1.2 Antecedente Nacional.....	31
2.1.3 Antecedente Regional y local.....	35
2.2 Bases teóricas.....	37
2.2.1 Teoría de la metafísica del agua.....	37

2.2.2	Teoría del agua como principio de todas las cosas	38
2.2.3	Fuentes de aguas residuales.....	39
2.2.4	Parámetros para medir la calidad de las AR.....	39
2.2.5	Origen y características de las aguas residuales.....	41
2.3	Bases conceptuales	42
2.3.1	Importancia del agua	42
2.3.2	Calidad de agua superficial	42
2.3.3	Contaminación de las aguas superficiales	43
2.3.4	Monitoreo de agua.....	46
2.3.5	Calidad microbiológica del agua.....	47
2.3.6	Parámetros fisicoquímicos	48
2.3.7	Parámetros químicos	48
2.4	Definición de términos.....	48
2.5	Hipótesis	51
2.5.1	Hipótesis General.....	51
2.5.2	Variables	51
2.6	Operacionalización de Variable.....	52
CAPÍTULO III.....		54
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION		54
3.1	Ámbito temporal y espacial	54
3.1.1	Ámbito temporal.....	54
3.1.2	Ámbito espacial	55
3.2	Enfoque de investigación.....	57
3.3	Tipo de investigación.....	58
3.4	Nivel de investigación	58
3.5	Diseño de investigación	59
3.6	Método de investigación.....	59
3.7	Población, muestra y muestreo	59
3.7.1	Población de la investigación	59
3.7.2	Muestra de la investigación	60
3.7.3	Muestreo de la investigación	62
3.8	Técnica e instrumento de recolección de datos	63

3.8.1 Técnicas de recolección de datos.....	63
3.8.2 Instrumentos de recolección de datos	64
3.8 Técnicas de procedimientos y análisis de datos.....	76
3.9.1 Técnicas de procesamiento de datos	76
3.9.2 Análisis de datos	76
CAPÍTULO IV	77
PRESENTACION DE RESULTADOS	77
4.1 Análisis de información	77
4.1.1 Determinación de las variables en el punto 1	77
4.1.2 Determinación de las variables del punto 2	78
4.1.3 Determinación de las variables del punto 3	78
4.1.4 Interpretación de los resultados del modelamiento	79
4.1.4.1 Resultados del modelamiento del mes de enero	79
4.1.4.2 Resultados del modelamiento del mes de febrero	81
4.1.4.3 Resultados del modelamiento del mes de marzo.....	84
4.1.4.4 Resultados del modelamiento del mes de abril.....	86
4.1.4.5 Resultados del modelamiento del mes de mayo.....	89
4.1.4.6 Resultados del modelamiento del mes de junio.....	91
4.1.4.7 Resultados del modelamiento del mes de julio	94
4.1.4.8 Resultados del modelamiento del mes de agosto	96
4.1.4.9 Resultados del modelamiento del mes de setiembre	99
4.1.4.10 Resultados del modelamiento del mes de octubre.....	101
4.1.4.11 Resultados del modelamiento del mes de noviembre.....	104
4.1.4.12 Resultados del modelamiento del mes de diciembre.....	106
4.2 Resultado del modelamiento con el programa Iber	109
4.2.1 Resultados de los coliformes fecales E, coli en los puntos evaluados	109
4.2.2 Resultados del Oxígeno disuelto en los puntos evaluados	110
4.2.3 Resultados de la Temperatura en los puntos evaluados.....	111
4.3 Discusión de resultados	113
4.3.1 Discusión de los resultados del objetivo general.....	113
4.3.2 Discusión de resultados de objetivos específico 1	113

4.3.3 Discusión de resultados de objetivos específico 2	113
4.3.4 Discusión de resultados de objetivos específico 3	114
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
APENDICE.....	121



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros para caracterización de AR	40
Tabla 2: Operacionalización de variable.....	52
Tabla 3: Resumen del cronograma.....	54
Tabla 4: Mapas de ubicación política del centro poblado.....	55
Tabla 5: Resultados de laboratorio en el punto 1	61
Tabla 6: Resultados de laboratorio en el punto 2.....	61
Tabla 7: Resultado de laboratorio punto 3	62
Tabla 8: Resultados de la medición del punto 1	77
Tabla 9: Resultados de la medición del punto 2	78
Tabla 10: Resultados de la medición del punto 3	78
Tabla 11: Resultados de coliformes fecales E, coli en los puntos de evaluación109
Tabla 12: Resultado del oxígeno disuelto	110
Tabla 13: Resultados de la Temperatura.....	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica	57
Figura 2: Población de estudio	60
Figura 3: Identificación de puntos de muestreo	65
Figura 4: Identificación de puntos de muestreo	66
Figura 5: Identificación de puntos de muestreo	66
Figura 6: Registro de datos en el punto 1	68
Figura 7: Registro de datos en el punto 2.....	68
Figura 8: Registro de datos en el punto 3.....	69
Figura 9: Medición de parámetros in situ punto 1	70
Figura 10: Medición de parámetros in situ punto 1	71
Figura 11: Medición de parámetros in situ punto 2	71
Figura 12: Medición de parámetros in situ punto 2	72
Figura 13: Medición de parámetros in situ punto3	72
Figura 14: Medición de parámetros in situ punto 3	73
Figura 15: Drone Phantom(4) RTK + estacion movil GPS	74
Figura 16: Drone Phantom (4) RTK +estacion movil GPS	74
Figura 17: Drone Phantom + estacion movil GPS	75
Figura 18: Mapa del modelamiento del mes de enero	79
Figura 19: Resultados de la gráfica de Temperatura.....	80
Figura 20: Resultados de la gráfica del E. coli.....	81
Figura 21: Mapa de modelamiento del mes de febrero.....	81
Figura 22: Resultado gráfico de Temperatura del mes de febrero	83
Figura 23:Resultado gráfico de E. coli del mes de febrero	83
Figura 24: Mapa de modelamiento del mes de marzo	84
Figura 25: Resultado gráfico de Temperatura del mes de marzo.....	85
Figura 26: Resultado grafico de E, coli del mes de marzo	86
Figura 27: Mapa de modelamiento del mes de abril	86
Figura 28: Resultado grafico de Temperatura del mes de abril	88
Figura 29: Resultado grafico de E, coli del mes de abril	88

Figura 30: Mapa de modelamiento del mes de mayo	89
Figura 31: Resultado grafico de Temperatura del mes de mayo.....	90
Figura 32: Resultado grafico de E, coli del mes de mayo.....	91
Figura 33: Resultados del modelamiento del mes de junio.....	91
Figura 34: Resultado grafico de Temperatura del mes de junio	93
Figura 35: Resultado grafico de E, coli del mes de junio	93
Figura 36: Resultados del modelamiento del mes de julio	94
Figura 37: Resultado grafico de Temperatura del mes de julio puntos intermedio	95
Figura 38: resultado grafico de E, coli del mes de julio puntos intermedio.....	96
Figura 39: Resultados del modelamiento del mes de agosto	96
Figura 40: Resultado grafico de Temperatura del mes de agosto puntos intermedio	98
Figura 41: Resultado grafico de E, coli del mes de, agosto puntos intermedio	98
Figura 42: Resultados del modelamiento del mes de setiembre	99
Figura 43: Resultado grafico de Temperatura del mes de setiembre puntos intermedio	100
Figura 44: Resultado grafico de E, coli del mes de setiembre puntos intermedio	101
Figura 45: Resultados del modelamiento del mes de octubre.....	101
Figura 46: Resultado grafico de Temperatura del mes de octubre puntos intermedio	103
Figura 47: Resultado grafico de E, coli del mes de octubre puntos intermedio .	103
Figura 48: Resultados del modelamiento del mes de noviembre.....	104
Figura 49: Resultado grafico de Temperatura del mes de noviembre puntos intermedio	105
Figura 50: Resultado grafico de E, coli del mes de noviembre puntos intermedio	106
Figura 51: Resultados del modelamiento del mes de diciembre.....	106
Figura 52: Resultado grafico de Temperatura del mes de diciembre puntos intermedio	108

Figura 53: Resultado grafico de E, coli del mes de diciembre puntos intermedio
..... 108

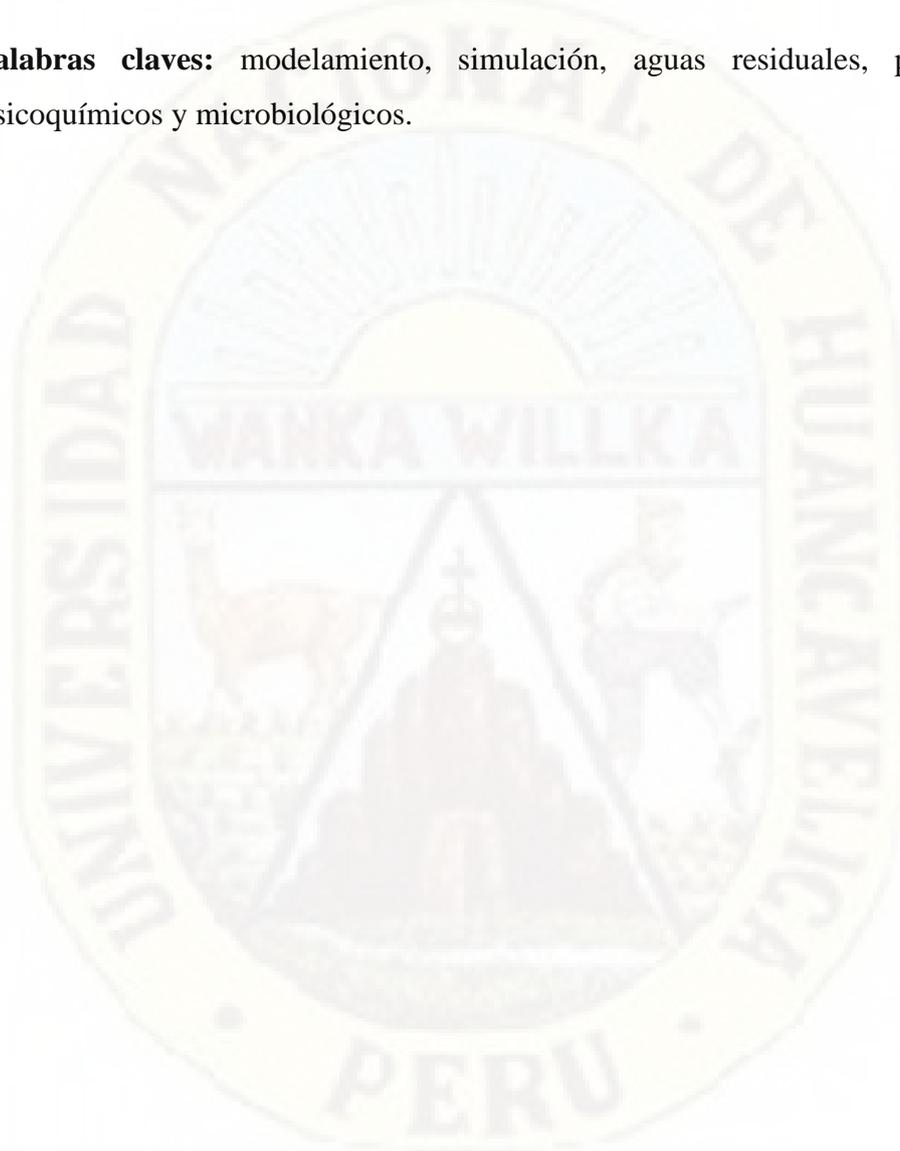


RESUMEN

La investigación titulada “Modelamiento y simulación de dispersión de contaminantes del vertimiento de aguas residuales del Río Ichu, huancavelica-2021”, la cual tiene como objetivo principal simular un modelo hidráulico bidimensional para determinar el nivel de dispersión de los parámetros fisicoquímico y microbiológico de las aguas residuales municipales vertidas al Río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, tiene como importancia dar a conocer el comportamiento y la dispersión de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos por lo que abarca descargas constantes de aguas residuales al Río Ichu, para el estudio se identificó 3 (tres) puntos específicos de descarga, tomando en cuenta en cada punto, los parámetros de (oxígeno disuelto, temperatura y coliformes fecales - E. coli) para ello se realizó una única muestra simple, refiriéndolos a laboratorio para luego darnos como resultado en el Primer Punto: T°- 13.3C°, OD:6.50mg/l, E.Coli- 2500 y en el Segundo Punto: T°-15.8C°, OD-7.33mg/l, E.Coli-2640, Tercer Punto: T°-18.1C°, OD-7.25ml/l, E.coli-2580, para el modelamiento se usaron datos de la estación experimental de meteorología de la Facultad de Ingeniería Civil, como, caudal promedio, condiciones atmosféricas, radiación solar, humedad relativa, donde se arrojó resultados en el mes de Enero: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 3.5 , OD de 0.5 a 5mg/l y T° de 11 a 12°C, Febrero: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 3.5, OD de 0.5 a 5mg/l y T° de 5 a 12°C, Marzo: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 3.5, OD de 0.5 a 5mg/l y T° de 11 a 12°C, Abril: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 3.5, oxígeno disuelto 0.5 a 5mg/l y T° de 5 a 12°C, Mayo: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 20, OD de 0.5 a 5mg/l y T° de 5 a 14°C, Junio: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 40, OD de 2 a 90 mg/l y T° de 5 a 14°C, Julio: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 40, OD de 2 a 90mg/l y T° de 5 a 14°C, Agosto: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 40, OD de 0.73 a 8mg/l y T° de 5 a 14 °C, Setiembre: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 40, OD de 10 a 90mg/l y T° de 5 a

14°C, Octubre: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 40, OD de 10 a 90mg/l y T° de 5 a 14 °C, Noviembre: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.1 a 40, OD de 10 a 90mg/l y T° de 5 a 14°C, Diciembre: coliformes fecales E. coli en un rango de 0.5 a 5, OD de 10 a 90mg/l y T° de 5 a 14°C.

Palabras claves: modelamiento, simulación, aguas residuales, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.



ABSTRACT

The research entitled "Modeling and simulation of dispersion of pollutants from the discharge of wastewater from the Ichu River, huancavelica-2021", whose main objective is to simulate a two-dimensional hydraulic model to determine the level of dispersion of the physicochemical and microbiological parameters of the Municipal wastewater discharged to the Ichu River in the urban area of the district of, province and department of Huancavelica, it is important to make known the behavior and dispersion of the physicochemical and microbiological pollutants, which includes constant wastewater discharges to the Ichu River. For the study, 3 (three) specific discharge points were identified, taking into account at each point, the parameters of (dissolved oxygen, temperature and fecal coliforms - E. coli) for this, a single simple sample was made, referring them to laboratory and then give us as a result in the First Point: T ° - 13.3C °, DO: 6.50mg/l, E. Coli- 2500 and in the Second Point: T ° -15.8C °, OD-7.33mg/l, E.Coli-2640, Third Point: T ° -18.1C °, OD-7.25ml/l, E. coli-2580, for modeling data from the meteorology experimental station of the Faculty of Civil Engineering were used, such as average flow, atmospheric conditions, solar radiation, relative humidity, where results were produced in the month of January: fecal coliforms E . coli in a range of 0.1 to 3.5, OD of 0.5 to 5mg/l and T° of 11 to 12°C, February: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 to 3.5, OD of 0.5 to 5mg/l and T° from 5 to 12°C, March: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 to 3.5, OD of 0.5 to 5mg/l and T° from 11 to 12°C, April: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 at 3.5, dissolved oxygen 0.5 to 5mg/l and T° from 5 to 12°C, May: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 to 20, OD from 0.5 to 5mg/l and T° from 5 to 14°C, June : fecal coliforms E. coli in a range of 0.1 to 40, OD from 2 to 90 mg/l and T° from 5 to 14° C, July: fecal coliforms E. coli e n a range of 0.1 to 40, OD of 2 to 90mg/l and T° of 5 to 14°C, August: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 to 40, OD of 0.73 to 8mg/l and T° of 5 at 14°C, September: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 to 40, OD of 10 to 90mg/l and T° from 5 to 14°C, October: E. coli fecal coliforms in a range of 0.1 to 40 , OD from 10 to 90mg/l and T° from 5 to 14°C, November: E. coli fecal coliforms in a

range of 0.1 to 40, OD from 10 to 90mg /l and T° from 5 to 14°C, December: E. coli fecal coliforms in a range of 0.5 to 5, OD of 10 to 90mg/l and T° of 5 to 14°C.

Keywords: modeling, simulation, wastewater, physicochemical and microbiological parameters.

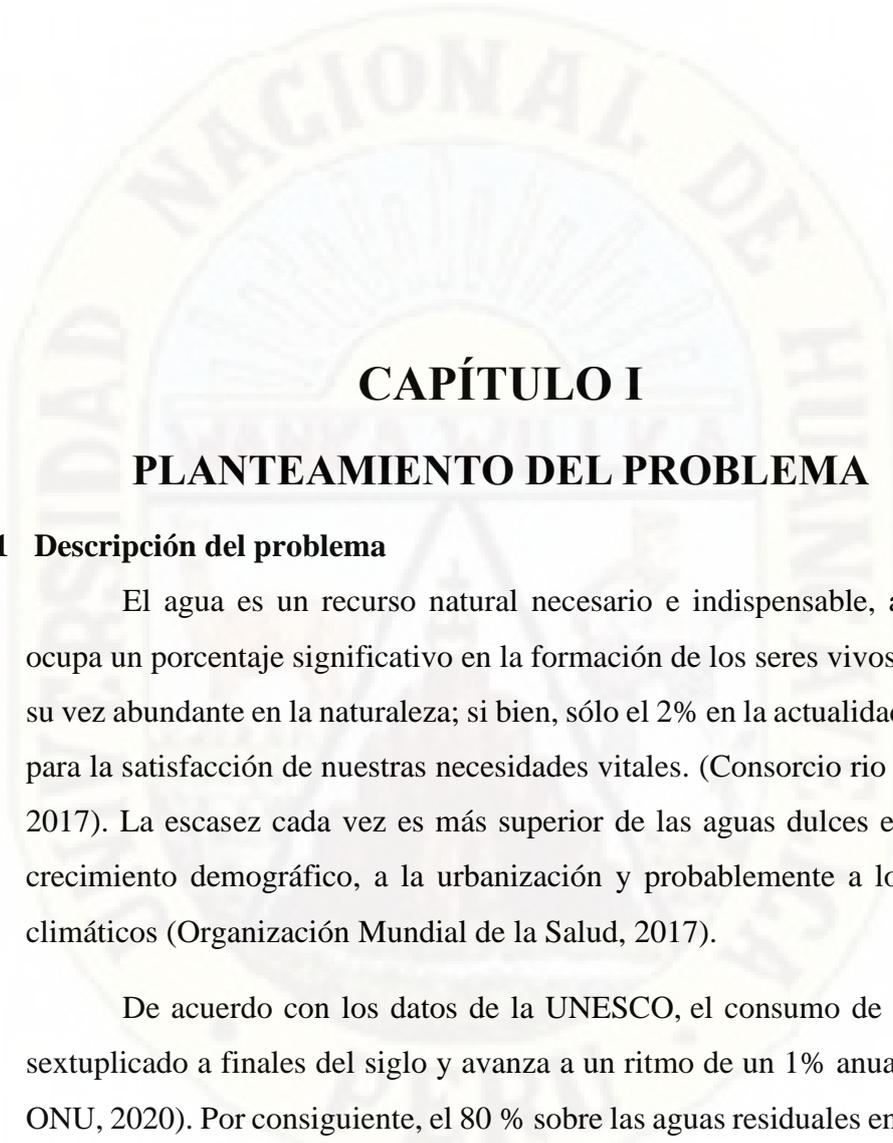


INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación es el problema más importante de la pérdida de la calidad de agua en todo el mundo, esto se debe porque las lagunas, ríos, lagos y el mar sirven como punto de descarga final para el desfogue de las aguas residuales de las diferentes empresas, industrias, minas y domésticas (El Comercio, 2016). Por desgracia la actividad del ser humano, tiene mucho que ver con la contaminación del agua, debido a que este en su afán de desarrollar sus actividades productivas acaba voluntaria o involuntariamente contaminándolo y dificulta su reutilización. Con esta presente investigación se llega a esta problemática de la dispersión de contaminantes de las aguas residuales municipales que acarrea a la afectación de la calidad del río Ichu, en la provincia y departamento de Huancavelica, para ello se aplicará un modelo hidráulico bidimensional. Con el fin de evaluar el nivel de dispersión de contaminación.

El presente proyecto de investigación es comprendido por cuatro capítulos, que a continuación nombramos: capítulo I, planteamiento del problema, donde se describe y formula la idea del problema y se especifica los objetivos trazados de acuerdo a la trascendencia del estudio; el capítulo II, marco teórico, donde se precisa temas correspondientes con el marco teórico conceptual, antecedentes del estudio, las variables de la investigación, las hipótesis y la operacionalización de las variables. Continuando con el capítulo III, materiales y métodos, en el cual se considera aspecto metodológico de la investigación en el que se precisó el tipo, nivel y diseño de investigación, población, técnicas e instrumentos, procedimientos y procesamientos de datos. Y el capítulo IV, aspectos administrativos, en el cual se detalla el cronograma de actividades, el presupuesto y financiamiento. Finalmente, se presenta las referencias bibliográficas y anexos.

El autor.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El agua es un recurso natural necesario e indispensable, así mismo, ocupa un porcentaje significativo en la formación de los seres vivos, estando a su vez abundante en la naturaleza; si bien, sólo el 2% en la actualidad, está apto para la satisfacción de nuestras necesidades vitales. (Consortio rio Locumba , 2017). La escasez cada vez es más superior de las aguas dulces en vista del crecimiento demográfico, a la urbanización y probablemente a los cambios climáticos (Organización Mundial de la Salud, 2017).

De acuerdo con los datos de la UNESCO, el consumo de agua se ha sextuplicado a finales del siglo y avanza a un ritmo de un 1% anual (Noticias ONU, 2020). Por consiguiente, el 80 % sobre las aguas residuales en el mundo, se derrama a las fuentes de agua sin haber recibido un tratamiento apropiado (Banco Mundial, 2020). Vemos que las aguas residuales son un foco de contaminación de contener heces, residuos hospitalarios, pesticidas agrícolas y sustancias químicas potencialmente tóxicas (Alcalde, 2017).La carencia de acceso a tener un agua apta y a los sistemas de higiene y saneamiento básico cuesta la vida cada año a 361.000 niños y niñas menores de cinco años. Considerando la del 80% de las aguas residuales obtenidas por la sociedad,

retornan al ecosistema sin tratamiento anticipado. La ineficiente gestión de estas aguas residuales, ocasiona un impacto muy negativo sobre la salud, la desnutrición y el medio ambiente. Cada 1.800 millones de años las personas están en peligro de contagiarse de enfermedades como diarrea, cólera, disentería o polio, debido al consumo de aguas contaminadas por excrementos (Alcalde, 2017). El Perú es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, lo más resaltante entre los principales impactos se manifiestan en la escasez del agua (Espinoza, 2017). Por lo que más de la mitad de la población aun no cuenta hoy en día de una buena red de alcantarillado y en varios lugares que cuenta con este servicio, aún se vierte directamente a las fuentes de agua e incluso directamente al mar sin un tratamiento que necesariamente se debe de emplear en estas aguas residuales (Pérez, 2017).

Los vertimientos de aguas residuales de procedencia doméstico e industrial que no cuenta con algún tipo de tratamiento, son de igual forma responsables del actual deterioro de la mayoría de los cuerpos de agua. Las aguas residuales se han convertido en una importante fuente de contaminación de los cuerpos de aguas, tanto superficiales como subterráneos. De las 50 Empresas prestadoras de servicio (EPS) de saneamiento que brindan el servicio de alcantarillado, de ellas sólo se brinda cobertura al 69,65% de la población urbana (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

En la región lima los principales ríos que abastecen de agua a Lima Metropolitana son claramente afectados por las descargas realizadas por minería, industrias, actividades agrícolas y desagües domésticos. Particularmente en la cuenca del río Rímac que presenta niveles extremos de contaminación. El Río Rímac, es la fuente principal de abastecimiento de agua para la población de Lima, acoge desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar, cientos litros de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y mineros (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

La realización de monitoreo del río Rímac realizado por la ANA en abril 2012 manifiesta que la actual contaminación del afluente supera por lejos

los niveles internacionales de calidad ambiental. De las muestras recogidas en 22 puntos de la cuenca, se encontraron metales pesados altamente tóxicos y un alto nivel de coliformes fecales. SEDAPAL gasta millones de dólares anualmente en la purificación de esta agua hasta un nivel potable para su distribución a la población de Lima (Aqua fondo, 2015).

Los impactos ambientales generados en el río Ichu no solo tienen consecuencias en la disminución de la calidad paisajista del río, sino de igual modo en poblaciones que consumen el recurso hídrico aguas abajo, la misma problemática reincide en varias ciudades del país; de manera que, es necesaria la intervención del ente rector de los servicios de saneamiento, específicamente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a fin de dar solución del problema ambiental generado por la descarga, sin tratamiento de las aguas residuales a los ríos y demás cuerpos de agua del Perú (Rivera, 2019).

De la igual manera el problema de contaminación dio a conocer por el Diario Correo, de las cuales, en una entrevista realizada en el año 2014, Emapa y el Municipio Provincial de Huancavelica, en el que da conocimiento, desde la antigüedad, el afluente que parte en dos a la ciudad de Huancavelica, era reconocido como la majestuosa serpiente que recorría de suroeste a norte a la Villa Rica de Oropesa. Si bien, los tiempos han cambiado y la grandeza por la que era reconocida se perdió con el tiempo, esto provocada por sus mismos pobladores. El huancavelicano, que también es peruano, está conduciendo a la extinción un recurso natural vital de la región, puesto que los hospitales, centros educativos, centros comerciales, restaurantes, hogares y el mismo ciudadano, todos los días botan sus desechos orgánicos e inorgánicos en el río, y éste admite con resignación la basura. Los niveles de contaminación del río Ichu se han elevado a 57% en los últimos cinco años y seguirá aumentando si no se crea por lo menos una planta de tratamiento de residuos, que alivie el padecimiento del río Ichu (Zaens, 2019).

En mérito a toda la problemática que acarrea la afectación a la calidad del río Ichu, en la provincia y departamento de Huancavelica, se vio la

necesidad de determinar la dispersión de los contaminantes aplicando el modelamiento bidimensional (IBER) identificar a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión del oxígeno disuelto de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021?
- ¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión de la temperatura de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021?
- ¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión de la *E. coli* de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021?

1.3 Objetivo:

1.3.1 Objetivo general

Simular un modelo hidráulico bidimensional para determinar el nivel de dispersión de los parámetros físicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el modelamiento y simulación de oxígeno disuelto del vertimiento de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.
- Determinar el modelamiento y simulación de la temperatura del vertimiento de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.
- Determinar el modelamiento y simulación de la E, coli del vertimiento de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.

1.4 Justificación

El presente proyecto de investigación “modelamiento y simulación de dispersión de contaminantes del vertimiento de aguas residuales del rio Ichu, Huancavelica, 2021”, es importante porque nos dará a conocer cuál es el comportamiento y la dispersión de los contaminantes bioquímicos y microbiológicos, quien comprende como origen las constante descargas de aguas residuales al Rio Ichu, exponiendo a la población a sufrir daños en la salud , a los seres bióticos del rio Ichu las cuales generan pérdidas económicas y sociales, la cual se agrava debido a la actual pandemia que azota nuestro país, es por ello que se ve la necesidad de realizar este estudio que ayude de esta manera a tomar conciencia de la población por ende de esta manera sensibilizar a toda la población, puesto que es una herramienta que nos ayudara a poder modelar los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos, con la finalidad de mejorar los niveles de vida para contribuir al desarrollo social, económico y sostenible.

1.4.1 Justificación científica o teórica

Este proyecto se ejecutó con el objetivo de aportar conocimiento acorde a la aplicación de los modelos matemáticos de simulación hidráulica, los resultados pueden ser sistematizados como base de información para la elaboración de propuestas referentes a la calidad de agua, con la finalidad de ser reconocidos como conocimiento dentro de las ciencias sociales y ambientales para optimizar los niveles de conocimiento sobre el tema. Asimismo, ayudara como aliciente para los estudiantes interesados en realizar investigaciones sobre la calidad del agua del rio Ichu.

1.4.2 Justificación metodológica

El presente proyecto de investigación tiene importancia metodológica, ya que la investigación contribuirá con un nuevo modelo de simulación bidimensional, la cual es un software libre, que sirve para determinar el transporte de contaminantes y de esta forma tomar decisiones para controlar la calidad de agua y sensibilizar a la población.

1.4.3 Justificación social

Este proyecto se realiza por que existe la inquietud de evaluar el comportamiento de contaminantes causadas por aguas residuales. Por lo tanto, los resultados alcanzados del presente proyecto de investigación, constituirá una base de datos para la realización de documento en cuanto a la prevención, mitigación y control de la contaminación. De esta forma solucionamos problemas sociales y económicos de la población de Huancavelica.

La contaminación por aguas residuales en el rio Ichu han generado angustia y preocupación en todos los habitantes, esto no solo porque contamina a los animales del río sino que da mal aspecto creando áreas en mal estado y a causa de esto malos olores y personas contrayendo malestares y enfermedades, es por ello la necesidad de realizar este estudio, ya que tiene una alta relevancia positiva en el aspecto social, pues tiene la finalidad de dar a conocer el comportamiento y la dispersión de los

residuos domésticos para que así deán a conocer el problema generado y puedan tomar conciencia y cambiar los hábitos de día a día por un buen vivir.

1.4.4 Justificación Ambiental

El presente proyecto de investigación tiene como importancia medio ambiental, a causa que el problema que presenta el área de la zona rural de la provincia de Huancavelica especialmente en tema de las aguas residuales vertidas en el río Ichu da como consecuencia la pérdida de especies como la flora y fauna, por ellos el medio ambiente será drásticamente afectado por la pérdida de servicios ecosistémicos ocasionando como la contaminación de suelo y el agua es por ello que la investigación contribuirá a gestionar el riesgo, ya que es de importancia conocer la relación entre la sociedad y la naturaleza esto con la única finalidad de lograr reducir las consecuencias generadas por las aguas residuales vertidas al río Ichu para poder mejorar la integridad ecosistémica y biodiversidad para que garanticen un buen desarrollo sostenible.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedente Internacional

Según Montelongo et.al. (2017), en su proyecto denominado modelación de la calidad de agua del río Tula, estado de Hidalgo, México, evaluó durante dos años, considerando una longitud de 50 km en 4 zonas y 35 sitios de muestreo. Los valores de DBO variaron desde 1.16 hasta 486.81 mg O₂/L; el oxígeno disuelto entre 1.52 y 5.82 mg/L, esto implica afectación para el desarrollo de la vida acuática. La alcalinidad rebasó el criterio ecológico de calidad como fuente de agua potable con valor de 458.01 mg/L. Las grasas presentaron variaciones desde 0.9 mg/L hasta 18.1 mg/L y el nitrógeno amoniacal fuera de los límites establecidos para protección de la vida acuática con valores desde 0.09 a 64 mg/L; los nitratos (6.24 mg/L) y nitritos (0.5-1.304 mg/L) rebasan el criterio ecológico. Los metales cadmio, plomo, hierro, manganeso y zinc están en concentraciones por encima de lo permisible y en algunos tramos se reportó presencia de mercurio. Los coniformes fecales fueron detectados en valores desde 2.1 x10⁴ hasta 2.40 x10¹¹ NMP/100 ml. En general la toxicidad en las descargas de aguas residuales demostró que todas se presentan de moderada a alta. Solamente tres estaciones de monitoreo (19 %) con excelente calidad, DBO₅ menores o iguales a 3 mg/L, lo que se considera como agua no contaminada por materia orgánica biodegradable. Para la determinación del caudal ecológico del río Tula, se tomaron en cuenta los registros hidrométricos del periodo 1993-2004. Se muestran los resultados promedios de los caudales ecológicos. De acuerdo con los resultados se presentan los valores más pequeños

del caudal ecológico en los meses de diciembre a febrero. Por su parte los valores del gasto ecológico igualmente presentan sus mínimos en los meses diciembre a marzo. Los valores de DBO variaron desde 1.16 a 486.81 mg O₂/L; el oxígeno disuelto entre 1.52 y 5.82 mg/L, esto implica afectación para el desarrollo de la vida acuática en el río. Las medidas de tendencia central presentaron una diferencia considerable entre las estaciones de monitoreo, una desviación estándar de 128.15, muy elevada; se concluye que los valores centrales no son representativos de la distribución, lo cual es consistente, ya que los datos de DBO corresponden a 35 sitios de muestreo de cargas muy variables. Por lo anterior se deriva que, si bien existen muchos sitios muy contaminados, también se encontraron sitios con excelente calidad, con respecto a la materia orgánica biodegradable.

Según Colis,et.al.(2011),en su revista científica evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro se estudio el nivel de contaminación del río y la probable infiltración de contaminantes al acuífero del Valle de Aguascalientes, se tomaron muestras de agua y sedimentos de 50 sitios seleccionados a lo largo del río. Se evaluaron además 17 pozos aledaños al río (a menos de 300 m). Se realizaron dos campañas de muestreo, una en temporada de sequía y otra posterior a las lluvias. Se determinó pH, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, P-total, N-total, fenoles, anilinas, detergentes (SAAM), coliformes fecales y metales pesados (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb y Zn). El agua del río San Pedro presentó elevadas concentraciones de materia orgánica, P-total, N-total, detergentes y coliformes fecales. Algunos sitios mostraron contaminación moderada por Al y Fe. De acuerdo con los criterios de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos, todos los sedimentos presentaron contaminación por As; el 50 % de los mismos por Pb y Zn, el 25 % con Cu y aproximadamente el 13 % con Mn y Cr. Tres sedimentos presentaron contaminación moderada por Fe y otros tres por Hg. Los resultados obtenidos en los pozos de agua no mostraron evidencia concluyente de contaminación del acuífero por aguas superficiales.

Marcos et.al. (2015), en su estudio, Se ha empleado el modelo digital de elevaciones de la zona, generado para los estudios correspondientes al Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables en la cuenca del Duero. En este

sentido, se realizó un vuelo LIDAR del que se obtuvo una malla regular de dos puntos por metro cuadrado, con una precisión altimétrica de 15 cm. En primer lugar, se decidió evaluar las pérdidas de carga localizadas en los puentes existentes en el tramo, mediante una modelización complementaria con el programa HEC-RAS v.4.1.0. Se ha de señalar que el modelo IBER permite introducir los puentes como combinación de vertedero y compuerta, o bien especificando el valor del coeficiente de pérdidas localizadas. En cuanto a las pilas, pueden incorporarse a la malla de cálculo. Por ello, en primer lugar, se consideró más sencillo realizar una simulación inicial con HEC-RAS, que permite definir las secciones de los puentes mediante coordenadas, a fin de ver la influencia real que iban a tener en la simulación. Asimismo, se emplearon las secciones cortadas a partir del Modelo Digital del Terreno para analizar la definición del cauce.

Fornica et,al.(2015), en su trabajo aplicó un software denominado QUAL2Kw en cuencas hídricas de montaña con impacto antrópico en la provincia de Córdoba, Argentina. Las cuencas de los ríos Ceballos y Salsipuedes drenan la ladera oriental de la Sierra Chica de Córdoba y constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y recreación en las ciudades de la zona. En esta región el desarrollo urbano se ha incrementado notablemente durante los últimos años impactando directamente en la calidad de los recursos hídricos. Elevadas concentraciones de sulfatos, cloruros, sodio, nitratos, fósforo y bacterias coliformes totales y fecales fueron determinadas en las zonas más urbanizadas de la región, evidenciando la clara influencia antrópica sobre el medio natural. El empleo del programa de modelado de calidad de agua QUAL2Kw permitió evaluar cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de las variables hidro químicas mencionadas, atribuidas principalmente a descargas difusas de origen antrópico. Lo anterior logró poner en evidencia la potencialidad del programa para la gestión integrada de ríos en ambientes de montaña. De las que El agua de los ríos Ceballos y Salsipuedes presenta pH variable entre 7.6 y 8.6 y valores de STD entre 130 y 473 mg/L, con menores concentraciones en los afluentes y mayores concentraciones aguas abajo. La composición química del agua tiene como fuente natural la meteorización química de los aluminosilicatos de las rocas del basamento

y la disolución del CaCO_3 presente en mármoles y sedimentos en la región. El aumento de las concentraciones de Cl^- , NO_3^- , FT, CT y CF después de atravesar las áreas urbanas evidencia la influencia antrópica sobre el medio natural. Los valores medidos de NO_3 y patógenos (CT y CF) exceden a los legislados respecto al uso del agua para recreación y como fuente para consumo humano en el río Ceballos, mientras que en el río Salsipuedes ambos valores se mantuvieron dentro de los límites.

García y Ruiz (2018), en su trabajo de investigación realizó un modelamiento hidrodinámico y de calidad del agua en dos dimensiones del cuerpo hídrico léntico zona sur del humedal capellania, localidad de fontibon, bogotá d.c. Colombia el cual con la información que Iber dio para cada uno de los periodos de retorno se decidió realizar un análisis de comportamiento para los parámetros por separado, y así identificar las fluctuaciones y las incidencias de la hidrodinámica en el comportamiento de la calidad de agua en general. La contaminación que existe se debe a los desechos domésticos e industriales que están en la zona aledaña al Humedal Capellanía, debido a que agotan la cantidad de oxígeno en el agua, ya que como se ha especificado la materia orgánica requiere de este parámetro (oxígeno) para su descomposición, resaltando que un exceso de materia orgánica agota el oxígeno en el agua y por lo tanto el agua tendría características como color turbio y grisáceo con olores bastante fuertes y como efecto adverso una baja diversidad de organismos acuáticos, plantas y bacterias aerobias y para este escenario de 10 años la presencia de E. coli y su concentración se ve determinada por las áreas coloreadas azules, donde persisten los valores entre los 500000 y 600000 ufc/100 mL (NMP/100 mL) lo que representa según la clasificación RAS 2000 aguas muy deficientes (por encima de los 5000 NMP/100 mL). Hay una alta concentración de coliformes, superiores al valor máximo admisible al igual que en el escenario de 10 años, estos valores de 597600 NMP/100 mL y 638670 NMP/100 mL son los que predominan y se extienden a lo largo del ecosistema. Concluyendo que, como ha sucedido con los demás escenarios de este parámetro, los coliformes no cumplirían con ningún valor máximo permisible de la normativa como se evidencia a continuación.

2.1.2 Antecedente Nacional

Según Chávez, et.al.(2017), los cambios en las actividades humanas en el distrito de Molino pampa han repercutido negativamente en la calidad del río Ventilla, el cual atraviesa el propio distrito. La presente investigación se centró en el estudio de los parámetros microbiológicos (bacteriológicos), tales como coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), Escherichiacoli (EC), y enterococos fecales (EF). Se establecieron tres puntos de muestreo, realizando tres repeticiones del análisis del agua en cada punto. Los resultados arrojaron la presencia de grandes concentraciones de estas bacterias en el agua, provocadas por la descarga de las aguas residuales de la laguna de oxidación de dicha localidad, el pastoreo y el consecuente vertido de desechos fecales del propio ganado vacuno en las riberas del río, a lo largo de las tres estaciones de muestreo.

Leoncio & Gloria (2019), mencionan que es el caso del lago Junín o Chinchicocha, donde en época de lluvia es 57.7 de acuerdo a la escala de clasificación, es agua de calidad media; mientras que, en época de estiaje el INSF es de 50 aproximando. Se localizó dentro del rango de 26-50, por lo tanto, el agua es de mala calidad, El INSF de las aguas del lago en áreas de vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Junín en época de lluvia es de 60.32 de acuerdo a la escala de clasificación de calidad de agua, es agua de calidad media. Sin embargo, en la época de estiaje el INSF es de 47.62 se encuentra dentro del rango de 26-50, el agua es de mala calidad. El índice NSF de las aguas del lago en áreas de vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Carhuamayo en época de lluvia es de 60.06 mg L de acuerdo a la escala de clasificación, es agua de calidad media; sin embargo, en época de estiaje el índice NSF es de 48.6 mg L se encuentra dentro del rango de 26-50, el agua es de mala calidad.

Según Estela (2017), en la presente investigación titulada Niveles de contaminación de las Aguas Residuales del Centro Poblado Huaca Blanca y su efecto en la Calidad del Agua del Rio Chancay se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados a las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca, denominado punto 2, en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, concluyendo los análisis de temperatura °C se encuentra dentro del LMP, sin

embargo en los análisis de DBO, DQO y Coliformes Termo tolerantes superan el LMP. De las cuales se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos a la calidad del agua del Rio Chancay, en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, en 2 puntos de muestro, Punto 1: Aguas arriba de la desembocadura de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca, pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional ECA A2, sin embargo en el Punto 3: Aguas abajo de la desembocadura de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca, se concluye que dichas aguas con respecto a los análisis de Cloruros en mg/L y Conductividad en uS/cm se encuentran dentro del ECA, por otro lado en los demás análisis sobrepasan los ECA A1, ECA A2, sin embargo se encuentra por debajo del ECA A3. Y también Se concluye que a raíz de los resultados obtenidos de los diferentes análisis en 3 Puntos de muestreo en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, con respecto al Punto 1 ubicado 100 metros antes de la desembocadura de las aguas residuales del Centro Poblado Huaca Blanca, esta agua se puede utilizar para Consumo Humano previo tratamiento convencional, sin embargo se pueden utilizar para Riego de Vegetales y Bebida de Animales; en el Punto 2, en el cual se evaluaron las aguas residuales provenientes de dicho Centro Poblado las cuales excedieron en los diferentes parámetros establecidos en los Límites Máximos Permisibles, con respecto al Punto 3, el cual está ubicado 100 metros aguas debajo de la desembocadura de las aguas residuales, se concluye que en la mayoría de los parámetros analizados exceden los ECA, no obstante con un Tratamiento Avanzado el agua puede ser utilizado para Consumo Humano, Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Loayza & Cano (2015), señala que los problema por aguas residuales en ríos no es ajeno a nuestra realidad, en la ciudad de Huancayo se tiene el río Shullcas, que pasa por el centro de la ciudad, las aguas de este río son contaminadas por el desarrollo de diversas actividades tales como: la ganadería, la piscicultura, las domesticas e industriales a lo largo de su recorrido por lo que se realizó estudios donde que se tomaron diferentes sectores para la obtención de resultados por ello .En el sector alto de la subcuenca caracterizado por el desarrollo de la actividad ganadera, los valores registrados de parámetros físicos fueron: la temperatura del

agua oscila entre 10,78 °C a 10,98 °C; el potencial de hidrógeno entre 7,7 Und. pH y 6.63 Und. pH; el oxígeno disuelto del agua oscila entre 6.73 mG/L y 6.69 mG/L; la conductividad eléctrica de 95.33 mS/Cm a 178.1 mS/Cm y la turbidez de 2,25 UNT a 8,97 UNT. Todos estos parámetros se encuentran por debajo de los valores del ECA – agua categoría 1- A2 (consumo humano con tratamiento convencional). En los parámetros físicos-químicos los sólidos totales disueltos en el agua oscilan de 117,80 a 82,57 mG/L; los sólidos totales suspendidos varían de 57.67 y en PM02: 66,67 mG/L; los sólidos totales de 175,47 a 149,23 mG/L; la demanda bioquímica de oxígeno de 2 a 3 mG/L y la demanda química de oxígeno de 8 mG/L a 10,03 mG/L estos parámetros se encuentran debajo de los valores del ECA agua categoría 1 –A2. En cuanto a los parámetros de Coliformes fecales y E. coli, en los dos puntos de muestreo se registraron <1; por lo tanto, la calidad de esta agua es apta para consumo humano puesto que no se ve afectada por influencia de la actividad ganadera. Por otra parte, en el sector medio de la subcuenca registraron valores de temperatura del agua de 10,93 °C a 11,32 °C; el potencial de hidrógeno de 7,8 a 8,3 Und. pH; el oxígeno disuelto de 6,55 a 6,31 mG/L; la conductividad eléctrica resultó de 152,9 a 167,86 mS/Cm; la turbidez de 23,32 a 33,97 UNT. Mientras que los parámetros físicos-químicos registraron valores en sólidos totales disueltos de 68,12 a 86,23 mG/L; la demanda bioquímica de oxígeno de 4 a 8,8 mG/L; la demanda química de oxígeno de 12,017 a 20,38 mG/L, los sólidos totales suspendidos de 90,67 a 144,67 mG/L; mientras que los sólidos totales de 158,79 mG/L a 230,9 mG/L. Los Coliformes fecales registra en PM03: <1 y en PM04: 1000 NMP/100mL, mientras que E. coli en PM03: <1 y en PM04: <1 NMP/100mL, este sector caracterizado por la actividad piscícola no sobrepasa el ECA agua categoría 1 – A2 y categoría 3, la actividad piscícola no afecta en gran medida la calidad de agua del río shullcas.

Puerta (2018), en el trabajo de determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga a través de los Ica-Pe Al evaluar los 9 parámetros de calidad de agua en las tres estaciones de monitoreo, durante el periodo octubre – diciembre del 2018, se obtuvo los siguientes resultados: el pH presentó una variación entre un mínimo de 6.6 y un máximo de 7.88, la temperatura

del agua oscila entre 24.5°C y 26.4°C, los valores de conductividad van desde 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 312 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el oxígeno disuelto varía entre 6.28mg/L y 7.04 mg/L, la DBO5 mostró valores inferiores a <2.60, mientras que la concentración de Sólidos Totales en Suspensión alcanzó un valor máximo de 2890 mg/L en la estación Rhual1, y un mínimo de 29 mg/L en la estación Rmayo1 durante el tercer monitoreo, las concentraciones de Nitratos son mínimas con valores de 0.062 mg/L a 0.994 mg/L, el Fosforo Total varía entre un valor máximo de 0.503 y un valor mínimo de 0.115 mg/L, finalmente se verificó que la mayor concentración de Coliformes termo tolerantes se presenta en el río Mayo, estación Rmayo1, durante el segundo monitoreo, con un valor de 16000 NMP/100ml, seguido del río Huallaga antes de su confluencia con el río Mayo, estación Rhual1, con 5400 NMP/100ml y 1400 NMP/100ml para la estación Rhual2, después de su confluencia con el río Mayo; valores que son característicos al inicio de la temporada húmeda, con un progresivo incremento de las precipitaciones en la zona. Mediante la aplicación de la metodología del ICA-PE, se conoció la calidad de agua en las tres estaciones de monitoreo, de los cuales el río Mayo (estación Rmayo1), presentó menor valor que las estaciones ubicadas en el río Huallaga, alcanzando un 71.84 y una calificación de calidad regular respecto a los parámetros evaluados, indicando que la calidad del agua ocasionalmente es amenazada o dañada, alejándose de los valores deseables y muchos de los usos necesitan un tratamiento, esto debido tiene menos volumen de agua y en su recorrido antes de su desembocadura, se encuentra más próximo a densidades poblacionales, lo que incrementa el uso del agua y por consiguiente los vertidos urbanos, causando así el deterioro de la calidad del agua alejándola de los valores deseables; Por otro lado el río Huallaga presentó calidad buena en las dos estaciones de monitoreo, Rhual1 y Rhual2, con valores de 83.05 y 86.74 respectivamente; alejándose un poco de la calidad natural del agua y las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud, sin embargo los valores presentados nos muestran que los ríos evaluados a pesar de la influencia que ejerce el ser humano sobre los mismos todavía mantienen una alta capacidad de autodepuración de sus aguas.

2.1.3 Antecedente Regional y local

Belito (2018), en el trabajo realizado modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica cuyo objetivo específico de contribuir en la manejo y evacuación adecuado del Servicio de alcantarillado sanitario en el barrio de San Cristóbal de la ciudad de Huancavelica, cuyos resultados permitirán además elaborar y proponer para futuro un planta de tratamiento de aguas residuales, así también un plan estratégico para su recuperación y preservación del río Ichu. Y como objetivo general es realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica. La cual tuvo como resultados según la distribución de los caudales de diseño en la red de alcantarillado sanitario se tiene como mínimo un caudal de $Q_{min}=0.0170L/s$ con respecto a los buzones de arranque. Pero el RNE.OS.070 (Redes de Aguas Residuales) indica que el valor mínimo de caudal a considerarse será de $Q=1.5L/s$. Lo cual aún no se cumple con el indicador caudal y los parámetros obtenidos del modelamiento hidráulico como caudales, velocidades, tensión tractiva, diámetros, relación tirante/diámetro y profundidades de las cámaras de inspección, cumplen con las condiciones indicadas el RNE.OS.070 de Redes de Aguas Residuales. Como también las redes de alcantarillado sanitario en el barrio de San Cristóbal actualmente tienen un funcionamiento deficiente, con respecto a las estructuras, por lo cual es necesario que se intervengan este servicio básico urgentemente.

Misaico (2014), realizó Modelamiento Hidráulico con un modelo comercial, como es el HEC RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) en un intento de aplicar un modelo unidimensional con su variante cuasi bidimensional a las características fisiográficas de la sierra, en el tramo de la ciudad de Lircay - Angaraes - Huancavelica de pendiente moderada muy característico de ríos que atraviesan el casco urbano de una ciudad de las cuales. Donde se tomaron secciones transversales cada 50.00 mt, partiendo del Puente colgante camino a Huayllay Grande, tomando una distancia total de 1,000 mt, hasta el puente del cruce del puente con la trocha carrozable al Distrito de Anchonga. La temperatura media

anual en la zona del proyecto, varía entre los 6.65-10.62 4 C, con esta temperatura se tiene que la viscosidad del agua es la siguiente: Viscosidad Dinámica: $u = 1.005 \times 10^{-3}$ N seg/m² Viscosidad Cinemática: $v = 10.07 \times 10^{-7}$ m²/seg y para el Modelamiento hidráulico se realizó utilizando los caudales máximos para diferentes periodos de retomo, así como las secciones hidráulicas medidas durante el levantamiento topográfico que cubrieron la longitud del cauce del río Lircay que comprende la ciudad de Huancavelica. Para ello se tomaron dos caudales se muestran las características hidráulicas encontradas en las secciones del cauce del río Lircay para Tr = 25, Tr = 50, Tr = 100 y Tr = 200 años respectivamente.

Castro y Ochoa, (2020), en su investigación: **caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua superficial del río Ichu en zonas adyacentes al distrito de Huancavelica y Ascensión, 2020**, evaluaron la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua superficial del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica y Ascensión – 2020. De las cuales se establecieron 6 puntos de recolección de las muestras tomada del agua del río Ichu esto con respecto a los distintos usos que tiene durante su recorrido con 3 repeticiones. Estos se hicieron básicamente geo referenciados mientras que la toma de muestras consistió en el uso de frascos de vidrio esterilizados, el recipiente se enjuagó con agua de la misma fuente y seguidamente se sumergió en forma inclinada en un ángulo de 30° y a una altura 20 cm de profundidad para luego posteriormente se trasladó al laboratorio. Por lo que se determinó los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos dentro de estos resultados, la temperatura está entre 14 a 18 °C, el pH se encuentra dentro de los límites permisibles 6.5 – 8.5 unidad de pH, los sólidos totales disueltos no superan el máximo límite de 1000 mg/L, el oxígeno disuelto se encuentra dentro de ≥ 6 mg/L pero a medida que baja a las zonas urbanas del río Ichu, baja ligeramente dentro del límite, la demanda bioquímica de oxígeno supera el máximo límite de 3 mg/L y la turbidez supera el máximo límite de 5 Unidad de Nefelométrica de Turbiedad (UNT). Dentro de los parámetros químicos los nitratos se pueden observar que en el punto PM-1 se encuentra dentro de los límites de 10 mg/L N, pero en los puntos indicados que se encuentran dentro de la ciudad superan los límites permisibles y los fosfatos supera el máximo límite de 0.1 mg/L P. Dentro

del parámetro biológico los coliformes fecales se encuentra elevados; por lo que se concluye que superan algunos parámetros los ECAs para agua en la categoría 1; poblacional y recreacional (A1) aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

García (2020), en su investigación determinó la percepción si las aguas residuales y los residuos sólidos urbanos, inciden en la contaminación del río Ichu en sus propiedades físicas, químicas y biológicas de la localidad de Huancavelica. Este tipo de investigación es básica. El nivel de la investigación es descriptivo. Se utilizó el método científico. El diseño de investigación realizado es descriptivo correlacional. En la presente investigación se tuvo como población a 15.270 habitantes que viven aledaños al río Ichu con un tamaño de muestra de 149 habitantes. El resultado muestra que el nivel de incidencia es moderado, es decir, el valor numérico 0,563 indica una dependencia parcial entre las dos variables. Se vio que la incidencia es directa, porque el valor numérico mencionado tiene signo positivo, lo que demuestra que, cuando las aguas residuales y los residuos sólidos urbanos aumentan, la contaminación del río Ichu también aumenta en proporción constante, con un nivel de significancia menor a 0,05 ($0,000 < 0,05$). Por lo tanto, al ser el p-valor significativo concluimos que existe incidencia entre las variables de estudio; se acepta la hipótesis alterna con un nivel de confianza del 95%. Como conclusión principal se ha determinado a través de la investigación que la contaminación del río Ichu en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, incide de manera positiva y moderada con las aguas residuales y residuos sólidos urbanos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Teoría de la metafísica del agua

Aristóteles (384-322 a. C.) presentó por primera vez un concepto de la metafísica como una ciencia completamente basada en la (ontología) que acaba en el conocimiento de la causa última del universo (teología). Este pensamiento ontológico de la disciplina filosófica más alta es la que comienza en la obra aristotélica que conocemos como su Metafísica y la que, con diversas variantes, prevaleció en el pensamiento occidental hasta Kant. (Gómez, 1989).

Aristóteles detalla tal cual la teoría de Mileto sobre el agua como principio de la Naturaleza:

En su mayoría de los primeros filósofos consideró que los principios de todas las cosas eran solo los que tienen aspecto material. Por tanto, al número y a la forma de tal principio, no todos expresan lo mismo, sino que Tales, el iniciador de este tipo de filosofía, nos dice que es el agua, por lo que también afirmo que la tierra está sobre el agua. proyecto tal vez esta suposición por ver que el alimento de todas las cosas es húmedo y porque de lo húmedo nace del propio calor y por él vive. Y es por ello que lo que nacen es el principio de todas las cosas. Por eso concibió tal suposición, además de porque las semillas de todas las cosas tienen naturaleza húmeda y el agua es el principio de la naturaleza para las cosas húmedas (Fuente, 2012).

2.2.2 Teoría del agua como principio de todas las cosas

El agua es el principio de todo cuanto existe. Es el elemento primero. Todo es agua. Esa era el principio de las teorías de Tales de Mileto, considerado como el primer filósofo de la Historia, puesto que estableció la investigación racional sobre el origen del universo y la naturaleza que hasta entonces los griegos mencionaban en un conjunto de mitos y leyendas (Fuente, 2012).

Tales de Mileto fue el primero en proponer la naturaleza última del mundo, concebida sobre la base de un primer y último elemento: el agua. Para Tales de Mileto el agua es el elemento primero de todas las cosas que existen, lo que dio comienzo al universo, una noción que los griegos llamaban arjé (del griego ἀρχή, fuente, principio u origen). Creando así, quizá, la primera teoría occidental sobre el mundo físico (Fuente, 2012).

Fuente (2012), en relación a lo mencionado por Herschel de acuerdo al origen de la tierra que toda el agua que hay en nuestro planeta se formó en la más tierna infancia de la Tierra, hace unos 2500 millones de años. En la actualidad el agua puede cambiar de fase como cuando se evapora de los océanos, o de sitio con los cambios climáticos, pero la cantidad total permanece prácticamente constante (Fuente, 2012).

2.2.3 Fuentes de aguas residuales

Las AR están compuestas por las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las tuberías y son transportadas mediante los sistemas de alcantarillado.

En general, se consideran aguas residuales domesticas (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denomina aguas residuales municipales (ARM) los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal; y se llaman aguas residuales industriales (ARI) las AR provenientes de las descargas de industrias de manufactura. También se acostumbra a denominar aguas negras de las AR provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógenos y coliformes fecales. Y aguas grises a las AR provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de Demanda de Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos en Suspendidos (SS) fósforo, grasas y coliformes fecales (Romero, 2016).

2.2.4 Parámetros para medir la calidad de las AR

Las mediciones cuantitativas más importantes para la práctica de la ingeniería. En el campo de la ingeniería Sanitaria y Ambiental han quedado atrás las épocas en las que se describía el agua simplemente como turbia, cristalina, etc. ya que se han desarrollado diversas técnicas para medir la calidad de las aguas residuales.

Cualquier problema relacionado con la Ingeniería Sanitaria y Ambiental debe ser definido inicialmente por medio de los métodos analíticos que se desarrollan en el laboratorio o en el campo. Estos resultados son la base de todo diseño y control posterior, una vez las obras estén en operación.

Tabla 1: Parámetros para caracterización de AR

PARAMETROS	IMPORTANCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES
Turbiedad	Indica la calidad de las aguas vertidas o naturales en relación con la materia coloidal y residuos en suspensión.
Temperatura	Influye tanto en el desarrollo de la vida acuática, como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción.
Color	Indica la edad de las aguas residuales.
Olor	Indica la descomposición de la MO y ayuda a evaluar la calidad de agua.
Solidos	Su presencia afecta directamente la calidad de todo lo que se produce en el sistema de tratamiento. Los diferentes tipos de solidos son los siguientes: solidos totales (ST), solidos volátiles (SV), solidos suspendidos (SS), solidos suspendidos volátiles (SSV), solidos disueltos (SD).
Oxígeno Disuelto	Determina si los cambios biológicos en las AR sin llevados a cabo por organismos aeróbicos. En uno de los ensayos más importantes es para medir la calidad de una corriente de agua, además de ser básico en la determinación de DBO.
DBO	Indica la cantidad de oxígeno, utilizado por los microorganismos en la estabilización de la MO biodegradable, bajo condiciones aeróbicas.
DQO	Determina el contenido de MO de las AR, oxidando casi completamente todos los compuestos orgánicos de CO ₂ y agua.
Nitrógeno	Es necesario para evaluar la tratabilidad de las AR por tratamientos biológicos.
Fosforo	Es de importancia secundaria en la mayor parte de las aguas residuales domesticas ARD, pero puede ser vital en residuos industriales y en los de AR.
Acides	Condición del agua para disminuir el pH por debajo de 7

Alcalinidad	Indica la cantidad de cambios que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido.
Metales Pesados	Son indispensables para el normal desarrollo de la vida biológica, en bajas concentraciones pueden perjudicar a los seres vivos y bioacumularse.

Fuente: (Romero, Jairo A. 2015)

2.2.5 Origen y características de las aguas residuales

Actualmente, la humanidad en todos los niveles viene mostrando una creciente preocupación por la conservación del entorno. Algunos mercados europeos han bloqueado su dinámica transnacional a muchas industrias contaminadoras, obligándolos a adoptar estrategias o políticas de producción más limpia (PML), buenas prácticas de manufactura (BPM) y mejores tecnologías disponibles (BTA, por sus siglas en ingles), entre otras medidas enmarcadas en Planes de Mejoramiento Continuo y de Responsabilidad Socioambiental Empresarial.

A. Contaminación hídrica

Desafortunadamente, las aguas residuales al igual que los residuos sólidos son un producto inevitable de la actividad humana. Antiguamente, diferentes civilizaciones usaron la capacidad de autodepuración de las aguas. Sin embargo, la densificación actual de las ciudades y el crecimiento poblacional e industrial, entre otros aspectos, ha ocasionado que esta capacidad limitada de auto purificación del agua haya sido excedida. Por esta razón, se hace necesario asistir a la naturaleza mediante la instalación de plantas de tratamiento de las aguas residuales. Se considera como contaminación hídrica, la presencia de formas de energía, elementos compuestos (orgánicos o inorgánicos) que, disueltos, dispersos o suspendidos tienen una concentración tal que limita cualquier tipo de uso ya sea para consumo humano, uso agrícola, pecuario, industrial, recreativo, etc.

B. Origen de las aguas residuales

Las aguas residuales tienen diversos orígenes que determinan sus diferentes características, las cuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Agua Residual Domestica (ARD): vienen a ser los residuos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales. Además, estas se subdividen en:
 - ✓ Aguas negras: son las aguas que trasportan heces y orina, provenientes del inodoro.
 - ✓ Aguas grises: son las aguas jabonosas que también pueden contener grasas, provenientes de las duchas, tinas, lavaplatos, lavamanos, lavadora y lavadero.
- Agua Residual Municipal o Urbana (ARU): son los residuos líquidos de un conglomerado urbano; esta incluye actividades domésticas e industriales y son transportadas por una red de alcantarillado.
- Agua Residual Industrial (ARI): son los residuos líquidos provenientes de procesos productivos industriales, que incluso pueden tener origen agrícola o pecuario.

2.3 Bases conceptuales

2.3.1 Importancia del agua

El agua viene a ser el elemento más divulgado y abundante en nuestro planeta Tierra. En consecuencia, se nombra al agua como "el solvente universal" y llega a ser un curioso caso de sustancia que viene a estar omnipresente en nuestro alrededor, en sus tres formas físicas: gas, líquido y sólido. Viene a ser el complemento integrante de la mayor cantidad de los seres vivos, tanto vegetales como también animales (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente , 2006).

2.3.2 Calidad de agua superficial

La calidad de agua se relaciona a las características físicas, químicas y biológicas de los cursos y cuerpos de aguas superficiales y subterráneos. La alteración de estas características afecta la capacidad del agua para mantener tanto

a las comunidades humanas como a la vida vegetal y animal (The Commission for Environmental Cooperation, 2008).

El agua cumple la función de transporte de nutrientes en la dinámica de los bosques amazónicos y la alteración de su calidad está relacionada principalmente a la potencial existencia de contaminantes en su composición y el aumento de la turbidez. Una acción determinada afecta la calidad del agua cuando modifica su composición incorporando elementos que resultan contaminantes, por ende, perjudicar por tanto a otros componentes ambientales (como la biota acuática y las comunidades locales que la consumen) (Domus Consultoria Ambiental, 2011).

Por lo que encontramos alteración de sabor, color y olor en el agua superficial son a causa de modificaciones en el medio ambiente que son producidos por el deterioro y la modificación de las características naturales del agua, como puede ser concentraciones de mayor cantidad de ciertos parámetros, la eutrofización de embalses o la alteración de las aguas subterráneas (Pérez, 2017).

Los primeros causantes de aquellos efectos se encuentran vinculados a la actividad humana, y las más importantes son las siguientes:

- Uso minero
- Uso industrial
- Uso pecuario
- Uso poblacional: desagües

2.3.3 Contaminación de las aguas superficiales

La contaminación del agua es la acumulación de diferentes sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) por lo que va alterando la calidad del agua (Galarza, 2016).

Los parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una corriente de agua, al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, y al ambiente. Su cumplimiento es importante legalmente por la respectiva autoridad competente (Galarza, 2016).

La contaminación del agua ha aumentado en los últimos años y de igual forma ha decrecido la calidad de varios depósitos de agua que son ocasionados por las termoeléctricas. El aumento en la actividad industrial ha incrementado la

polución de las aguas de la superficie terrestre y está contaminando cada día los depósitos de agua subterráneas. Para determinar la contaminación de las aguas se usa la medición de la demanda bioquímica de oxígeno o DBO, verificándose la cantidad de oxígeno en un volumen unitario de agua durante el proceso biológico de la degradación de la materia orgánica. La contaminación de las aguas provoca efectos como la distorsión de los ecosistemas, las fuentes de alimento y la belleza natural (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.1 Tipos de Contaminantes

La contaminación de las aguas puede provenir de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre (Aréstegui, 2019).

2.3.3.2 Contaminación Natural

En algunos casos la fuente de contaminación del agua es naturales, por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos (Barba, 2002), contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con diferentes otros productos, generalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy específicos (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.3 Contaminación Antropogénica

Se almacena en zonas exactas o puntual, por ejemplo, zonas de vertido de aguas residuales, industriales y domésticas, siendo esta muchas veces más peligrosa que la contaminación natural (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.4 Industria

Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos, frecuentemente en los países desarrollados ya que muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es

muy importante. El sector industrial, construcción, minería, energía, las sustancias contaminantes principales son sólidos en suspensión, los radicales ácidos y alcalinos, metales pesados, materia orgánica, etc. (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.5 Vertidos Urbanos

La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrasa todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, sales, ácidos, etc.) (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.6 Navegación

Produce diferentes variedades de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los derrames de petróleo, ya sean accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos. Convenios como el Marpol (Disminución de la polución marina procedente de tierra) de 1974 y actualizado en 1986 y otros, han impulsado una serie de medidas para frenar este tipo de contaminación (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.7 Contaminantes Biológicos

En los diferentes países con vías de desarrollo las enfermedades producidas por microorganismos patógenos son uno de los motivos más frecuentes de muerte prematura, sobre todo de niños. Generalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. El agua de consumo humano según la OMS (Organización Mundial de la Salud) debe presentar cero colonias de coliformes por cada 100 ml de agua (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.8 Contaminantes Químicos

Como contaminantes químicos están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Por ende, en cantidades altas pueden generar graves daños a los seres vivos, por ello se disminuye los rendimientos agrícolas. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se detectan en cantidades

excesiva inducen el crecimiento desmedido de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas, cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.3.9 Contaminantes Físicos

Las sustancias radiactivas como isótopos radiactivos solubles alcanzan a estar presentes en el agua y, por lo que, se pueden ir acumulando al largo de las cadenas tróficas, obteniendo concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua. La contaminación térmica en el agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (Barba, 2002) citado por (Aréstegui, 2019).

2.3.4 Monitoreo de agua

El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberá ser realizado por un equipo de personas con conocimiento sobre la toma de muestras, preservación, transporte (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.3.4.1 Tipos de muestras de agua

Las muestras de agua pueden clasificarse en los siguientes tipos:

➤ Muestra simple o puntual

Consiste en la toma de una porción de agua en un cierto punto o lugar determinado para luego dar un análisis individual. Se presenta las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancia particulares en el instante en el que se realizó su recolección (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

➤ Muestra compuesta

Es el resultado de la mezcla homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas, pueden ser de volumen fijo o de volumen proporcional, dependiendo del intervalo del muestreo y el volumen de cada muestra simple que lo conforma. Este tipo de

muestras se emplea cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo. Son generalmente usadas para la caracterización de aguas residuales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

V_i : Volumen de cada alicuota o porción de muestra

V : Volumen total a componer

Q_i : Caudal instantáneo medido en el momento de toma de muestra

Q_p : Caudal promedio durante el muestreo

n : Número de muestras tomadas

➤ **Muestra integrada**

Consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos simultáneamente, esto con la finalidad comprender las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua. Dentro de esta clasificación, se ubican las muestras integradas de área que comprenden varias muestras simples tomadas en varios puntos de una determinada área acuática y las muestras integradas de profundidad que abarcan muestras simples o compuestas tomadas a lo largo de la columna de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.3.5 Calidad microbiológica del agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo que generalmente incluye análisis microbiológicos. En gran mayor parte de los casos, esto conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, por lo que también puede incluir, en ciertas circunstancias, el análisis de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos.

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *E. coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye un análisis concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis que presenta las bacterias coliformes termo tolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y

protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos (Organización Mundial de la Salud , 2006).

2.3.6 Parámetros fisicoquímicos

El Ministerio del Ambiente (2017) refiere que “Las características físicas del agua, son llamadas así ya que llegan a impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua” (p. 5).

Se consideran importantes las siguientes:

- turbiedad
- sólidos solubles e insolubles
- color
- olor y sabor
- temperatura
- pH

2.3.7 Parámetros químicos

“Los análisis químicos compone uno de los principales requisitos para caracterizar el agua. Entre los contaminantes químicos, los que generan especial interés son los que tienen propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias carcinógenas” (Ministerio del Ambiente, 2017, p. 5).

2.4 Definición de términos

- **Aguas residuales:** Aguas cuyas características originales han sido transformadas por actividades antropogénicas y que por sus características de calidad requieren un tratamiento anticipado (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Coliformes fecales.** - (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010) menciona que son las bacterias que se ubican en gran cantidad en el intestino del hombre. También representan como indicador de contaminación microbiológica de las aguas. (Pág. 100).

- **Efluente.** (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010) resalta que las “Aguas residuales procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales” (Pág. 101).
- **Oxígeno disuelto.** (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010) indica que es la cuantificación de oxígeno que posee el agua, esta expresado en partes por millón o mg/l; vienen a ser un parámetro muy importante ya que es fundamental en la respiración de las bacterias aerobias en el transcurso del proceso de tratamiento de aguas residuales (Pág. 106).
- **Acidez:** La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias acidas. (Barrachea, 2004)
- **Aguas servidas o residuales:** Desecho líquido proveniente de las descargas por la utilización del agua en labores domésticas o de otra índole. (Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento Ley N°26338 aprobado por decreto supremo N°023-2005-Vivienda, 2005, pág. 29).
- **Aguas residuales domésticas:** Las aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que abarcan desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Aguas residuales municipales:** Las aguas residuales domésticas que llegan a mezclarse con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial recolectadas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Caudal:** Es el volumen de agua que pasa por cierta sección determinada de un río, canal o tubería en una unidad de tiempo (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Conductividad:** La conductividad es un indicador de cantidad de iones contenida en una solución. En agua ultrapura, por ejemplo, cantidades de iones como 0.05 S / cm afectan a la medición de la conductividad por lo que

puede producir depósitos indeseados en partes cromadas, por lo que puede causar problemas significativos en la fabricación de los semiconductores y componentes de turbinas utilizadas en la industria de la energía (Hach compañía, 2016).

- **GPS:** Es un equipo de Sistema de posicionamiento global transformado en un estándar para la ubicación de los sitios de trabajo, lo cual asegura establecer que cada estación sea muestreada en el mismo lugar proporcionando las coordenadas norte y este o latitud y longitud de la misma (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Laboratorio acreditado:** En este documento, es el laboratorio que cuenta con el reconocimiento del instituto nacional de calidad (INACAL) u otra entidad internacional equivalente que cumple con los requisitos establecidos en la norma International Organization for Standardization (ISO) 17025, que establece los requisitos generales que deben cumplir los laboratorios de ensayo para acreditar su competencia (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Parámetros de calidad:** Son Compuesto, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de valor para la determinación de la calidad de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **pH:** El pH en las cuencas hidrográficas donde escurren aguas naturales sin actividad antrópica, de cierta manera está determinado por la geología de la cuenca y se conduce por los equilibrios dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato (Autoridad Nacional del Agua, 2009).
- **Protocolo de monitoreo:** Es un documento guía de las cuales contiene instrucciones y procedimientos establecidos para realizar un monitoreo. Describe un método estandarizado para minimizar errores debido a la medición, transporte y análisis (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Muestra de agua:** Parte representativa del material a estudiar (para este caso natural superficial) en la cual se analizarán los parámetros de interés (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.5 Hipótesis

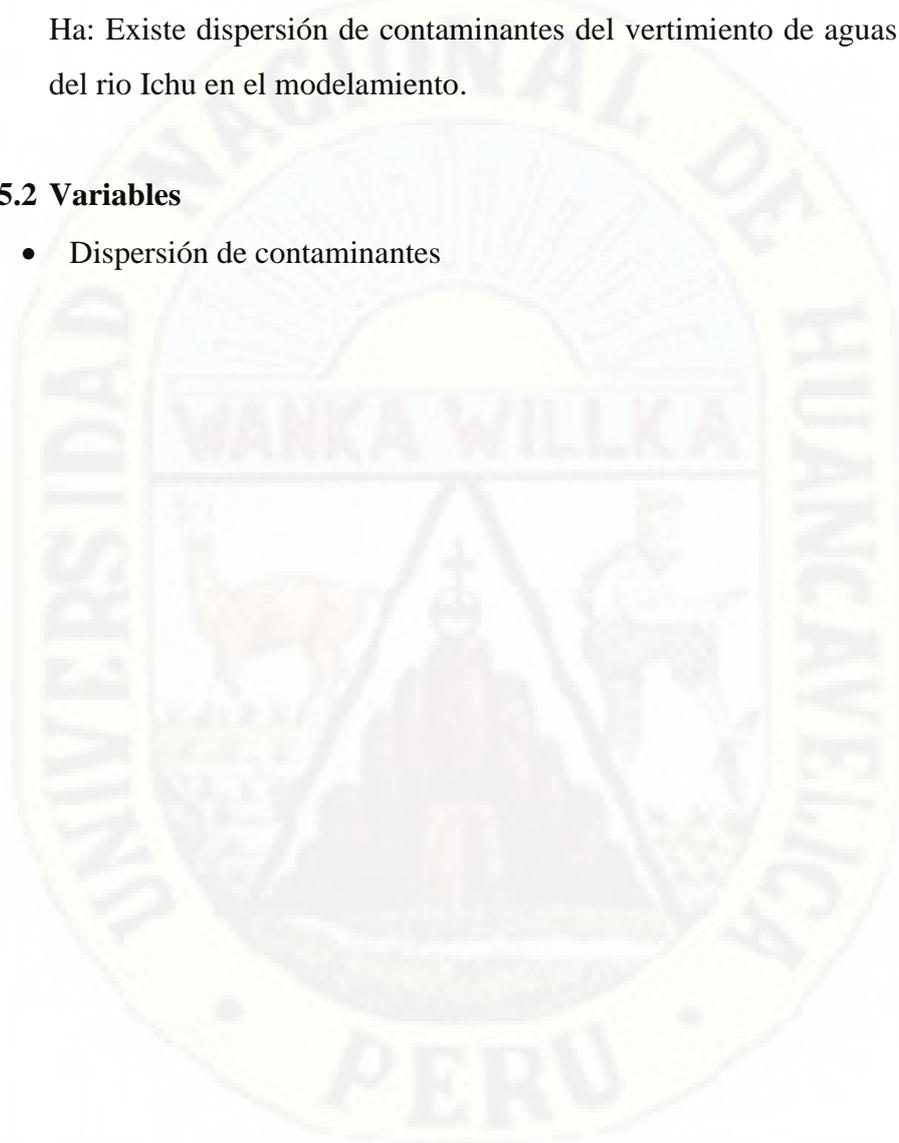
2.5.1 Hipótesis General

Ho: No existe dispersión de contaminantes del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en el modelamiento.

Ha: Existe dispersión de contaminantes del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en el modelamiento.

2.5.2 Variables

- Dispersión de contaminantes



2.6 Operacionalización de Variable

Tabla 2: Operacionalización de variable

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento	Técnica
Dispersión de contaminantes	La dispersión de contaminantes en el medio es la conexión entre la descarga del contaminante por una fuente y el contacto con el receptor en el punto de exposición. Cuando un contaminante es expulsado al medio existe la posibilidad de que ocurran diversos comportamientos en el transporte del contaminante como la transformación y la acumulación por ello que la comprensión de los procesos involucrados en el transporte de contaminantes en el medio, incluido las transformaciones que los contaminantes sufren en dichos comportamientos, permite además de evaluar el grado de exposición del receptor y da a conocer el impacto que tendrá dicha liberación sobre los compartimientos en el agua, aire y suelo y	La medición de la variable se determinará teniendo el grado de concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua y aplicando los cálculos según indique el procedimiento de cada método.	✓ Parámetros fisicoquímicos	OD	Porcentaje de nivel de dispersión de la salinidad	- Equipo multiparámetro. -Computador	Ficha de registro de datos
			Son de origen natural y antropogénico que se define en composición física y química, algunos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la Ley de Acción de Masas y la Ecuación de Nerst o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles (Barrenechea, 2018).	Temperatura	Porcentaje de nivel de dispersión de la temperatura	- Equipo multiparámetro -Computador	Ficha de registro de datos

constituye un elemento clave para diseñar los programas de modelamiento bidimensionales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).	Parámetros microbiológicos	E. coli	Porcentaje de nivel de dispersión del Echerichia coli	- Unid/ml	NMP	- Ficha de registro de datos - Laboratorio
	✓ Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Ministerio de Salud, 2010).					

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Ámbito temporal y espacial

El ámbito de estudio para la presente investigación: modelamiento y simulación de dispersión de contaminantes del vertimiento de aguas residuales del rio Ichu, Huancavelica, 2021, se desarrolla en el ámbito espacial y en el ámbito temporal:

3.1.1 Ámbito temporal

El ámbito temporal del presente trabajo de investigación es el periodo de estudio del proyecto, que está considerado desde el 01 de mayo del 2021 hasta el de 31 enero del 2022, consiguándose 09 meses.

Tabla 3 Resumen del cronograma

Descripción	2021									2022
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	
Presentación y Aprobación del informe del trabajo de investigación										
Elaboración y presentación del informe del trabajo de investigación.	X	X	X	X						
Revisión y aprobación del trabajo de investigación				X						
Ejecución del trabajo de investigación										
Planteamiento y organización para la ejecución.				X						
Recojo de información (trabajo de campo).				X	X	X				
Identificación y caracterización del peligro.					X	X				
Identificación y caracterización de las vulnerabilidades.						X				
Trabajo de gabinete (Procesamiento y sistematización de la información de campo).									X	
Presentación y Aprobación del informe final del trabajo de investigación										
Redacción del informe final.									X	
Presentación del trabajo de investigación.									X	
Revisión del trabajo de investigación por asesor y jurados									X	
Sustentación de la investigación.										X
Redacción y publicación del artículo científico										X
Publicación del artículo científico										X

Fuente: Elaboración propio

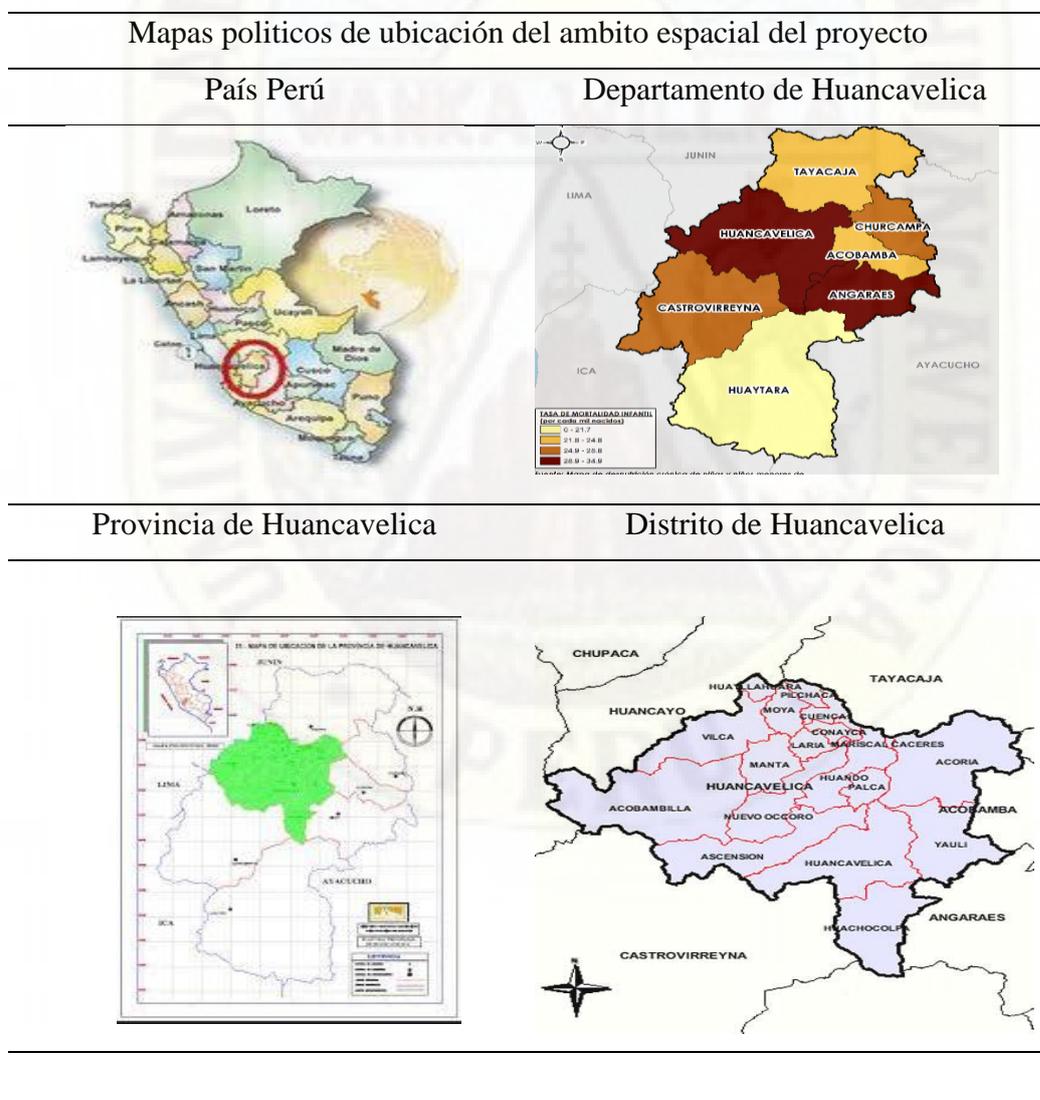
3.1.2 Ámbito espacial

El ámbito espacial del presente trabajo de investigación es en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica.

3.1.2.1 Ubicación geopolítica. La zona urbana se localiza políticamente en:

- País : Perú 
- Departamento : Huancavelica 
- Provincia : Huancavelica 
- Distrito : Huancavelica

Tabla 4 Mapas de ubicación política del centro poblado



Zona urbana de Huancavelica



Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2 Ubicación Geográfica. La ciudad de Huancavelica se localiza geográficamente en:

- Región : Sierra
- Región Natural : Suni
- Coordenadas : UTM
- Sistema de coordenadas : WGS84
- Zona : 18 sur
- Coordenada Este : 500789.95 m E
- Coordenada Norte : 8584930.39 m S
- Altitud : 3676 m.s.n.m.

Figura 1: Ubicación Geográfica



Fuente: Google Earth Pro

3.1.2.3 Características. La zona urbana de Huancavelica tiene las siguientes características:

a. **Accesibilidad.** Se encuentra ubicado en la ciudad de Huancavelica, la cual tiene acceso por diferentes vías.

b. **Hidrografía.** La zona urbana de Huancavelica es atravesada por el Río Ichu.

c. **Características de las viviendas.** Las viviendas de la ciudad están contruidas de material noble en un 80%. (Infotur, 2018).

d. **Altitud.** Las altitudes varían desde los 3670 hacia los 3680 m.s.n.m., (Infotur, 2018).

e. **Actividad principal.** La actividad principal en la zona urbana de Huancavelica es la del comercio.

3.2 Enfoque de investigación

La presente investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, porque el estudio se realiza de manera secuencial y asimismo se efectuará la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de confirmar y predecir el nivel de dispersión.

Según señala Hernández, Fernández, & Bautista (2014) la investigación cuantitativa es secuencial y probatorio, que parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco teórico. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones.

3.3 Tipo de investigación

La investigación corresponde a un tipo aplicada, porque se realizará una aplicación directa a los problemas de la sociedad en este caso al bienestar de la zona urbana de la ciudad de Huancavelica, la cual se justifica en adelantos y productos tecnológicos.

Según Gómez (2012) la investigación aplicada es la aplicación real del método y la investigación. Asimismo, la investigación aplicada cumple el propósito de resolver problemas y tiene como justificación adelantos y productos tecnológicos (Hernández, Fernández, & Bautista, 2014).

3.4 Nivel de investigación

El nivel de investigación del presente estudio es descriptivo, porque permitirá estudiar y describir la variable identificando sus características tal como se presentan en la realidad y a la vez se orienta al descubrimiento de los factores causales que han podido incidir o afectar la ocurrencia de un fenómeno. En el trabajo se pretende observar y caracterizar la dispersión y transporte de los parámetros físicos y químicos.

Según señalan Hernández, Fernández, & Bautista (2014) la investigación de nivel descriptivo, consiste en describir fenómenos naturales, situaciones, contextos y sucesos; es decir detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis; asimismo son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno o suceso.

3.5 Diseño de investigación

La investigación corresponde a un diseño no experimental, porque se observará los fenómenos de tal como se encuentren en su contexto natural, se realizará la recolección de los datos en un solo momento y no se realizará la manipulación de la variable. En este estudio se observarán y describirán las diferentes dimensiones y niveles de la variable del nivel del riesgo.

Según señalan Hernández, Fernández, & Bautista (2014), los diseños de investigación no experimental de corte transversal, son estudios que se realizan sin manipular las variables, en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos, en los que se recolectan datos en un solo momento, es decir en un tiempo único. Su propósito es describir variables en un momento dado. Los diseños transaccionales descriptivos indagan la incidencia de las categorías o niveles de una o más variables en una población, son estudios puramente descriptivos.

3.6 Método de investigación

La investigación corresponde a un método científico sistemático, porque se aplicó los diferentes pasos secuenciales de dicho método. Como punto de partida para el trabajo de investigación se realizó la observación y se identificó los puntos críticos de descarga de aguas residuales y la dispersión de los parámetros físicos y químicos. El método científico es un proceso sistemático de investigación que consta de partes interdependientes, que parte desde la observación sistemática, medición y experimentación, y la formulación, análisis y modificación de las hipótesis de manera ordenada (Castán, 2016).

3.7 Población, muestra y muestreo

para la presente investigación es la siguiente:

3.7.1 Población de la investigación

Según señalan Pineda, et.al.(1994) la población es conocido como universo y es el conjunto o totalidad de individuos u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación, las cuales presentan características susceptibles a ser estudiada. El universo o población puede estar constituida por personas, animales, entre otros. El universo es el grupo de elementos al que se generalizaran los hallazgos.

Es una población finita, porque la población para el presente estudio está constituida por 3 puntos de monitoreo los cuales son los más críticos de vertimiento de aguas residuales al río Ichu.

Figura 2: Población de estudio



Fuente: Elaboración propia

Todos los puntos de vertimiento de aguas residuales durante el recorrido de la zona urbana de la ciudad de Huancavelica.

3.7.2 Muestra de la investigación

El presente trabajo de investigación se tomaron 3 puntos específicos para el análisis de los parámetros, en cada punto se consideró 3 parámetros (Temperatura, Oxígeno disuelto, coliformes fecales E. coli), por lo que se tomaron muestras únicas de cada parámetro en el punto de vertimiento de las aguas residuales municipales, domesticas, haciendo un total de 9 muestras. Estas muestras fueron enviadas a laboratorio

para su análisis respectivo para obtener datos iniciales del agua residual, para después introducir los datos al programa IBER y ser modelado y simulado.

Tabla 5: Resultados de laboratorio en el punto 1

PUNTO 1				
Determinación	Recipiente	Resultados	Tipo de muestra	Preservación
Temperatura (°C)	P,V	13.3	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Oxígeno disuelto (mg/l)	P,V	6.50	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Recuento de e. coli (ufc/ml)	P,V	2500	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

Fuente elaboración propia

Tabla 6: Resultados de laboratorio en el punto 2

PUNTO 2				
Determinación	Recipiente	Resultados	Tipo de muestra	Preservación
Temperatura (°C)	P,V	15.8	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Oxígeno disuelto (mg/l)	P,V	7.33	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

Recuento de e. coli (ufc/ml)	P,V	2640	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
------------------------------	-----	------	-----	--------------------------------------------

Fuente elaboración propia

Tabla 7: Resultado de laboratorio punto 3

PUNTO 3				
Determinación	Recipiente	Resultados	Tipo de muestra	Preservación
Temperatura (°C)	P,V	18.1	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Oxígeno disuelto (mg/l)	P,V	7.25	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Recuento de e. coli (ufc/ml))	P,V	2580	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

P = plástico; V = vidrio; S = simple; C = compuesta

Fuente elaboración propia

Nota: (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010)

3.7.3 Muestreo de la investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo de muestra no probabilística por que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, si no de las causas relacionadas con las características de la investigación

03 puntos de vertimiento de la red alcantarillado de la ciudad de Huancavelica hacia el río Ichu.

3.8 Técnica e instrumento de recolección de datos

En la etapa experimental de modelamiento y simulación de dispersión de contaminantes del vertimiento de aguas residuales del río Ichu, huancavelica-2021, se detalla las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.8.1 Técnicas de recolección de datos

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994), la técnica es el conjunto de reglas y procedimientos que le permiten al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación.

El presente trabajo de investigación posee las siguientes técnicas:

3.8.1.1 Técnica de la fotogrametría.

En la presente investigación se usará la técnica de la fotogrametría, porque es una técnica innovadora y facilitara la recolección de datos en un menor tiempo.

Según señala Matías (2013), la fotogrametría área es una técnica que tiene como objetivo el estudio y la definición de forma precisa de la forma, las dimensiones y/o la posición en el espacio de un objeto, a través de los datos obtenidos de una o varias fotografías.

Se tomó fotografías en cada uno de los 3 (tres) puntos específicos de análisis para ello se tomó en cuenta que las aéreas, está restringida a dos factores referentes al tiempo, (las condiciones atmosféricas, la estación del año y hora del día conveniente para la toma) ya que, por la proyección de sombras, se especifica que las nubes no cubran más del 5% del área por fotografiar y que el ángulo de altura del sol con respecto al horizonte sea mayor a 45 y menor a 75 grados, dependiendo de la topografía del terreno, siendo este rango el ideal.

3.8.1.2 Técnica de la observación.

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994), la técnica de la observación es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia, es decir consiste precisamente en observar el desarrollo del fenómeno que

se desea analizar. Es un método que permite obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos.

La técnica utilizada en la investigación fue la de la observación, donde se realizó un diagnóstico en campo para tomar criterios sobre los puntos de muestreo. Por ello se hizo uso de la técnica de unas muestras simples, haciendo cumplimiento del “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales” aprobado por Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA.

3.8.1.3 Técnica el fichaje.

En la presente investigación se usará la técnica del fichaje de campo para poder recolectar información de campo, como el recojo de los parámetros considerados, (Temperatura, Oxígeno disuelto, E. coli), para su posterior análisis en laboratorio.

Según señala Tenorio (1998) el fichaje es una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es un modo de recolectar y almacenar información mediante la utilización de una ficha de campo. Cada ficha contiene una serie de datos extensión variable pero todos referidos a un mismo tema, lo cual le confiere unidad y valor propio.

3.8.2 Instrumentos de recolección de datos

Según señalan Pineda, Alvarado, & Canales (1994) el instrumento es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información: Entre estos se encuentran los formularios, las pruebas psicológicas, las escalas de opinión y de actitudes, las listas u hojas de control, entre otros.

La toma de muestras se realizó de acorde con el cumplimiento al “**Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales**” Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA.

a. Programa de toma de muestra

Se realizó la toma de muestras de los parámetros: Temperatura, Oxígeno disuelto y E. coli, según el protocolo son los parámetros son unos de los más importantes que se debe analizar en caso de las aguas residuales municipales,

domesticas. Se tomó 3 puntos específicos de análisis de las cuales en cada punto se analizó los parámetros de (Temperatura, Oxígeno disuelto, E. coli), para luego ser llevados a laboratorio para su respectivo análisis y de ello obtener datos iniciales del agua residual.

b. Identificación de campo

Se hizo un recorrido por todo el tramo del río Ichu zona urbana pudiendo encontrar varias descargas de aguas residuales hacia el rio Ichu. Se tomó estos puntos, porque se vio una mayor descarga de contaminantes de aguas residuales, parámetro en consideración coliformes fecales – E. coli en gran cantidad. Po lo que se realizó el muestro con el uso de los implementos adecuados.

Puntos de muestreo

Punto 1

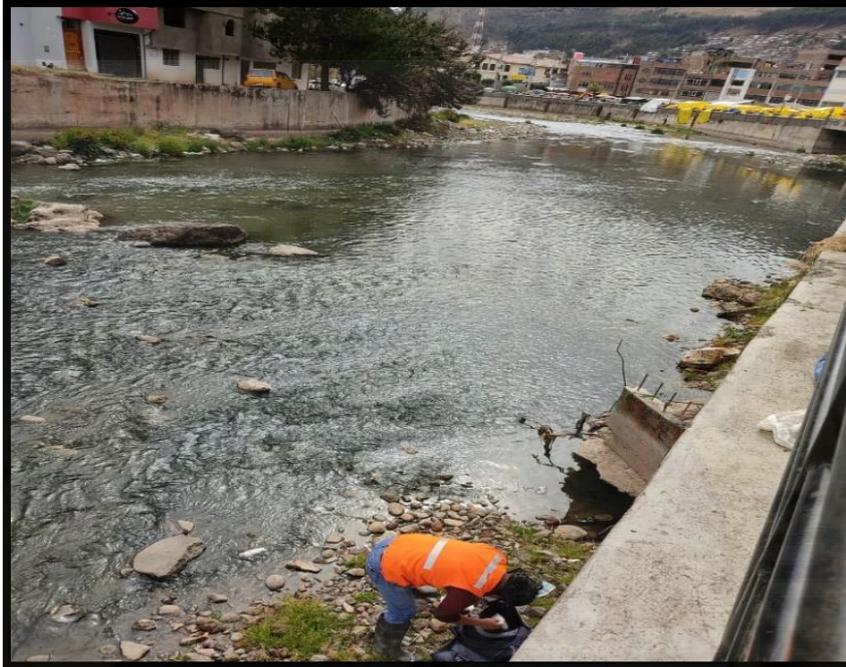
Figura 3: Identificación de puntos de muestreo



Fuente elaboración propia

Punto 2

Figura 4: Identificación de puntos de muestreo



Fuente elaboración propia

Punto 3

Figura 5: Identificación de puntos de muestreo



Fuente elaboración propia

c. Materiales y equipos para la toma de muestra

Para la toma de muestra se hizo uso de los siguientes materiales y equipos.

Equipos:

- pHmetro digital
- Termómetro
- GPS
- Cámara fotográfica
- Equipo multiparámetro

Materiales:

- Frascos de plástico y vidrio esterilizados
- Cooler
- Agua destilada
- Etiquetas para el rotulado de muestras
- Mascarillas
- Vaso precipitado de 500ml
- Mascarilla
- Guantes
- Ficha de registro de campo
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble

d. Registro de datos de campo y rotulado de muestras

Ya tomada la muestra en los frascos y debidamente etiquetadas y rotuladas conteniendo la siguiente información: denominación del punto de muestreo, hora y fecha, y el ensayo realizado fisicoquímico microbiológico. De igual forma se registró datos del campo para ser enviados al laboratorio.

Registro de los datos de campo

Punto 1

Figura 6: Registro de datos en el punto 1



Fuente elaboración propia

Punto 2

Figura 7: Registro de datos en el punto 2



Fuente elaboración propia

Punto 3

Figura 8: Registro de datos en el punto 3



Fuente elaboración propia

e. Medición de parámetros de campo

- temperatura: Para medir temperatura se tomó una muestra de 500ml en un vaso precipitado. Este parámetro se mide in situ por lo que no se necesita de almacenamiento y preservación. Se realizó el siguiente procedimiento
 - calibración del equipo pHmetro con las soluciones buffer ácido, neutro y alcalino
 - se colocó el electrodo en la muestra de agua residual
 - se pasa a dar lectura
 - una vez tomado el dato, se procede a lavar el electrodo con agua destilada
- Oxígeno disuelto: Para medir el OD se tomó una muestra de 500ml en un vaso de vidrio para luego ser preservada y almacenada para luego ser enviada a laboratorio para su respectivo análisis.

- E. coli: se tomó una muestra de 500ml, la toma de muestra fue directamente sin haber realizado purga del recipiente y teniendo la precaución no dejarlo abierto por mucho tiempo, la tapa no debe tocar ninguna superficie contaminada, se procedió a tapar y se colocó en un papel protector y bien ajustado con una pita. Para luego ser preservado y almacenado en un cooler, y llevado a laboratorio para su análisis.

Punto 1

Figura 9: Medición de parámetros in situ punto 1



Fuente elaboración propia

Figura 10: Medición de parámetros in situ punto 1



Fuente elaboración propia

Punto 2

Figura 11: Medición de parámetros in situ punto 2



Fuente elaboración propia

Figura 12: Medición de parámetros in situ punto 2



Fuente elaboración propia

Punto 3

Figura 13: Medición de parámetros in situ punto3



Fuente elaboración propia

Figura 14: Medición de parámetros in situ punto 3



Fuente elaboración propia

En el presente trabajo de investigación se empleará los siguientes instrumentos.

3.8.2.1 Drone Phantom (4) RTK + estación móvil (GPS). Se utilizó en las tareas que pueden ser demasiado peligrosas para una persona o, requieren un nivel de exactitud que solo logra la tecnología. Está equipado con equipos de última generación como GPS, cámaras de alta resolución y controles de radares y nos permitió poder obtener información necesaria para el proyecto de investigación. Captura la mejor imagen con un sensor CMOS de 1 pulgada y 20 megapíxeles. Gracias a su obturador mecánico el Phantom 4 RTK puede moverse y capturar imágenes en los 3 (tres) puntos específicos de análisis del río Ichu con un recorrido de un aproximado de 5 km que considera el punto 1 al punto 3 sin que aparezca distorsión del obturador. Al tener una alta resolución de 2.74 cm a 100 m de altitud. Por lo que estas medidas se almacenan en la metainformación de cada imagen para que el software de procesamiento pueda realizar ajustes personalizados para cada usuario (Zintec, 2020).

Para garantizar la confiabilidad, objetividad y validez del instrumento, este equipo deberá ser de preferencia nuevo y contar con su certificado de calibración y confiabilidad.

Figura 15: Drone Phantom(4) RTK + estacion movil GPS



Fuente elaboración propia

Figura 16: Drone Phantom (4) RTK +estacion movil GPS



Fuente elaboración propia

Figura 17: Drone Phantom + estación móvil GPS



Fuente elaboración propia

3.8.2.2 Computadora de escritorio. Se utilizó un ordenador de sobremesa (laptop), las cuales sirvió para poder recolectar información de todos los resultados de los análisis realizados, asimismo ayudo a procesar la información rápidamente para poder ejecutar el programa Iber para el modelamiento y simulación. A continuación, se describe las características del computador:

- Modelo Súper CORE i7-INTEL decima generación full.
- Tarjeta de video 16 GB.
- Memoria Ram 32 GB.
- Disco duro sólido 512 MB
- Disco duro 1TB.
- Monitor de diseño 17.3" pulg.

2.8.2.3 Ficha de campo. En este trabajo se usará como instrumento del fichaje, una ficha de campo donde se anotará todos los datos recolectados por cada punto (Temperatura, Oxígeno disuelto y E. coli), se consideró 3 (tres) puntos respectivos para su análisis.

Según señala Tenorio (1998) la ficha de campo es un instrumento que se usa para anotar todos los datos recolectados de las mediciones realizadas u observadas en campo, las fichas de campo tienen la siguiente estructura:

- Tema de investigación
- Nombre del investigador
- Lugar
- Fecha
- Hora

3.8 Técnicas de procedimientos y análisis de datos

3.9.1 Técnicas de procesamiento de datos

Los datos obtenidos de los análisis en campo fueron ordenados y procesados para el cálculo de los resultados, destacando tendencia o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis, para ello se hizo uso de, Global Mapper 18.0, Excel-2016, QGIS 10.3, PIX-4D, Iber, AutoCAD.

3.9.2 Análisis de datos

Hernández, Fernández, & Bautista (2014) nos da a conocer que el análisis de datos es un proceso de inspeccionar, limpiar y transformar datos con el objetivo de resaltar información útil, lo que sugiere conclusiones, y apoyo a la toma de decisiones. Por ello se usó la técnica de análisis de estadístico inferencial.

El análisis de los datos se efectúa sobre la matriz de datos utilizando un programa computacional, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Seleccionar un programa estadístico en la computadora (ordenador) para analizar los datos.

Paso 2: Ejecutar el programa: IBER, EXEL, HEC-RAS, u otro equivalente.

Paso 3: Explorar los datos:

a) Analizar descriptivamente los datos de la variable.

Paso 4: Analizar mediante pruebas estadísticas la hipótesis planteada.

Paso 5: Realizar análisis adicionales.

Paso 6: Preparar los resultados para presentarlos (tablas, gráficas, cuadros, etcétera).

CAPÍTULO IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Análisis de información

En este capítulo se realizó la interpretación de los datos obtenidos en la investigación de campo y en el laboratorio de la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico, Temperatura, Oxígeno disuelto, coliformes fecales - E, coli. Para lo cual se compilo los datos en el programa Excel para un mejor procesamiento, con el objetivo propuesto se analizó los parámetros ya mencionados. Se obtuvieron datos de la estación meteorológica de investigación de la escuela profesional de Ingeniería Civil en un espacio temporal de un año, para el mejor procesamiento de datos en el modelamiento y simulación. En cumplimiento del objetivo se determinó la eficiencia y la variación, rango promedio de la dispersión de los parámetros en los 3 puntos de análisis.

4.1.1 Determinación de las variables en el punto 1

Los resultados obtenidos de la medición del punto 1

Tabla 8: Resultados de la medición del punto 1

PUNTO 1				
Determinación	Recipiente	Resultados	Tipo de muestra	Preservación
Temperatura (°C)	P,V	13.3	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Oxígeno disuelto (mg/l)	P,V	6.50	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Recuento de e. coli (ufc/ml)	P,V	2500	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

Fuente propio

Como se aprecia en esta tabla los resultados obtenidos del punto 1 arroja los valores de: Temperatura, 13.3°C, Oxígeno disuelto, 6.50ml/l, E, coli, 2500ufc/ml.

4.1.2 Determinación de las variables del punto 2

Resultados obtenidos de la medición del punto 2

Tabla 9: Resultados de la medición del punto 2

PUNTO 2				
Determinación	Recipiente	Resultados	Tipo de muestra	Preservación
Temperatura (°C)	P,V	15.8	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Oxígeno disuelto (mg/l)	P,V	7.33	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Recuento de e. coli (ufc/ml)	P,V	2640	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

Como se aprecia en esta tabla los resultados obtenidos del punto 2 arroja los valores de: Temperatura, 15.8°C, Oxígeno disuelto, 7.33ml/l, E, coli, 2640ufc/ml.

4.1.3 Determinación de las variables del punto 3

Resultados obtenidos de la medición del punto 3

Tabla 10: Resultados de la medición del punto 3

PUNTO 3				
Determinación	Recipiente	Resultados	Tipo de muestra	Preservación
Temperatura (°C)	P,V	18.1	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

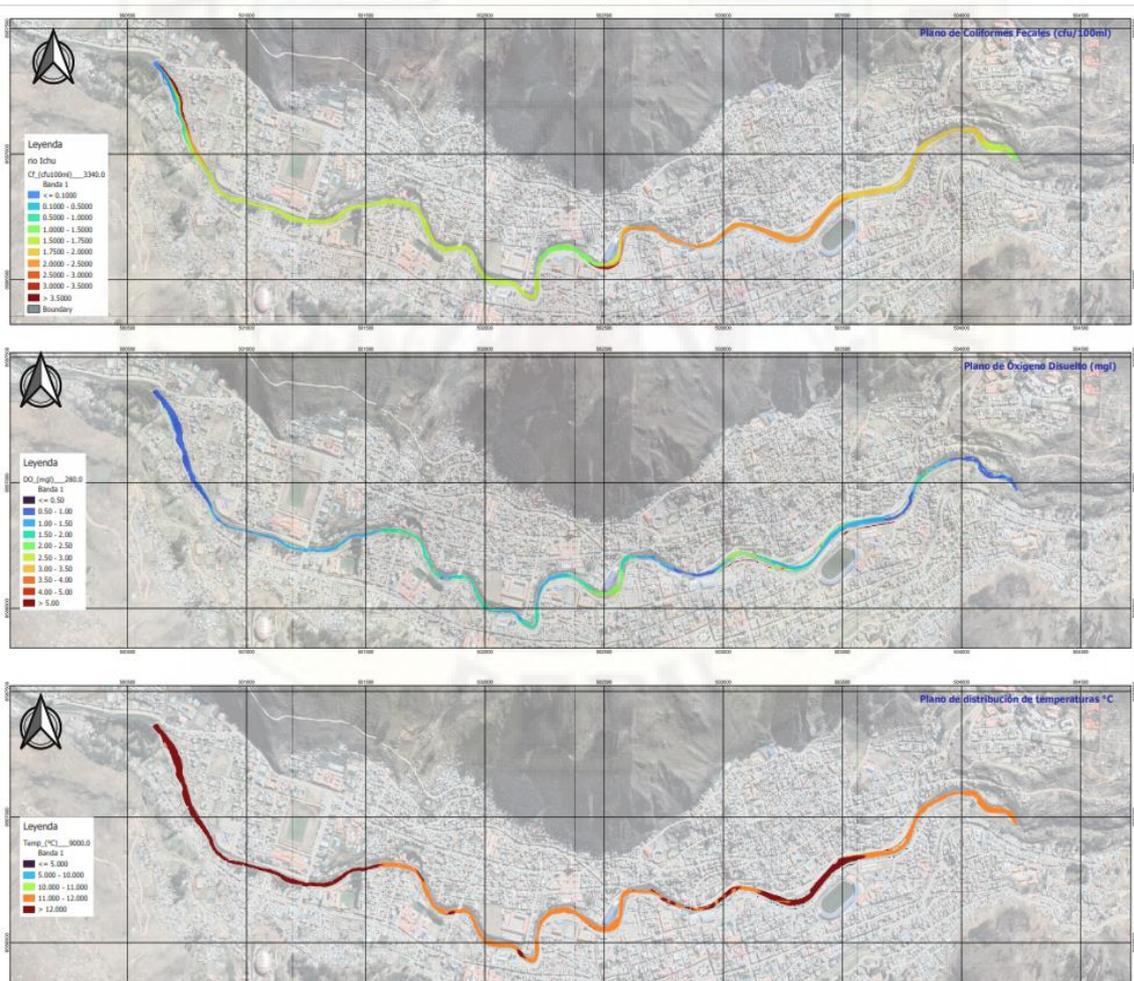
Oxígeno disuelto (mg/l)	P,V	7.25	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar
Recuento de e. coli (ufc/ml)	P,V	2580	S,C	Analizar lo más antes posible o refrigerar

Como se aprecia en esta tabla los resultados obtenidos del punto 3 arroja los valores de: Temperatura, 18.1°C, Oxígeno disuelto, 7.25ml/l, E, coli, 2580ufc/ml.

4.1.4 Interpretación de los resultados del modelamiento

4.1.4.1 Resultados del modelamiento del mes de enero

Figura 18: Mapa del modelamiento del mes de enero



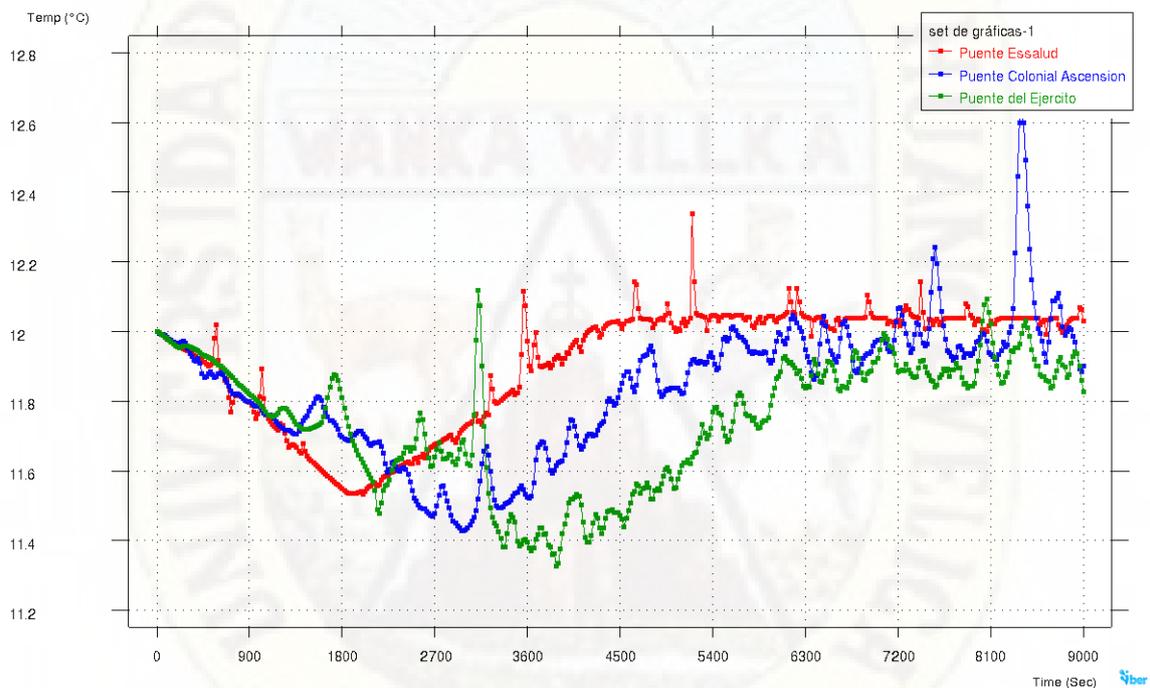
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de enero

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de enero con temperatura del aire de 9.49°C, radiación solar de 179.63 w/m2 y humedad relativa de 74.21%, y caudal promedio de 16.08 m3/s, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 3.5, oxígeno disuelto 0.5 a 5mg/l y temperatura de 11 a 12 °C. Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultados gráfica de la Temperatura

Figura 19: Resultados de la gráfica de Temperatura

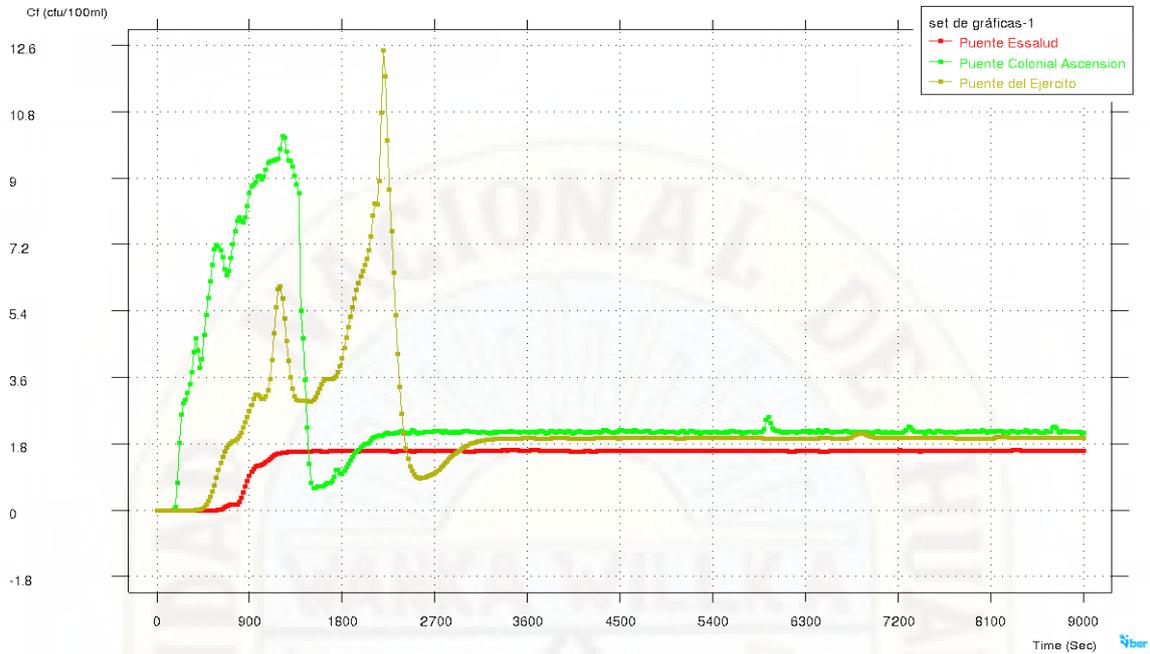


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 11 a 12.8.

Resultado grafica del E. coli

Figura 20: Resultados de la gráfica del E. coli



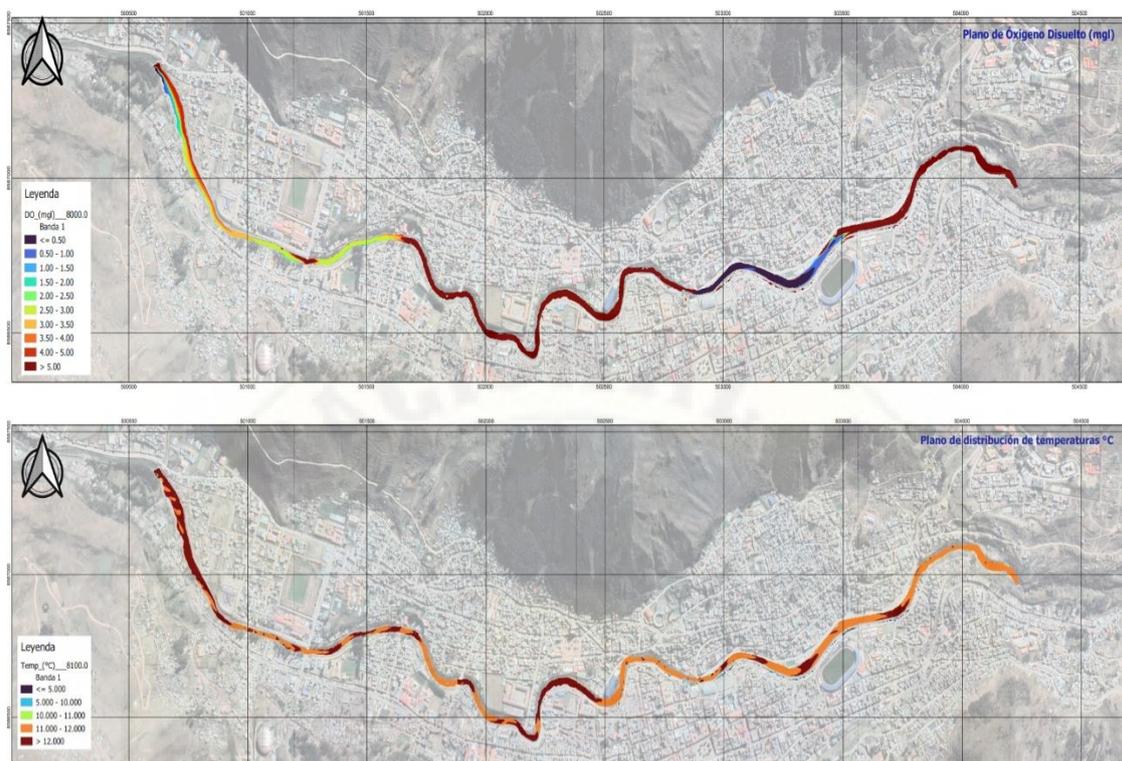
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 12.8.

4.1.4.2 Resultados del modelamiento del mes de febrero

Figura 21: Mapa de modelamiento del mes de febrero





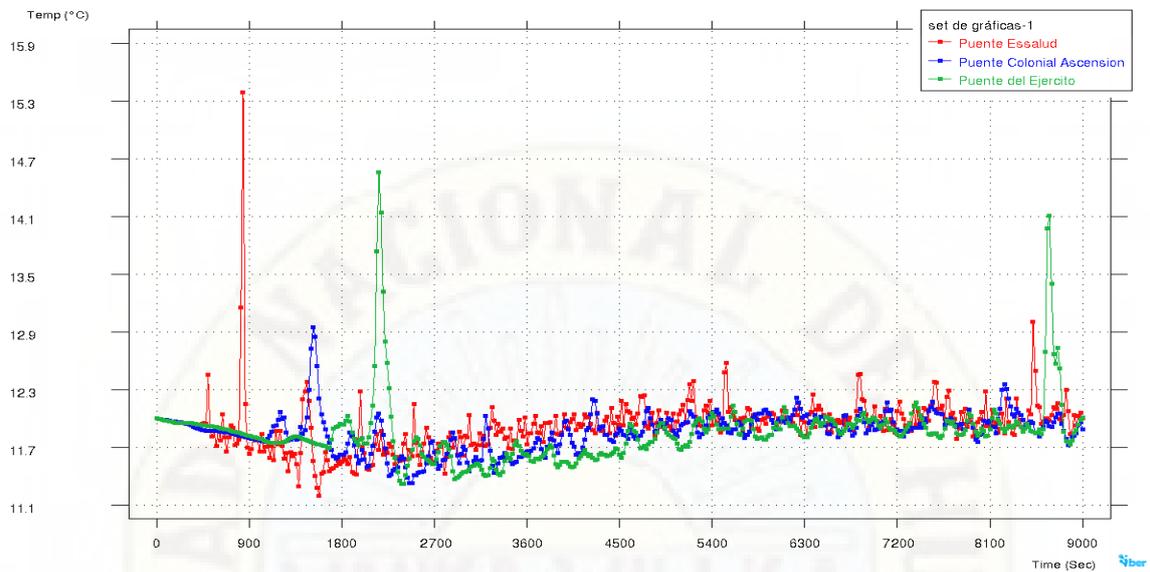
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de febrero

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de febrero con temperatura del aire de 8.93°C , radiación solar de 179.03 w/m^2 y humedad relativa de 79.89% , y caudal promedio de $41.83 \text{ m}^3/\text{s}$, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 3.5 , oxígeno disuelto 0.5 a 5 mg/l y temperatura de 5 a 12°C . Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultados gráfica de la Temperatura

Figura 22: Resultado gráfico de Temperatura del mes de febrero

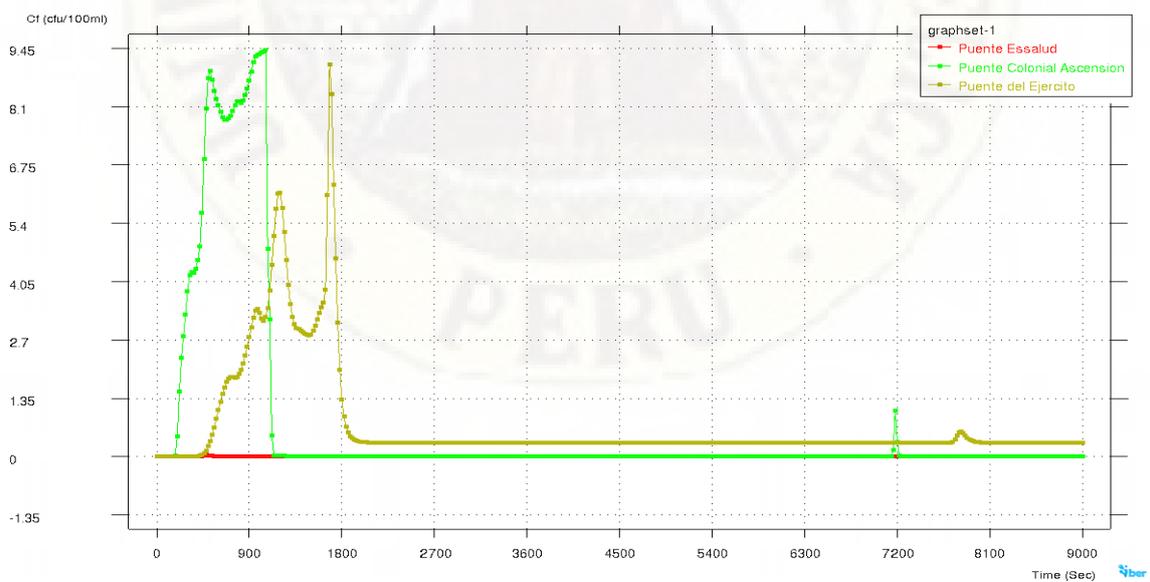


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de febrero en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 16 a 11.

Resultado gráfico de E. coli

Figura 23: Resultado gráfico de E. coli del mes de febrero

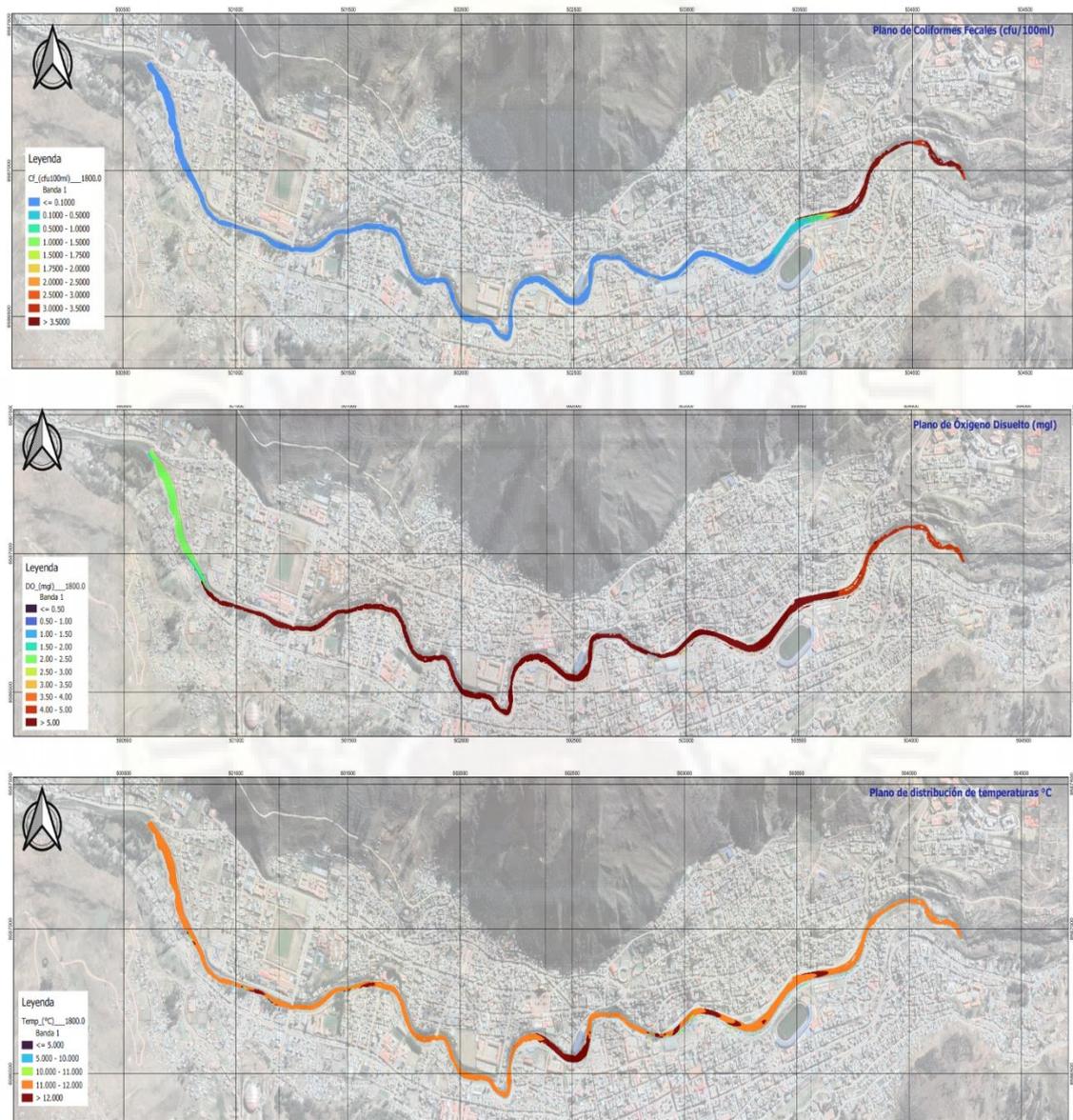


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de febrero en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 9.45.

4.1.4.3 Resultados del modelamiento del mes de marzo

Figura 24: Mapa de modelamiento del mes de marzo



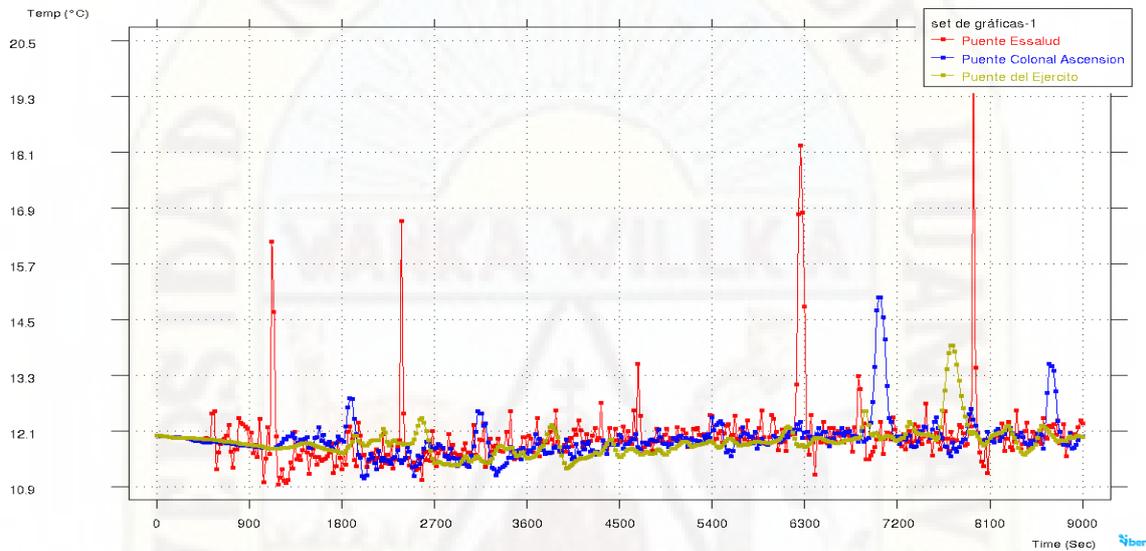
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de marzo

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de marzo con temperatura del aire de 8.90°C, radiación solar de 158.31w/m² y humedad relativa de 81.7%, y caudal promedio de 32.65m³/s, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 3.5, oxígeno disuelto 0.5 a 5mg/l y temperatura de 5 a 12 °C. Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 25: Resultado gráfico de Temperatura del mes de marzo

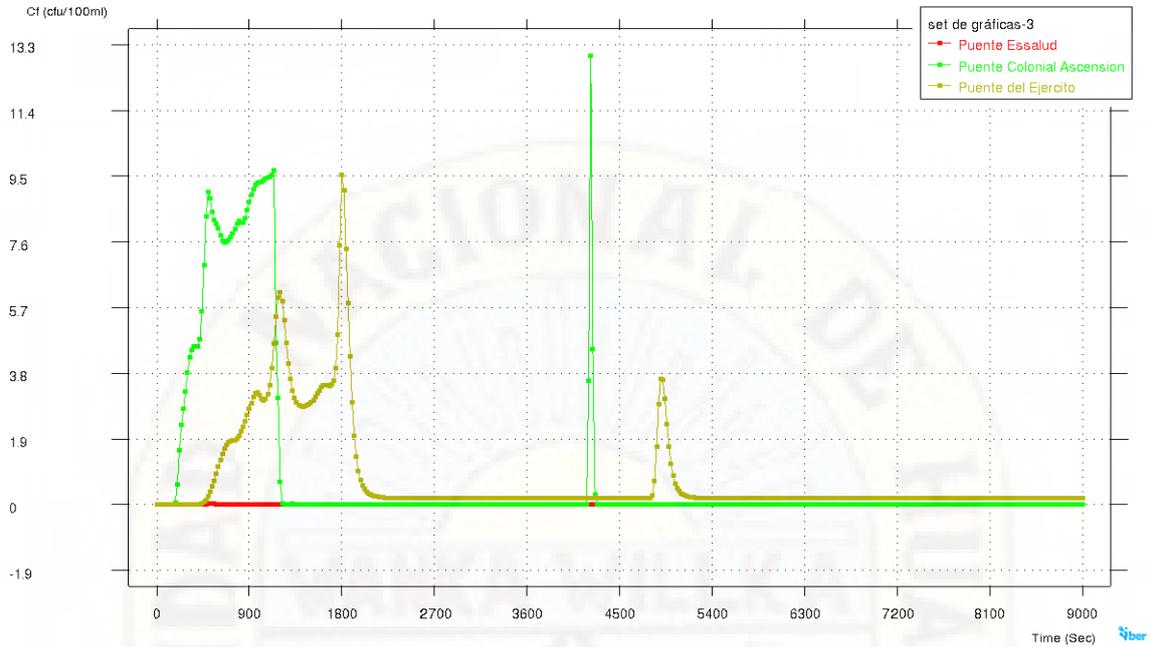


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de marzo en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.9 a 20.5.

Resultado grafico de E, coli

Figura 26: Resultado grafico de E, coli del mes de marzo

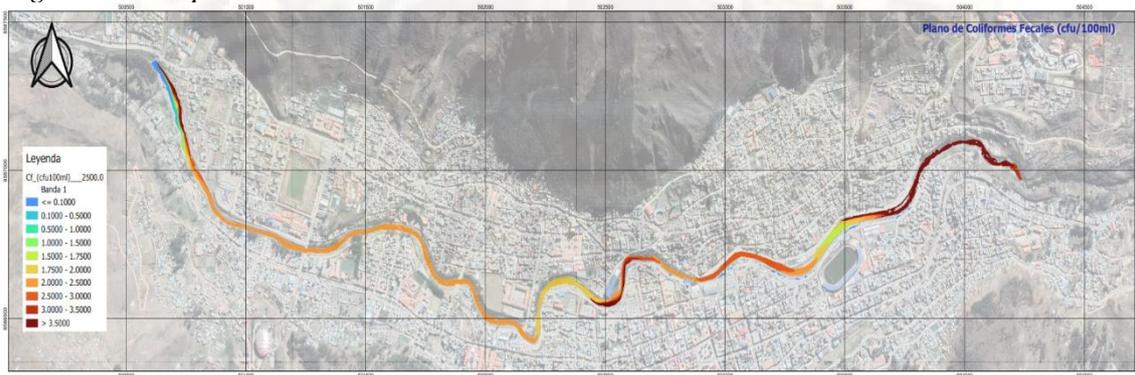


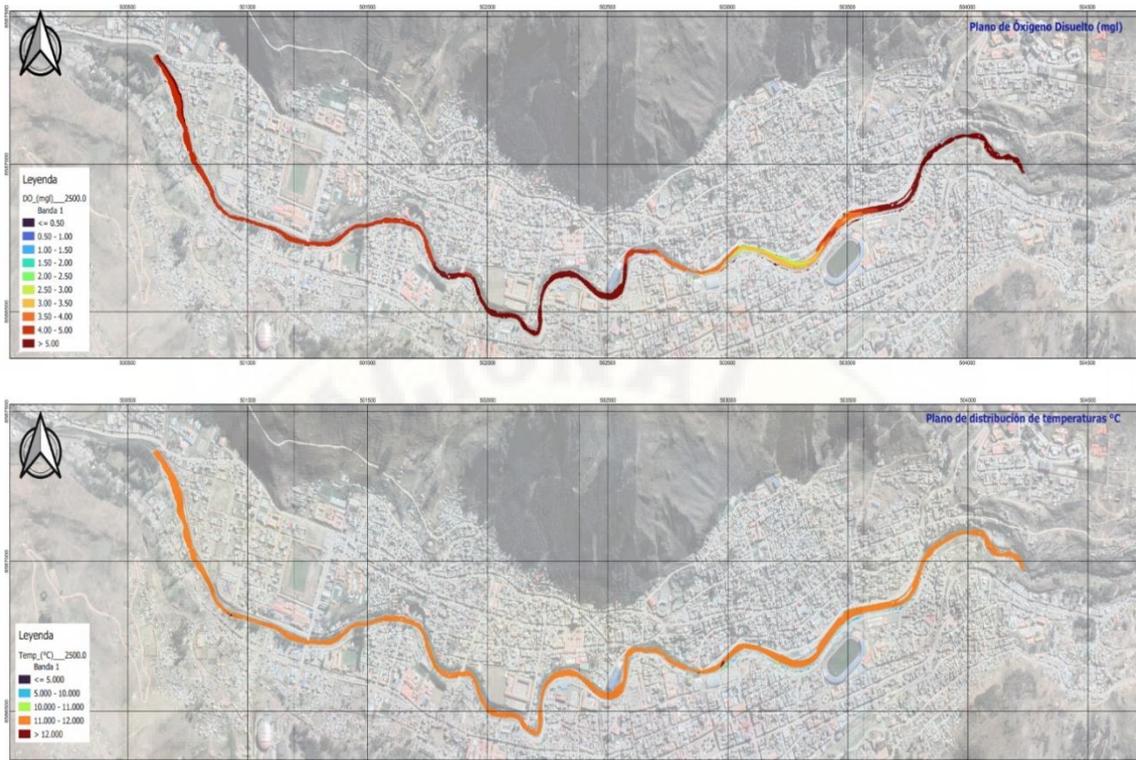
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de marzo en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 13.3.

4.1.4.4 Resultados del modelamiento del mes de abril

Figura 27: Mapa de modelamiento del mes de abril





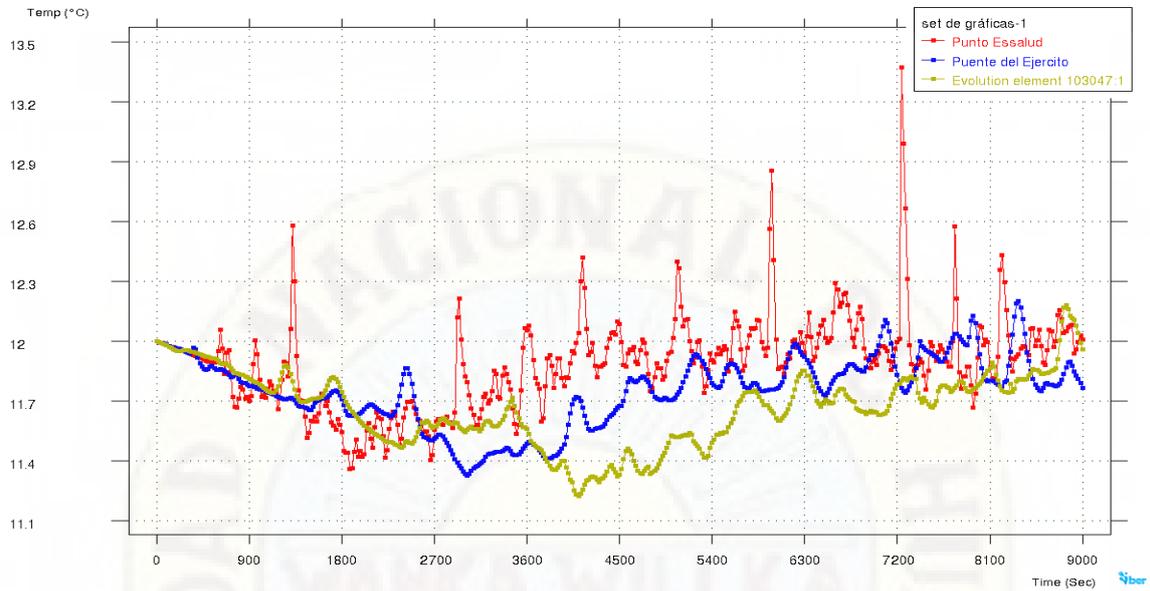
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de abril

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de abril con temperatura del aire de 8.89°C , radiación solar de 171.94 w/m^2 y humedad relativa de 74.04% , y caudal promedio de $11.08 \text{ m}^3/\text{s}$, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 3.5 , oxígeno disuelto 0.5 a 5 mg/l y temperatura de 5 a 12°C . Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 28: Resultado grafico de Temperatura del mes de abril

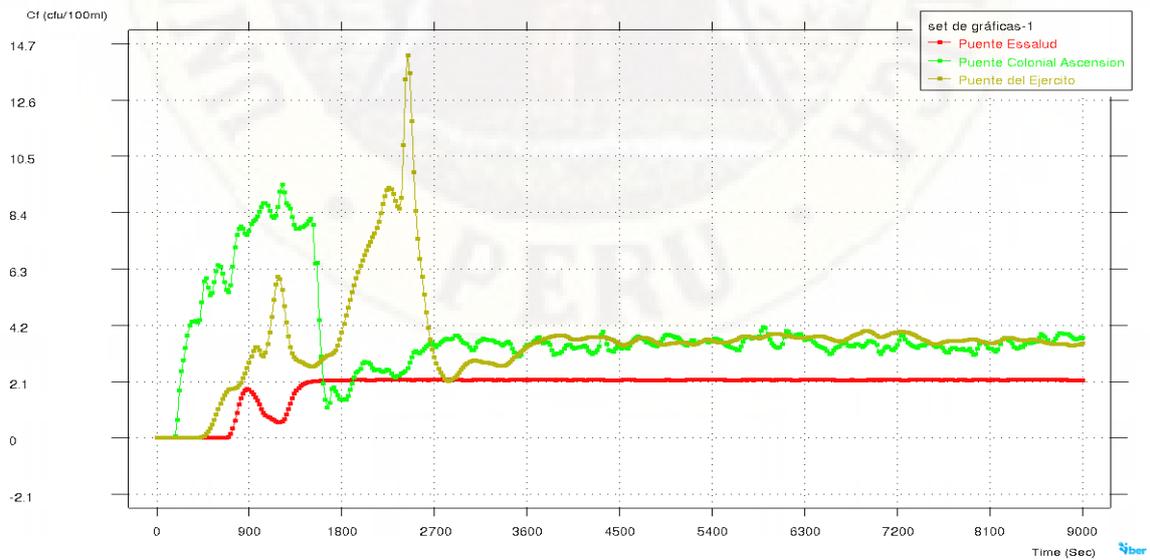


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de abril en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 11 a 13.5.

Resultado grafico de E, coli

Figura 29: Resultado grafico de E, coli del mes de abril

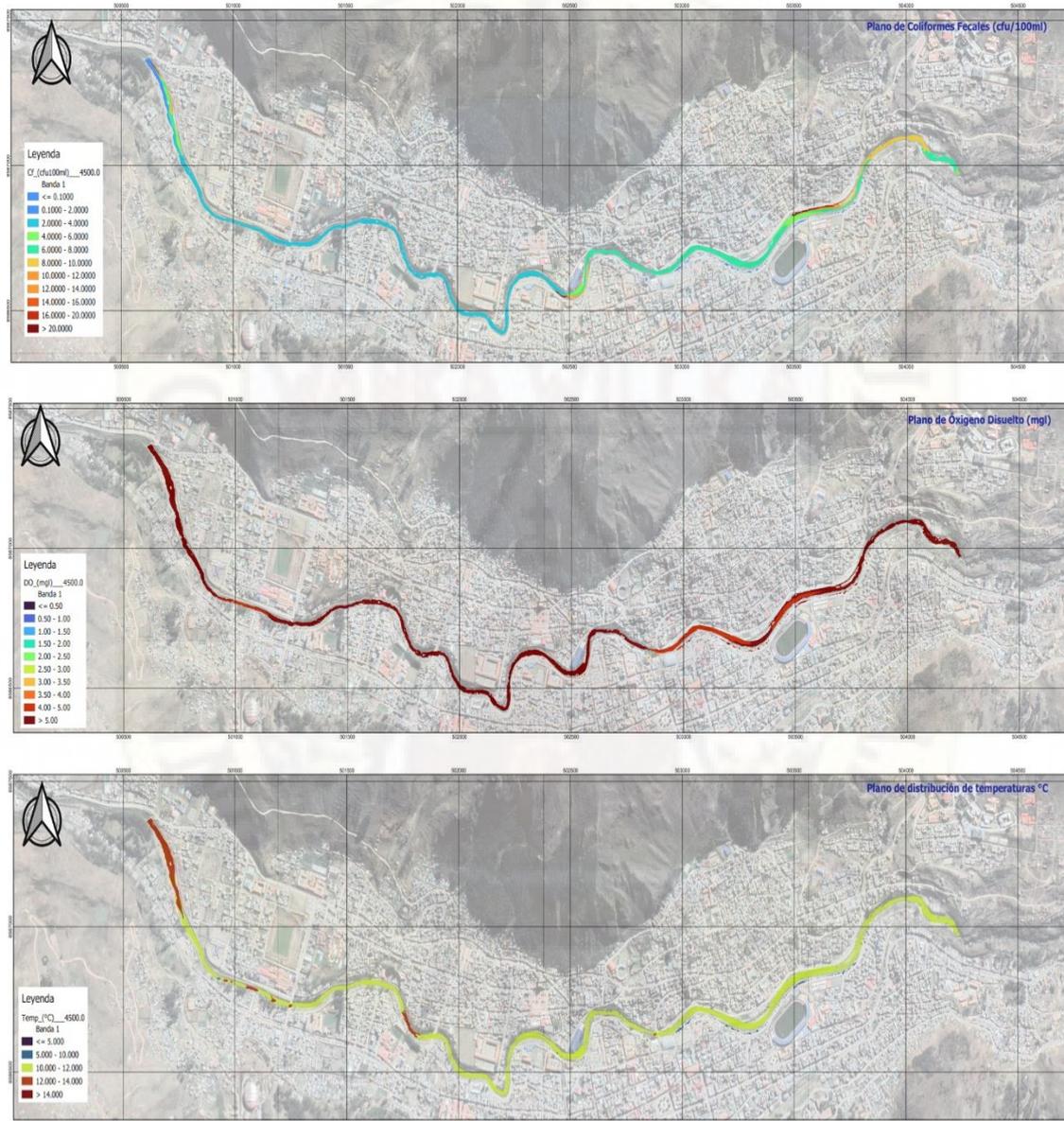


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de abril en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 14.7.

4.1.4.5 Resultados del modelamiento del mes de mayo

Figura 30: Mapa de modelamiento del mes de mayo



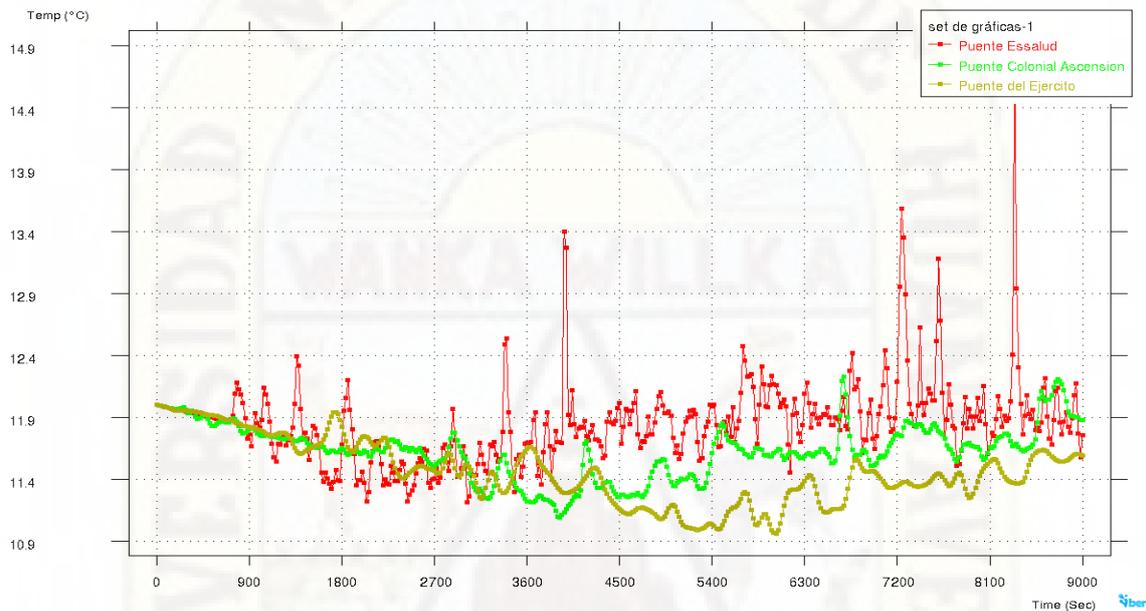
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de mayo

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de mayo con temperatura del aire de 8.63°C, radiación solar de 185.53 w/m² y humedad relativa de 64.06%, y caudal promedio de 4.72 m³/s, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 20, oxígeno disuelto 0.5 a 5mg/l y temperatura de 5 a 14 °C. Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 31: Resultado grafico de Temperatura del mes de mayo

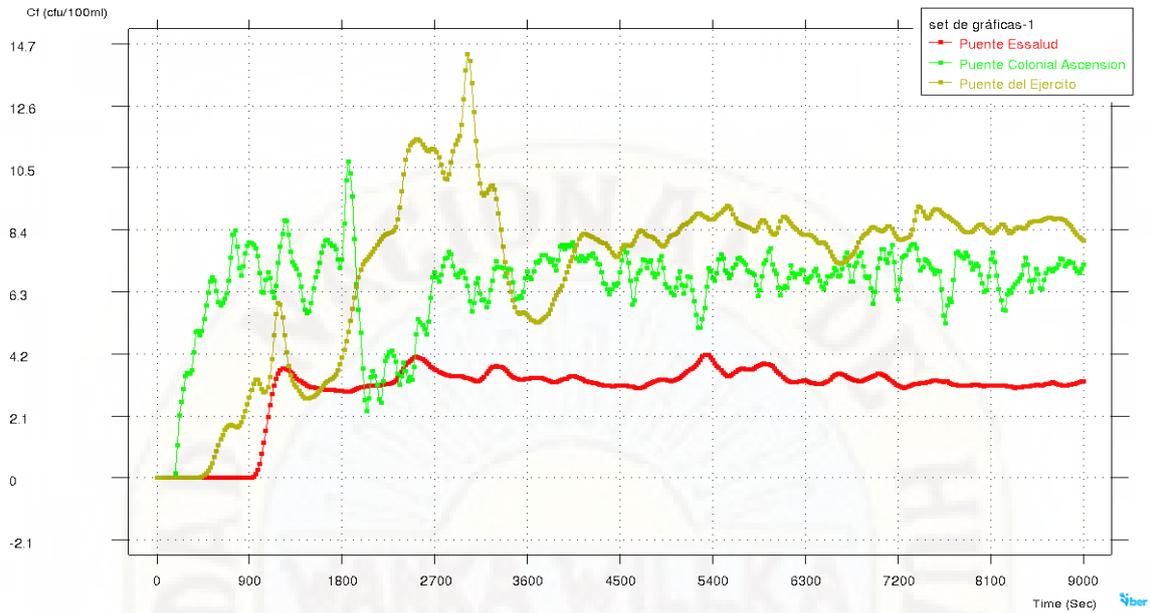


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de mayo en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.9 a 14.

Resultado grafico de E, coli

Figura 32: Resultado grafico de E, coli del mes de mayo

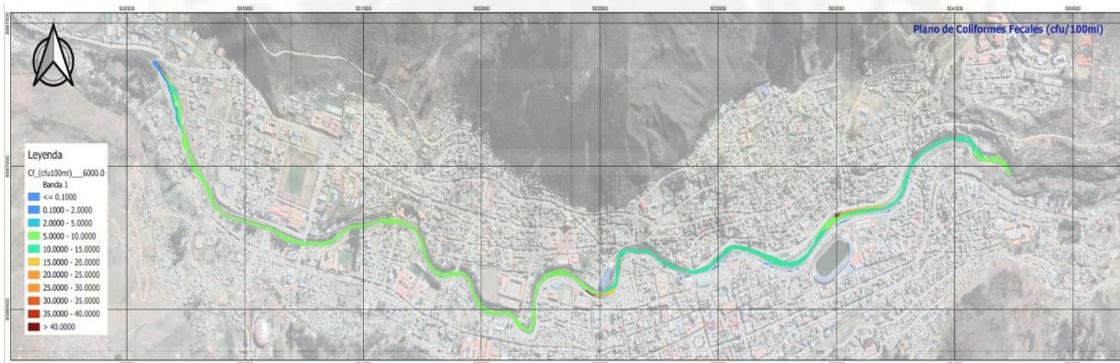


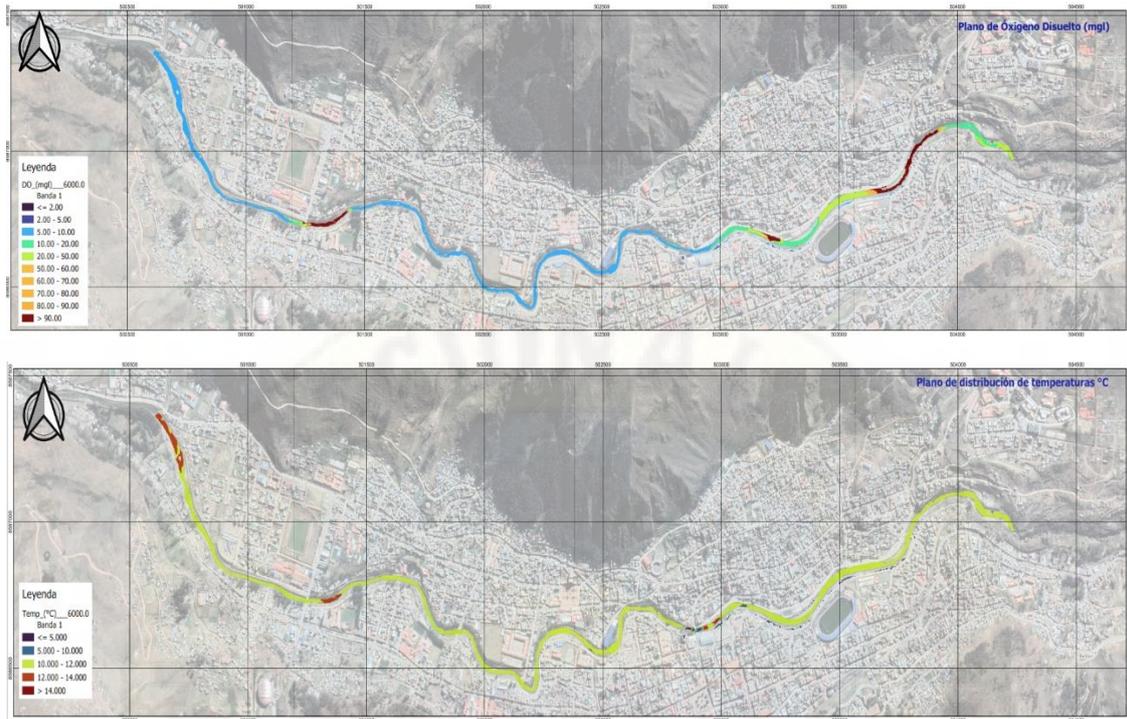
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de mayo en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 14.7.

4.1.4.6 Resultados del modelamiento del mes de junio

Figura 33: Resultados del modelamiento del mes de junio





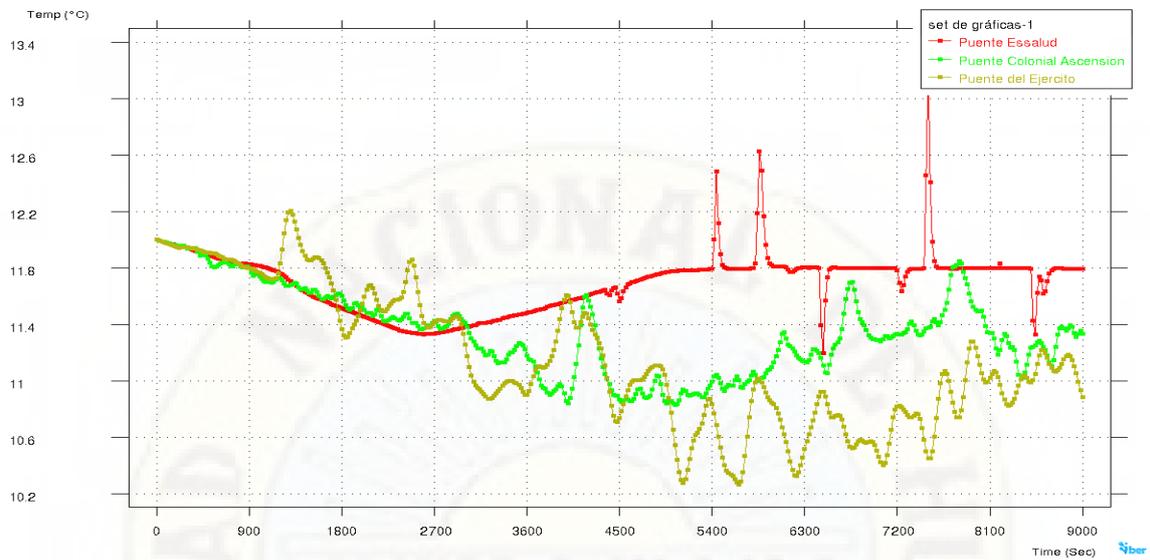
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de junio

En el gráfico se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de junio con temperatura del aire de 8.00°C , radiación solar de $161.57\text{w}/\text{m}^2$ y humedad relativa de 49.8% , y caudal promedio de $2.74\text{m}^3/\text{s}$, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 40 , oxígeno disuelto 2 a $90\text{mg}/\text{l}$ y temperatura de 5 a 14°C . Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 34: Resultado grafico de Temperatura del mes de junio

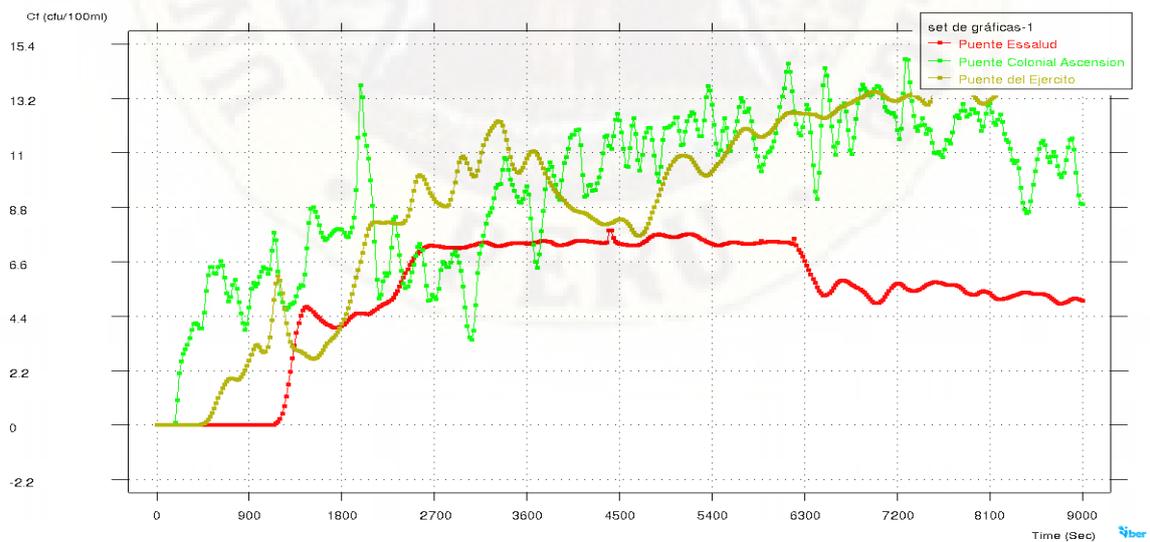


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de junio en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.2 a 13.4.

Resultado grafico de E, coli

Figura 35: Resultado grafico de E, coli del mes de junio

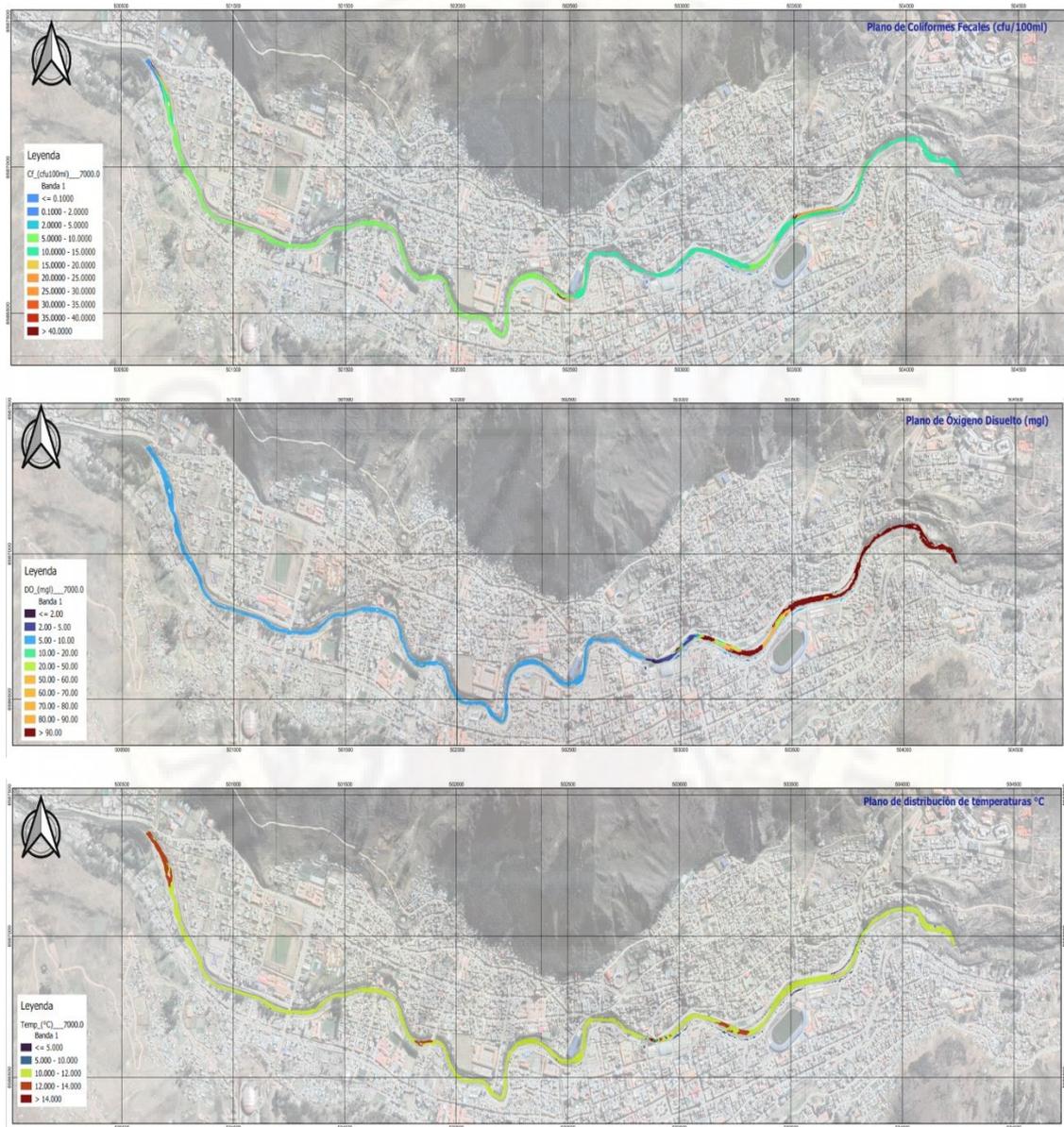


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de junio en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 15.4.

4.1.4.7 Resultados del modelamiento del mes de julio

Figura 36: Resultados del modelamiento del mes de julio



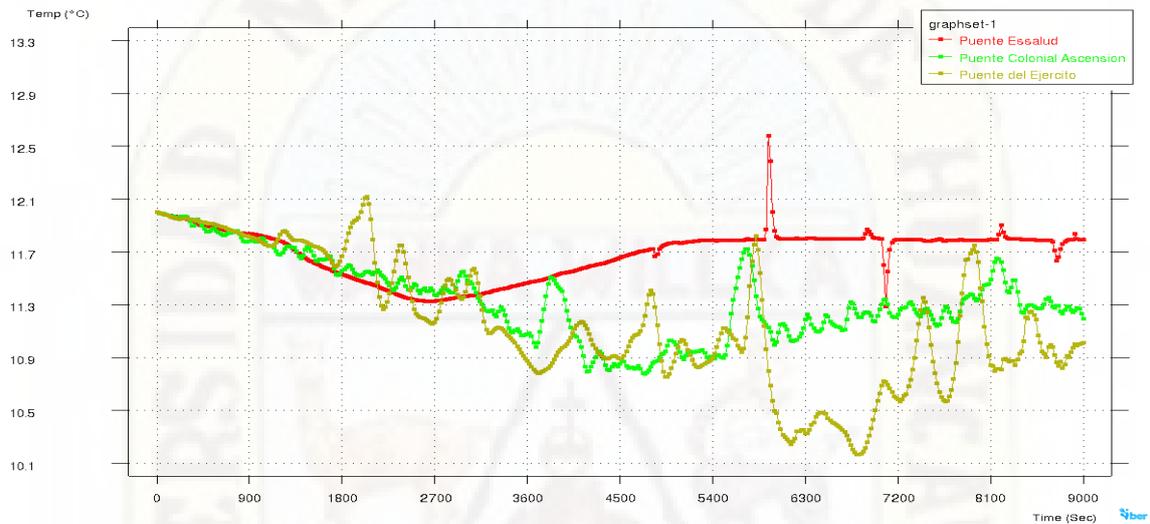
Fuente elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de julio

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de julio con temperatura del aire de 7.93°C, radiación solar de 180.28 w/m2 y humedad relativa de 50.64%, y caudal promedio de 2.45m3/s, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 40, oxígeno disuelto 2 a 90mg/l y temperatura de 5 a 14 °C. Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 37: Resultado grafico de Temperatura del mes de julio puntos intermedio

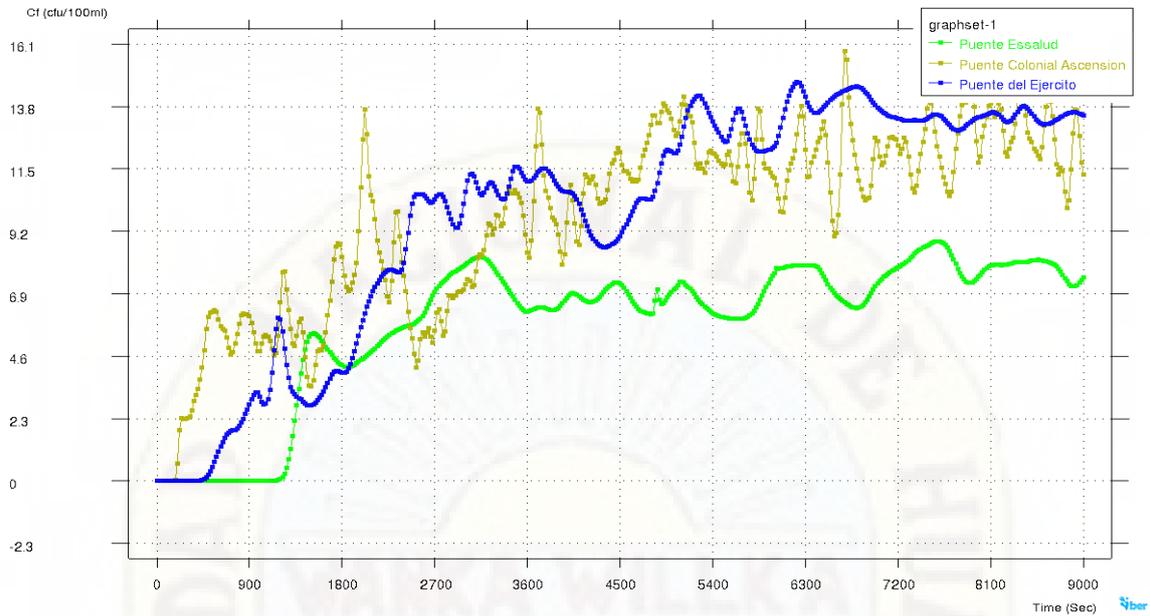


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de julio en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.1 a 13.3.

Resultado grafico de E, coli

Figura 38: resultado grafico de E, coli del mes de julio puntos intermedio



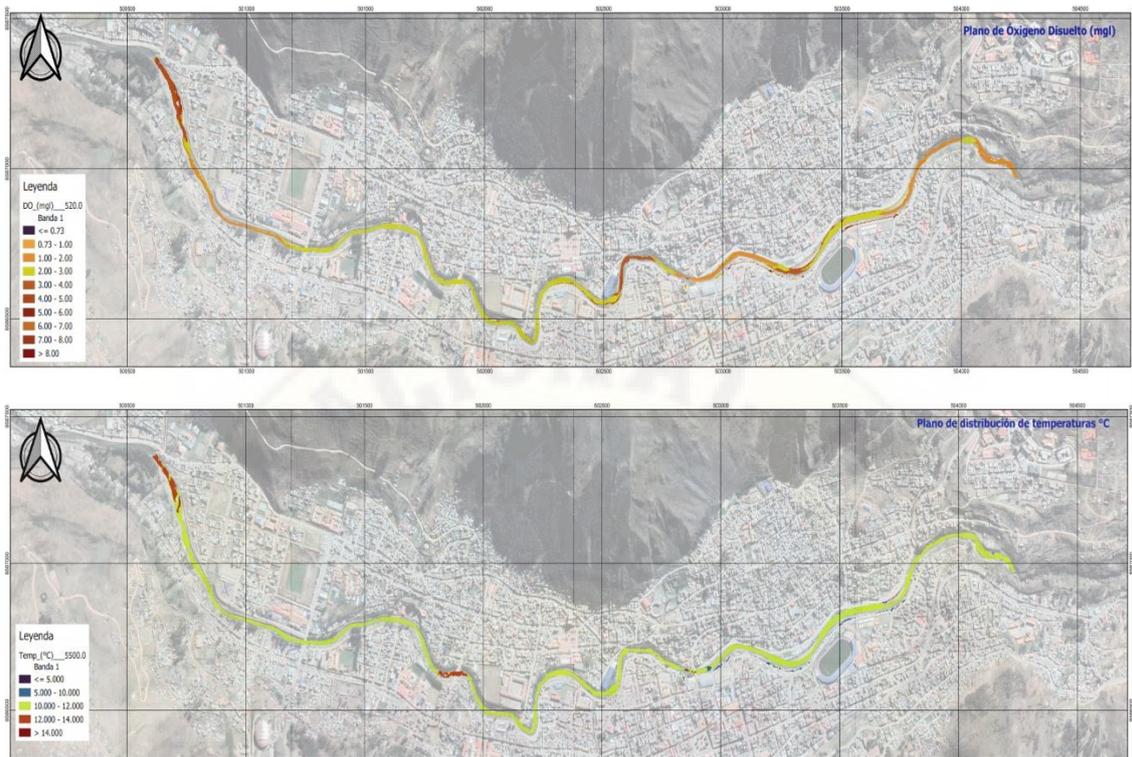
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de julio en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 16.1.

4.1.4.8 Resultados del modelamiento del mes de agosto

Figura 39: Resultados del modelamiento del mes de agosto





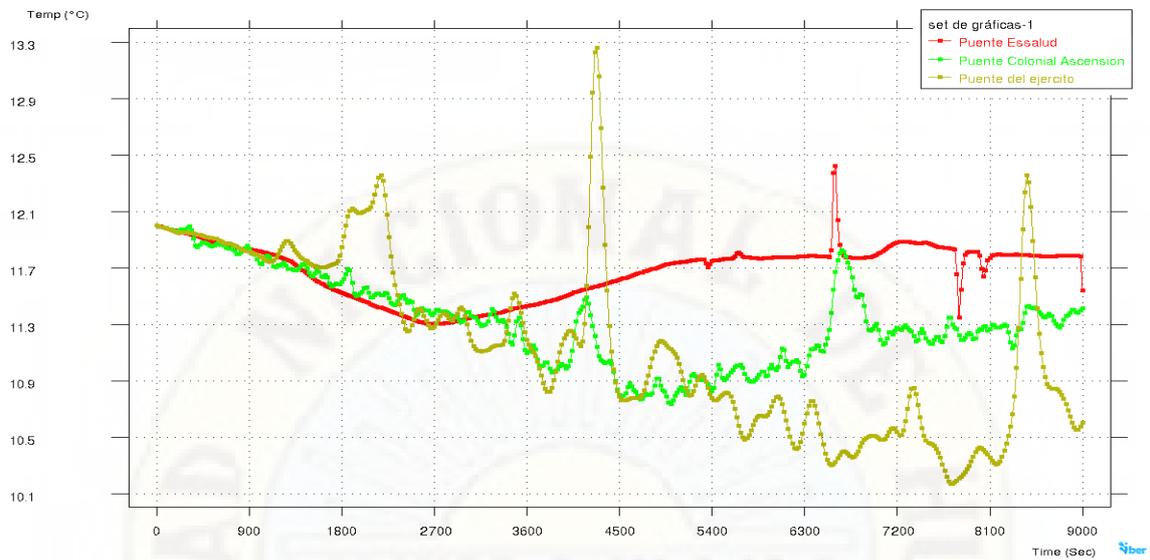
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de agosto

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de agosto con temperatura del aire de 8.55°C , radiación solar de $180.00\text{w}/\text{m}^2$ y humedad relativa de 44.4%, y caudal promedio de $2.24\text{m}^3/\text{s}$, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 40, oxígeno disuelto 0.73 a $8\text{mg}/\text{l}$ y temperatura de 5 a 14°C . Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 40: Resultado grafico de Temperatura del mes de agosto puntos intermedio

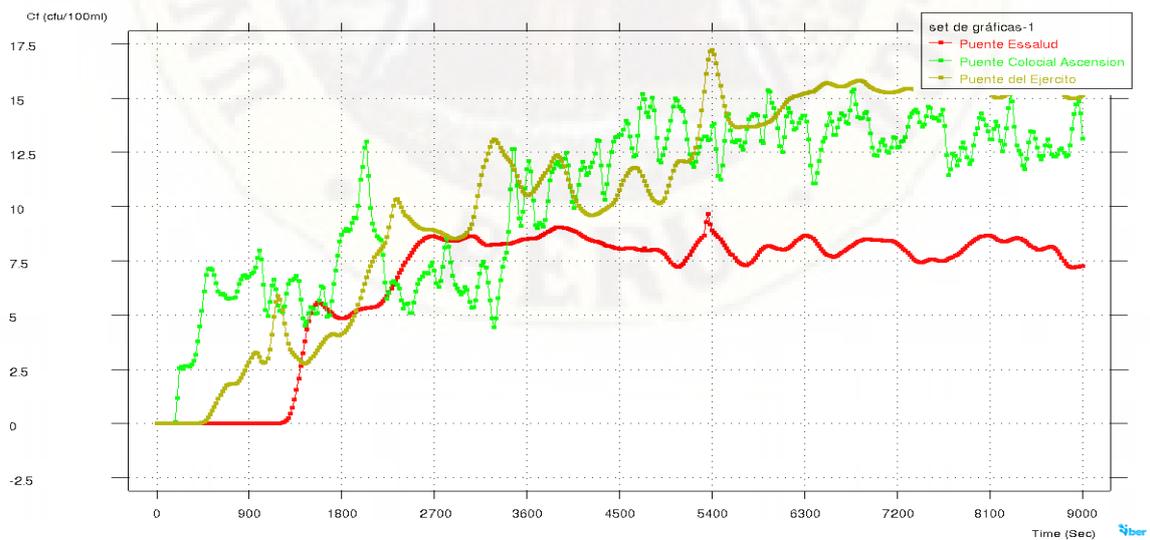


Fuente elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de agosto en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.1 a 13.3.

Resultado grafico de E, coli

Figura 41: Resultado grafico de E, coli del mes de, agosto puntos intermedio

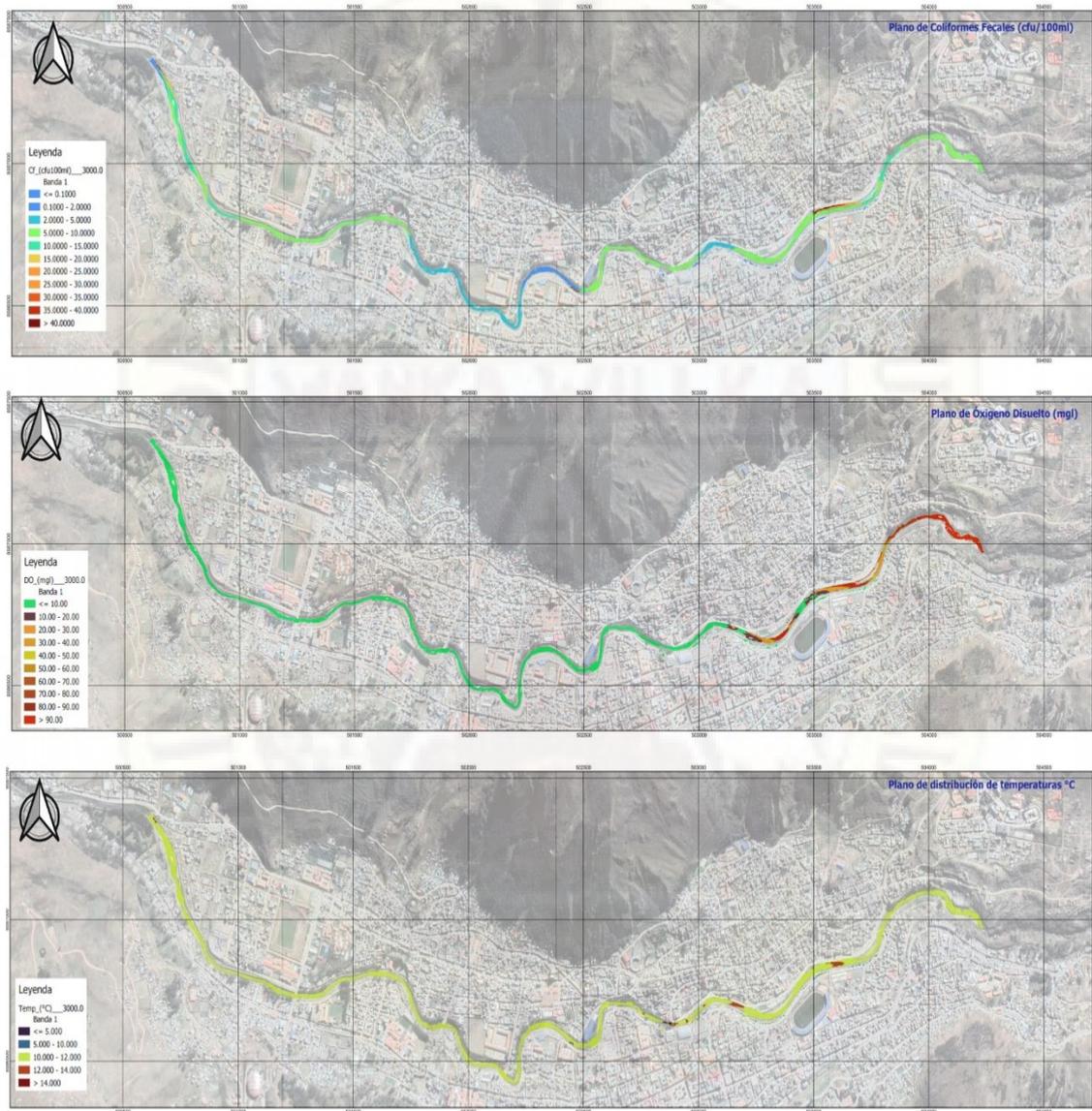


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de agosto en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 17.5.

4.1.4.9 Resultados del modelamiento del mes de setiembre

Figura 42: Resultados del modelamiento del mes de setiembre



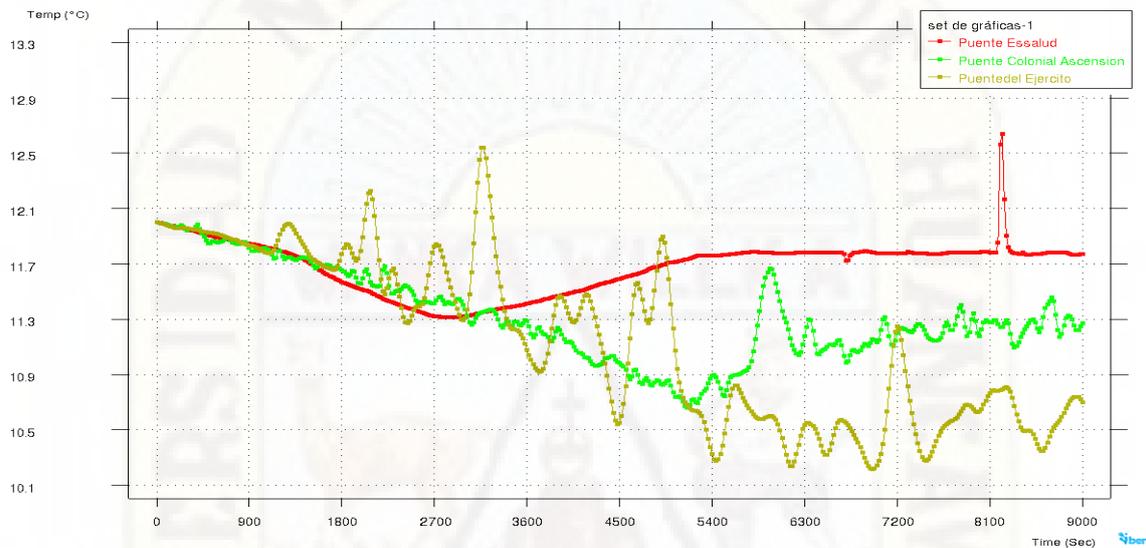
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de setiembre

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de setiembre con temperatura del aire de 9.63°C, radiación solar de 248.33w/m² y humedad relativa de 60.48%, y caudal promedio de 1.98 m³/s, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 40, oxígeno disuelto 10 a 90mg/l y temperatura de 5 a 14 °C. Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de temperatura

Figura 43: Resultado grafico de Temperatura del mes de setiembre puntos intermedio

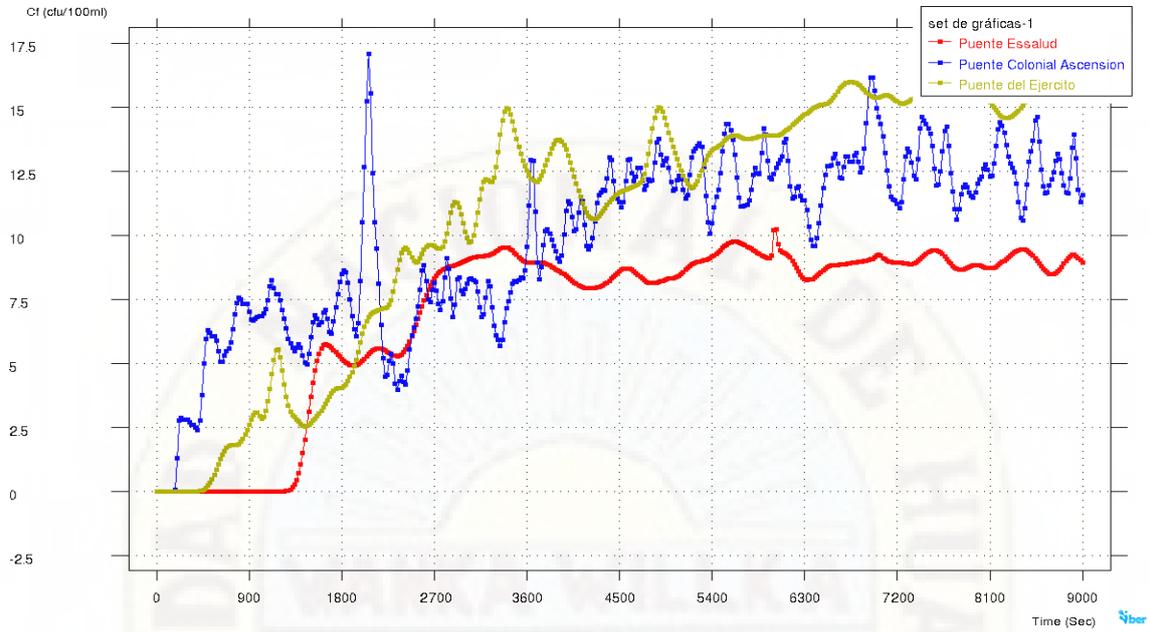


Fuente elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de setiembre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.1 a 13.3.

Resultado grafico de E, coli

Figura 44: Resultado grafico de E, coli del mes de setiembre puntos intermedio



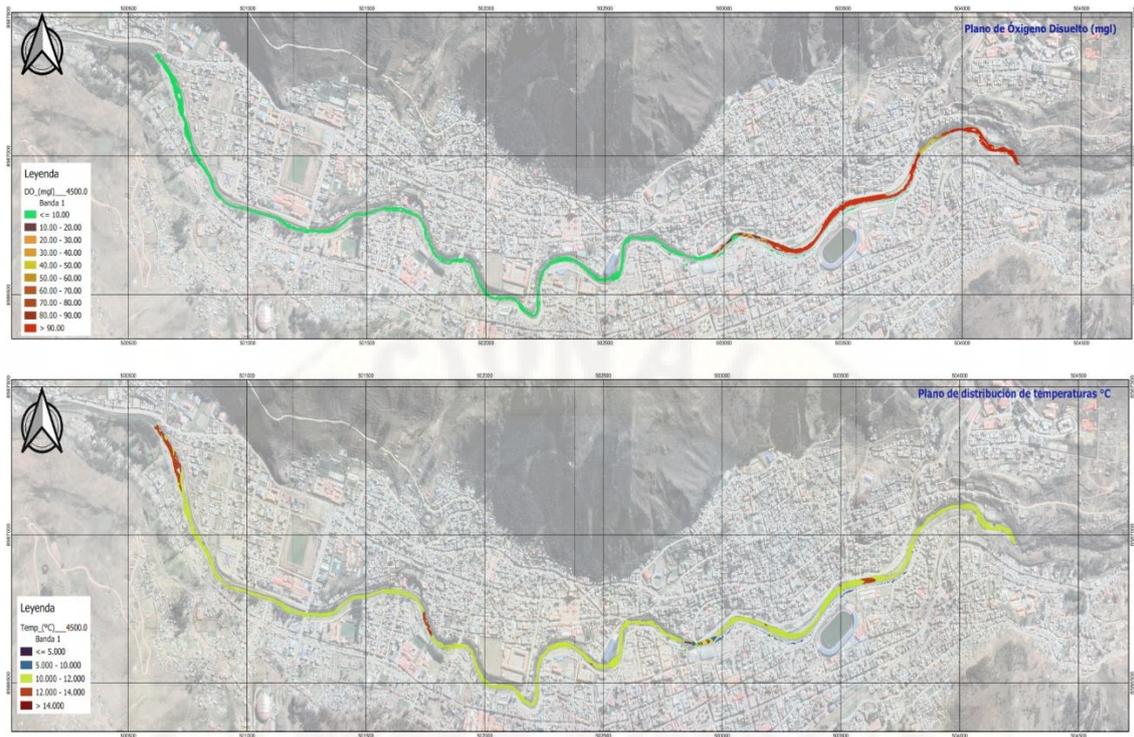
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de setiembre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 17.5.

4.1.4.10 Resultados del modelamiento del mes de octubre

Figura 45: Resultados del modelamiento del mes de octubre





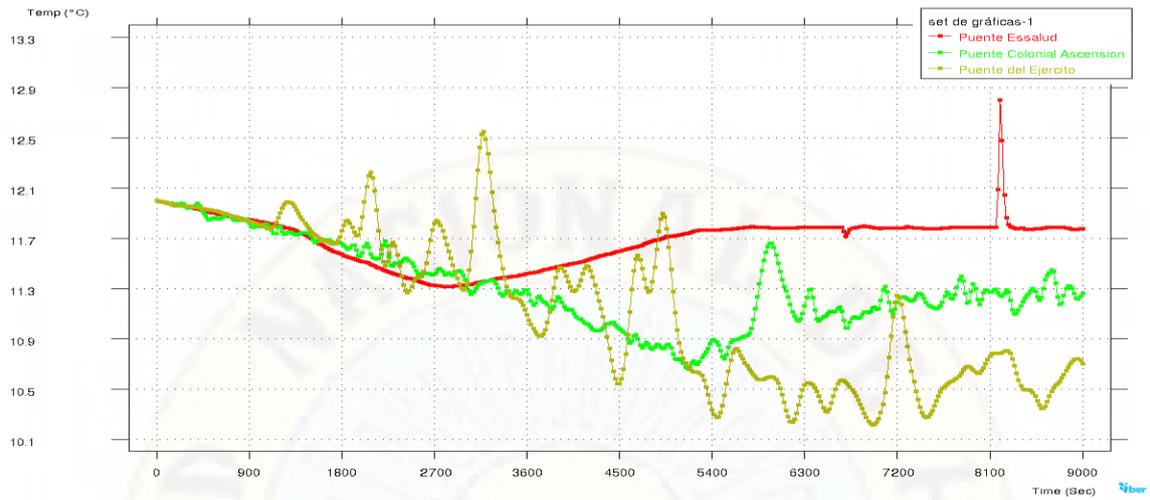
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de octubre

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de octubre con temperatura del aire de 9.45°C , radiación solar de 191.71w/m^2 y humedad relativa de 58.02% , y caudal promedio de $1.78\text{ m}^3/\text{s}$, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 40 , oxígeno disuelto 10 a 90mg/l y temperatura de 5 a 14°C . Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 46: Resultado grafico de Temperatura del mes de octubre puntos intermedio

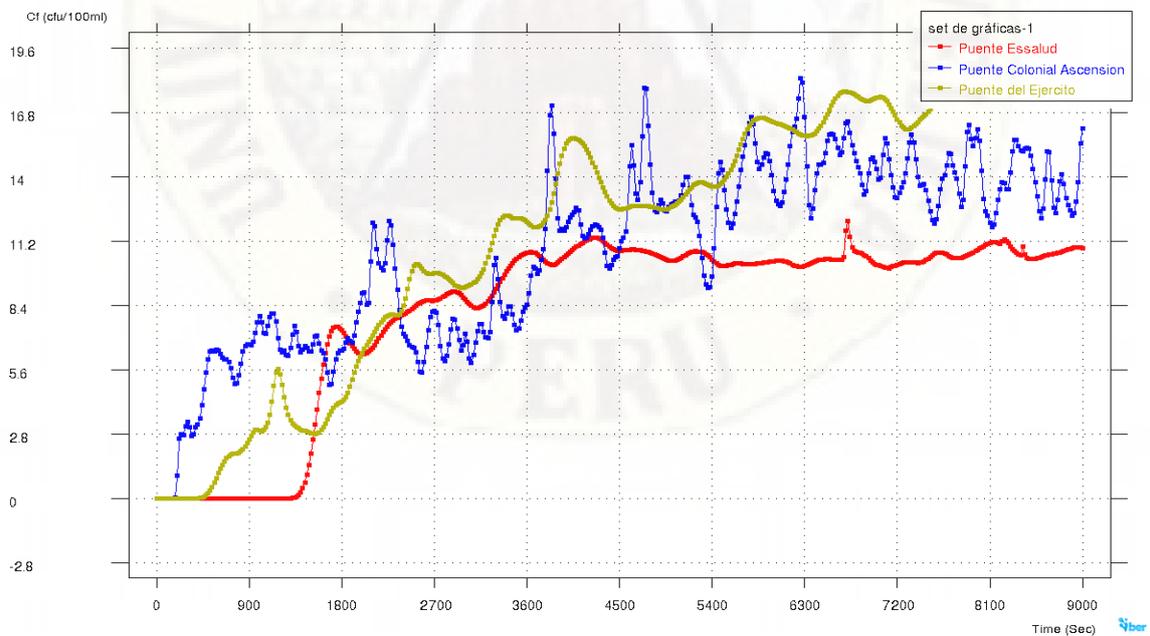


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de octubre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.1 a 13.3.

Resultado grafico de E, coli

Figura 47: Resultado grafico de E, coli del mes de octubre puntos intermedio

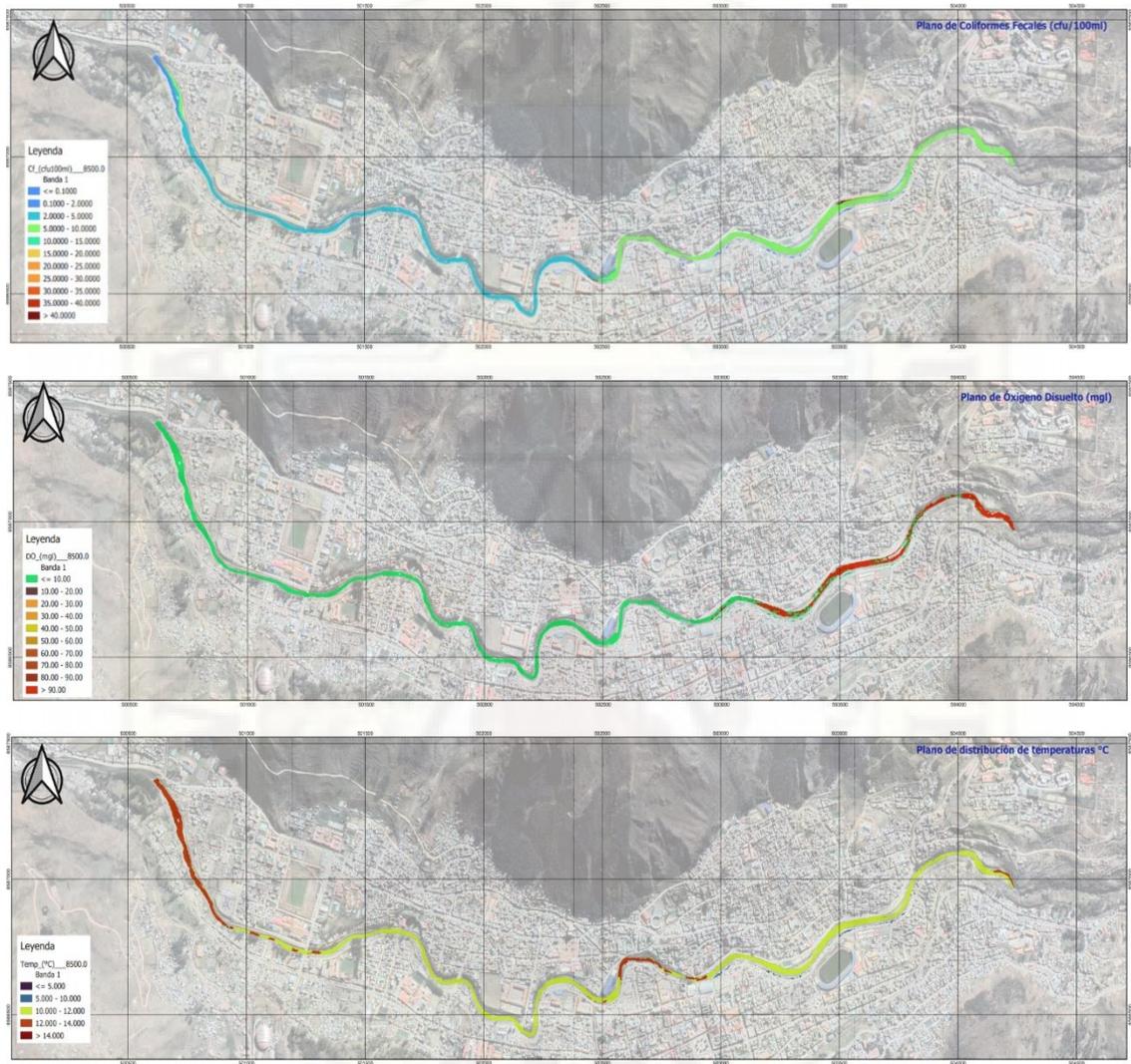


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de octubre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 19.6.

4.1.4.11 Resultados del modelamiento del mes de noviembre

Figura 48: Resultados del modelamiento del mes de noviembre



Fuente: Elaboración propia

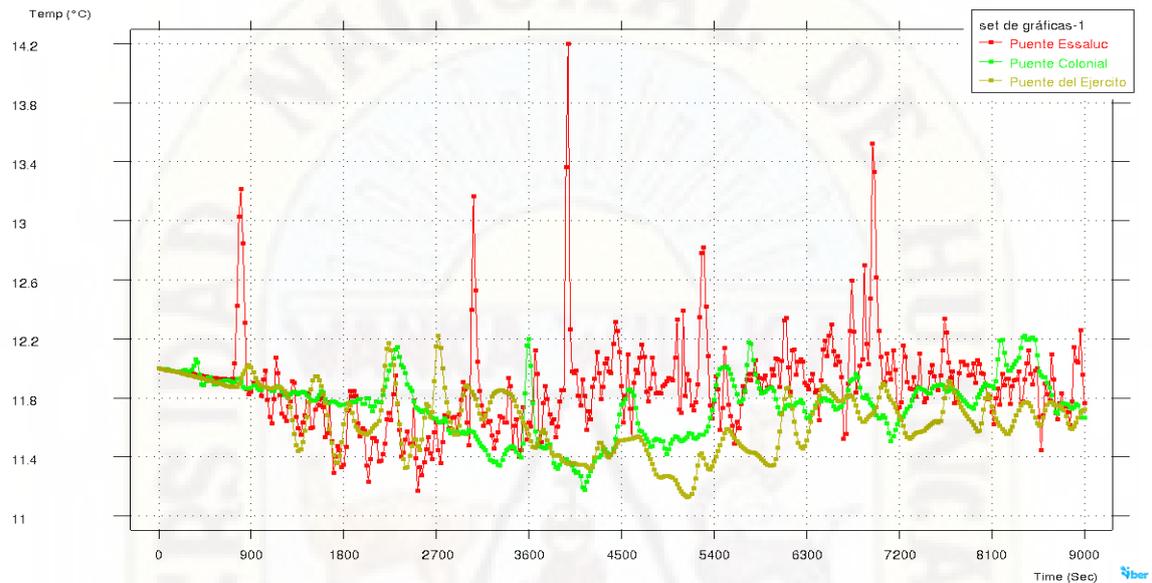
Resultados de CF, OD, T para el mes de noviembre

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de noviembre con

temperatura del aire de 10.15°C, radiación solar de 250.00w/m2 y humedad relativa de 70.57%, y caudal promedio de 4.75 m3/s, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.1 a 40, oxígeno disuelto 10 a 90mg/l y temperatura de 5 a 14 °C. Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de temperatura

Figura 49: Resultado grafico de Temperatura del mes de noviembre puntos intermedio

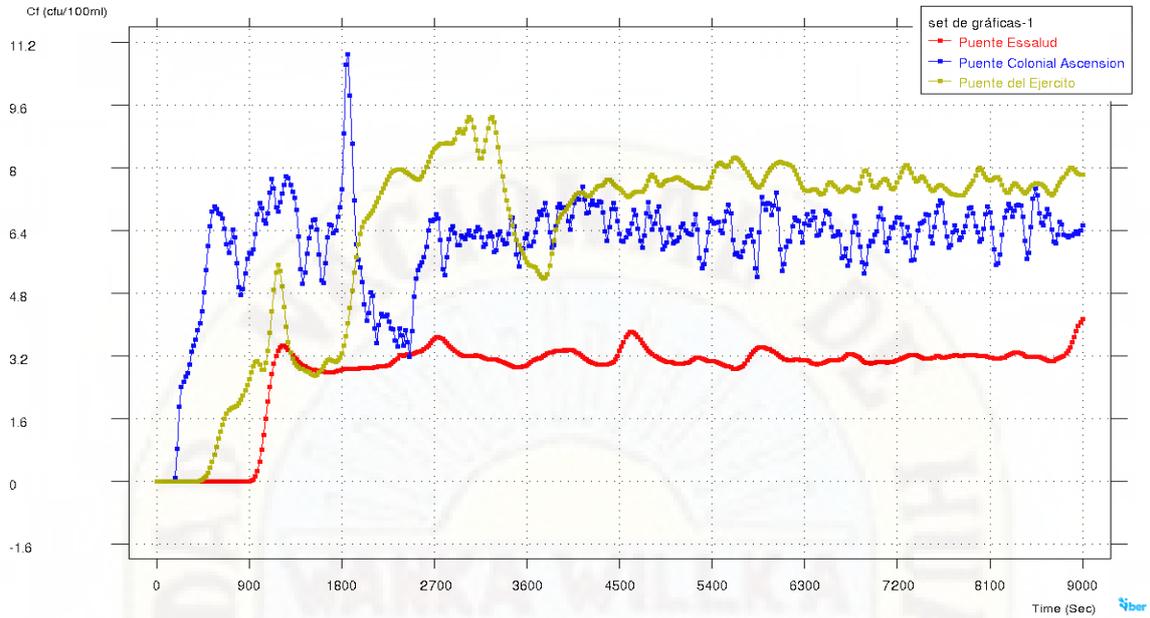


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de noviembre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 1 a 14.2.

Resultado grafico de E, coli

Figura 50: Resultado grafico de E, coli del mes de noviembre puntos intermedio

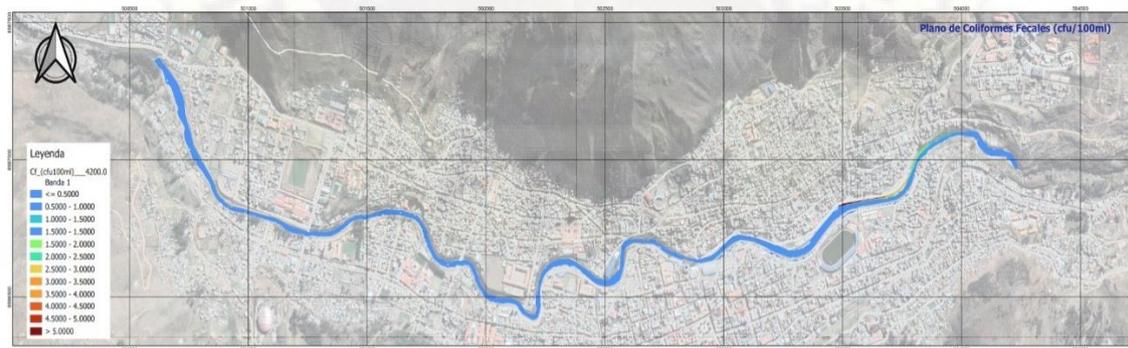


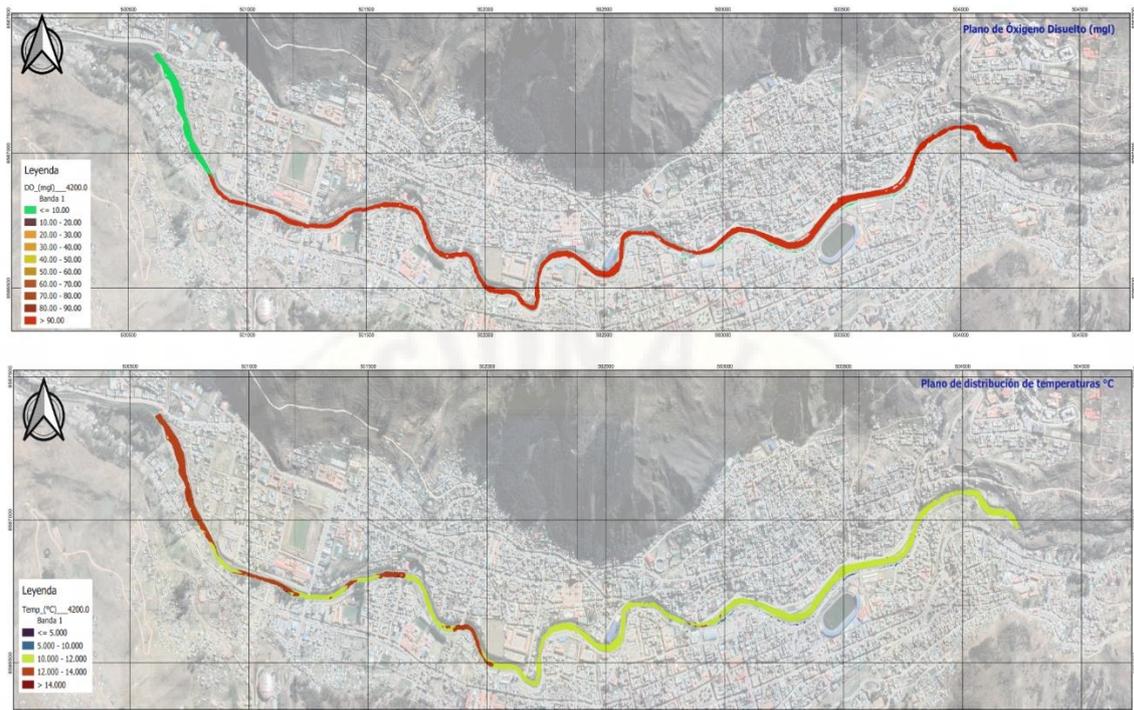
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de noviembre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 11.2.

4.1.4.12 Resultados del modelamiento del mes de diciembre

Figura 51: Resultados del modelamiento del mes de diciembre





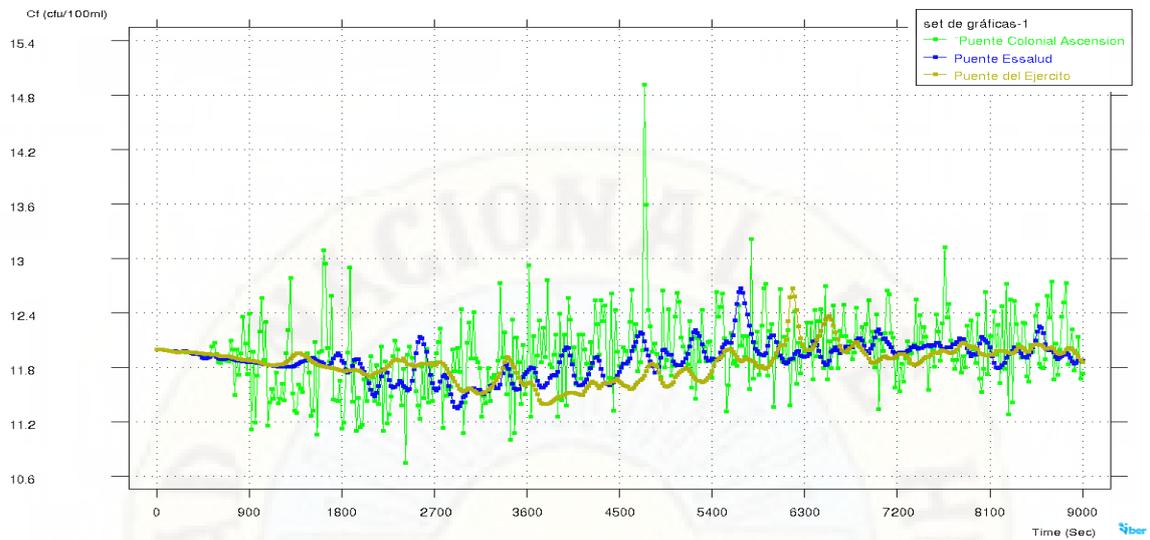
Fuente: Elaboración propia

Resultados de CF, OD, T para el mes de diciembre

En la gráfica se muestra los resultados de coliformes fecales (cuf/100ml), Oxígeno disuelto y temperatura para condiciones atmosféricas en el mes de diciembre con temperatura del aire de 10.00°C , radiación solar de 235.18 w/m^2 y humedad relativa de 63.8% , y caudal promedio de $18.91 \text{ m}^3/\text{s}$, pudiendo observar la variación de coliformes fecales en un rango de 0.5 a 5 , oxígeno disuelto 10 a 90 mg/l y temperatura de 5 a 14°C . Además, se observa la variación de estos resultados a lo largo del río y tiempo.

Resultado grafico de Temperatura

Figura 52: Resultado grafico de Temperatura del mes de diciembre puntos intermedio

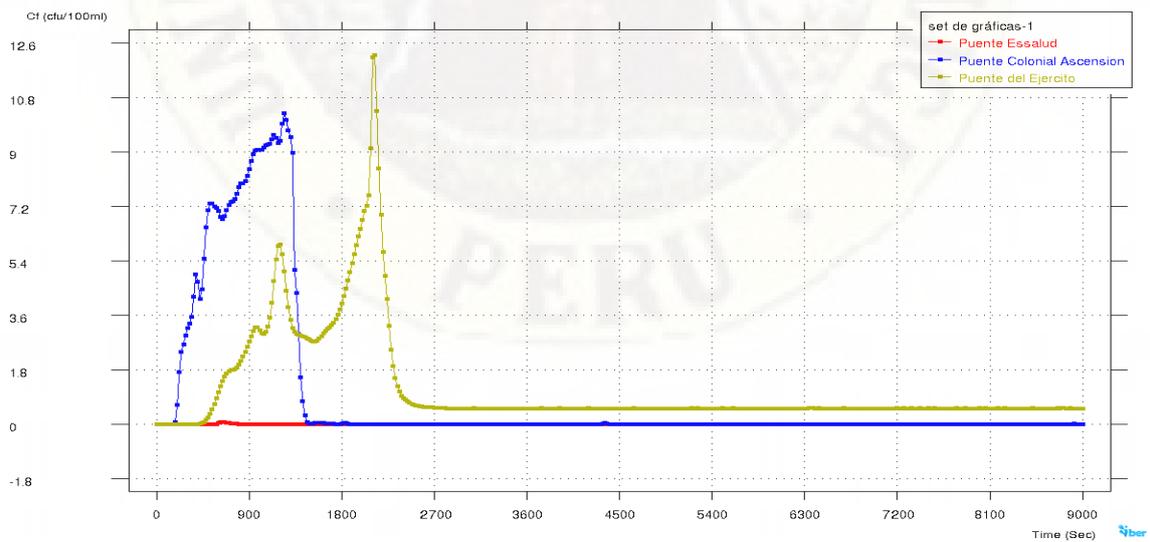


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de diciembre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 10.5 a 15.4.

Resultado grafico de E, coli

Figura 53: Resultado grafico de E, coli del mes de diciembre puntos intermedio



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar la variación de los 3 puntos de intermedio en el mes de diciembre en un tiempo de 9000 segundos en un rango de 0.1 a 12.6.

4.2 Resultado del modelamiento con el programa Iber

4.2.1 Resultados de los coliformes fecales E, coli en los puntos evaluados

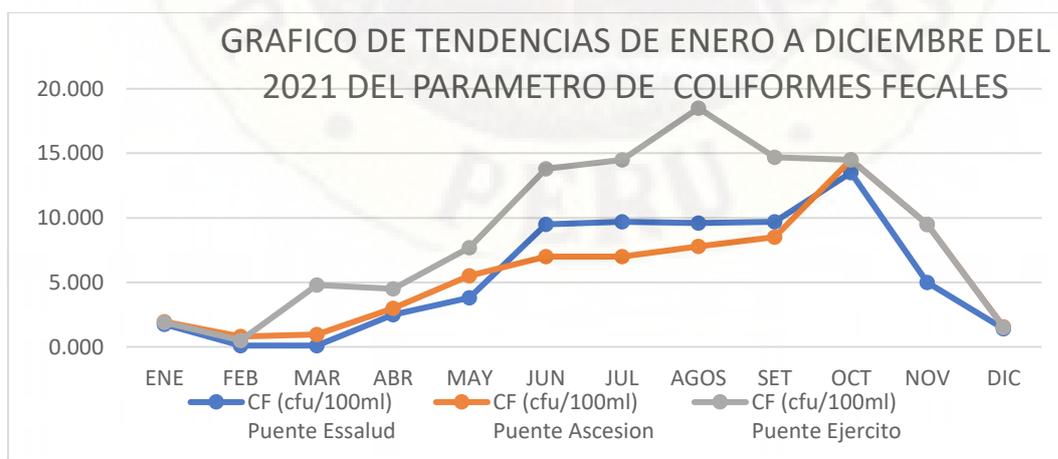
Tabla 11: Resultados de coliformes fecales E, coli en los puntos de evaluación

Mes	CF (cfu/100ml) Puente Essalud	CF (cfu/100ml) Puente Ascension	CF (cfu/100ml) Puente Ejercito
ENE	1.750	1.950	1.890
FEB	0.100	0.800	0.500
MAR	0.100	0.950	4.800
ABR	2.500	3.000	4.500
MAY	3.800	5.500	7.700
JUN	9.500	7.000	13.800
JUL	9.700	7.000	14.500
AGOS	9.600	7.800	18.500
SET	9.700	8.500	14.700
OCT	13.500	14.500	14.500
NOV	5.000	9.500	9.500
DIC	1.400	1.550	1.500

Fuente: Elaboración propia

Se observan la variación de los resultados de los coliformes fecales E, coli, en un ámbito temporal de 12 meses en los diferentes puntos de evaluación, aguas debajo del punto de análisis.

Figura 54: Grafico de tendencias de enero a diciembre de coliformes fecales E, coli



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico mostrado nos da la variación de tendencias del parámetro de coliformes fecales E, coli en un rango de 0 a 20.000 (cfu/100ml) en un ámbito temporal de 12 meses, siendo en el punto puente Essalud la concentración más baja de contaminante en los meses de febrero y marzo y los puntos más altos de concentración en el mes de octubre, en el punto puente de ascensión la concentración más baja en los meses de febrero y marzo y los puntos más altos en el mes de octubre, en el punto puente del ejército la concentración más baja en el mes de febrero y la más alta en el mes de agosto.

4.2.2 Resultados del Oxígeno disuelto en los puntos evaluados

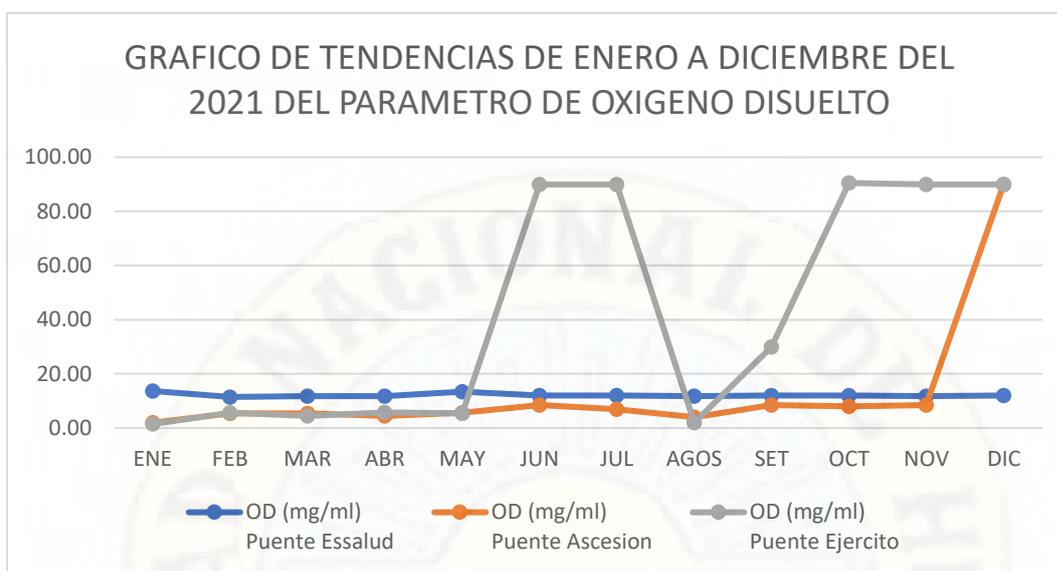
Tabla 12: Resultado del oxígeno disuelto

Mes	OD (mg/ml) Puente Essalud	OD (mg/ml) Puente Ascension	OD (mg/ml) Puente Ejercito
ENE	13.70	2.00	1.50
FEB	11.50	5.50	5.70
MAR	11.80	5.50	4.50
ABR	11.80	4.50	5.80
MAY	13.50	5.70	5.50
JUN	12.00	8.50	90.00
JUL	12.00	7.00	90.00
AGOS	11.80	4.00	2.00
SET	12.00	8.50	30.00
OCT	12.00	8.00	90.50
NOV	11.80	8.50	90.00
DIC	12.00	90.00	90.00

Fuente: Elaboración propia

Se observan la variación de los resultados del Oxígeno disuelto, en un ámbito temporal de 12 meses en los diferentes puntos de evaluación, aguas debajo del punto de análisis.

Figura 55: Gráficos de tendencias de enero a diciembre del Oxígeno disuelto



Fuente: Elaboración propia

En el grafico mostrado nos da la variación de tendencias del parámetro de Oxígeno disuelto en un rango de 0 a 100.0 (mg/l) en un ámbito temporal de 12 meses, siendo en el punto puente Essalud la concentración más baja de contaminante en el mes de febrero y los puntos más altos de concentración en el mes de enero, en el punto puente de ascensión la concentración más baja en los meses de enero y agosto y los puntos más altos en el mes de noviembre, en el punto puente del ejercito la concentración más baja en el mes de enero y agosto y la más alta en el mes de mayo.

4.2.3 Resultados de la Temperatura en los puntos evaluados

Tabla 13: Resultados de la Temperatura

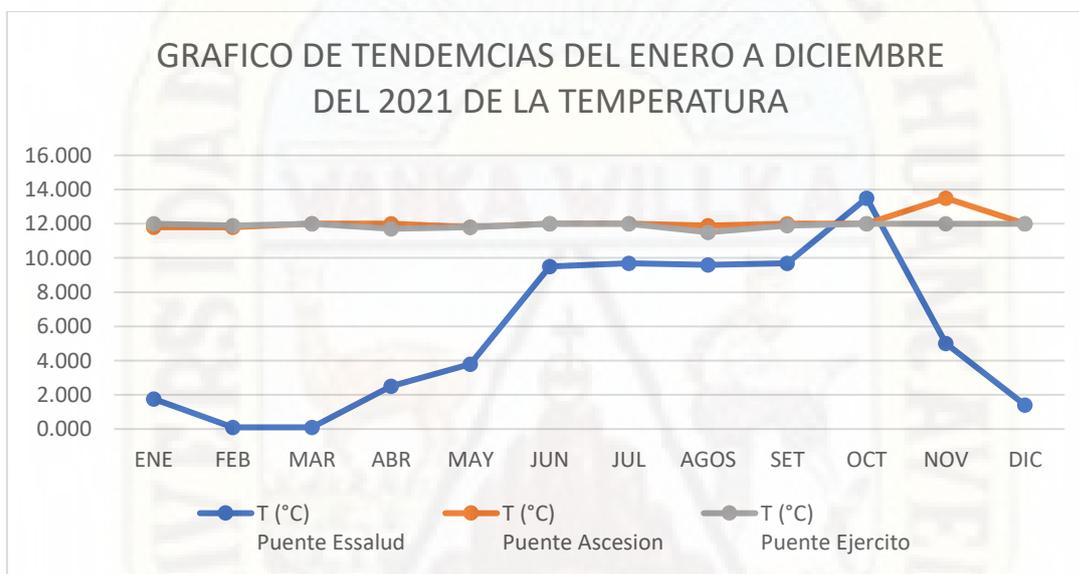
Mes	T (°C) Puente Essalud	T (°C) Puente Ascension	T (°C) Puente Ejercito
ENE	1.750	11.80	12.00
FEB	0.100	11.80	11.90
MAR	0.100	12.00	12.00
ABR	2.500	12.00	11.70
MAY	3.800	11.80	11.80

JUN	9.500	12.00	12.00
JUL	9.700	12.00	12.00
AGOS	9.600	11.90	11.50
SET	9.700	12.00	11.90
OCT	13.500	12.00	12.00
NOV	5.000	13.50	12.00
DIC	1.400	12.00	12.00

Fuente: Elaboración propia

Se observan la variación de los resultados de la temperatura, en un ámbito temporal de 12 meses en los diferentes puntos de evaluación, aguas debajo del punto de análisis.

Figura 56: Grafico de tendencias de enero a diciembre de la Temperatura



Fuente: Elaboración propia

En el grafico mostrado nos da la variación de tendencias del parámetro de la Temperatura en un rango de 0 a 16.0 (°C) en un ámbito temporal de 12 meses, siendo en el punto puente Essalud la concentración más baja de contaminante en el mes de febrero y marzo y los puntos más altos de concentración en el mes de octubre, en el punto puente de ascensión la concentración más baja en el meses de enero y los puntos más altos en el mes de noviembre, en el punto puente del ejercito la concentración más baja en el mes de abril y agosto y la más alta en el mes de junio.

4.3 Discusión de resultados

Las discusiones de los resultados de la investigación se realizaron de manera inductiva ya que va partiendo desde el objetivo general hasta los objetivos específicos.

4.3.1 Discusión de los resultados del objetivo general

Como objetivo general se estableció “Simular un modelo hidráulico bidimensional para determinar el nivel de dispersión de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.” el modelamiento se hizo en un tiempo determinado de 9000 segundos, donde se simuló los diferentes parámetros dando como resultado la concentración y el comportamiento de contaminantes.

4.3.2 Discusión de resultados de objetivos específico 1

Como objetivo específico N° 1 se mencionó lo siguiente “Determinar el modelamiento y simulación de oxígeno disuelto del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.” donde tuvo como resultado en un estudio temporal de 12 meses en un tiempo determinado de 9000 segundos la variación del oxígeno disuelto se da a causa de caudal, humedad relativa, radiación solar, salinidad y la misma temperatura ya que en tiempo de estiaje la variación del oxígeno disuelto es más fuerte ya que hay mayor concentración de salinidad y temperatura. Siento en el punto 1, puente de Essalud la mayor concentración de oxígeno disuelto en el mes de enero ya que en esas épocas se presenta menor caudal por falta de lluvias y en la menor concentración de caudal lo encontramos en los meses de junio y julio. Para el punto 2, puente de ascensión la mayor concentración de oxígeno disuelto se encontró en el mes de diciembre y la menor concentración en el mes de enero y agosto y para el punto 3, puente del ejército la mayor concentración fue en el mes de junio y julio y la menor en el mes de enero y agosto, a esto debemos de aumentar ya que la variación se da por los diferentes afluentes como drenajes pluviales y desagües clandestinos.

4.3.3 Discusión de resultados de objetivos específico 2

Como objetivo específico N°2 se mencionó lo siguiente: “Determinar el modelamiento y simulación de la temperatura del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en la zona

urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.” donde tuvo como resultado en un estudio temporal de 12 meses en un tiempo determinado de 9000 segundos la variación del oxígeno disuelto se da a causa de caudal, humedad relativa. Siendo que en el punto 1: puente de Essalud la temperatura más alta se dio en el mes de octubre y no solo a causa de los parámetros ya mencionados ya que en todo el tramo del río Ichu encontramos diferentes actividades humanas haciendo que sus efluentes se descarguen hacia el río, provocando desequilibrio biótico con las especies de su entorno, en los puntos 2: puente de atención y punto 3 puente del ejército la temperatura se encontró en un rango de 10 a 12°C.

4.3.4 Discusión de resultados de objetivos específico 3

Como objetivo específico N° 3 se mencionó lo siguiente “Determinar el modelamiento y simulación de Echerichia coli del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.” donde tuvo como resultado en un estudio temporal de 12 meses en un tiempo determinado de 9000 segundos la dispersión del Echerichia coli y la variación se dio a causa de caudal, humedad relativa, radiación solar, y la misma temperatura ya que en tiempo de estiaje la contaminación es más fuerte a mayor caudal menor concentración de Echerichia coli y a menor caudal mayor concentración de Echerichia coli. Siendo que en el punto 1, puente de Essalud la mayor concentración de c Echerichia coli en el mes de octubre ya que en esas épocas se presenta menor caudal por falta de lluvias y en la menor concentración de caudal lo encontramos en los meses de febrero y marzo. Para el punto 2, puente de ascensión la mayor concentración de Echerichia coli se encontró en el mes de octubre y la mínima en los meses de febrero y marzo y en el punto 3, puente del ejército la mayor concentración se encontró en el mes de agosto y una mínima en el mes de febrero, a esto debemos de aumentar ya que la variación se da por los diferentes afluentes como drenajes pluviales y desagües clandestinos.

CONCLUSIONES

- El modelamiento en el programa Iber como resultado nos da un rango entre un mínimo y un máximo donde la varianza y dispersión de los parámetros se da de acorde a los diferentes sub parámetros como las que se consideró para el modelamiento como la humedad relativa, radiación solar, caudal promedio la velocidad de viento y la temperatura del aire, para un mejor modelamiento y claridad de los resultados.
- Los resultados dados del modelamiento no son exactos ni puntuales ya que todo es constante.
- Para el año 2021 con los datos obtenidos del modelamiento se concluyó que de los 3 puntos considerados donde se analizó los coliformes fecales E, coli, en el punto del puente del ejercito es donde se encontró una mayor concentración y dispersión de E, coli en el mes de agosto.
- Para el año 2021 con los datos obtenidos del modelamiento se concluyó que de los 3 puntos considerados donde se analizó el Oxígeno disuelto, en el punto del puente de ascensión y puente del ejercito es donde se encontró una mayor concentración y dispersión de Oxígeno disuelto en los meses de junio, julio y noviembre.
- Para el año 2021 con los datos obtenidos del modelamiento se concluyó que de los 3 puntos considerados donde se analizó la Temperatura, en el punto del puente de ascensión y puente del ejercito es donde se encontró una mayor concentración y dispersión de la Temperatura en los meses de octubre y noviembre.

RECOMENDACIONES

- El modelo de dispersión de los contaminantes establecido en este trabajo debe ser contrastado junto a un análisis de sensibilidad de los principales parámetros a fin de determinar la precisión.
- Es necesaria una implementación y mantención de procesos que desarrollen el conocimiento y competencia en analistas y profesionales protagonistas en tomas de decisiones acerca de la modelación de contaminantes y algunos de los medios disponibles para ser considerados en un Estudio de Impacto Ambiental, que por supuesto, acrediten que son competentes en la materia de modelación.
- Evaluar otros escenarios de posibles puntos de descarga fuera de las orillas del río a fin de determinar la mejor opción para el desarrollo del modelo de dispersión
- Realizar mayores monitoreos en la zona de las riberas del río para así afinar aún más el modelo de dispersión permitiendo así el mejor manejo de la información para trabajos posteriores.
- Ampliar el estudio de la eficacia de los modelos de dispersión de contaminantes usados en la actualidad en pro de conocer aún más la cercanía que pudieran tener los resultados simulados, aprovechando las diversas realidades con las que cuenta el Perú.
- Profundizar en el estudio de nuevas metodologías para el hallazgo de factores de emisión, ya que como sabemos el factor antropogénico es el principal causante de estas emisiones derivadas de sus actividades.

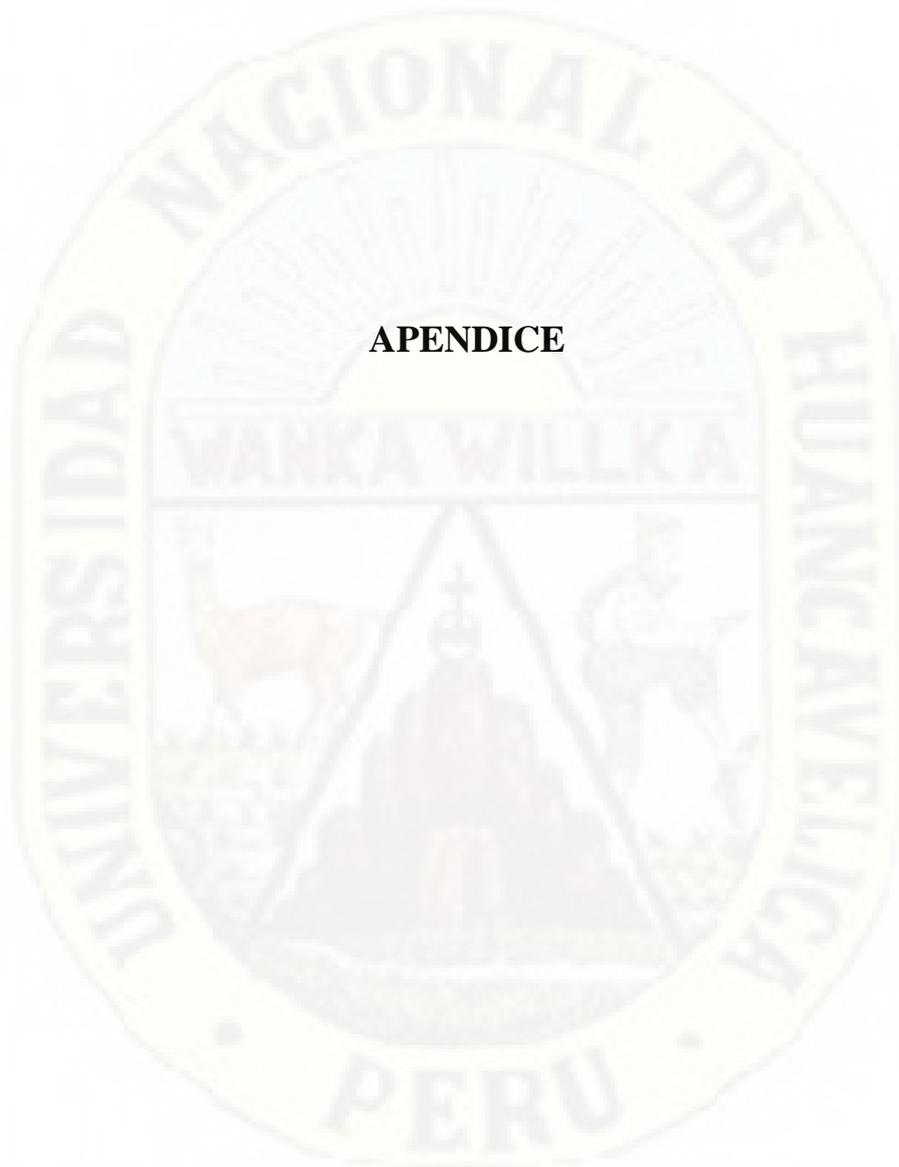
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima.
- Alarcón, J. (2019). *Aplicación de métodos de índices de calidad de agua (ICA) en el río Rímac*. Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Lima.
- Alcalde, P. (21 de Marzo de 2017). HEMOS PERMITIDO A MÁS DE 1.500 PERSONAS REFUGIADAS EN EL VALLE DE LA BEKAA DISPONER DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES. *Acción contra el hambre*.
- Aqua fondo. (2015). La contaminación de los ríos de Lima. En A. fondo, *La contaminación de los ríos de Lima*. Lima.
- Aréstegui, Y. (2019). *Determinación del índice de calidad de agua en cinco cochas del Parque Nacional del Manu*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA.PE)*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *transporte y transformación de contaminantes en el ambiente y contaminantes en el agua*. Lima.
- Banco Mundial. (19 de Marzo de 2020). El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial. *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial*.
- Barrenechea, A. (2018). *aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. ingenieros ambientales.
- Belito, E. (2018). *modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, Provincia y Departamento de Huancavelica*. Huancavelica: universidad nacional de Huancavelica.
- Casas, J. (2017). Análisis univariable y bivariante. En *Investigación descriptiva: análisis de información* (pág. 13).
- Castán, Y. (2016). Introducción al método científico y sus etapas. En *Diplomado en Salud Pública* (págs. 1-6). Aragon. Obtenido de <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T00.pdf>
- Castro, L., & Ochoa, L. (2020). *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua superficial del río Ichu en zonas adyacentes al distrito de Huancavelica y Ascension*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente . (2006). *Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento utilizadas en el ámbito rural del Perú*. Lima.
- Chávez, J., Rascón, J., & Eneque, A. (2017). evaluación del impacto de la disposición de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas. *Revista Indes*.
- Colis, G., Lopez, R., Narciso, R., Barrera, G., & Gonzales, A. (2011). evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el estado de aguas calientes. *universidad y ciencia tropico humedo* .
- Consorcio río Locumba . (2017). *Estudio de recursos Hidricos superficiales y subterrneos e infraestructura hidraulica para el plan de aprovechamiento en la cuenca del río Locumba, en la región Tacna*. Tacna.
- Domus Consultoria Ambiental. (2011). *Descripción y evaluación de impactos*.
- El Comercio. (3 de enero de 2016). Más de cien ríos están contaminados con coliformes o metales. *Más de cien ríos están contaminados con coliformes o metales*.
- Espinoza, P. A. (2017). *Calidad de agua en el Perú*. Lima: COSUDE.
- Estela, M. (2017). *nveles de contaminación de las aguas residuales del centro poblado Huaca Blanca y su efecto en la calidad de agua en el río chancay* . Chiclayo: universidad cesar vallejo.
- Fornica, S., Sacchi, G., Campodonico, V., Pasquini, A., & Cioccale, M. (2015). modelamiento de la calidad de agua en ríos de montaña con impacto antropico, caso de estudio: sierra chica de Cordoba, Argentina. *universidad nacional de cordoba*.
- Fuente, A. (2012). *El agua en el Universo*. Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento.
- Galarza, E. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio Modulo 3: Agua y Alimento* . Lima: Ministerio del Ambiente.
- García, M., & Ruiz, D. (2018). *modelación hidrodinámica y de calidad del agua en dos dimensiones del cuerpo hídrico léntico zona sur del humedal capellania, localidad de fontibon, bogotá d.c. colombia con el software iber*. Colombia: universidad Santo Tomas.
- García, R. (2020). *Aguas residuales y residuos sólidos urbanos y su incidencia en la contaminación del río Ichu de la localidad de Huancavelica* . Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Gomez, A. (1989). *La metafísica de aristoteles*. Ciudad de Mexico: Universidad de Munich.
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio.
- Hach compañía. (2016). que es la conductividad. En *circuitos científicos*. Mexico: Satelite.
- Hernández, S., Fernández, C., & Bautista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.

- Infotur. (13 de Abril de 2018). *Sacsamara: relatos en un pueblo de piedra*. Obtenido de InfoturPerú: <https://www.infoturperu.com.pe/index.php/destinos/item/3820-sacsamarca-relatos-en-un-pueblo-de-piedra>
- Laurente, J. (2015). *Variación del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ICA-NSF) en un tramo de la quebrada Cruz de Motupe*. tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Departamento académico de ciencias ambientales, Tingo María.
- Leoncio, F. C., & Gloria, A. M. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Loayza, J., & Cano, P. (2015). *Impacto de las actividades antropicas sobre la calidad de agua subterránea del río Shullcas - Huancayo- Junin*. Huancayo: universidad nacional del centro del Peru.
- Marcos, P., Anta, R., Herrero, J., Goya, R., & Cuadrado, M. (2015). aplicación del modelo iber al estudio hidráulico del arroyo de la almucera en quiruelas de vidriales.
- Matías, J. (2013). *Técnicas de fotogrametría y visión por computador para el modelado 3D de estructuras geomorfológicas dinámicas*. Deapratmeto de Ingeniería de Sistema Informáticos y telemáticos.
- Mendoza, M. (1996). Impacto de la tierra, en la calidad del agua en la cuenca del río San Juan Turrialba. 81.
- Meybeck, M., & Helmer, R. (1996). Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. *Chapman & Hall*.
- Ministerio de Salud. (2010). *reglamento de la calidad de agua para consumo humano*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (07 de Junio de 2017). *Normas legales*. Obtenido de Estandares de Calidad Ambiental: file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/ds-004-2017-minam.pdf
- Misaico, G. (2014). *modelamiento hidráulico del río Lircay en el tramo de la ciudad de Ocopa*. huancavelica: universidad nacional de Huancavelica.
- Monteuardo, M. (2015). *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua y los ríos Lampa y Cabanillas*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Puno.
- Montelongo, R., Gordillo, A., Otazo, E., Villagomez, J., Acevedo, O., & Prieto, F. (2017). modelación de la calidad del agua del río tula, estado de hidalgo, Mexico.
- Noticias ONU. (22 de Marzo de 2020). Cambio climático y medioambiente. *Cambio climático y medioambiente*.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Lima: Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Tercera Edición.

- Organización Mundial de la Salud. (2017). El uso de aguas residuales. *Agua, saneamiento y salud*.
- Pérez, E. (2017). *Niveles de contaminación de las aguas residuales del centro poblado de Huaca Blanca y su efecto en la calidad del agua del río Chancay*. Huancayo: Universidad Cesar Vallejo.
- Pérez, N. (2017). *Simulación matemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos*. Arequipa.
- Pineda, E., Alvarado, E., & Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud*. Washington: Organización Panamericana de la Salud.
- Puerta, C. (2018). *Determinación de la Influencia de la descarga del río mayo en la calidad del río Huallaga a través de los ICA-PE*. Tarapoto: universidad nacional de San Martin.
- Rivera, L. (2019). *Valoración económica ambiental para el tratamiento de las aguas residuales*. Lima.
- Rojas, O. (2018). *evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del río Ragra afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas - Simon Bolivar - Pasco - 2018*. Pasco: universidad nacional Daniel Alcides Carrion.
- Tenorio, B. (1998). *Técnicas de investigación documental*. Trillas.
- Zaens, W. (2019). *Concentración de nitratos y fosfatos en el río Ichu*. Huancavelica.
- Zintec. (2020). *Dji Phantom 4 RTK +Estación móvil*. Obtenido de Zintec: https://zintec.pe/producto/phantom-4-rtk-mis/?gclid=EAIaIQobChMI58LUmPXG6wIVD4KRCh2cUQgzEAAYAiAAEgIXvFD_BwE



APENDICE

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL RIO ICHU, HUANCVELICA-2021”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021?</p>	<p>Simular un modelo hidráulico bidimensional para determinar el nivel de dispersión de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.</p>	<p>El modelamiento y simulación de dispersión de contaminantes determinan la concentración de contaminantes del vertimiento del río Ichu, en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021</p>	<p>Variable Dispersión de contaminantes</p> <p>Dimensiones:</p> <p>• Parámetros fisicoquímicos: - Oxígeno disuelto - Temperatura</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: N: APLICADA</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: N: DESCRIPTIVO</p> <p>POBLACIÓN: Puntos de vertimiento de aguas residuales al río Ichu, en el trayecto de la ciudad de Huancavelica</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>• ¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión del oxígeno disuelto de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>• Determinar el modelamiento y simulación de oxígeno disuelto del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</p> <p>• El modelamiento y simulación de dispersión de contaminante determina la concentración del oxígeno disuelto de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu, en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021.</p>	<p>• Parámetros Microbiológicos: - Escherichia coli</p>	<p>MUESTRA: 03 puntos de vertimiento de aguas residuales</p>

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión de la temperatura de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el modelamiento y simulación de la temperatura del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> • El modelamiento y simulación de dispersión de contaminante determina la concentración de la temperatura de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu, en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021. 	<p>municipales al río Ichu</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo determinar el nivel de modelamiento de dispersión de la Escherichia coli de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el modelamiento y simulación de la Escherichia coli del vertimiento de aguas residuales del río Ichu en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> • El modelamiento y simulación de dispersión de contaminante determina la concentración del Escherichia coli de las aguas residuales municipales vertidas al río Ichu, en la zona urbana del distrito, provincia y departamento de Huancavelica, 2021. 	<p>MUESTREO: No probabilístico</p>

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(Creada por Ley N° 25265)

LABORATORIO DE CIENCIAS E INVESTIGACIÓN

INFORME DE ENSAYO N° 0056-2021

SOLICITANTE: JOSE LUIS CONDORI PAYTAN	
LOCALIDAD: RIO ICHU	FECHA DE MUESTREO: 02/11/2021
DISTRITO: HUANCVELICA	FECHA LLEGADA AL LAB: 03/11/2021
PROVINCIA: HUANCVELICA	FECHA DE REPORTE: 10/11/2021
REGION: HUANCVELICA	MUESTREADOR: El cliente
ORIGEN DE LA FUENTE: RIO ICHU	
PUNTO DEL MUESTREO: UNO (1)	
OBSERVACIONES: LA TEMPERATURA FUE TOMADA DE LA MUESTRA REMITIDA	

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	---
COLIFORMES FECALES (CTT)(NMP/100ml)	---
RECuento DE E.COLI (UFC/ml)	2500

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO - QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS
Temperatura(°C)	13.3
pH (acid. Neut. Alc)	6.9
Conductibilidad umhos/cm	---
Turbiedad(UNT)	---
Color(U de color)	---
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	---
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	---
Hierro(mg/L Fe)	---
Cloruros (mg/L Cl)	---
Cobre(mg/L Cu)	---
Sulfatos (mg/L SO ₄)	---
Plomo (ug/dl Pb)	---
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6.50





UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley N° 25265)

LABORATORIO DE CIENCIAS E INVESTIGACIÓN

INFORME DE ENSAYO N° 0057-2021

SOLICITANTE: JOSE LUIS CONDORI PAYTAN	
LOCALIDAD: RIO ICHU	FECHA DE MUESTREO: 02/11/2021
DISTRITO: HUANCAMELICA	FECHA LLEGADA AL LAB: 03/11/2021
PROVINCIA: HUANCAMELICA	FECHA DE REPORTE: 10/11/2021
REGION: HUANCAMELICA	MUESTREADOR: El cliente
ORIGEN DE LA FUENTE: RIO ICHU	
PUNTO DEL MUESTREO: DOS (2)	
OBSERVACIONES: LA TEMPERATURA FUE TOMADA DE LA MUESTRA REMITIDA	

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	---
COLIFORMES FECALES (CTT)(NMP/100ml)	---
RECuento DE E. COLI (UFC/ml)	2640

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO – QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS
Temperatura(°C)	15.8
pH (acid. Neut. Alc)	7.2
Conductibilidad umhos/cm	---
Turbiedad(UNT)	---
Color(U de color)	---
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	---
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	---
Hierro(mg/L Fe)	---
Cloruros (mg/L Cl)	---
Cobre(mg/L Cu)	---
Sulfatos (mg/L SO ₄)	---
Plomo (ug/dl Pb)	---
Oxigeno Disuelto (mg/l)	7.33

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
LABORATORIO CENTRAL
HUANCAMELICA
Dr. VICTOR G. SANCHEZ ARAUJO
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creanda por Ley N° 25265)

LABORATORIO DE CIENCIAS E INVESTIGACIÓN

INFORME DE ENSAYO N° 0058-2021

SOLICITANTE: JOSE LUIS CONDORI PAYTAN	FECHA DE MUESTREO: 02/11/2021
LOCALIDAD: RIO ICHU	FECHA LLEGADA AL LAB: 03/11/2021
DISTRITO: HUANCAVELICA	FECHA DE REPORTE: 10/11/2021
PROVINCIA: HUANCAVELICA	MUESTREADOR: El cliente
REGION: HUANCAVELICA	
ORIGEN DE LA FUENTE: RIO ICHU	
PUNTO DEL MUESTREO: TRES (3)	
OBSERVACIONES: LA TEMPERATURA FUE TOMADA DE LA MUESTRA REMITIDA	

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	---
COLIFORMES FECALES (CTT)(NMP/100ml)	---
RECUESTO DE E.COLI (UFC/ml)	2580

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO - QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS
Temperatura(°C)	18.1
pH (acid. Neut. Alc)	7.7
Conductibilidad umhos/cm	---
Turbiedad(UNT)	---
Color(U de color)	---
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	---
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	---
Hierro(mg/L Fe)	---
Cloruros (mg/L Cl)	---
Cobre(mg/L Cu)	---
Sulfatos (mg/L SO ₄)	---
Plomo (ug/dl Pb)	---
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7.25



M. Sc. VICTOR G. SANCHEZ ARAUJO
JEFE DE LABORATORIO CENTRAL

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

Condiciones de descarga

Coeficiente de Manning	
rio	n
Ichu	0.038
Infraestructura	0.02

Punto 01 (503490.43 E, 8586836.29N)	
parámetro	valor
PH	6.9
T ^s	13.3
OD	6.5
CF	2500

Datos constantes

T	Qs	T ^s	OD	CF
0	0.0070	13.30	6.50	2500
1200	0.0070	13.30	6.50	2500
2400	0.0070	13.30	6.50	2500
3600	0.0070	13.30	6.50	2500
4800	0.0070	13.30	6.50	2500
6000	0.0070	13.30	6.50	2500

Condición de Contorno

T(s)	T ^s
0	11.89
1200	11.56
2400	11.78
3600	12.06
4800	12.08
6000	12.07

Punto 02 (502437.88 E, 8586562.82)	
parámetro	valor
PH	7.2
T ^s	15.8
OD	7.33
CF	2640

Datos constantes

T	Qs	T ^s	OD	CF
0	0.0095	15.80	7.33	2640
1200	0.0095	15.80	7.33	2640
2400	0.0095	15.80	7.33	2640
3600	0.0095	15.80	7.33	2640
4800	0.0095	15.80	7.33	2640
6000	0.0095	15.80	7.33	2640

Caudales medios mensuales

Mes	Caudales m3/s
ENERO	16.08
FEBRERO	41.83
MARZO	32.65
ABRIL	11.08
MAYO	4.72
JUNIO	2.72
JULIO	2.45
AGOSTO	2.24
SEPTIEMBRE	1.98
OCTUBRE	1.78
NOVIEMBRE	4.75
DICIEMBRE	18.91

Punto 03 (500635.29 E, 8587360.54)	
parámetro	valor
PH	7.7
T ^s	18.1
OD	7.25
CF	2580

Datos constantes

T	Qs	T ^s	OD	CF
0	0.0110	18.10	7.25	2580
1200	0.0110	18.10	7.25	2580
2400	0.0110	18.10	7.25	2580
3600	0.0110	18.10	7.25	2580
4800	0.0110	18.10	7.25	2580
6000	0.0110	18.10	7.25	2580

Condiciones Iniciales

parámetro	valor
T ^s	12
OD	0.008
CF	0
PH	0.028
Salinidad	0

Enero

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	179.630	3.62	9.49	74.21

Febrero

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	179.030	3.26	8.93	79.89

Marzo

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	158.310	2.87	8.90	81.7

Abril

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	171.940	3.15	8.89	74.04

Mayo

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	185.530	3.46	8.63	64.06

Junio

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	161.570	3.96	8.00	49.8

Julio

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	180.280	4.00	7.93	50.64

Agosto

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	180.000	4.45	8.55	44.4

Setiembre

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	248.330	3.72	9.63	60.48

Octubre

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	191.710	4.10	9.85	58.02

Noviembre

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	250.000	3.61	10.15	70.57

Diciembre

T (s)	radiación (w/m ²)	viento (m/s)	T ^s aire	HR
0	235.180	4.50	10.00	63.8