

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

TESIS:

**INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL EN EL
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR 1 DE
LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ

Asesor:

Dr. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

Cajamarca, Perú


2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Vivien Lizbeth Cortez Gálvez
DNI: 47214588
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias. Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción
2. Asesor: Dr. Gaspar Virilo Méndez Cruz
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

Influencia de la variación estacional en el tratamiento de las aguas residuales de PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba - Cajamarca
6. Fecha de evaluación: 23/01/2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 17%
9. Código Documento: 3117: 422809348
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 29/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Dr. Gaspar Virilo Méndez Cruz DNI: 26631950

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2024 by
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Siendo las 17:00 pm horas, del día 15 de Noviembre de dos mil veinticuatro, reunidos en el **Auditorio de la Escuela de Posgrado** de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE**, **Dr. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ**, **Dr. JAIRO ISAÍ ALVAREZ VILLANUEVA**, y en calidad de Asesor el **Dr. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **"INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE PTAR 1 DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA"**, presentada por la bachiller en Ingeniería Hidráulica **VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBADO con la calificación de Dieciocho la mencionada Tesis; en tal virtud, la bachiller en Ingeniería Hidráulica, **VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ**, se encuentra apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **Ingeniería**, con Mención en **Ingeniería Y Gerencia de la Construcción**.

Siendo las 18:00 pm horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Gaspar Virilo Méndez Cruz
Asesor


.....
Dr. José Francisco Huamán Vidaurre
Jurado Evaluador


.....
Dr. Luis Vásquez Ramírez
Jurado Evaluador


.....
Dr. Jairo Isai Alvarez Villanueva
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A Dios y a la Santísima Virgen de los Dolores que siempre me protegen y me conceden día a día la vida para poder cumplir mis objetivos y luchar por mi felicidad.

A mi querida madre, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis familiares y amigos, quienes han depositado su entera confianza en cada reto que se me ha presentado a lo largo de mi vida sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Vivien Lizbeth

AGRADECIMIENTO

Dedico estas primeras líneas a Dios todo Poderoso, quien me dio la fortaleza espiritual y física necesaria para cumplir mi objetivo y por siempre guiarme y acompañarme en cada paso.

A mi asesor Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz, quien me apoyó permanentemente durante el desarrollo de esta investigación y depositó su confianza en mí.

A mis jurados, por sus comentarios constructivos para mejorar esta investigación e indicarme el camino para su buena finalización.

A la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, que asumió el reto de mi formación y con ella, a todos y cada uno de los docentes que me compartieron sus conocimientos y experiencias en cada clase.

Al Ing. Tito Díaz Ramírez, por la orientación y ayuda que me brindó durante las visitas a la planta de tratamiento de agua residual en Cajabamba, por su predisposición y confianza en mi investigación.

Finalmente, quiero agradecerme por creer en mí, por hacer todo este gran trabajo, por nunca renunciar; quiero agradecerme por siempre dar sin esperar recibir, por tratar de hacer el bien; quiero agradecerme por ser yo en todo momento.

Vivien Lizbeth

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema	3
1.1.3. Formulación del problema	4
1.2. Justificación e importancia	4
1.2.1. Justificación científica	4
1.2.2. Justificación técnica-práctica	4
1.2.3. Justificación institucional y personal	4
1.3. Delimitación de la investigación	4
1.4. Limitaciones	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	7
2.1.3. Antecedentes Locales	9
2.2. Marco conceptual	10
2.2.1 Series de tiempo	10
2.2.2 Variación estacional o estacionalidad	11
2.2.3 Aguas residuales	12
2.2.4 Fuentes de aguas residuales	12
2.2.5 Características de las aguas residuales	12
2.2.6 Tratamiento de aguas residuales	13
2.2.7 Niveles de tratamiento de aguas residuales	14

2.2.8	Grado de eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales.....	15
2.2.9	Influencia de la Variación estacional en el tratamiento de aguas residuales.....	15
2.3.	Definición de términos básicos	18
CAPITULO III PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES		20
3.1.	Hipótesis	20
3.1.1.	Hipótesis general.....	20
3.1.2.	Hipótesis específicas	20
3.2.	Variables/categorías	20
3.3.	Operacionalización/categorización de los componentes de las hipótesis	20
CAPITULO IV MARCO METODOLÓGICO		22
4.1.	Ubicación de la zona de estudio.....	22
4.1.1.	Descripción de la zona de estudio	22
4.1.2.	Características climáticas de la zona	23
4.1.3.	Características de la Estación Climatológica Ordinaria (CO) Cajabamba	25
4.1.4.	Características de la PTAR 1 de Cajabamba	27
4.2.	Diseño de la investigación.....	31
4.3.	Métodos de investigación	34
4.4.	Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	34
4.5.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	34
4.6.	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	36
4.7.	Equipos, materiales, insumos, etc.	39
CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		41
5.1.	Presentación de resultados	41
5.1.1.	Representatividad de las variables meteorológicas	41
5.1.2.	Estacionalidad de los muestreos	45
5.1.3.	Caracterización de la PTAR 1 de Cajabamba	46
5.1.4.	Caracterización de afluente y efluente de la PTAR1 de Cajabamba	48
5.1.5.	Temperaturas de aire y del agua	56
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	57
5.2.1.	Representatividad de las variables meteorológicas	57
5.2.2.	Representatividad de los muestreos respecto a la estacionalidad..	58
5.2.3.	Caracterización de las componentes de la PTAR1 de Cajabamba...	60
5.2.4.	Caracterización de las aguas del afluente y efluente de la PTAR 1 ..	61

5.2.5. Relación de las variables meteorológicas con los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos del afluente y efluente	64
5.3. Contrastación de hipótesis	66
5.3.1. Prueba de normalidad	66
5.3.2. Prueba de correlación	71
5.3.3. Discusión de la contratación de hipótesis	73
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
APENDICE A MAPAS DE UBICACIÓN Y DE POLIGONO DE THIESSEN.....	81
APENDICE B PANEL FOTOGRÁFICO.....	84
APENDICE C UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	98
APENDICE D REGISTRO DE DATOS DE CAMPO.....	103
APENDICE E REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA	110
APENDICE F AFOROS DE AFLUENTE Y EFLUENTE	117
APENDICE G INFORME DE ANALISIS DE MUESTRAS	124
APENDICE H ANALISIS ESTADISTICO	129
ANEXO A PLANOS	154
ANEXO B INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	157

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de Operacionalización	21
Tabla 2. Clave y criterios de la clasificación de Köppen Geiger	23
Tabla 3. Ubicación de la estación CO Cajabamba	25
Tabla 4. Ubicación de la PTAR 1 de Cajabamba	27
Tabla 5. Ubicación de los puntos de muestreo.....	32
Tabla 6. Fechas de muestreos y aforos	32
Tabla 7. Límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental	33
Tabla 8. Requisitos para toma y preservación de muestras de agua residual	35
Tabla 9. Métodos de aforos	36
Tabla 10. Métodos de ensayos	36
Tabla 11. Pruebas de normalidad	37
Tabla 12. Pruebas de hipótesis.....	38
Tabla 13. Coeficiente de correlación	38
Tabla 15. Temperaturas registradas en la CO Cajabamba	41
Tabla 16. Precipitaciones registradas en la CO Cajabamba	44
Tabla 17. Estacionalidad de los muestreos	45
Tabla 18. Estado de las componentes de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba	47
Tabla 19. Caudales del afluente y el efluente de la PTAR1	48
Tabla 20. Valores de Demanda Biológica de Oxígeno en agua residual y porcentaje de reducción	49
Tabla 21. Valores de Demanda Química de Oxígeno en agua residual y porcentaje de reducción	49
Tabla 22. Valores de Sólidos Suspendidos Totales en agua residual y porcentaje de reducción	49
Tabla 23. Valores de Aceites y Grasas en agua residual y porcentaje de reducción .	50
Tabla 24. Valores de pH en agua residual y porcentaje de reducción.....	50
Tabla 25. Valores de Coliformes Termotolerantes en agua residual y porcentaje de reducción	50
Tabla 26. Demanda Biológica de Oxígeno en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3.....	51
Tabla 27. Demanda Química de Oxígeno en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3.....	51
Tabla 28. Sólidos Suspendidos Totales en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3.....	51
Tabla 29. Aceites y Grasas en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3 ..	52
Tabla 30. pH en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3	52
Tabla 31. Coliformes Termotolerantes en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3.....	52
Tabla 32. Temperatura del aire y temperatura del agua.....	56
Tabla 33. Datos meteorológicos de entrada para el análisis de normalidad.....	66
Tabla 34. Resumen de procesamiento de casos de las variables meteorológicas	66
Tabla 35. Pruebas de normalidad de las variables meteorológicas	67

Tabla 36. Datos de entrada de parámetros de calidad para el análisis de normalidad	67
Tabla 37. Resumen de procesamiento de casos de los parámetros de calidad antes del tratamiento y después del tratamiento.....	68
Tabla 38. Pruebas de normalidad de los parámetros de calidad.....	68
Tabla 39. Datos de entrada de variables meteorológicas y porcentajes de reducción de contaminantes para el análisis de normalidad.....	69
Tabla 40. Resumen de procesamiento de casos	69
Tabla 41. Pruebas de normalidad.....	70
Tabla 42. Comprobación de las variables normalizadas	70
Tabla 43. Resumen de correlación entre las temperaturas y reducción de contaminantes	71
Tabla 44. Resumen de correlación entre las precipitaciones y reducción de contaminantes	72

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del área de estudio	22
Figura 2. Mapa de clasificación climática del departamento de Cajamarca	24
Figura 3. Ubicación de la estación CO Cajabamba	25
Figura 4. Área de influencia de la estación meteorológica.....	26
Figura 5. Polígono de Thiessen en la cuenca Crisnejas.....	26
Figura 6. Curva de caudal de medidor palmer bowlus.....	28
Figura 7. Componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales-PTAR 1 de Cajabamba	31
Figura 8. Temperaturas registradas en la CO Cajabamba	42
Figura 9. Normalidad de la temperatura máxima.....	42
Figura 10. Normalidad de la temperatura mínima.....	43
Figura 11. Normalidad de la temperatura media	43
Figura 12. Precipitaciones registradas en la CO Cajabamba	44
Figura 13. Normalidad de la precipitación	45
Figura 14. Distribución de los muestreos en el periodo de estudio.....	46
Figura 15. Caudales del afluente y el efluente de la PTAR1	48
Figura 16. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente y efluente en la PTAR	53
Figura 17. Variación de la Demanda Química de Oxígeno del afluente y efluente en la PTAR.....	53
Figura 18. Variación de los Solidos Suspendidos Totales del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba	54
Figura 19. Variación de los Aceites y Grasas del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba	54
Figura 20. Variación del pH del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba	55
Figura 21. Variación de los Coliformes Termotolerantes del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba	55
Figura 22. Temperatura del aire y temperatura del agua.....	56

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia de la variación estacional sobre el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba, en el período 2020 – 2021. Para ello, se ha analizado la variación estacional, tomando como referencia los registros de temperaturas máximas, mínimas, medias y precipitaciones mensuales registrados en la estación convencional ordinaria Cajabamba, entre el período de septiembre 2020 a agosto de 2021. Posteriormente, se ha caracterizado la planta de tratamiento en función a sus componentes determinando que durante las fechas de muestreo hubo otros factores que afectaron los procesos de tratamiento. Así mismo, se ha determinado la eficiencia de la planta en función a la cantidad de agua tratada, resultando que la capacidad de la planta no es suficiente cuando el afluente sobrepasa los 42 l/s y en función a la remoción de contaminantes, para ello se han tomado muestras del afluente y del efluente en seis fechas y se ha analizado los parámetros de demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, coliformes termotolerantes y pH. Finalmente, se ha evaluado la influencia entre la variación estacional y la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales, mediante métodos estadísticos de correlación, utilizando el programa IBM SPSS Statistics, resultando que, la variación estacional de las temperaturas máximas y medias mensuales influyen altamente sobre el tratamiento de aceites y grasas, indicado por el coeficiente de correlación de Pearson de 0,86 y 0,85, respectivamente; además las temperaturas máximas mensuales tuvieron una variación de hasta 3.0°C, mientras que las temperaturas medias mensuales tuvieron una variación de hasta 2.7°C; la eficiencia de la PTAR en la remoción de este parámetro fue 81, 58, 62, 60, 43 y 48% en los meses de octubre, diciembre, febrero, abril, junio y agosto. Por otro lado, no se demostró influencia de la variación estacional de la temperatura media mensual y precipitación acumulada mensual con la reducción de contaminantes, por lo que no es posible atribuir una influencia estacional total en el tratamiento de las aguas residuales de la planta.

Palabras clave: Planta de tratamiento de aguas residuales, variables meteorológicas, variación estacional.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the influence of seasonal variation on the treatment of wastewater from WWTP 1 in the city of Cajabamba, during the period 2020 - 2021. To do this, the seasonal variation has been analyzed, taking as a reference, records of maximum, minimum, average temperatures and monthly rainfall recorded at the ordinary conventional station (CO) Cajabamba, from September 2020 to August 2021. Secondly, the treatment plant has been characterized based on its components, determining that during the sampling dates there were other factors that affected the treatment processes. Likewise, the efficiency of the plant has been determined based on the amount of water treated, resulting that the capacity of the plant is not sufficient when the influent exceeds 42 l/s and based on the removal of contaminants, for this purpose samples have been taken from the influent and effluent on six dates during the study period as well as the parameters of biological oxygen demand, chemical oxygen demand, total suspended solids, oils and fats, thermotolerant coliforms and pH have been analyzed. Finally, the influence between seasonal variation and the efficiency of wastewater treatment has been evaluated, through statistical correlation methods, using the IBM SPSS Statistics program, resulting that, the seasonal variation of the maximum and average monthly temperatures highly influence the treatment of oils and fats, indicated by the Pearson correlation coefficient of 0.86 and 0.85, respectively; In addition, the maximum monthly temperatures had a variation of up to 3.0 °C, while the average monthly temperatures had a variation of up to 2.7 °C; The efficiency of the WWTP in removing this parameter was 81, 58, 62, 60, 43 and 48% in the months of October, December, February, April, June and August. On the other hand, no influence of the seasonal variation of average temperature and precipitation on the reduction of pollutants was demonstrated, so it is not possible to attribute a total seasonal influence on the treatment of wastewater from the Cajabamba WWTP 1.

Keywords: Waste: water treatment plant, atmospheric parameters, seasonal variation.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

Si bien el acceso al agua y servicios de saneamiento es un derecho humano, es importante también detenernos en reflexionar sobre el vertimiento del agua luego del uso humano, toda vez que este recurso luego de ser empleado sigue el rumbo de su ecosistema hasta llegar al mar y dada la alteración que sufre, puede acabar dañando a las especies de flora y fauna a lo largo de su recorrido, más aún que existen seres humanos que consumen el agua ríos abajo, lo que implica que un inadecuado tratamiento del agua residual implica una variación en el ecosistema hídrico lo que a la larga repercute en la disponibilidad y calidad del recurso. (Frisancho, 2017)

Por la afectación de la composición biológica y física del recurso hídrico, se genera la idea de la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales. Este tipo de sistema permite darle mayor aprovechamiento al recurso hídrico, por medio de los procesos de tratamiento de aguas residuales con el fin de eliminar en el mayor porcentaje posible los contaminantes que se tienen en el agua, para disminuir el impacto que estos producen cuando son vertidos a los ríos o al mar. El enfoque directo de los ambientalistas e ingenieros es estructurar el sistema de una forma que garantice como primera medida una calidad de agua aceptable de acuerdo a los parámetros necesarios de salubridad, que permita una liberación constante de contaminantes en los recursos naturales, un aprovechamiento del agua, que garantice el proceso de desinfección y mantenga el recurso hídrico del país en calidad deseable de limpieza. (Collazos, 2008).

Los efluentes se pueden descargar en bahías, arroyos, ríos, humedales o laguna o se puede utilizar para riego, paisajismo o recarga de aguas subterráneas, por ello, se requiere un monitoreo efectivo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. El monitoreo de estos, durante el tratamiento de aguas residuales ayuda a evaluar la seguridad del efluente final antes de ser liberado al río donde tenemos vida acuática, así como los seres humanos que utilizan la misma agua, río abajo para una variedad de propósitos. Varios estudios han sido documentados sobre los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, el estudio comparativo en términos del tratamiento de aguas residuales durante la estación seca y húmeda todavía es rezagado y esa es una brecha motivo de estudio. (Chebor et al., 2017)

El desarrollo y sostenibilidad de los sistemas de tratamiento del agua residual en el mundo y en particular los países en vías de desarrollo (como nuestro país) depende en gran parte de una correcta eficiencia en la conducción, disposición y tratamiento de las aguas residuales, por lo cual resulta necesario que las plantas de tratamiento funcionen eficientemente durante todos los meses del año, teniendo en cuenta que la eficiencia de las plantas de tratamiento pueden verse afectadas por diversos factores naturales, antrópicos, internos y/o externos. (Gonzales, 2017)

El diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras 2022, elaborado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), informa que 69 PTAR (40% de las PTAR que funcionan) no cuentan con personal de operación (solo realizan mantenimiento eventual). De las PTAR que tienen rejas operativas, solo el 51% cumple con la frecuencia mínima de limpieza de rejas (2 veces al día), 42% realiza la limpieza eventualmente y en 5 PTAR no se lleva a cabo esta actividad básica. En 81 de las PTAR operativas, es decir, el 47%, los valores de los parámetros de los afluentes reportados por las empresas prestadoras son inferiores a todos los establecidos en los VMA. En el 21% de las PTAR operativas se sobrepasa uno o más parámetros de VMA, mientras que en el 32% restante no se monitorean los parámetros de VMA. En 135 PTAR (79% del total que viene operando) se registran total o parcialmente los parámetros muestreados del afluente y efluente en cumplimiento del anexo 11 del Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento. En 143 PTAR reportan realizar el monitoreo mensual o eventual de los LMP. Solo 11 PTAR, es decir, el 6% de las 171 PTAR en funcionamiento, generan efluentes que cumplen con los LMP o ECA los 12 meses del año. Sin embargo, por el caudal significativo de las PTAR que cumplen los LMP, el porcentaje de aguas residuales que reciben un tratamiento efectivo fue del 62.36% para el año 2020. Para el 2020, el cálculo del porcentaje de aguas residuales tratadas efectivamente en una PTAR fue, aproximadamente el 84% del total nacional de las aguas residuales que se tratan en PTAR (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2022)

Cuando hay sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014)

1.1.2. Descripción del problema

Desde el 2016, año en que se puso en marcha la PTAR 1 de Cajabamba, se han presentado diversas preocupaciones referidas al diseño y elementos externos no contemplados tales como fenómenos naturales, tipo de vertimientos en el sistema de alcantarillado, descarga de aguas proveniente del camal y otras empresas industriales no contempladas durante el diseño de la planta, y otros que ponen en riesgo la operatividad de la planta, por lo que resultaría de gran importancia identificar dichos factores como una oportunidad de mejora en la misma que ayudan a evitar el deterioro de la infraestructura de la planta. (Municipalidad Provincial de Cajabamba [MPC], 2017)

Quispe (2021) analizó la eficiencia de remoción de parámetros bacteriológicos y parasitológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales y su impacto en el río Lalicucho – Cajabamba, durante el período de octubre de 2019 a marzo de 2020, concluyendo que la PTAR no es eficiente en la remoción de Coliformes Termotolerantes, Escherichia Coli y de huevos de helmintos. Además, el río Lalicucho como cuerpo receptor de los efluentes de la PTAR Cajabamba, presentó valores que superaron considerablemente los LMP y ECAs (categoría 3), resultando ser no apto para el riego de vegetales.

Por otro lado, Díaz (2019) señala que la PTAR 1 presenta problemas de exceso de flujo sobre todo en las épocas de lluvia, produciendo que, gran porcentaje de las aguas se eliminen por el canal de rebose, sin un tratamiento previo, causando contaminación en el río. Así mismo, afirma que la planta no cuenta dentro de su sistema primario con un desarenador; de tal manera que en épocas de lluvia en donde el agua llega con mayor presencia de arenas y sedimentos, los tanques Imhoff se sobresaturan disminuyendo su eficiencia y perjudicando por ende a los filtros percoladores al llegar partículas de mayor diámetro que el de diseño (Díaz Ramírez, 2019)

La ciudad de Cajabamba presenta variaciones de las condiciones del tiempo durante sus periodos húmedos y secos, es decir que, de acuerdo a las estaciones del año las temperaturas y precipitaciones aumentan o disminuyen y se desconoce el efecto de los cambios de las variables meteorológicas en el tratamiento de las aguas residuales. Esto nos lleva a preguntarnos si la contaminación ambiental causada por las aguas residuales se incrementa en los periodos de mayores precipitaciones en la ciudad, si en los meses de mayor temperatura los procesos de tratamiento de aguas residuales son más o menos eficientes y por otro lado si este factor es el responsable de la baja eficiencia en la remoción de ciertos parámetros como lo indica Quispe (2021) y Díaz (2019)

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la variación estacional en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación científica

Esta investigación propone aportar al conocimiento ya que existen vacíos metodológicos en cuanto al efecto que tienen las variaciones estacionales en la eficiencia de los tratamientos de aguas residuales.

1.2.2. Justificación técnica-práctica

Al estudiar la influencia de la variación estacional sobre el tratamiento de las aguas residuales se pretende mitigar los impactos generados en la PTAR 1 de Cajabamba a causa de los cambios estacionales en las estaciones seca y lluviosa.

1.2.3. Justificación institucional y personal

Aportar a través de la investigación generando nuevo conocimiento, a mi persona, a mi Universidad y a la localidad de Cajabamba.

1.3. Delimitación de la investigación

La presente investigación, se realizó en la ciudad de Cajabamba, durante el año hidrológico 2020 – 2021, siendo la zona de estudio, la PTAR 1.

La variación estacional se determinó tomando como referencia los registros de precipitación y temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales del período de septiembre 2020 a agosto de 2021.

La evaluación del tratamiento de aguas residuales se midió con la eficiencia del proceso referido a la reducción de contaminantes, dejando de lado el estado de conservación de la infraestructura y la operación y mantenimiento de la planta.

Los parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente, que se analizaron fueron la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, pH y coliformes termotolerantes.

La caracterización de parámetros fisicoquímico y bacteriológicos se realizó solamente del afluente que recibe tratamiento y del agua ya tratada, dejando de lado el afluente excedente, que es evacuado directamente al río.

1.4. Limitaciones

Debido a las medidas de control impuestas por el Gobierno, a causa de la COVID 19, se tuvieron restricciones en el transporte, permisos en la planta y en el laboratorio de análisis, por lo que solo se seleccionaron 6 fechas de muestreo, representativos de un año hidrológico.

Debido a la carencia de termómetro no fue posible medir la temperatura del agua insitu, por lo que este parámetro no fue considerado para el análisis de las muestras de afluentes y efluentes en el desarrollo de la tesis.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la variación estacional sobre el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la representatividad de las temperaturas mensuales registradas en el año hidrológico 2020-2021 en la estación CO Cajabamba.
- Determinar la representatividad de las precipitaciones acumuladas mensuales registradas en el año hidrológico 2020-2021 en la estación CO Cajabamba.
- Determinar la representatividad de los muestreos en función de la estacionalidad.
- Caracterizar la PTAR 1 en relación a sus componentes y proceso de tratamiento de las aguas residuales.
- Caracterizar las aguas del afluente y efluente de la PTAR 1 en cantidad y calidad.
- Estimar la relación de la variación de las temperaturas mensuales en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 durante el año hidrológico 2020-2021.
- Estimar la relación de la variación de la precipitación mensual con el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 durante el año hidrológico 2020-2021.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Soto (2015), estudió la influencia de la variación estacional de aguas residuales crudas en la eficiencia de remoción de contaminantes, tomando como caso de estudio la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz, la cual es parte del Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá; los resultados obtenidos durante el período de muestreo indican que cambios en las precipitaciones en la estación seca y lluviosa, causaron alteraciones tanto en las concentraciones de los distintos parámetros fisicoquímicos y biológicos así como variaciones en los caudales del agua residual, afectando la eficiencia de tratamiento o remoción de contaminantes en la Planta. El análisis de la eficiencia de remoción, se realizó tomando en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson, para los parámetros de DQO y SST y la precipitación registrada por la estación meteorológica de Albrook, En este sentido, la influencia de la variación estacional fue notable para ambos parámetros durante todo el período de muestreo.

La revista mexicana de ciencias pecuarias (2020), publicó el artículo sobre el efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de contaminantes en un humedal de flujo superficial construido (HFSC) para la remoción de contaminantes en aguas residuales porcícolas, concluyendo que durante el período de estudio (2014 y 2015) el humedal mostró eficiencia aceptable en la reducción de los contaminantes evaluados, sin embargo, en el caso específico del NH₃-N la remoción que se obtuvo fue por debajo del 60 % en la época de temperatura más baja y por arriba del 75 % en la temporada más cálida, haciendo evidentes patrones de comportamiento en la remoción, marcados por la época del año. La reducción de DQO y PT mostró poca variabilidad durante el período de operación del sistema. La remoción de amonio mostró la mayor dependencia de la temperatura del agua. Cuando la temperatura del agua se presentó por encima de los 17 °C la vegetación creció con mayor rapidez, lo cual incrementa también la actividad microbiana y la remoción del NH₃-N, fue significativamente más alta que cuando la temperatura del agua presentó valores por debajo de los 17 °C. El artículo recomienda evaluar parámetros como temperatura ambiental, precipitación y evaporación en el sitio para evaluar su efecto en el comportamiento del humedal. (De La Mora Orozco et al., 2020)

El estudio “Efecto de la variación estacional en el rendimiento del sistema convencional de tratamiento de aguas residuales” en la PTAR de Boundary en el municipio de Eldoret, condado de Uasin-Gishu, Kenia, determinó las diferencias estacionales del tratamiento que emplea pantallas, filtros percoladores y lagunas de oxidación. Esto se logró mediante el muestreo y análisis de muestras de agua durante las estaciones seca y húmeda del año 2013, en el punto de entrada, en el efluente del estanque primario, el efluente del filtro percolador y el efluente final. El análisis de varianza mostró que hubo una diferencia significativa ($p < 0,05$) en todos los parámetros cuantificados en todos los puntos de tratamiento durante las dos estaciones. Los resultados mostraron que la DBO y la DQO se redujeron de un punto a otro durante las dos estaciones. Los niveles de SST aumentaron después de que el efluente del estanque primario se sometiera a tratamiento en el filtro percolador. Los niveles STD disminuyeron de una etapa de tratamiento a la siguiente durante la estación seca, pero durante la estación húmeda los niveles de estos parámetros aumentaron de una etapa a la siguiente, excepto que los niveles se redujeron después de que el efluente del estanque primario se sometiera a tratamiento en el filtro percolador. Las diversas etapas de la planta de tratamiento de aguas residuales en estudio fueron efectivas durante las dos estaciones; sin embargo, la estación húmeda registró cifras más bajas para la mayoría de los parámetros. (Chebor et al., 2017)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

El informe “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del ámbito de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento”, muestra el estado actual de la infraestructura, eficiencia en el tratamiento, operación y mantenimiento de las PTAR. El informe indica que actualmente existen 202 plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú, de las cuales 171 se encuentran operativas. Vale decir que el 85% de ellas están cumpliendo con su función de remover las partículas contaminantes de las aguas residuales que provienen del uso de los servicios de agua potable y alcantarillado de las ciudades, evitando que estas lleguen a las fuentes de agua naturales como los ríos, lagunas, mares, etc., a fin de contribuir con la protección del medio ambiente y la salud de la población. Las PTAR operativas están en 31 de las 50 empresas prestadoras el país. Las empresas con mayor número de PTAR operativas pertenecen al ámbito de las siguientes empresas: EPS Grau en Piura (31), Epsel en Chiclayo (25), Sedapal en Lima (20), Agua Tumbes en Tumbes (14) y Sedalib en Trujillo (14). En estas 5 empresas se concentra el 61 % del total de PTAR operativas del país. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2022)

De las 171 plantas en funcionamiento, 93 (54%) tienen medidor al ingreso de la planta, pero solo 49 funcionan. Es decir, que solo el 29% de las PTAR existentes cuentan con un medidor de caudal operativo. Los resultados del análisis realizado por tamaño de las empresas prestadoras muestran que el 90% de las plantas de SEDAPAL tienen medidor de caudal al ingreso, mientras que el 48% y 45% de las plantas de las empresas grandes 1 y 2, respectivamente, tienen medidor. Asimismo, las PTAR con medidor de las empresas pequeñas y medianas muestran porcentajes de 50% y 71%, respectivamente. En la mayoría de las plantas realiza la medición de caudal a través de lecturas directas de los niveles de agua en la canaleta Parshall, obteniendo los caudales de operación sobre la base de pocas lecturas al día, que no proporciona un valor adecuado para la operación y evaluación de los procesos de tratamiento de la planta. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2022)

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el distrito de Cusipata no ha funcionado eficientemente, generando un resultado desfavorable en la calidad de aguas. Para estimar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales se realizó el monitoreo de dos puntos, afluente y efluente de la planta. Los resultados indicaron que los valores de depuración son muy bajos, en cuanto a la remoción de aceites y grasas fue de 30%, DBO5 de 26.9%, DQO de 23.8% y SST de 35.9%, mientras que los coliformes termotolerantes aumentaron en un 54%, esto debido a que no se realizó el mantenimiento periódico por parte del Área Técnica Municipal. Finalmente, los parámetros de DBO5, DQO y coliformes termotolerantes superaron los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM con valores de 120 mg/L, 274 mg/L Y 540000000 NMP/100 mL. (Auccatinco Hirpahuanca, 2021)

La evaluación de la calidad de las aguas residuales en la ciudad de Bagua, región Amazonas, se realizó tomando 10 puntos de muestreo en época de lluvia. Resultando que la zona de descarga tuvo los valores más altos para los SST (400mg/L), temperatura (28°C), pH (8,09), grasas y aceites (18 mg/L) y coliformes termotolerantes (10000 NMP/100ML). Tanto los valores de DBO, DQO y SST, exceden los LMP para aguas provenientes de las descargas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales; mientras que los valores para SST, el pH, la temperatura, coliformes termotolerantes y grasas y aceites, se encuentran dentro de lo permitido. Como conclusión, se obtuvo que las aguas residuales a medida que se alejan de la zona de descarga, presentan parámetros más cercanos a los valores de ECA – Agua: Riego de vegetales y bebida de animales, debido a que se van diluyendo en el cuerpo de agua donde son arrojados (Ruiz Tavera, 2022)

2.1.3. Antecedentes Locales

Carrillo (2021) en el estudio “Variabilidad climática en relación a datos meteorológicos en la región de Cajamarca”, analiza 15 años de data meteorológica (2005-2020) en tres estaciones convencionales de norte, centro y sur de la región. Los promedios anuales de datos históricos en la estación de Cajabamba señalan que la temperatura no se ha mantenido estable en el tiempo, sino que los ciclos fríos y cálidos han ido variando, los resultados obtenidos muestran un incremento de 0.72 °C de la temperatura máxima, de 0.46 °C en la temperatura mínima. Por otra parte, una disminución de 1.05 mm en la precipitación lo que conlleva a un escenario de sequías en el tiempo. Carrillo afirma también, que los efectos de la variabilidad son distintos en cada estación y depende de las características del medio físico, lo cual anticipa la necesidad de conocer el impacto de esta variabilidad sobre diferentes ámbitos como lo es el sector ambiente y tratamiento de las aguas residuales que se da en las PTARs.

Núñez (2019), en la tesis titulada “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca”, tomó como período de estudio los meses desde enero hasta junio, determinando que la planta no es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales, pues el valor obtenido fue del 50%, así mismo no es eficiente en la remoción de materia orgánica, para lo cual se utilizaron los indicadores de DBO5 y DQO cuyos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables según la Norma Técnica de Edificación OS.090 (2006). La eficiencia en la remoción de aceites y grasas fue del 82,20%, encontrándose dentro del promedio de eficiencia para este tipo de tratamiento de aguas residuales. En cuanto a la remoción de Coliformes Termotolerantes fue del 65, 62%, valor que se encontró por debajo del promedio de eficiencia de este parámetro.

Anticona, (2022), publicó la tesis titulada “Evaluación de la Planta de Tratamiento N°01 de agua residual de la ciudad de Cajabamba”, con la finalidad de evaluar el funcionamiento y el nivel de descontaminación de cada componente, realizó muestreos y ensayos de laboratorio y concluyó que el Tanque Imhoff N°1 tiene un porcentaje de remoción de: SST del 79.18%, DQO del 63.44%, DBO5 del 67.66%, Aceites y Grasas del 69.96%, Coliformes Termotolerantes del 45.83% y que entre el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2 tienen un porcentaje de remoción de: SST del 87.95%, DQO del 88.50%, DBO5 del 91.76%, Aceites y Grasas del 80.69% y Coliformes Termotolerantes del 97.08%. Pese a que todo el sistema de tratamiento tiene un porcentaje de remoción de Coliformes Termotolerantes del 99.46%, este porcentaje de remoción no es suficiente

ya que superan el Límite Máximo Permissible según el Ministerio del Ambiente (MINAM) es de 10,000NMP/100mL. Anticona también realizó aforos mediante el método del flotador, método volumétrico y la curva calibrada del medidor de caudal modelo Palmer Bowlus, en el mes de marzo, encontrando que, del total del caudal aforado, el 4% no tiene tratamiento y va a dar directamente al río Lanla después que desborda la primera estructura del sistema; ello resalta la problemática de la falta de capacidad de tratamiento de la planta durante un mes lluvioso.

En enero de 2021, el Gobierno Regional de Cajamarca preparó 500 toneladas de abono orgánico en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Cajabamba. De este total, 410 se distribuyeron a las comunidades agropecuarias. El responsable de la PTAR, Tito Díaz Ramírez, señaló que el abono orgánico se genera luego del proceso de filtración de aguas servidas y este producto fertilizante es distribuido gratuitamente, previa presentación de la documentación que acredite su adecuado uso. Por su parte, Antonio Fernández, productor cajabambino de alfalfa, taya y cereales, señaló que el abono orgánico no emana un olor fétido y genera una mayor producción agrícola (La República, 2021) . Esto pone en evidencia que la planta de tratamiento deja como producto agua tratada pero además abono que es de gran provecho para la agricultura y en consecuencia para la región, por lo que es necesario garantizar la continuidad de la PTAR durante todos los meses del año.

2.2. Marco conceptual

2.2.1 Series de tiempo

Utilizamos el termino serie de tiempo para referirnos a cualquier grupo de información estadística que se acumula a intervalos regulares. Existen cuatro tipos de cambio o variación implicados en el análisis de series de tiempo, estos son: tendencia secular, fluctuación cíclica, variación estacional y variación irregular. (Levin & Rubin, 2004)

En una serie, el movimiento general que persiste en el largo plazo se denomina “tendencia secular”, mientras que el tipo de fluctuación que completa toda la serie de cambios en la extensión de un año y tiene más o menos la misma forma año tras año se llama “variación estacional”. Además de estos dos tipos e fluctuaciones existen los movimientos pronunciados que se desplazan hacia arriba y hacia abajo, cada tantos años a lo largo de la serie, estos se llaman “fluctuaciones cíclicas”. Finalmente, las pequeñas irregularidades en forma de dientes de serrucho en la serie representan lo que se llama “movimientos irregulares”. (Montero, 1981)

2.2.2 Variación estacional o estacionalidad

Una serie de tiempo incluye la variación estacional. Este tipo de variación se define como un movimiento repetitivo y predecible alrededor de la línea de tendencia de un año o menos. Con el fin de detectar la variación estacional, los intervalos de tiempo necesitan medirse en unidades pequeñas, como días, semanas, meses o trimestres. (Levin & Rubin, 2004)

Decimos que una serie temporal es estacional cuando los fenómenos que ocurren en el tiempo se repiten cada período idéntico de tiempo, es decir, fenómenos que ocurren diariamente en una hora determinada, todos los días, o en un mes determinado a cada año; un ejemplo de estacionalidad anual son las estaciones del año. (Silva, 2023)

Es la variabilidad cíclica durante el año. En los trópicos la estacionalidad es dominada por las precipitaciones (según el ciclo solar anual). La época de lluvia es de octubre a abril y la época de estiaje (los meses secos) es de mayo a septiembre. (Chisolm, 2015)

Las estaciones astronómicas tienen una duración de aproximadamente de tres meses y el comienzo de cada una está definida por los solsticios y equinoccios. En el hemisferio sur, cuando el sol está directamente sobre la línea ecuatorial, ocurren los equinoccios de otoño (marzo) y primavera (septiembre), y cuando el sol está sobre los trópicos de cáncer y capricornio, ocurren los solsticios de invierno (junio) y verano (diciembre). Las estaciones astronómicas son las mismas para la costa, sierra y selva peruana, sin embargo, cada región presenta características climáticas propias. En el año 2020 y 2021, las fechas en que se dieron inicio a las estaciones astronómicas en Perú fueron: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú , 2024)

2020

- Otoño: 19 de marzo 10:50 p. m.
- Invierno: 20 de junio 04:44 p. m.
- Primavera: 22 de setiembre 08:31 a. m.
- Verano: 21 de diciembre 05:02 a. m.

2021

- Otoño: 20 de marzo 4:37 a. m.
- Invierno: 20 de junio 10:32 p. m.
- Primavera: 22 de septiembre 02:21 p. m.
- Verano: 21 de diciembre 10:59 a. m.

2.2.3 Aguas residuales

Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.2.4 Fuentes de aguas residuales

Las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: (1) aguas domésticas o urbanas, compuesta por aguas de cocina como sólidos, materia orgánica, grasas, sales; aguas de lavadoras, detergentes, nutrientes; aguas de baño, jabones, geles, champús; aguas negras, procedentes del metabolismo humano. (2) aguas residuales industriales, presentan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria. (3) escorrentías de usos agrícolas, arrastran fertilizantes (fosfatos) y pesticidas y están empezando a construir una de las causas mayores de eutrofización de lagos y pantanos. (4) pluviales, son las aguas de lluvia que son recogidas por el mismo sistema de alcantarillado que se emplea para la recogida y conducción de las aguas residuales domésticas e industriales. (Sette Ramalho, 2021).

2.2.5 Características de las aguas residuales

Cada agua residual es única en sus características, aunque en función del tamaño de la población, del sistema de alcantarillado empleado, del grado de industrialización y de la incidencia de la pluviometría, pueden establecerse unos rangos de variación habituales, tanto para los caudales como para las características fisicoquímicas de estos vertidos. El conocimiento de los caudales y características de las aguas residuales generadas en las aglomeraciones urbanas es básico para el correcto diseño de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación de las mismas. (Alianza por el Agua, 2008)

a. Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (Metcalf & Eddy, 2004)

b. Características químicas

Se clasifican en dos grandes grupos, inorgánicas y orgánicas. Entre las características inorgánicas se encuentran el nitrógeno, fósforo, pH, alcalinidad, metales y gases, mientras que las orgánicas son las demandas de oxígeno en el agua (química DQO y bioquímica DBO), así como el carbono orgánico total (COT). (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, 2003)

c. Características bacteriológicas

Son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano. Uno de los parámetros más usados para evaluar las características bacteriológicas de un agua residual son los Coliformes Totales que incluyen: Coliformes Fecales + Coliformes de Origen No-fecal. Los coliformes son especies de organismos que indican contaminación por desechos humanos y animales. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.2.6 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales incorpora procesos físicos, químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería (Carrión Carrera, 2008)

El diseño de una depuradora de aguas residuales urbanas va a estar determinado por un gran número de condicionantes, como pueden ser la ubicación geográfica, impacto paisajístico, capacidad de pago de la población, disponibilidad del espacio, disponibilidad de mano de obra cuantificada, acceso a la energía, entre otros; pero el factor clave a la hora de determinar la solución adecuada para el tratamiento, será su caudal, la carga contaminante presente en el mismo y la calidad deseada en el efluente final (Ramis Cirujeda, 2019)

El objetivo de depurar un agua residual se logra mediante la integración de operaciones (físicas) y procesos (químicos y biológicos) unitarios, que serán seleccionados en función de las características del agua residual a tratar y de la calidad deseada del agua tratada. Dependiendo de ello, es posible generar emisiones gaseosas a la atmósfera e, invariablemente, la producción de material de desecho que puede ser un residuo sólido, como la materia retenida en las rejillas o tamices, o semisólido en forma de lodos (Noyola y otros, 2013)

2.2.7 Niveles de tratamiento de aguas residuales

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante. Considerando el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario. (SINIA-MINAM, 2016)

a. Tratamiento Preliminar

Se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares, desde componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, hasta arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. A veces se usan trituradores para reducir el tamaño de desechos. (Noyola y otros, 2013)

b. Tratamiento Primario

En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Noyola y otros, 2013)

c. Tratamiento Secundario

En el tratamiento secundario se usan microorganismos (bacterias, algas, hongos, protozoos, nematodos) que descomponen la materia orgánica en formas inorgánicas, es decir, eliminan la DBO. Todos los procesos biológicos se basan en microorganismos que se alimentan de los componentes orgánicos en el agua y eliminan la DBO. Los tratamientos biológicos se pueden clasificar en: Aeróbicos, anaeróbicos y procesos en estanques (Sela, 2021)

d. Tratamiento Terciario o Avanzado

Su objetivo fundamental es la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales (Sette Ramalho, 2021)

Incluye operaciones unitarias adicionales para llevar las aguas residuales a la calidad definida por el uso previsto del agua. Tales procesos pueden incluir coagulación-floculación, filtración, desinfección, ablandamiento, filtración de carbón activado, filtración por membranas, como ósmosis inversa y más (Sela, 2021)

2.2.8 Grado de eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] , 2016)

El grado de eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se define como la reducción porcentual de indicadores apropiados, considerados en forma acumulativa o de determinadas sustancias. Para la determinación de la reducción se establece, para el indicador específico, una relación entre la carga que fluye a la planta o a una unidad de ella y la correspondiente carga en el flujo de salida de la planta. Estas determinaciones se realizan en lapsos apropiados para las observaciones. En caso de existir varios puntos de ingreso o egreso de aguas residuales en la planta, la carga total se determina con base en las cargas parciales. (Asociación Alemana de Saneamiento, 1998)

Se determina por la siguiente fórmula: (Romero Rojas, 2004)

$$E (\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100 \quad (1)$$

Donde E (%): Eficiencia de remoción de carga contaminante;

S: Carga contaminante de salida (mg/L);

S₀: Carga contaminante de entrada (mg/L).

2.2.9 Influencia de la Variación estacional en el tratamiento de aguas residuales

Un aspecto al que se le toma como de poca importancia es que el caudal de entrada en las plantas puede variar muy bruscamente por las lluvias. Nuestras ciudades no disponen de una buena red de alcantarillado separativa, por lo que el agua residual que se conduce a la planta se mezcla con el agua de la lluvia que se desliza por los tejados y las calles, provocando un aumento importante del caudal que incluso puede superar la capacidad máxima de las plantas de tratamiento. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2022)

Químicamente, al ocurrir un flujo neto de solvente hacia la solución con mayor concentración de soluto, esta sufre una dilución y, por lo tanto, disminuye la concentración de soluto. (Trujillo Santacoloma, 2004)

Al inicio de un periodo húmedo, las aguas pluviales relavan los colectores sanitarios, este hecho incrementa la concentración de materia orgánica y cuando persisten las lluvias, las aguas pluviales diluyen la concentración de materia orgánica. Así mismo, los indicadores de DBO, DQO, SST y coliformes termotolerantes en periodo seco son mayores, mientras que en época de lluvias son menores debido a la dilución que existe precisamente por las lluvias. Los caudales afluentes son mayores en periodo húmedo y son menores en periodo seco, este fenómeno respalda la teoría de que las concentraciones de afluentes se comportan en función a la variación de caudales. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2011)

Con el objeto de predecir el comportamiento de la temperatura del agua en función de la temperatura del aire (T_a), se han realizado estudios de correlaciones por distintos investigadores en diferentes zonas, condiciones climáticas, período y frecuencia de recolección de datos, así como criterios de cálculo. Algunas de las ecuaciones que se encuentran en la literatura bajo las condiciones mencionadas son: i) $TS=9.336+0.780T_a$ ($R^2=0.831$), ii) $T=10.433+0.688T_a$ ($R^2=0.828$), realizados en Lima, Perú (Burgers, 1982) para la temperatura superficial (T_s) de la laguna y para la temperatura promedio de la misma (T) respectivamente. Ambas ecuaciones indican que la temperatura del agua en un cuerpo superficial es directamente proporcional a la temperatura del aire. (Montoya López & Pocasangre Collazos, 2018)

La temperatura al interior de los procesos de tratamiento de aguas residuales es un parámetro de vital importancia debido a que ésta puede modificar las características del agua, altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación en oxígeno disuelto (OD) y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana. Para actividades biológicas y desarrollo de la actividad bacteriana, la temperatura óptima oscila de 20°C a 35°C, por encima de estos valores la digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden y cuando se encuentran por debajo del mencionado rango de operación, la digestión metanogénica es muy lenta y las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de operar. (Ramírez Jiménez, 2021)

En el proyecto Titicaca se encontró que, en relación con los procesos de tratamiento, la influencia de la temperatura se presenta en las operaciones de naturaleza biológica, pues la velocidad de descomposición de las aguas residuales se incrementa con el aumento de la temperatura y en las operaciones donde ocurre el fenómeno de la sedimentación, el aumento de la temperatura hace que disminuya la viscosidad, mejorando las condiciones de este fenómeno. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2011)

Un líquido es más viscoso cuando opone más resistencia a fluir. Por ejemplo, el aceite es menos denso que el agua, y por eso flota, aunque a temperatura ambiente (sobre todo en invierno) fluya más lentamente: es más viscoso. (Rodríguez Pérez, 2014)

Los tanques Imhoff son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior, el cual es dimensionado de acuerdo a la temperatura del agua: para una temperatura de 5°C, se tendrá un tiempo de digestión de 110 días; 10°C, 76 días; 15°C, 55 días, 20°C, 40 días y para temperaturas mayores a 25°C, se tendrá un tiempo de 30 días. (Norma OS-090, 2015)

Los lodos de zanjas de oxidación y aeración prolongada no requieren otro proceso de tratamiento que el de deshidratación, generalmente en lechos de secado siendo el período de secado entre 3 y 4 semanas para climas cálidos y entre 4 y 8 semanas para climas más fríos. Los lodos de otros sistemas de tratamiento de lodos activados y filtros biológicos necesitan ser estabilizados. La digestión anaerobia es un proceso de tratamiento de lodos que tiene por objeto la estabilización, reducción del volumen e inactivación de organismos patógenos de los lodos. (Norma OS-090, 2015)

Un parámetro fundamental que influye significativamente en la eficiencia y el rendimiento de los sistemas de tratamiento es el nivel de pH del agua a tratar. El pH del agua es una medida de su acidez o alcalinidad y se define en una escala logarítmica que va de 0 a 14, donde un pH de 7 se considera neutro. Valores inferiores a 7 indican acidez y valores superiores indican alcalinidad. El agua ácida se puede ajustar agregando carbonato de sodio o hidróxido de sodio, por el contrario, el agua alcalina se puede controlar mediante la adición de ácidos líquidos o dióxido de carbono (CO₂). Mantener el nivel de pH adecuado es esencial en los sistemas de tratamiento para optimizar la eficiencia, proteger los equipos y salvaguardar el medio ambiente y la salud pública, pues el nivel de pH afecta tanto a las propiedades químicas como físicas del agua, influyendo así en el comportamiento de los contaminantes y en los procesos de tratamiento. La coagulación y la floculación son etapas de tratamiento clave, mantener el pH dentro de un rango específico (generalmente entre 6 y 8) ayuda a optimizar el rendimiento del coagulante y mejora la formación de flóculos más grandes y más sedimentables. Las desviaciones del rango de pH óptimo pueden provocar una floculación incompleta, una sedimentación deficiente y una eficiencia reducida de los procesos de filtración posteriores. Por otro lado, en los procesos biológicos como el tratamiento de lodos activados o la filtración biológica para eliminar la materia orgánica y los nutrientes, el nivel de pH influye en la actividad y el crecimiento de los

microorganismos implicados en estos procesos. Diferentes microorganismos prosperan en diferentes rangos de pH, y mantener las condiciones de pH adecuadas es crucial para la estabilidad y eficacia de los sistemas de tratamiento biológico. Por último, la desinfección, es un paso crucial en el tratamiento del agua que elimina los microorganismos dañinos para garantizar la seguridad del suministro de agua. Los desinfectantes a base de cloro funcionan más eficazmente con valores de pH entre 5.5 y 7.6. El nivel de pH debe controlarse y ajustarse cuidadosamente para garantizar una desinfección adecuada y evitar la formación de subproductos de la desinfección, como trihalometanos, más probable a formarse a niveles de pH más altos. (Blue-White, 2023)

2.3. Definición de términos básicos

- **Afluente:** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014)
- **Efluente:** Agua u otro líquido que sale de un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014)
- **Depuración de aguas residuales:** Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] , 2016)
- **Planta de tratamiento de aguas residuales:** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014)
- **Precipitación:** Es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre, incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, como el granizo y nevisca. (Bateman, 2007)

Se mide en litros por metro cuadrado de superficie (l/m^2), o su medida equivalente milímetros de altura del agua caída (mm). El instrumento de medición es el pluviómetro. (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2023)

- **Temperatura máxima:** Es la temperatura más alta durante un período prescrito de tiempo, por ejemplo, 12 o 24 horas. (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2023)
- **Temperatura mínima:** Es la temperatura más baja durante un período prescrito de tiempo, por ejemplo, 12 o 24 horas. (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2023)
- **Temperatura media diaria:** Es el valor medio entre la temperatura máxima diaria y la temperatura mínima diaria. Se calcula pues sumando ambos valores y dividiéndolos entre dos. (Díaz San Andrés , 2019)
- **Año hidrológico:** Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente, se reduce al mínimo. En el Perú, el año hidrológico empieza en septiembre y termina en agosto del año siguiente. (Ordoñez Gálvez, 2011)
- **Normales climatológicos estándares:** Son medias/promedios de datos climatológicos calculadas(os) para periodos consecutivos de 30 años, considerando desde el 1 de enero de 1991 hasta el 31 de diciembre de 2020. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2023)
- **Rango de variabilidad normal:** establecido por P33 umbral inferior definido estadísticamente con el percentil 33 y P66 umbral superior definido estadísticamente con el percentil 66. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2023)
- **Variables meteorológicas:** Característica o propiedad del aire a través de la cual se puede determinar cuantitativamente el estado o las condiciones de la atmósfera en un momento y lugar dados. (Pelmorex Corp, 2024)

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La variación estacional influye altamente en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La variación estacional de las temperaturas, influye altamente en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba.
- La variación estacional de las precipitaciones, influye altamente en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba.

3.2. Variables/categorías

- Variable Independiente: Variación estacional
- Variable dependiente: Tratamiento de las aguas residuales

3.3. Operacionalización/categorización de los componentes de las hipótesis

Tabla 1.

Matriz de Operacionalización

TITULO: "Influencia de la variación estacional en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba-Cajamarca"								
Hipótesis	Definición Operacional de las Variables							
	Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Fuente de datos		
La variación estacional en la ciudad de Cajabamba influye altamente en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1.	Variación estacional	Movimiento predecible de una variable alrededor de un año (Chisolm, 2015)	Variación en la precipitación mensual	Precipitación	mm	SENAMHI Registro de la estación meteorológica Cajabamba		
			Variación en temperaturas mensuales	Temperatura media, mínima, máxima.	°C	SENAMHI Registro de la estación meteorológica Cajabamba.		
	Tratamiento de aguas residuales	Conjunto de procesos para producir agua limpia o reutilizable al ambiente. (Carrion Carrera, 2008)	Eficiencia de tratamiento	Caudales de agua		l/s	Aforos del afluente y efluente de la PTAR1	
				Porcentaje de reducción de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos		%	Toma de muestras de afluente y efluente de la PTAR1	
								Ensayos de laboratorio

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación de la zona de estudio

4.1.1. Descripción de la zona de estudio

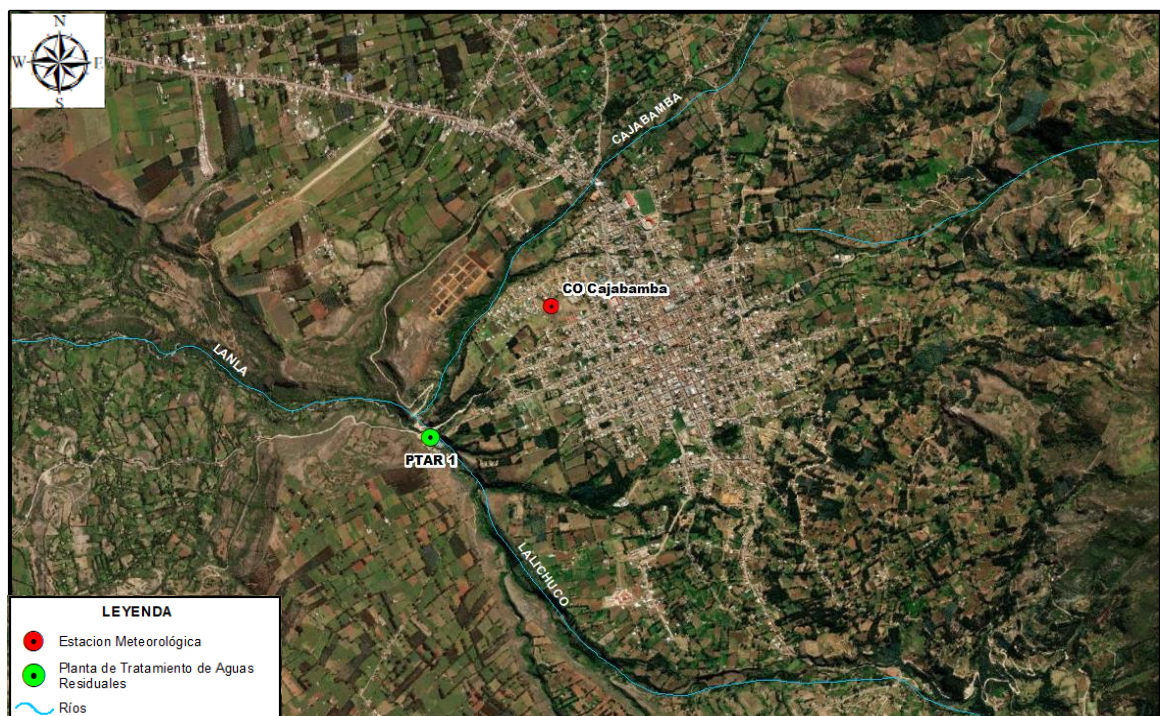
La planta de tratamiento de aguas residuales - PTAR1, en el distrito de Cajabamba, provincia de Cajabamba y el departamento de Cajamarca, está ubicada en el extremo oeste de la ciudad de Cajabamba, cerca del acantilado que tiene por nombre “Peña del Olvido” y dista 500 m. de la zona urbana de la ciudad.

La topografía de la ciudad no es plana, por lo que las elevaciones son comunes del territorio, sin embargo, existen cerros contiguos a la ciudad, los mismos que, entre otras cosas son uno de los elementos responsables del microclima de la ciudad, entre ellos tenemos el Chochoconday, el Miraflores, el Chontayoc, el Chihuayco. Las lagunas, aunque no se encuentren muy cercanas a la ciudad, tienen mucha importancia para el sistema hídrico y el agua que proporcionan a la ciudad.

El curso receptor de las aguas residuales tratadas por la PTAR1 de Cajabamba es el río Lalichuco, el cual se une con el río Cajabamba, para descargar en el río Lanla, tributario del Condebamba y este a su vez del río Crisnejas. (Ver Apéndice A)

Figura 1.

Ubicación del área de estudio



4.1.2. Características climáticas de la zona

En el mapa climático del departamento de Cajamarca (Sánchez Rojas & Vásquez Peralta, 2010) se afirma que, dada a la quebrada configuración orográfica de la provincia de Cajabamba, el clima es muy variado: En la punas o alturas es frío; en los valles el clima es ardiente, o caluroso, alcanzando en algunas épocas del año hasta más de 30° C. Los factores condicionantes del clima son, entre otros, la distribución anual de la temperatura y precipitación pluvial y la resultante de la interacción entre estos factores, denominada evapotranspiración.

En las zonas intermedias, o sea las comprendidas entre las punas y los valles, el clima es templado, en estas regiones el termómetro oscila entre 12 y 22° C. En base a datos meteorológicos y al mapa elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) en la región Cajamarca y utilizando el sistema de Clasificación de Köppen encontramos en la región de Cajabamba presenta el sistema climático Cw - templado moderado lluvioso (55%), Dwb - frío (boreal) (25 %), BSw - estepa (20%). (Sánchez Rojas & Vásquez Peralta, 2010)

Tabla 2.

Clave y criterios de la clasificación de Köppen Geiger

B	Seco	$P_a < 10P_c$
W	- desértico	$P_a < 5P_c$
S	- estepario	$P_a \geq 5P_c$
h	- cálido	$T_a \geq 18$
k	- frío	$T_a < 18$
C	Templado	$T_{max} > 10$ y $0 < T_{min} < 18$
s	- verano seco	$P_{Smin} < 40$ y $P_{Smin} < P_{Wmax}/3$
w	- invierno seco	$P_{Wmin} < P_{Smax}/10$
f	- sin estación seca	no es Cs ni Cw
a	- caluroso	$T_{max} \geq 22$
b	- templado	no es a y $T_{mes10} \geq 4$
c	- frío	no es a ni b y $1 \leq T_{mes10} < 4$
D	Frío	$T_{max} > 10$ y $T_{min} < 0$
s	- verano seco	$P_{Smin} < 40$ y $P_{Smin} < P_{Wmax}/3$
w	- invierno seco	$P_{Wmin} < P_{Smax}/10$
f	- sin estación seca	no es Ds ni Dw
a	- verano caluroso	$T_{max} \geq 22$
b	- verano templado	no es a y $T_{mes10} \geq 4$
c	- verano frío	no es a, b ni d
d	- invierno muy frío	no es a ni b y $T_{min} < -38$
E	Polar	$T_{max} < 10$
T	- tundra	$T_{max} > 0$
F	- helado	$T_{max} \leq 0$

La temperatura está expresada en °C y la precipitación en mm. La nomenclatura utilizada es: P precipitación media mensual, P_a precipitación media anual, P_c índice de aridez de Köppen, P_{min} precipitación media del mes más seco del año, P_S precipitación media del verano, P_{Smin} precipitación media del mes más seco del verano, P_W precipitación media del invierno, P_{Wmin} precipitación del mes más seco del invierno, T temperatura media mensual, T_a temperatura media anual, T_{max} temperatura media del mes más cálido del año, T_{min} temperatura media del mes más frío del año, T_S temperatura media del semestre estival⁴, T_W temperatura media del semestre invernal, T_{mes10} número de meses con temperatura media superior a 10 °C.

Nota: (Zúñiga López & Crespo del Arco, 2021)

4.1.3. Características de la Estación Climatológica Ordinaria (CO) Cajabamba

La estación meteorológica convencional Cajabamba se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajabamba y distrito de Cajabamba.

Tabla 3.

Ubicación de la estación CO Cajabamba

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altitud
Estación CO Cajabamba	825377.14	9156420.43	2625

Nota: Tomado del Servicio Nacional de Meteorológico e Hidrológico del Perú [SENAMHI]

Figura 3.

Ubicación de la estación CO Cajabamba



La estación cuenta con 01 caseta meteorológica, 01 termómetro de máxima, 01 termómetro de mínima, 02 termómetros de bulbo seco y húmedo, 01 veleta, 01 pluviómetro, 01 tanque de evaporación, 01 heliógrafo, 01 pluviógrafo, 01 termohigrógrafo y 01 tanque de evaporación, tal como se muestra en la fotografía adjunta.

La zona de emplazamiento de la estación meteorológica, es llano y el suelo está cubierto ligeramente de césped, el cual es representativo de la zona. La estación presenta un cerco que evita el ingreso de personas ajenas y cuenta con un observador que realiza las lecturas y toma de datos de acuerdo al protocolo de SENAMHI. La zona está libre de obstáculos que proyecten sombra sobre los instrumentos meteorológicos (Servicio Nacional de Meteorológico e Hidrológico del Perú [SENAMHI])

La estación CO Cajabamba se encuentra a una distancia de 968 m, de la PTAR 1 de Cajabamba, en dicho tramo se encuentran edificaciones urbanas, mas no se visualizan montañas o sistemas de cordillera que determinen la variabilidad en los microclimas de ambas zonas. Además, según el análisis mediante polígono de Thiessen en la cuenca Crisnejas, se observa que el área de influencia de la estación meteorológica en estudio abarca la zona de la planta. (Ver Apéndice A)

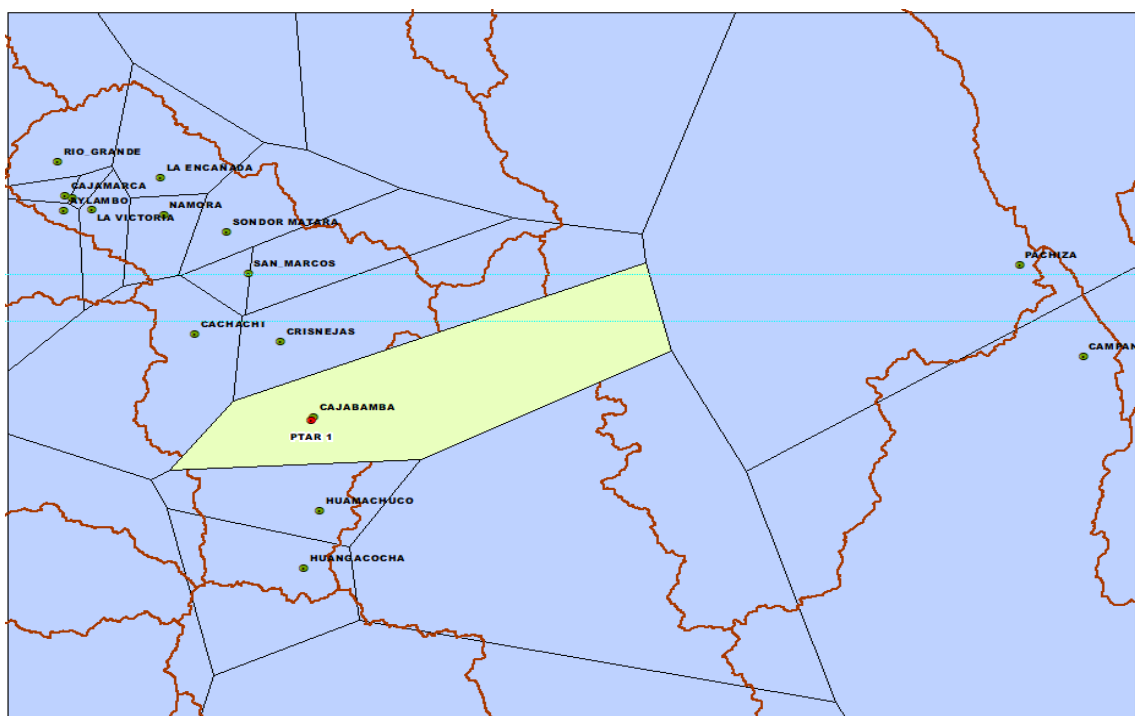
Figura 4.

Área de influencia de la estación meteorológica



Figura 5.

Polígono de Thiessen en la cuenca Crisnejas.



4.1.4. Características de la PTAR 1 de Cajabamba

La PTAR 1 que está dirigida a tratar aproximadamente el 62% del total de los desechos líquidos a ser producidos en la ciudad de Cajabamba, se ubica al sur la localidad de Cajabamba y abarca una extensión de 6770 m². El terreno está localizado entre las cotas 2,555 y 2,525 msnm, existiendo una diferencia altitudinal entre ambos extremos de 30 metros en una longitud de 62 metros, el cual representa una pendiente promedio de casi 50%. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

Tabla 4.

Ubicación de la PTAR 1 de Cajabamba

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altitud
PTAR 1 Cajabamba	824728.22	9155696.78	2536

Según lo descrito en la Memoria Descriptiva de la Planta de Tratamiento, como parte del proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Cajabamba”, para el diseño y cálculo de cada uno de los procesos de tratamiento de aguas residuales, se ha respetado las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.090-Plantas de tratamiento de aguas residuales, publicado en junio del año 2006; así como los requisitos mínimos para el diseño de las diferentes obras civiles, en el Título I– Generalidades -capítulo G.010- Consideraciones Básicas. La planta consta con las siguientes componentes: reja, canal de alimentación, tanque Imhoff, filtro percolador, sedimentadores secundarios, estación de bombeo de lodos, canal de recolección y disposición final. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009) (Ver Anexo A)

a) Cámara de rejas

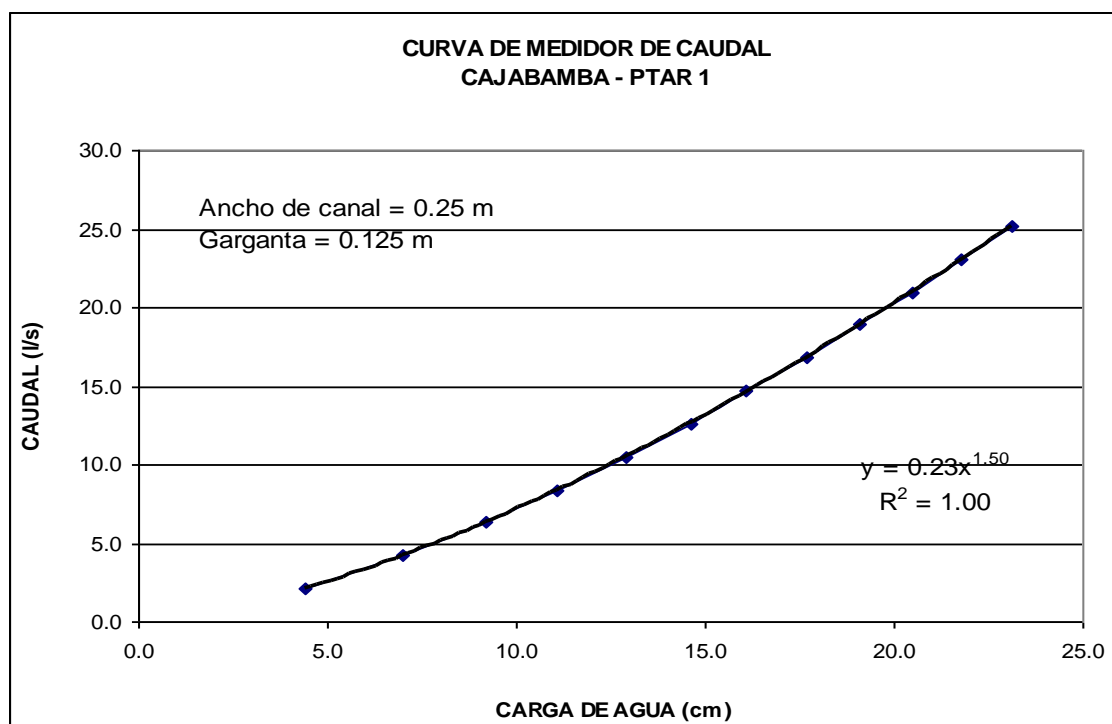
La cámara de rejas ha sido diseñada para el caudal pico de 20.8 l/s y consta de dos unidades paralelas funcionando, una de ellas como aliviadero o “by pass” trabaja solamente en los casos en que la pérdida de carga en la reja es muy alta. El ingreso de la reja tiene un ancho de 0.25 m y la recámara de la reja propiamente dicha tiene un ancho neto de 0.30 m. La criba está compuesta por platinas de acero inoxidable de sección transversal de 35 x 6 mm, espaciados 25 mm e inclinadas 45° con respecto a la horizontal. El “by pass” se inicia antes de la reja, finalizando aguas abajo del mismo y tiene un ancho de 0.30 m. La altura de desborde es de 0.16 m por encima del fondo del canal. La altura total de la reja es de 0.50 m. El diseño demanda la necesidad que la reja sea limpiada continuamente para evitar el represamiento del emisor y el funcionamiento excesivo del by pass con el correspondiente arrastre de sólidos. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

b) Medidor de caudal

Inmediatamente después de la cámara de rejas se ha considerado la instalación de un medidor de caudal del tipo régimen crítico modelo palmer bowlus de 0.25 m de ancho y 0.125 m de garganta. En la figura 5.2 se muestra la curva correspondiente al referido medidor palmer bowlus. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

Figura 6.

Curva de caudal de medidor palmer bowlus



Nota. Tomado de Proyecto: “Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado e Instalación de PTAR de la Ciudad de Cajabamba”. Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009

c) Conducción y distribución del agua residual cruda

El agua residual cribada discurrirá hacia el repartidor de caudal R-1 por medio de un canal de 0.25m de ancho y 2.5 por mil de pendiente. Del repartidor de donde saldrán dos tuberías de 250 mm de diámetro y 2.5 por mil de pendiente a cada uno de los tanques imhoff. Este repartidor dividirá el flujo en dos partes iguales. Las estructuras de reparto se han diseñado sin piezas móviles y material resistente al intemperismo y con una geometría que permita la distribución equitativa del agua residual a cada uno de los filtros percoladores y en forma independiente a la variación del caudal de las aguas residuales crudas. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

d) Tanque Imhoff

Considera dos unidades, cada unidad compuesta por dos sedimentadores y dos cámaras de digestión. El agua residual cribada que alimenta a cada tanque imhoff descarga en la parte media lateral del tanque imhoff. El sentido de flujo se direcciona manualmente y depende de la cantidad de lodo que pueda estar almacenado en cada uno de los tanques de digestión. La longitud de cada sedimentador es de 18.0 m, ancho de 1.00 m y profundidad total de 1.65 m. El diseño estima que la remoción de carga orgánica sea del orden del 30% y de sólidos sedimentables del 70%. El digestor se ubica en la parte baja del sedimentador y tiene un largo de 18.0 m, ancho de 5.75 m y profundidad de 4.30 m. En el digestor se estabiliza el lodo sedimentado antes de su disposición en los lechos de secado para su deshidratación final. Las ventilaciones tienen un ancho de 1.05 m. La cantidad de lodos a producirse ha sido estimada en 195 kg/día equivalente a 2.8 m³/día. El efluente sedimentado fluye hacia la parte central lateral de cada tanque imhoff y la salida en operación depende de la dirección del flujo de alimentación al tanque imhoff. El agua tratada en los tanques imhoff es conducida a los dos módulos de pos tratamiento, cada uno compuestos por un filtro percolador y un sedimentador secundario. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

e) Filtro percolador

Los dos filtros percoladores diseñados son de baja carga y sin recirculación. El molinete hidráulico o distribuidor de agua con que está equipado cada uno de los dos filtros percoladores es alimentado por medio de una tubería de 200 mm de diámetro y cada molinete hidráulico cuenta con dos brazos de distribución de 100 mm de diámetro. Cada unidad tiene una profundidad de 2.10 m y un diámetro de 19 m y se estima que el filtro percolador tiene una eficiencia remocional de la DBO del orden del 80%. Para el control de la capa biológica y de la mosca psycoda, a determinadas horas se sobrecarga hidráulicamente una de las unidades, permitiendo el desprendimiento de la película biológica y recuperar su capacidad de tratamiento. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

f) Sedimentador secundario

Como se indicó anteriormente, a cada filtro percolador le corresponde un tanque de sedimentación del tipo Dortmund. Cada uno de los sedimentadores tiene un diámetro de la parte superior de 5.70 m, diámetro de fondo de 3.50 m, 4.15 m de profundidad útil y 4.55 m de profundidad total. Este tanque está dotado de dos tolvas en donde se acumula el lodo y que por acción de la gravedad es retirado por presión hidrostática hacia la cisterna de la estación de bombeo de lodos. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

g) Desinfección

Los efluentes de los sedimentadores secundarios son recolectados por medio de una tubería de 250 mm de diámetro y el agua residual tratada es sometida al proceso de desinfección antes de su descarga. El diseño estima que la cantidad de cloro al 100% necesaria para esta labor es de 5.1 kg/día y equivalente a una concentración de 6 mg/L de cloro o hipoclorito de calcio al 60%. El tanque tiene un largo de 3.50m, un ancho de 2.10m, una profundidad útil de 1.50m y total de 2.10m y dispone de tres compartimientos longitudinales. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

h) Recolección y disposición final

El agua desinfectada es descargada en la quebrada adyacente a la planta de tratamiento de aguas residuales por medio de una tubería de 250 mm de diámetro y 2.5 por mil de pendiente. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

i) Estación de bombeo de lodos

Los lodos de cada uno de los sedimentadores son drenados periódicamente hacia una cisterna desde donde se le retorna a los tanques imhoff en donde sufren un nuevo proceso de degradación. El volumen de la cisterna de lodos ha sido determinado a partir de una contribución de 0.65 L/hab-d y tres bombeos por día, lo cual representa un volumen total de 6.7 metros cúbicos y efectivo de 2.2 metros cúbicos. El retorno de lodos se ejecuta con ayuda de dos bombas sumergibles con capacidad para 1.5 L/s y una altura dinámica total de 35 m. La cámara de bombeo tiene una profundidad útil de 1.50 m, profundidad total 2.00 m y un diámetro de 1.50 m. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

j) Lechos de secado

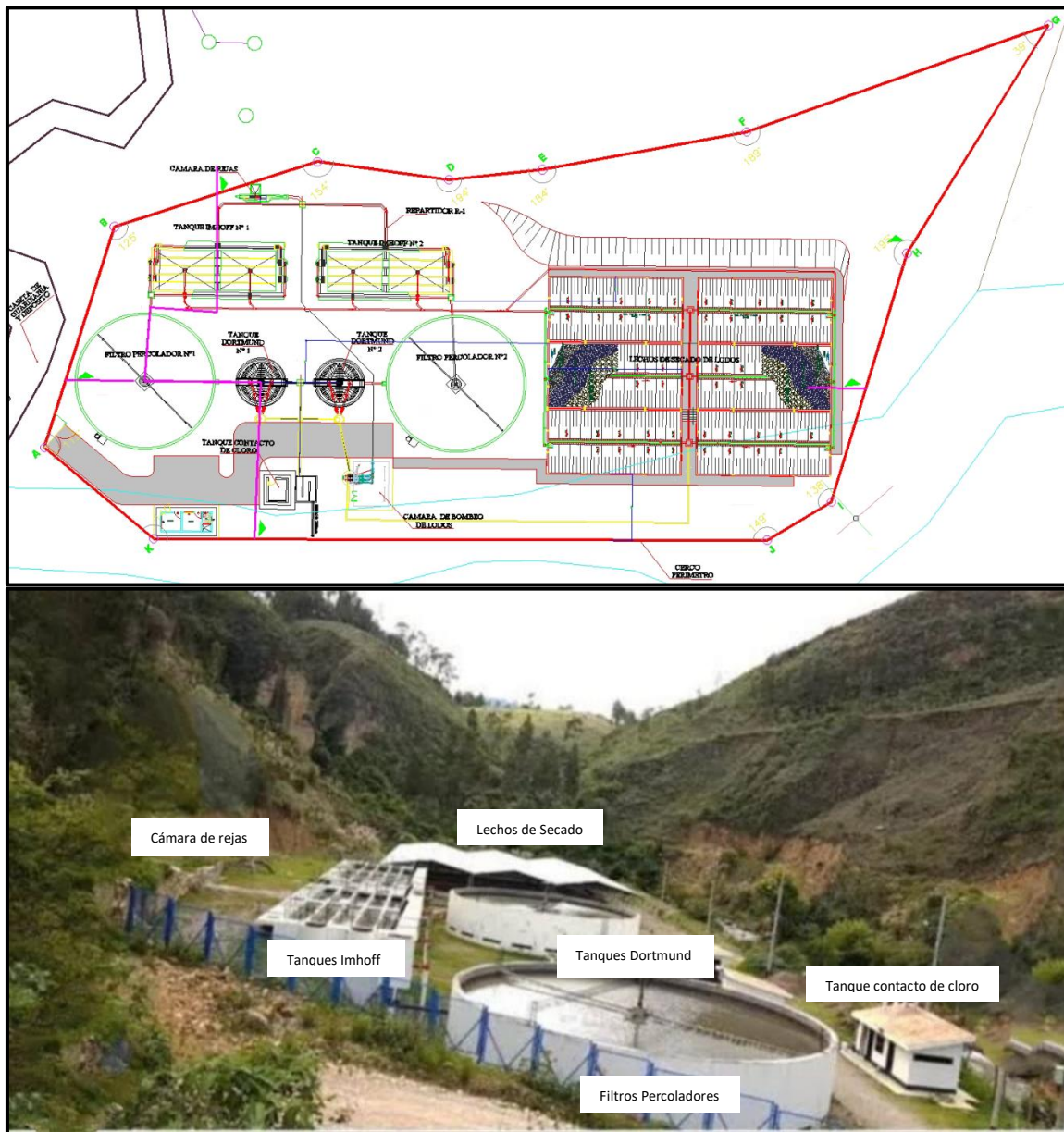
El diseño estimó que los lodos producidos diariamente en el tanque imhoff, incluyendo los lodos retenidos en el sedimentador secundario ascendería a 390 kg/d, por lo que el área de lechos de secado es de 1050 m², siendo necesario seis lechos de secado techados de 18.50 m de largo y 9.50 m de ancho. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

k) Residuos y disposición final de lodos

La planta de tratamiento produce tres tipos de desechos sólidos: material de cribas, material flotante de los tanques imhoff y lodos digeridos; estos deben ser recolectados convenientemente y ser dispuestos al relleno sanitario o enterrado en los alrededores de la instalación. En el caso de los lodos digeridos, son empleados como mejoradores de los suelos agrícolas previo proceso de inactivación de microorganismos. (Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú, 2009)

Figura 7.

Componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales-PTAR 1 de Cajabamba



4.2. Diseño de la investigación

FASE 1. Recopilación y Sistematización de la Información Meteorológica: Se recopilaron los datos de temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales y precipitación mensual, registrados durante los meses de septiembre de 2020 a agosto de 2021; así como los valores normales mensuales de dichas variables, tomando como referencia el período 1991-2020; además, los días en que se realizó el muestreo, las temperaturas registradas a las 7 am, en la estación climatológica ordinaria (CO) Cajabamba y proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (Ver anexo B)

FASE 2. Análisis de la variación estacional: A través de gráficos, se procesaron las normales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación mensuales, para identificar los meses secos y húmedos. así mismo se comprobó estadísticamente, la representatividad del período de estudio, respecto a las estaciones características de la ciudad de Cajabamba.

FASE 3. Caracterización de la planta en función a sus componentes: En cada fecha de muestreo se realizó un recorrido por la PTAR 1 de Cajabamba, para identificar las características, estado y operatividad de cada una de las componentes de la planta. (Ver apéndice B)

FASE 4. Caracterización del agua residual: Se seleccionó dos puntos de muestreo y aforo, antes y después del tratamiento de las aguas, para caracterizar y cuantificar el afluente y efluente respectivamente, es de esta manera que se eligió el canal medidor de caudal de agua residual en la entrada de la PTAR y la zona de descarga del agua tratada hacia el río Lalicucho tal como se detalle en la tabla 5. (Ver Apéndice C)

Tabla 5.

Ubicación de los puntos de muestreo

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altitud
Afluente	824732.00	9155724.00	2544
Efluente	824714.00	9155663.00	2539

Las fechas de muestreo y aforos, se realizó en seis (06) fechas (ver tabla 6), de acuerdo al siguiente cronograma:

Tabla 6.

Fechas de muestreos y aforos

Muestreo	Fecha	Código de muestra	Código de aforo
01	29/10/2020	M(a)-01 y M(e)-01	A-01
02	18/12/2020	M(a)-02 y M(e)-02	A-02
03	18/02/2021	M(a)-03 y M(e)-03	A-03
04	28/04/2021	M(a)-04 y M(e)-04	A-04
05	28/06/2021	M(a)-05 y M(e)-05	A-05
06	19/08/2021	M(a)-06 y M(e)-06	A-06

Las muestras extraídas, tanto del afluente como del efluente en cada fecha, fueron trasladadas en un cooler hermético, al laboratorio control de calidad de SEDACAJ, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en donde se realizaron los análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos: sólidos suspendidos totales (SST), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), coliformes termotolerantes, aceites y grasas.

FASE 5. Eficiencia de tratamiento de aguas residuales: Con los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio se determinó el grado de remoción de contaminantes, comparando los valores de los afluentes y los efluentes, a fin de conocer el grado de eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, para verificar que la PTAR cumpla su propósito de reducir las cargas contaminantes del agua residual, se compararon los resultados de los parámetros evaluados del efluente con respecto a los límites máximos permisibles especificados en el decreto supremo N°003-2010-MINAM, y con los estándares de calidad ambiental especificado en el decreto supremo N°004-2017-MINAM. Considerando que el agua en donde se descarga el efluente, es usada para riego de cultivos, se hizo el comparativo con la categoría 3. (Ver tabla 7)

Tabla 7.

Límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas	ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		
			D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
			Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Aceites y grasas	mg/L	20	5		10
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000	1,000	2000	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100	15		15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	40		40
pH	unidad	6.5-8.5	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	-		-

Nota: Datos tomados de los decretos Supremos N°003-2010 MINAM y N°004-2017-MINAM

FASE 6. Análisis de la influencia: Haciendo uso de métodos estadísticos de correlación de dos variables, se analizó la correlación entre la variación estacional y las variables que determinan la eficiencia de la PTAR, para ello se realizó la prueba de normalidad y prueba de hipótesis para correlación.

4.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método inductivo y como métodos particulares el método descriptivo, el cual se aplicará en todas las etapas de esta investigación.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

- Población: Aguas residuales de la ciudad de Cajabamba.
- Muestra: 6 muestras de afluente y 6 muestras de efluente que determinen las condiciones de las aguas residuales en diferentes épocas del año.
- Unidad de análisis: PTAR 1.
- Unidades de observación: Características del agua residual, variación estacional.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

a. Recopilación bibliográfica de la información

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, proporcionó información meteorológica de la CO Cajabamba del periodo de estudio. Así mismo, se obtuvieron las normales climáticas estándares y medias 1991-2020, de la página web del servicio.

El Gobierno Regional de Cajamarca, a través de PROREGION, proporcionó información como la memoria descriptiva y planos de la planta de tratamiento de aguas residuales, que forman parte del proyecto: “Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado e Instalación de PTAR de la Ciudad de Cajabamba”

b. Observación

Esta técnica consiste en la observación a través de visitas guiadas por parte de responsable de la planta, Ing. Tito Diaz Ramírez, con la finalidad de identificar las condiciones de la PTAR 1.

c. Muestreo y aforos

Las muestras de afluente y el efluente fueron recolectadas a fin de analizar parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de acuerdo a los requisitos para la

toma de muestra de agua residual, especificado en el anexo III del “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” establecido por la oficina de Medio Ambiente (OMA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Las muestras fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados y los frascos fueron rotulados antes de la toma de muestras. Así mismo, se registraron los datos de campo y las cadenas de custodia. (Ver apéndices D y E)

Tabla 8.

Requisitos para toma y preservación de muestras de agua residual

Determinación /Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
pH		50 mL	No es posible	15 min
DBO5	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P, V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H2SO4 hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P, V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Nota: Tomado del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

Para calcular el caudal de entrada a la planta, se utilizó el método de sección-velocidad ya que se realizó en el canal medidor de caudal. El caudal de salida se estimó mediante el método volumétrico, en época de estiaje, puesto que se tuvieron condiciones de corriente en caída libre desde la tubería de descarga y además de ser caudales pequeños y de poca velocidad, mientras que, en época de avenida se utilizó el método de sección-velocidad. (Ver apéndice F)

Tabla 9.*Métodos de aforos*

Muestreo	Fecha	Afluyente	Efluente
1	29/10/2020	Sección-Velocidad	Volumétrico
2	18/12/2020	Sección-Velocidad	Sección-Velocidad
3	18/02/2021	Sección-Velocidad	Sección-Velocidad
4	28/04/2021	Sección-Velocidad	Volumétrico
5	28/06/2021	Sección-Velocidad	Sección-Velocidad
6	19/08/2021	Sección-Velocidad	Volumétrico

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

a. Revisión del Material Recolectado

En primer lugar, se clasificó y ordenó el material recolectado que permitió visualizar de manera explícita la problemática para posteriormente realizar la evaluación y sistematizar la información obtenida.

b. Análisis de muestras

Las muestras extraídas, tanto del afluyente como del efluente en cada fecha, fueron trasladadas en un cooler hermético, al laboratorio control de calidad de SEDACAJ, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en donde se realizaron los análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos utilizando los métodos de ensayo que se detallan en la tabla 10 y en el informe presentado por la EPS. (Ver apéndice G)

Tabla 10.*Métodos de ensayos*

Ensayo	Método
Sólidos Suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Solids. Total Suspended Solids Dried
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520B, 22nd Ed.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Numero de Coliformes Termotolerantes (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Fecal Coliform Procedure

c. Prueba de Normalidad

Las variables meteorológicas de temperatura máxima, temperatura media, precipitación y los valores normales de cada uno de estos parámetros; así como los valores de eficiencia de reducción de contaminantes en DBO, DQO, SST, aceites y grasas y coliformes termotolerantes, fueron sometidos a una prueba de normalidad, utilizando el IBM SPSS Statistics, de la siguiente manera:

- Elección de la prueba dependiendo de la cantidad de datos:

Tabla 11.

Pruebas de normalidad

Shapiro - Wilk	Kolmogorov - Smirnov
N<=50	n>50

- Plantear las hipótesis
Ho: Los datos tienen una distribución normal
Ha: Los datos no tienen una distribución normal
 - Nivel de significancia
Confianza: 95%
Significancia (alfa): 5%
 - Criterio de decisión
Si $p < 0,05$ rechazamos la Ho y acepto la Ha
Si $p \geq 0,05$ aceptamos la Ho y rechazamos la Ha.
 - Decisión y conclusión
Como $p = 0 < 0,05$ entonces rechazamos la Ho y acepto la Ha, es decir los datos no tienen una distribución normal, por lo tanto, aplicaremos estadística no paramétrica.
- ### d. Prueba de hipótesis para correlación

Para contrastar la hipótesis se utilizó métodos estadísticos de correlación de dos variables, utilizando el IBM SPSS Statistics, para ello se combinará cada uno de las variables meteorológicas con la eficiencia en la reducción de cada uno de los contaminantes analizados, siguiendo la siguiente metodología:

- Variables a correlacionar
Tmin – DBO, Tmin – DQO, Tmin – SST, Tmin – AyG,
Tmax – DBO, Tmax – DQO, Tmax – SST, Tmax – AyG,

Tprom – DBO, Tprom – DQO, Tprom – SST, Tprom – AyG,
 PP – DBO, PP – DQO, PP – SST, PP – AyG

- Definir el tipo de prueba a utilizar

Si los datos siguen una distribución normal, se utilizará prueba paramétrica.

Si los datos no siguen una distribución normal, se utilizará prueba no paramétrica.

Tabla 12.

Pruebas de hipótesis

Paramétrica	No paramétrica
Pearson	Coefficiente de correlación de rangos de Spearman

- Coefficiente de correlación

Para cada coeficiente obtenido se realizó el siguiente contraste de hipótesis:

Ho: $\rho = 0$ (No existe correlación)

Ha: $\rho \neq 0$ (Si existe correlación)

$p \geq 0.05$, acepto Ho, es decir no existe correlación

$p < 0.05$, acepto Ha, es decir existe correlación

El valor de correlación se comparó con la siguiente tabla para analizar el grado de correlación existente:

Tabla 13.

Coefficiente de correlación

R	relación	correlación
$r=0$	No existe	Nula
$0,00 < r \leq 0.20$	Muy poco intensa	Pequeña
$0,20 < r \leq 0.40$	Pequeña/apreciable	Baja
$0,40 < r \leq 0.60$	considerable	Moderada
$0,60 < r \leq 0.80$	Intensa	Alta
$0,80 < r \leq 1.00$	Muy intensa	Muy alta
$r=1$	Perfecta	Perfecta

4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.

Para el reconocimiento de terreno y la zona de estudio, se utilizó:

- 01 cámara fotográfica
- 01 GPS Garmin Etrex

En cada fecha programada para la extracción de las muestras de agua, se utilizó:

- 01 cooler de refrigeración para trasladar las muestras y mantenerlas a una temperatura de 4°C.
- 02 botella de polipropileno de 1000 mL.
- 01 botella de polipropileno de 100 mL.
- 01 botella de vidrio boca ancha de 1000 mL.
- 01 botella de vidrio esterilizada de 250 mL.
- 01 balde de 4 lt.
- No se utilizó preservante puesto que el tiempo de traslado fue de 2 horas

Para la realización de aforos.

- 01 cronómetro
- 01 balde de 20 lt.
- 01 wincha de 05 m.
- 01 varilla de acero.
- Flotadores de Tecnopor.

Para el procesamiento de la información se utilizó un equipo computador con los programas.

- Microsoft office
- AutoCAD 2020
- ArcGIS
- IBM SPSS Statistics.

4.8. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 14.

Matriz de consistencia metodológica

TITULO: "Influencia de la variación estacional en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba-Cajamarca"							
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuente	Metodología	Población y muestra
¿Cuál es la influencia de la variación estacional en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba?	<p>General</p> <p>Determinar la influencia de la variación estacional sobre el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba</p> <p>Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la representatividad de las temperaturas registradas en el año hidrológico 2020-2021 en la estación CO Cajabamba. • Determinar la representatividad de las precipitaciones registradas en el año hidrológico 2020-2021 en la estación CO Cajabamba. • Determinar la representatividad de los muestreos en función de la estacionalidad. • Caracterizar la PTAR 1 en relación a sus componentes y proceso de tratamiento de las aguas residuales. • Caracterizar las aguas del afluente y efluente de la PTAR 1 en cantidad y calidad. • Estimar la relación de la variación de las temperaturas mensuales en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 durante el año hidrológico 2020-2021. • Estimar la relación de la variación de la precipitación mensual en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 durante el año hidrológico 2020-2021. 	La variación estacional en la ciudad de Cajabamba influye altamente en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1.	Variación estacional Tratamiento de aguas residuales	-Precipitación mensual. -Temperatura media, mínima, máxima mensuales. Características fisicoquímicas y bacteriológicas del afluente y efluente.	- SENAMHI - Registro de estación meteorológica. -Aforos en la PTAR 1 -Toma de muestras de afluente y efluente de la PTAR1 - Ensayos de laboratorio	Tipo: Experimental Nivel: Relacional Metodología: Descriptivo	Población: Aguas residuales de la ciudad de Cajabamba Muestra: 06 muestras de afluente y 06 muestras de efluente

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Representatividad de las variables meteorológicas

a. Representatividad de las temperaturas mensuales registradas en el año hidrológico 2020-2021 en la estación CO Cajabamba.

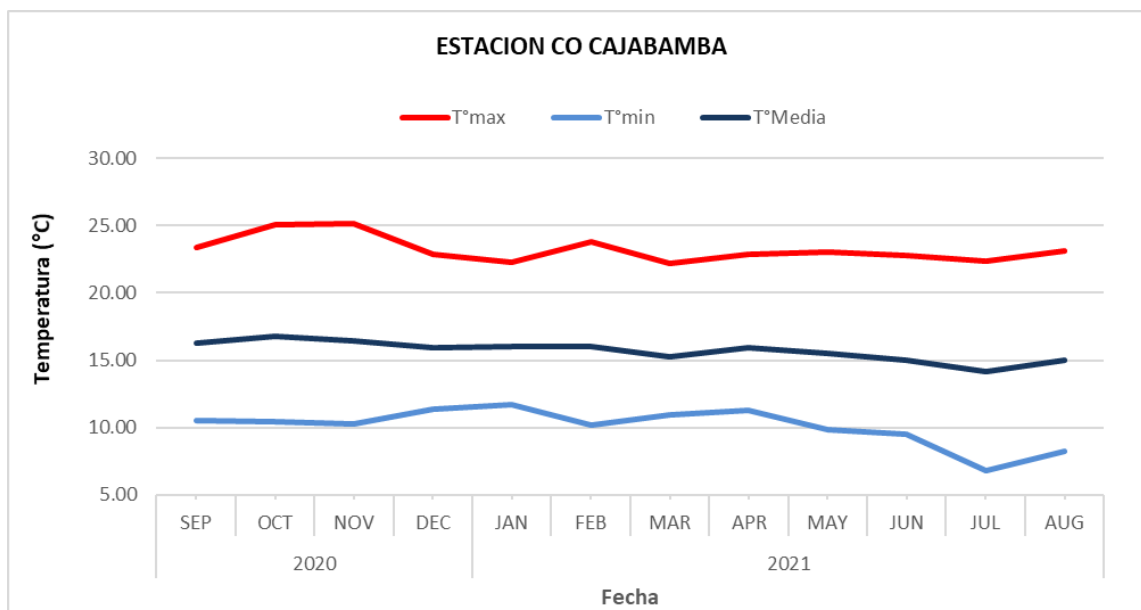
En la Tabla 15 y Figura 8, se presentan los valores de temperatura máxima, mínima, media y precipitación registrados en la CO Cajabamba, en el año hidrológico 2020-2021, así como las normales mensuales de dichas variables.

Tabla 14.
Temperaturas registradas en la CO Cajabamba

Mes	Año 2020-2021			Normal 1991-2020		
	T°max	T°min	T°media	Normal T°max	Normal T°min	Normal T°media
Sep-20	23.4	10.5	16.3	23.9	10.1	17.0
Oct-20	25.0	10.5	16.8	23.5	10.8	17.2
Nov-20	25.2	10.2	16.4	23.3	10.5	16.9
Dec-20	22.9	11.4	15.9	22.7	11.1	16.9
Jan-21	22.3	11.7	16.0	22.7	11.2	17.0
Feb-21	23.8	10.2	16.0	22.1	11.4	16.8
Mar-21	22.2	10.9	15.3	21.6	11.4	16.5
Apr-21	22.8	11.3	15.9	22.1	11.0	16.6
May-21	23.0	9.8	15.5	22.9	10.3	16.6
Jun-21	22.8	9.5	15.0	22.9	9.1	16.0
Jul-21	22.3	6.8	14.1	23.0	8.3	15.7
Aug-21	23.1	8.3	15.0	23.7	8.8	16.3

Figura 8.

Temperaturas registradas en la CO Cajabamba



En las siguientes figuras se presenta la normalidad de las variables meteorológicas, mostrando los valores registrados durante el periodo de estudio y el rango de variabilidad normal de cada parámetro.

Figura 9.

Normalidad de la temperatura máxima

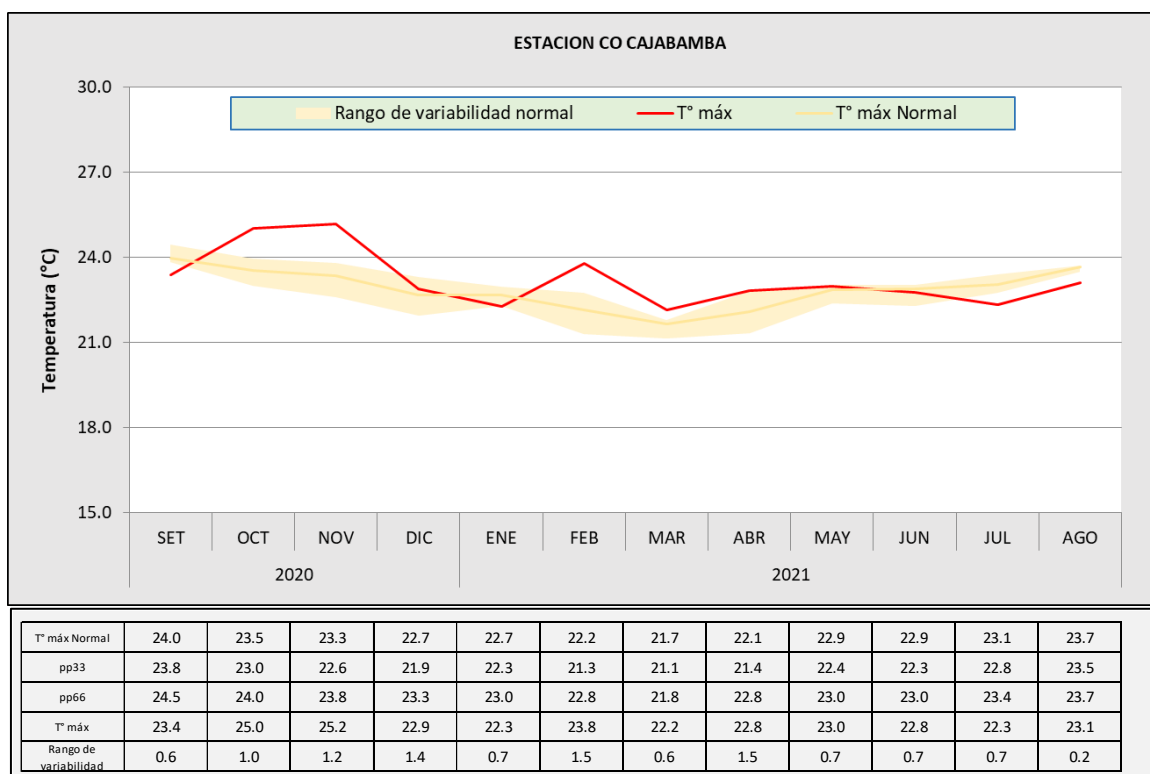


Figura 10.

Normalidad de la temperatura mínima

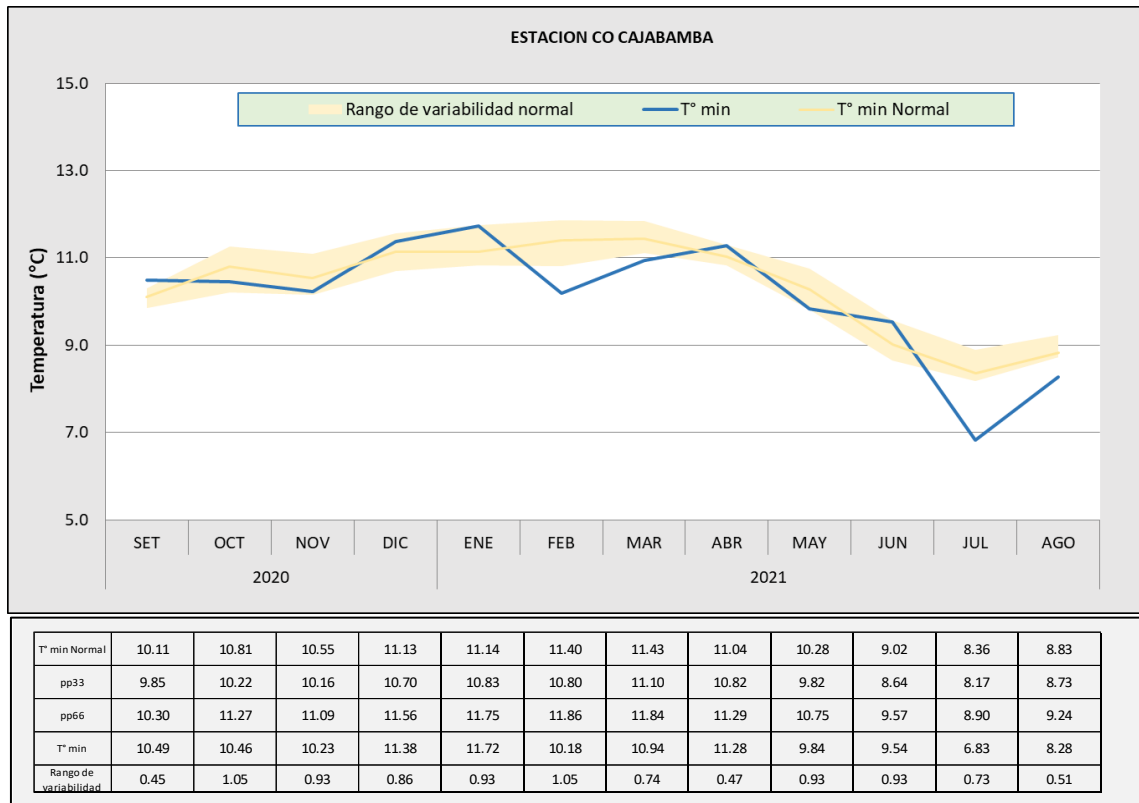
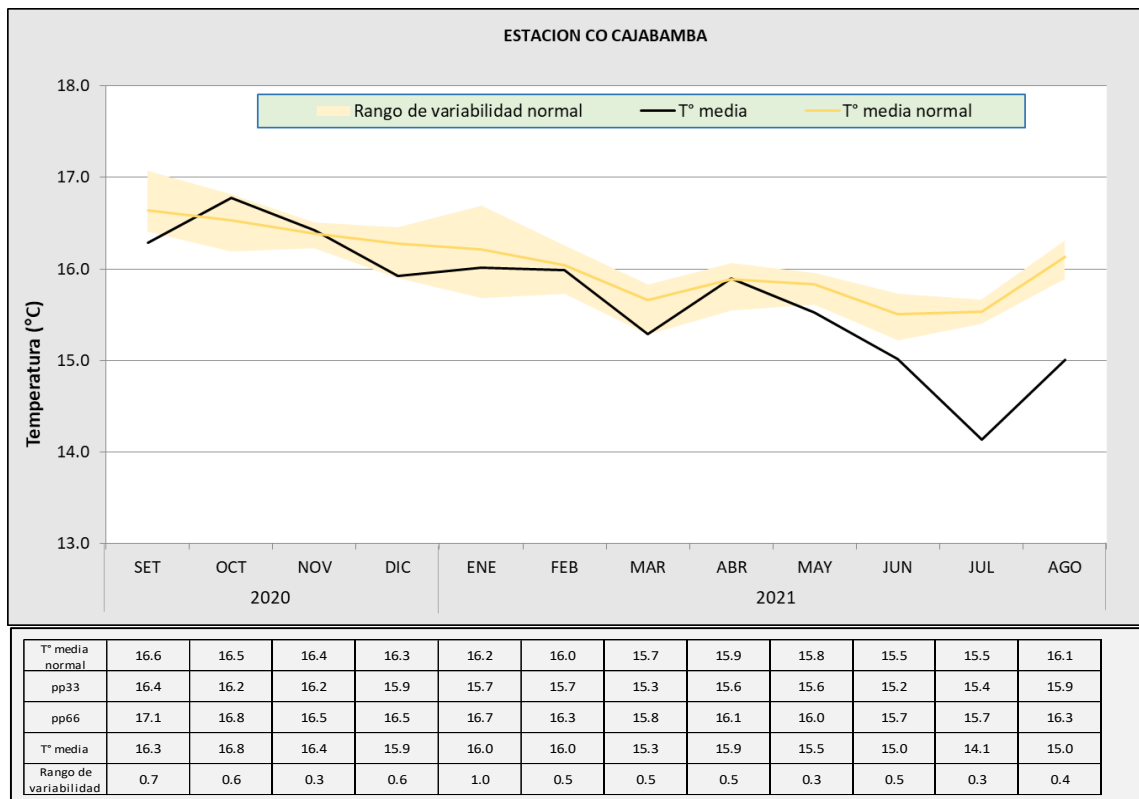


Figura 11.

Normalidad de la temperatura media



b. Representatividad de las precipitaciones mensuales registradas en el año hidrológico 2020-2021 en la estación CO Cajabamba.

En la Tabla 16 y Figura 12, se presentan los valores de precipitación mensual registrados en la CO Cajabamba, en el año hidrológico 2020-2021, así como las normales mensuales de dicha variable.

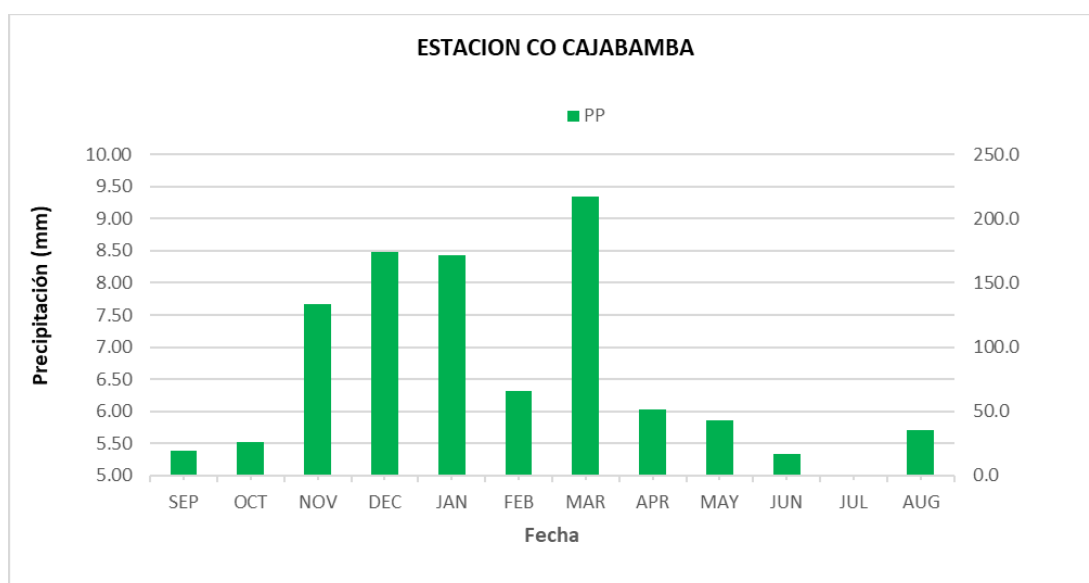
Tabla 15.

Precipitaciones registradas en la CO Cajabamba

Mes	Año 2020-2021	Normal 1991-2020
	PP	Normal PP
Sep-20	19.5	37.8
Oct-20	25.9	101.8
Nov-20	133.6	96.8
Dec-20	173.9	142.4
Jan-21	171.5	121.4
Feb-21	65.8	148.9
Mar-21	217.4	176.1
Apr-21	51.4	103.8
May-21	42.9	43.4
Jun-21	16.6	9.2
Jul-21	0.0	8.1
Aug-21	35.7	7.7

Figura 12.

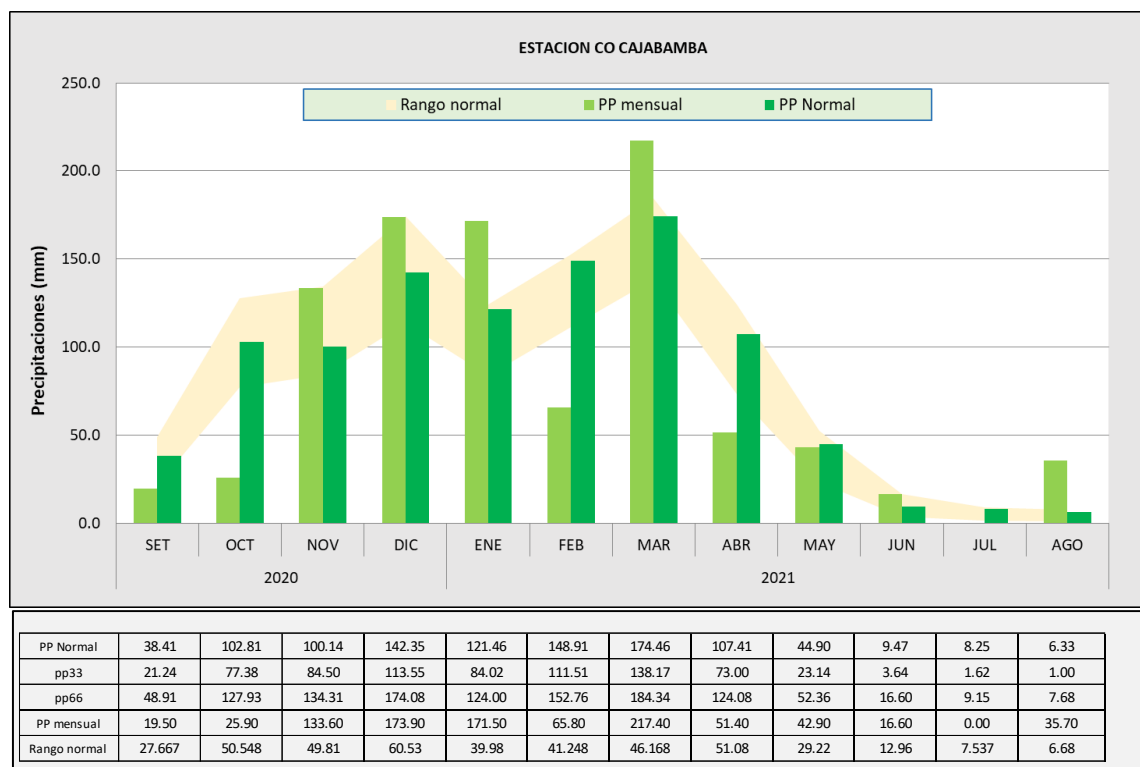
Precipitaciones registradas en la CO Cajabamba



En la siguiente figura, se presenta la normalidad de las variables meteorológicas, mostrando los valores registrados durante el periodo de estudio y el rango de variabilidad normal de cada parámetro.

Figura 13.

Normalidad de la precipitación



5.1.2. Estacionalidad de los muestreos

De acuerdo a la duración de las estaciones astronómicas en los años 2020 y 2021, se aprecia la estación a la que corresponde cada fecha de muestreo.

Tabla 16.

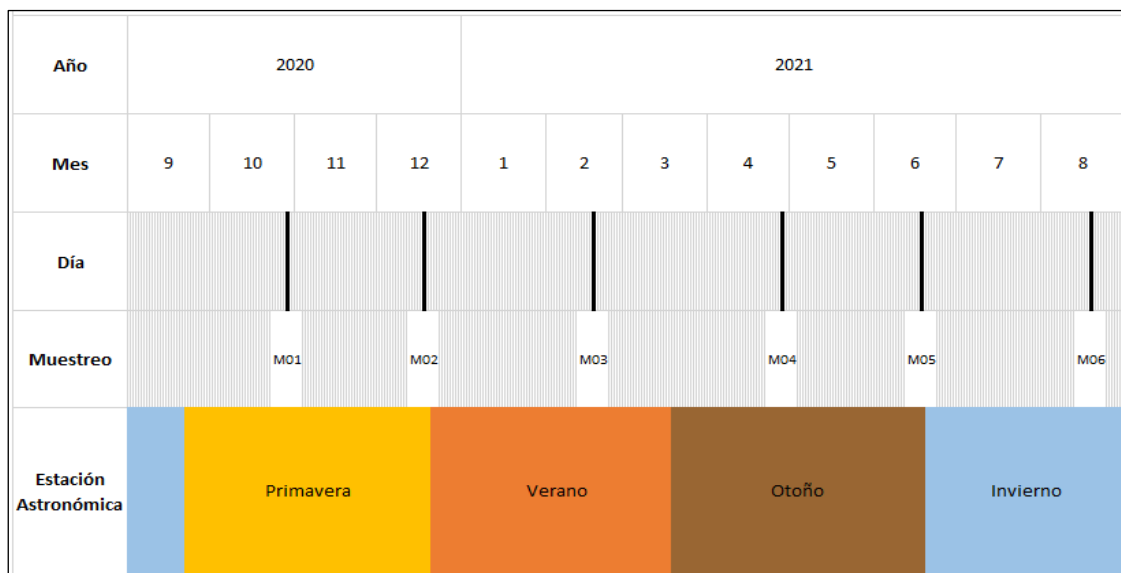
Estacionalidad de los muestreos

Muestreo	Fecha	Estación astronómica
01	29/10/2020	Primavera
02	18/12/2020	Primavera
03	18/02/2021	Verano
04	28/04/2021	Otoño
05	18/06/2021	Otoño
06	19/08/2021	Invierno

En la figura N°14 se aprecia la distribución de los muestreos durante el periodo de estudio, así como las fechas y estaciones astronómicas en que se realizaron.

Figura 14.

Distribución de los muestreos en el periodo de estudio



5.1.3. Caracterización de la PTAR 1 de Cajabamba

En la tabla 19, se describe el estado de las componentes de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba en función al proceso de tratamiento de las aguas residuales, así mismo en el panel fotográfico se detalla la situación actual de cada componente. (Ver Apéndice B)

Tabla 17.**Estado de las componentes de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba**

Componente de la PTAR	Oct-20	Dec-20	Feb-21	Apr-21	Jun-21	Aug-21
Cámara de rejas	Presencia de espumas y natas; afluente color rojizo.	Presencia de sólidos y material flotante de tamaño grande.	Presencia de sólidos de mediano tamaño.	Presencia de espumas y natas.	Sólidos y materiales grandes en la reja de cribado y en el canal sólidos medianos.	Presencia de natas y espumas.
Medidor de caudal	El 100% del afluente ingresa al sistema de tratamiento.	El 70% del afluente ingresa al sistema de tratamiento y 30% al canal de rebose, aproximadamente.	El 90% del afluente ingresa al sistema de tratamiento y 10% al canal de rebose, aproximadamente.	El 100% del afluente ingresa al sistema de tratamiento.	El 100% del afluente ingresa al sistema de tratamiento.	El 78% del afluente ingresa al sistema de tratamiento y 22% al canal de rebose, aproximadamente.
Tanques Imhoff	Presencia de natas y espumas en menor cantidad.	El agua presenta una coloración marrón oscuro, una capa de material flotantes de color negro y mal olor.	El agua presenta una coloración marrón oscuro, una capa de material flotantes de color negro y mal olor.	El agua presentó color marrón oscuro y material flotante.	Presencia de material flotante.	Presencia de material flotante.
Filtros percoladores	Mantenimiento programado de los filtros percoladores.	Los molinetes girando adecuadamente, pero se observa bastante humedad en el filtro.	Los molinetes girando adecuadamente y los filtros funcionando adecuadamente	Molinetes paralizados por falta de energía eléctrica.	Los molinetes girando adecuadamente y los filtros funcionando adecuadamente	Los molinetes girando adecuadamente y bastante humedad en los filtros
Tanques Dortmund	Sedimentos en poca cantidad y agua color marrón oscuro.	El agua presenta una coloración oscura.	Agua de color marrón oscuro, presencia de burbujas y algas en el perímetro interno.	El agua presenta una coloración marrón oscuro.	El agua presenta una coloración marrón claro.	Presentan una coloración gris.
Tanque de desinfección	En la cámara de cloración se colocó cloro líquido al agua.	En la cámara de cloración se colocó cloro líquido al agua.	En la cámara de cloración se colocó cloro líquido al agua.	No operativo por falta de energía eléctrica.	En la cámara de cloración se colocó cloro líquido al agua.	En la cámara de cloración se colocó cloro líquido al agua.
Lechos de Secado	3 lechos con lodos frescos recién vertidos y 3 lechos con lodo digerido y listo para ser extraído	11 sacos de abono orgánico y 2 lechos con lodo digerido listo para extraer	3 pozas con lodo en proceso de tratamiento y 3 pozas sin material.	2 lechos vacíos, 2 lechos con lodo vertido, 2 lechos con lodo digerido listo para ser extraído	11 bolsas grandes y en proceso de recoger aproximadamente 10 más.	2 lechos vacíos y 4 lechos con lodo digerido listo para ser extraído como abono.

5.1.4. Caracterización de afluente y efluente de la PTAR1 de Cajabamba

a. Caudales del afluente y efluente

En la Tabla 18 y Figura 15 se presentan los caudales del afluente y efluente de la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba de acuerdo a los aforos realizados.

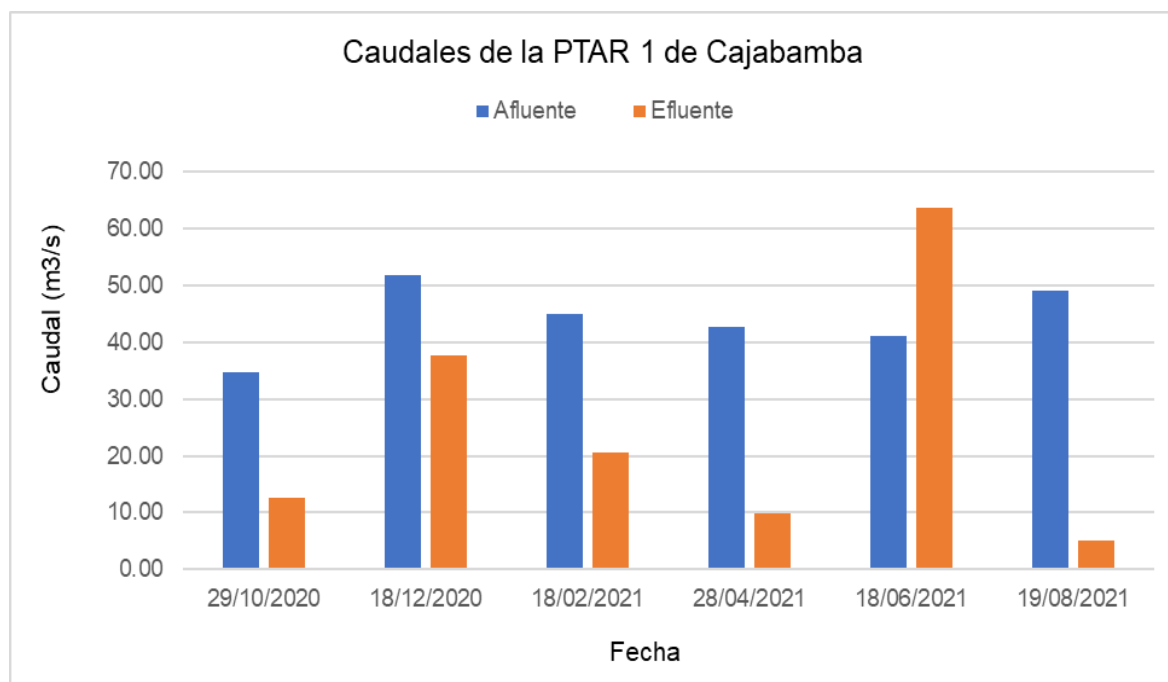
Tabla 18.

Caudales del afluente y el efluente de la PTAR1

Fecha	Caudales (l/s)			Efluente
	Afluente		Total	
	Tratado	Excedente		
29/10/2020	34.78	-	34.78	12.68
18/12/2020	36.26	15.55	51.82	37.72
18/02/2021	40.15	4.69	44.85	20.64
28/04/2021	42.59	-	42.59	9.85
18/06/2021	41.00	-	41.00	63.64
19/08/2021	38.24	10.71	48.96	5.07

Figura 15.

Caudales del afluente y el efluente de la PTAR1



b. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua

A continuación, se presentan los parámetros fisicoquímicos y bacteriológico del afluente y el efluente, así como los porcentajes de reducción de dichos contaminantes.

Tabla 19.

Valores de Demanda Biológica de Oxígeno en agua residual y porcentaje de reducción

Fecha	DBO (mg/L)			
	Afluente	Efluente	Reducción	%Reducción
20-Oct	268	81	187	70%
20-Dec	281	94	187	67%
21-Feb	149	31	118	79%
21-Apr	189	62	127	67%
21-Jun	158	41	117	74%
21-Aug	153.4	60.1	93.3	61%

Tabla 20.

Valores de Demanda Química de Oxígeno en agua residual y porcentaje de reducción

Fecha	DQO (mg/L)			
	Afluente	Efluente	Reducción	%Reducción
20-Oct	542	146	396	73%
20-Dec	602	178	424	70%
21-Feb	277	42	235	85%
21-Apr	406	179	227	56%
21-Jun	372	78	294	79%
21-Aug	391.3	95.1	296.2	76%

Tabla 21.

Valores de Sólidos Suspendidos Totales en agua residual y porcentaje de reducción

Fecha	SST (mg/L)			
	Afluente	Efluente	Reducción	%Reducción
20-Oct	209	112	97	46%
20-Dec	251	69	182	73%
21-Feb	214	49	165	77%
21-Apr	249	68	181	73%
21-Jun	223	52	171	77%
21-Aug	159.3	86.2	73.1	46%

Tabla 22.*Valores de Aceites y Grasas en agua residual y porcentaje de reducción*

Fecha	Aceites y Grasas (mg/L)			
	Afluente	Efluente	Reducción	%Reducción
20-Oct	32	6	26	81%
20-Dec	34.2	14.5	19.7	58%
21-Feb	24.2	9.3	14.9	62%
21-Apr	28.1	11.2	16.9	60%
21-Jun	21.6	12.4	9.2	43%
21-Aug	26.3	13.6	12.7	48%

Tabla 23.*Valores de pH en agua residual y porcentaje de reducción*

Fecha	pH			
	Afluente	Efluente	Reducción	%Reducción
20-Oct	7.19	7.35	-0.16	-2%
20-Dec	7.25	7.49	-0.24	-3%
21-Feb	7.32	7.69	-0.37	-5%
21-Apr	7.41	7.56	-0.15	-2%
21-Jun	7.44	7.65	-0.21	-3%
21-Aug	7.17	7.32	-0.15	-2%

Tabla 24.*Valores de Coliformes Termotolerantes en agua residual y porcentaje de reducción*

Fecha	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)			
	Afluente	Efluente	Reducción	%Reducción
20-Oct	4.60E+07	2.30E+04	4.60E+07	100%
20-Dec	4.60E+06	1.30E+06	4.59E+06	100%
21-Feb	7.90E+05	4.90E+02	7.90E+05	100%
21-Apr	7.00E+07	2.30E+06	6.77E+07	97%
21-Jun	4.60E+06	1.30E+06	3.30E+06	72%
21-Aug	4.60E+06	1.10E+04	4.59E+06	100%

A continuación, se presenta un comparativo entre los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del efluente con sus límites máximos permisibles y estándares de calidad estipulados según los decretos Supremos N° 003-2010 MINAM y N°004-2017-MINAM, respectivamente, a fin de verificar la calidad del agua tratada.

Tabla 25.

Demanda Biológica de Oxígeno en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3

Fecha	Efluente (E)	LMP	DBO (mg/L)				
			ECA Categoría 3		E<LMP	E< ECA Categoría 3	
			D1	D2		E<D1	E<D2
Oct-20	81	100	15	15	Si	No	No
Dec-20	94	100	15	15	Si	No	No
Feb-21	31	100	15	15	Si	No	No
Apr-21	62	100	15	15	Si	No	No
Jun-21	41	100	15	15	Si	No	No
Aug-21	60.1	100	15	15	Si	No	No

Tabla 26.

Demanda Química de Oxígeno en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3

Fecha	Efluente (E)	LMP	DQO (mg/L)				
			ECA Categoría 3		E<LMP	E< ECA Categoría 3	
			D1	D2		E<D1	E<D2
Oct-20	146	200	40	40	Si	No	No
Dec-20	178	200	40	40	Si	No	No
Feb-21	42	200	40	40	Si	No	No
Apr-21	179	200	40	40	Si	No	No
Jun-21	78	200	40	40	Si	No	No
Aug-21	95.1	200	40	40	Si	No	No

Tabla 27.

Sólidos Suspendidos Totales en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3

Fecha	Efluente (E)	LMP	SST (mg/L)				
			ECA Categoría 3		E<LMP	E< ECA Categoría 3	
			D1	D2		E<D1	E<D2
Oct-20	112	150	-	-	Si	-	-
Dec-20	69	150	-	-	Si	-	-
Feb-21	49	150	-	-	Si	-	-
Apr-21	68	150	-	-	Si	-	-
Jun-21	52	150	-	-	Si	-	-
Aug-21	86.2	150	-	-	Si	-	-

Tabla 28.*Aceites y Grasas en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3*

Fecha	Aceites y Grasas (mg/L)						
	Efluente (E)	LMP	ECA Categoría 3		E<LMP	E< ECA Categoría 3	
			D1	D2		E<D1	E<D2
Oct-20	6	20	5	10	Si	No	Si
Dec-20	14.5	20	5	10	Si	No	No
Feb-21	9.3	20	5	10	Si	No	Si
Apr-21	11.2	20	5	10	Si	No	No
Jun-21	12.4	20	5	10	Si	No	No
Aug-21	13.6	20	5	10	Si	No	No

Tabla 29.*pH en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3*

Fecha	Ph						
	Efluente (E)	LMP	ECA Categoría 3		E<LMP	E< ECA Categoría 3	
			D1	D2		E<D1	E<D2
Oct-20	7.35	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Si	Si	Si
Dec-20	7.49	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Si	Si	Si
Feb-21	7.69	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Si	Si	Si
Apr-21	7.56	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Si	Si	Si
Jun-21	7.65	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Si	Si	Si
Aug-21	7.32	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	Si	Si	Si

Tabla 30.*Coliformes Termotolerantes en efluente con respecto a los LMP y ECA categoría 3*

Fecha	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)								
	Efluente (E)	LMP	ECA Categoría 3			E<LMP	E< ECA Categoría 3		
			D1		D2		E<D1		E<D2
			Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Oct-20	2.3E+04	1.0E+04	1.0E+03	2.0E+03	1.0E+03	No	No	No	No
Dec-20	1.3E+04	1.0E+04	1.0E+03	2.0E+03	1.0E+03	No	No	No	No
Feb-21	4.9E+02	1.0E+04	1.0E+03	2.0E+03	1.0E+03	Si	Si	Si	Si
Apr-21	2.3E+06	1.0E+04	1.0E+03	2.0E+03	1.0E+03	No	No	No	No
Jun-21	1.3E+06	1.0E+04	1.0E+03	2.0E+03	1.0E+03	No	No	No	No
Aug-21	1.1E+04	1.0E+04	1.0E+03	2.0E+03	1.0E+03	No	No	No	No

En las siguientes figuras, se muestra la variación, durante el periodo de estudio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológico del afluente y el efluente de la PTAR 1 de Cajabamba, así como los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Figura 16.

Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente y efluente en la PTAR

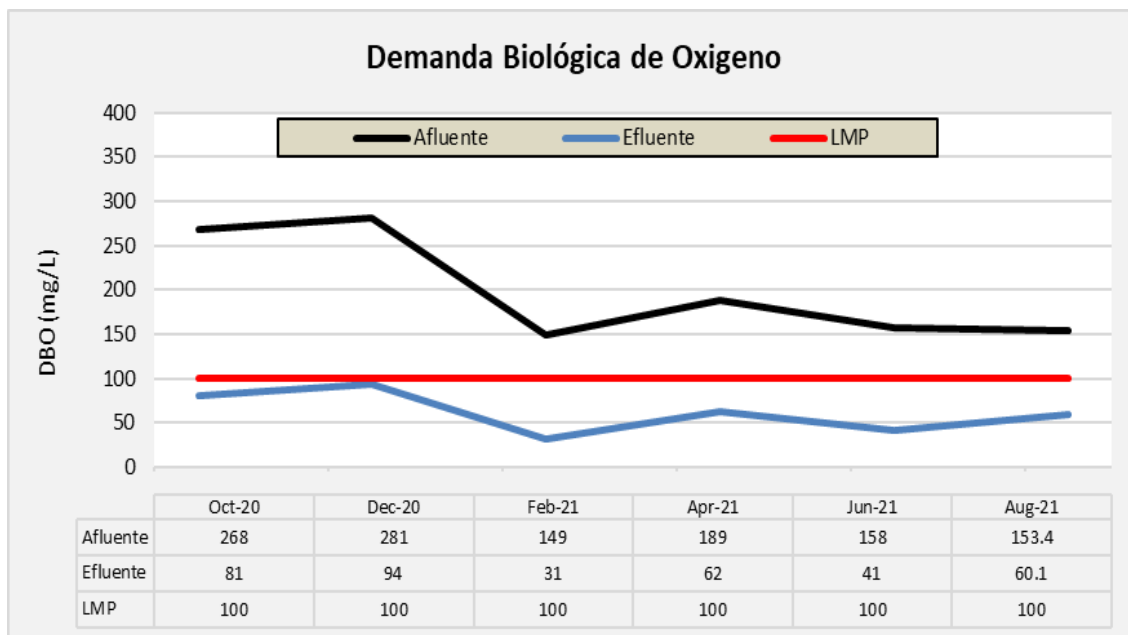


Figura 17.

Variación de la Demanda Química de Oxígeno del afluente y efluente en la PTAR

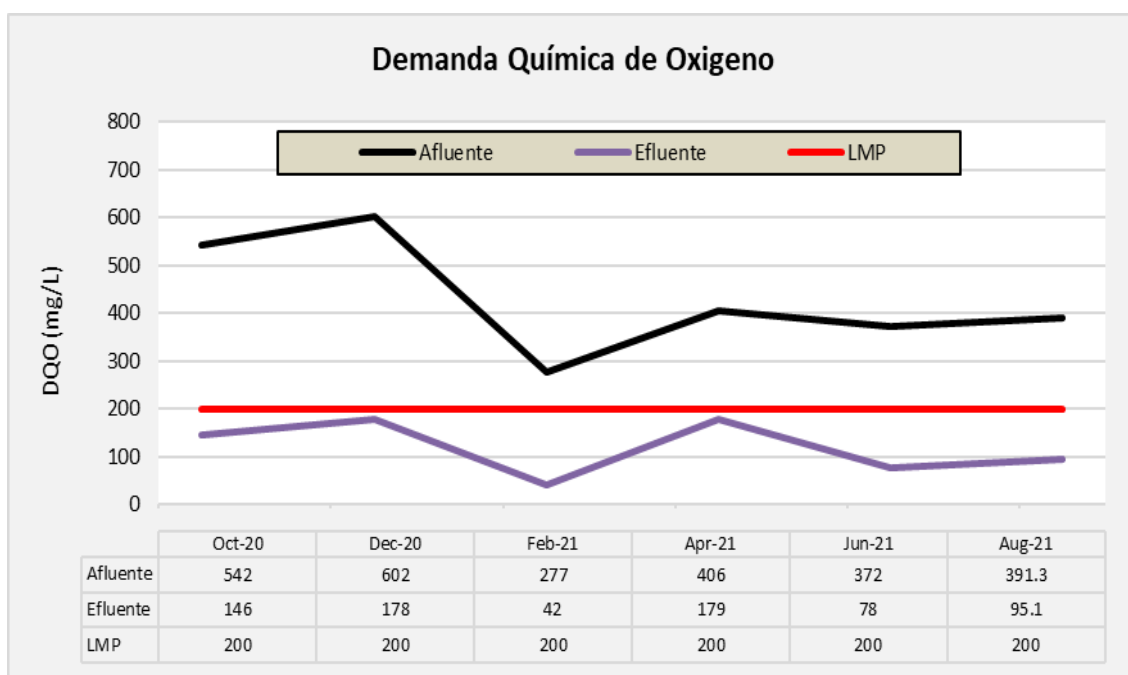


Figura 18.

Variación de los Solidos Suspendidos Totales del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba

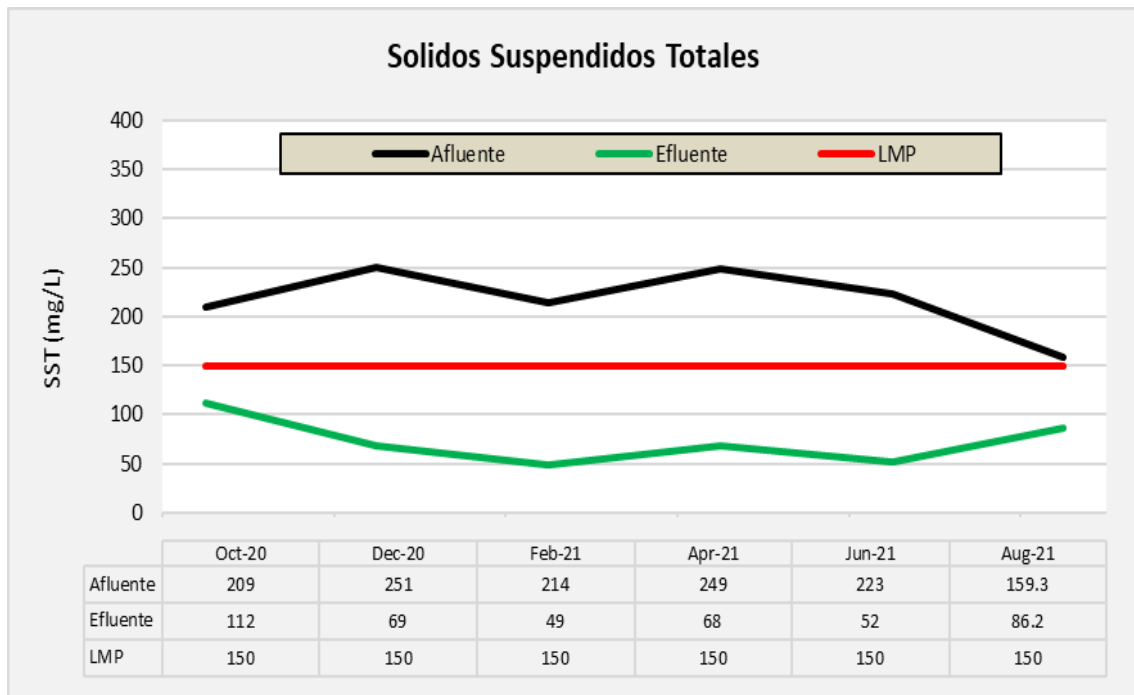


Figura 19.

Variación de los Aceites y Grasas del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba

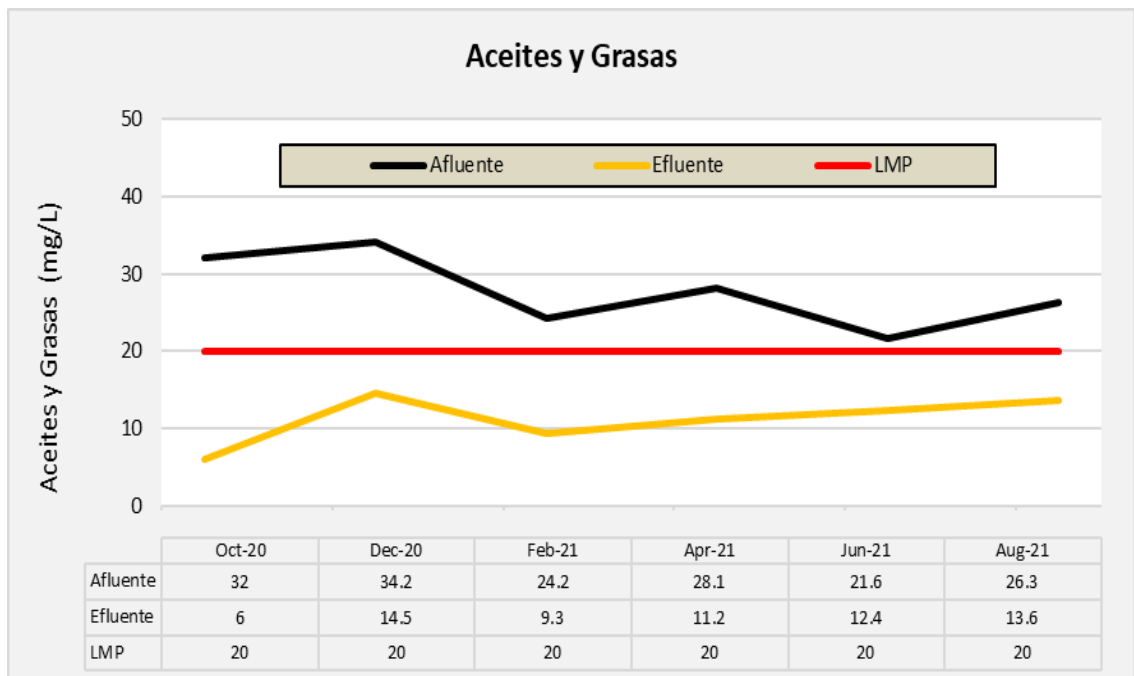


Figura 20.

Variación del pH del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba

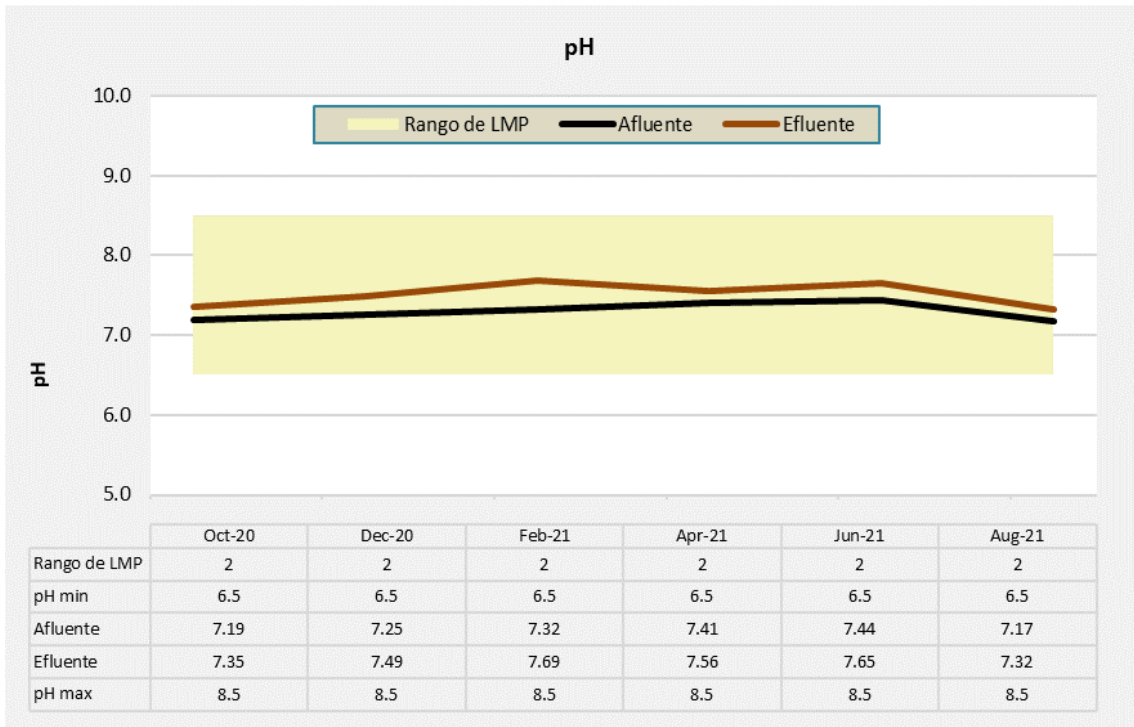
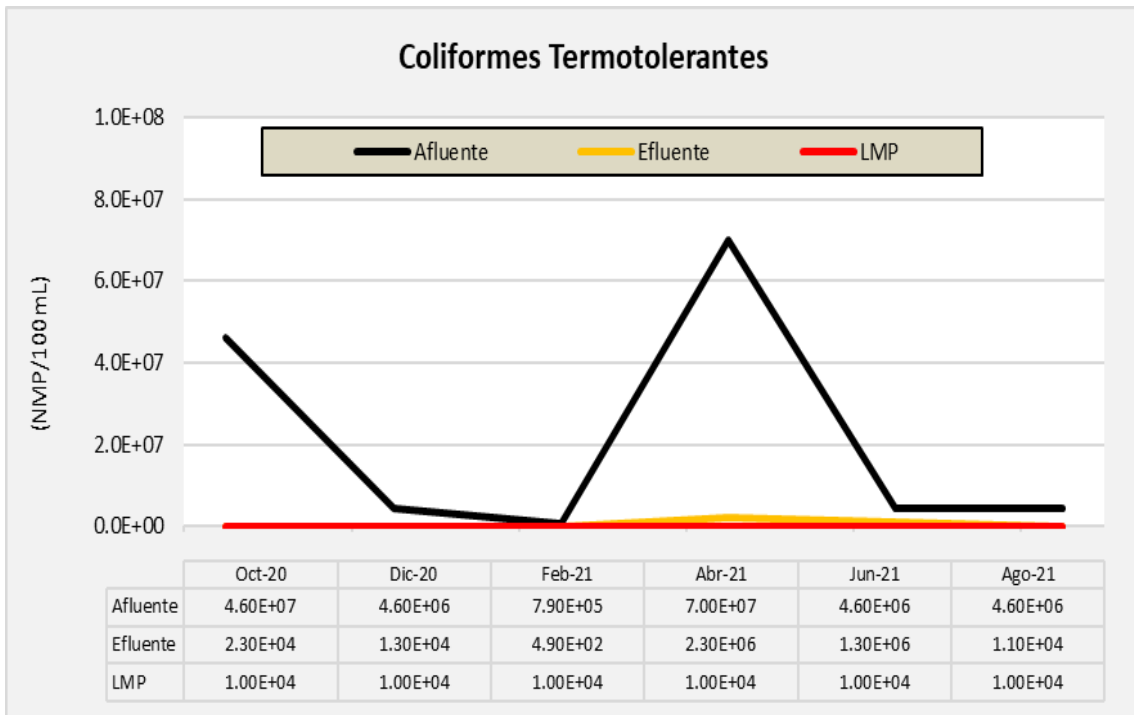


Figura 21.

Variación de los Coliformes Termotolerantes del afluente y efluente en la PTAR 1 de Cajabamba



5.1.5. Temperaturas de aire y del agua

A continuación, se muestran la temperatura del aire registrada en la CO Cajabamba a las 7 am. además de las temperaturas superficial y media del agua en la PTAR 1 de Cajabamba.

Tabla 31.

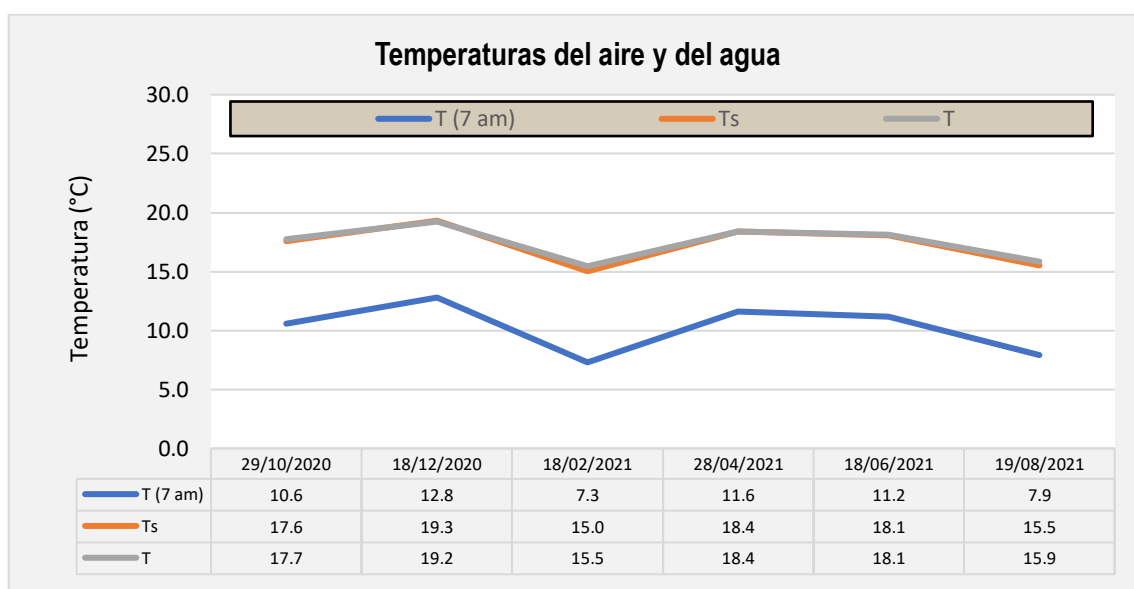
Temperatura del aire y temperatura del agua

Fecha	Temperatura aire		Tagua	
	T (7 am) (°C)	T _s (°C)	T (°C)	T (°C)
29/10/2020	10.6	17.6	17.7	17.7
18/12/2020	12.8	19.3	19.2	19.2
18/02/2021	7.3	15.0	15.5	15.5
28/04/2021	11.6	18.4	18.4	18.4
18/06/2021	11.2	18.1	18.1	18.1
19/08/2021	7.9	15.5	15.9	15.9

Nota: T (7 am): temperatura del aire a las 7am, T_s es la temperatura superficial del agua y T es la temperatura media del agua.

Figura 22.

Temperatura del aire y temperatura del agua



Nota: T (7 am): temperatura del aire a las 7am, T_s es la temperatura superficial del agua y T es la temperatura media del agua.

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Representatividad de las variables meteorológicas

a. De acuerdo a su ubicación en el espacio

En la Figura 2, se aprecia que tanto la zona donde se ubica la estación CO Cajabamba como la estación PTAR1 de Cajabamba, presentan un mismo microclima definido por B (o, i) B' según la Clasificación Climática de Warren Thornthwaite.

En la Figura 5, según el análisis mediante polígono de Thiessen en la cuenca Crisnejas, se observa que el área de influencia de la estación meteorológica en estudio abarca la planta de tratamiento.

Por lo tanto, espacialmente y de acuerdo a su ubicación, la estación CO Cajabamba es representativa de la zona de estudio ubicada la PTAR1 de Cajabamba.

b. De acuerdo a su climatología

Las temperaturas máximas del año hidrológico 2020-2021 registradas en la estación Cajabamba, varían entre 22.2°C a 25.2°C, existiendo una amplitud de 3.0°C. Así mismo, las temperaturas máximas registradas en diciembre de 2020 y enero, abril, mayo y junio de 2021, estuvieron dentro de su rango de variabilidad normal, mientras que los demás meses del año hidrológico en estudio variaron por encima y debajo de lo normal. Por lo tanto, con respecto a la temperatura máxima, climatológicamente son representativos los meses de diciembre, enero, abril, mayo y junio.

Las temperaturas mínimas del año hidrológico 2020-2021 registradas en la estación Cajabamba, varían entre 6.8°C a 11.7°C, existiendo una amplitud de 4.9°C. Así mismo, las temperaturas mínimas registradas entre octubre del 2020 y enero de 2021, así como de abril a junio de 2021, estuvieron dentro de su rango de variabilidad normal y por lo tanto, climatológicamente, son meses representativos de esta variable, mientras que los demás meses del año hidrológico en estudio variaron por encima y debajo de lo normal.

Las temperaturas medias del año hidrológico 2020-2021 registradas en la estación Cajabamba, varían entre 14.1°C a 16.8°C, existiendo una amplitud de 2.7°C. Así mismo, las temperaturas medias registradas desde octubre de 2020 hasta abril de 2021, estuvieron dentro de su rango de variabilidad normal, por lo que son climatológicamente, meses representativos en esta variable; mientras que, de mayo a agosto de 2021, las temperaturas fueron inferiores a lo normal, por lo que no son meses representativos en temperaturas medias.

Las precipitaciones acumuladas mensuales registradas en noviembre y diciembre de 2020, así como mayo y junio de 2021, estuvieron dentro de su rango de variabilidad normal, mientras que los demás meses de septiembre, octubre, febrero, abril y julio de año hidrológico 2020-2021, fueron inferiores a lo normal y, por el contrario, los meses enero, marzo y agosto se tuvieron precipitaciones por encima de lo normal. Por lo tanto, climatológicamente, los meses representativos de precipitación mensual son noviembre, diciembre, mayo y junio.

5.2.2. Representatividad de los muestreos respecto a la estacionalidad

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, la zona de estudio corresponde a un clima templado o mesotermal caracterizándose principalmente porque la temperatura normal del mes más frío de la estación CO Cajabamba es menor de 18°C y superior a -3°C y la del mes más cálido es superior a 10°C y las precipitaciones exceden a la evaporación. El invierno es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más bajas.

Según la clasificación Climática de Warren Thomthwaite, se corrobora que la zona de estudio corresponde a una zona B (o, i) B', pues corresponde a una zona lluviosa con deficiencias de humedad en otoño e invierno, además presenta un clima templado durante todo el año.

De ambas clasificaciones, se concluye que en las estaciones de otoño e invierno se tienen los menores acumulados de precipitación mientras que en primavera y verano son estaciones lluviosas. Analizando nuestro periodo de estudio, durante los meses de setiembre y octubre del 2020, se tuvieron lluvias deficitarias pues en estos meses se presentaron vientos alisios frente a la costa de Perú, como es normal de la temporada; En el mes de noviembre se observó divergencia apoyando la generación de precipitaciones en la región norte. En el mes de diciembre en niveles bajos de la tropósfera se presentó una intrusión de aire más cálido y húmedo proveniente de la zona ecuatorial; estas circulaciones mencionadas favorecieron un escenario para las precipitaciones a nivel nacional, además desde el mes de diciembre del 2020 hasta marzo del 2021 se configuró en la posición correcta la Alta de Bolivia, la cual es la circulación más favorable para la generación de precipitaciones, sin embargo, en febrero del 2021, se intensificaron los flujos del oeste, lo que favoreció la intrusión de aire seco en gran parte del territorio nacional, así mismo se posicionó una vaguada anómala en el Pacífico, relacionado con anomalías negativas de geopotencial, este patrón de circulación fue poco favorable para las precipitaciones.

De acuerdo a las clasificaciones climáticas descritas anteriormente se deduce que los meses más fríos se dan en las estaciones de otoño e invierno. Analizando los datos históricos de la CO Cajabamba, en cuanto a las temperaturas medias más bajas, estas se registran en invierno y en menor medida en otoño; mientras que las más altas se suelen registrar en primavera y verano. Los datos registrados por la estación en el periodo 2020-2021, muestran que las temperaturas medias más altas se dieron entre septiembre y marzo coincidiendo con las estaciones de primavera y verano, ya que el debilitamiento de vientos alisios y predominancia de vientos del norte suelen ser más cálidos influyó en la temperatura del aire. Por otro lado, las temperaturas más bajas se registraron entre marzo y agosto, en las estaciones de otoño e invierno se deben al ingreso y a la persistencia de vientos secos del oeste como se explica en el informe técnico “Análisis del periodo de lluvias 2020/2021 a nivel nacional” del SENAMHI.

Finalmente, el efecto de La Niña, influyó sobre los vientos que determinan las condiciones normales en la atmosfera, acentuando los cambios en las temperaturas y precipitaciones, a ello se atribuye que la mayoría de los valores registrados durante el periodo de estudio, no estuvieron dentro de su rango de variabilidad normal. Por lo tanto, según las fechas en que se realizaron los muestreos y detallados en la tabla 16, se deduce que:

- El primer muestreo, realizado en octubre durante la estación de primavera, son representativas las variables de temperatura mínima y temperatura media mensuales.
- El segundo muestreo realizado en el mes de diciembre durante la estación de diciembre, son representativas las variables de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media y precipitación mensuales.
- El tercer muestreo se realizó en la estación de verano, en el mes de febrero y es representativa la temperatura media mensual.
- El cuarto muestreo se realizó en el mes de abril durante la estación de otoño, siendo representativa la temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media mensuales.
- El quinto muestreo se realizó en el mes de junio durante la estación de otoño, siendo representativa la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación.
- El sexto muestreo se realizó en la estación de invierno en el mes de agosto, sin embargo, las variables registradas ese mes no fueron representativas.

5.2.3. Caracterización de las componentes de la PTAR1 de Cajabamba

Analizando la tabla 18 en donde se describen las componentes de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba, se deduce que:

Durante los meses de octubre, abril y junio, se trató el 100% del agua residual; mientras que en los meses de diciembre, febrero y agosto el agua de ingreso excedió la capacidad de tratamiento de la planta. El exceso en los meses de diciembre y febrero se atribuye a que en estos meses la precipitación registrada fue mayor y en consecuencia el aporte al sistema de alcantarillado aumenta; sin embargo, el exceso en el mes de agosto, se pudo haber debido a actividades antropogénicas específicas relacionadas al incremento de caudal.

En la cámara de rejillas, durante los meses de octubre, abril y agosto hubo mayor presencia de natas y espumas; en el mes de diciembre se apreció sólidos y material flotante de tamaño grande; mientras que, en los meses de febrero y junio se visualizó sólidos medianos en el canal de medición de caudal y sólidos grandes atrapado en la rejilla de cribado. En todos los meses el operador hizo limpieza de los residuos presentes en la estructura, permitiendo el eficiente funcionamiento de la misma y el cumplimiento de su objetivo en el pretratamiento del agua residual, sin embargo, la presencia de natas y espumas en los tanques Imhoff en el mes de octubre indican que en este mes la eficiencia en la cámara de rejillas fue menor, lo cual podría ser efecto de la alta carga de materia proveniente del camal, pues en dicho mes la coloración del afluente fue rojiza.

Los tanques Imhoff presentaron sólidos flotantes durante todos los meses de muestreo, los cuales fueron recogidos por el operador de la planta como parte del mantenimiento diario. En los meses de diciembre y febrero se aprecia una coloración negra de los sólidos flotantes y el mal olor, debido a la presencia de hidrógeno (H_2S), producto de la sobrecarga orgánica pues demasiada materia orgánica ingresando al tanque puede agotar el oxígeno disponible, lo que favorece la producción de este gas.

En los meses de diciembre y agosto existe alta humedad en los filtros percoladores indicando la saturación de los mismos, esto debido a que en dichos meses se registraron los caudales de ingreso más altos. La saturación produjo la baja eficiencia de los filtros, evidenciado con sólidos y coloración gris del agua en los tanques Dortmund. Por otro lado, en los meses de abril y octubre, los filtros percoladores estuvieron inoperativos lo cual causó impacto en el bajo porcentaje de reducción de DBO, DQO y SST.

Los tanques Dortmund presentaron color marrón oscuro en octubre, diciembre, junio y agosto; mientras que en el mes de febrero se apreciaron algas en las paredes internas de los tanques y una coloración marrón clara en el mes de junio, coincidiendo en estos meses con las menores concentraciones en carga en el efluente.

El tanque de desinfección estuvo operativo durante todos los meses en que se realizaron los muestreos, excepto en abril en que no se tuvo energía eléctrica para la operación y en consecuencia se tuvo la mayor cantidad de coliformes termotolerantes en el efluente.

El tratamiento de lodos depende de la programación del vertimiento por parte del operador, que evalúa los residuos sólidos recogidos en los tanques Imhoff y Dortmund. En todas las fechas de vista se observó los seis lechos de secado en buenas condiciones, algunos de ellos con material fresco, en proceso, tratado y otros preparados para el vertimiento de lodo, por lo tanto, no se puede determinar con exactitud en que meses se extrajo mayor cantidad de lodo tratado o abono.

5.2.4. Caracterización de las aguas del afluente y efluente de la PTAR 1

a. En función de la cantidad del agua residual

En la tabla 19 se muestra que en los meses de octubre, abril y junio se trató el total de agua residual, sin embargo, en los meses de diciembre, febrero y agosto se tuvieron excesos del 30%, 10% y 22% respectivamente, los cuales fueron derivados directamente al río Lalichuco a través del canal de rebose. Esto evidencia que la capacidad de tratamiento de la PTAR1, no excede los 43 l/s aproximadamente. Así mismo, durante estos meses en que se presentó exceso de flujo, las concentraciones de contaminación en el río son mayores, ya que no solo llega el agua tratada sino también el agua de exceso que se derivó directamente sin previo tratamiento.

Se aprecia también que en el mes de abril se tuvo la mayor cantidad de afluente tratado a pesar de que en diciembre se tuvo la mayor cantidad de afluente total. Esto se explica porque en el mes de diciembre se tuvieron muchos sólidos de tamaño grande en el canal de medición de caudal, lo cual contribuyó a la disminución de la velocidad del agua residual y por lo tanto al caudal de ingreso al sistema de tratamiento.

Así mismo se aprecia que todos los meses el caudal de salida es menor que el de ingreso a la PTAR1, a excepción del mes de junio en que el caudal del efluente superó al del afluente, esto se puede atribuir a que en el interior de la planta se realizó limpieza de las componentes para lo cual se utilizó agua potable, el cual es descargado por la misma salida que el agua residual tratada.

Por otro lado, se observa que los menores caudales del efluente se presentaron en los meses de agosto, abril y octubre, meses en los cuales se tuvo inconvenientes con el funcionamiento de los filtros percoladores, ya sea por saturación, paralización del molinete por falta de energía eléctrica y por mantenimiento programado.

b. En función de la calidad del agua residual

La Demanda Biológica de Oxígeno de las aguas residuales fueron en promedio 199.7 mg/L en el afluente y 61.5 mg/L en el efluente; los máximos valores se registraron en diciembre y los mínimos, en el mes de febrero. En diciembre, el alto contenido de DBO en el afluente se debe a la cantidad de agua de ingreso a la PTAR y en consecuencia el alto contenido de DBO en el efluente se atribuye a la baja eficiencia del filtro percolador debido a la saturación del mismo. De igual manera el menor porcentaje de reducción de DBO, fue en el mes de agosto, que coincide con la saturación del filtro debido al elevado caudal de ingreso a la planta. Por otro lado, los valores del efluente cumplen los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) pero no cumplen con los estándares de calidad ambiental, categoría 3.

La Demanda Química de Oxígeno de las aguas residuales fueron en promedio 431.7 mg/L en el afluente y 119.7 mg/L en el efluente; los máximos valores se registraron en diciembre para el afluente y en abril para el efluente, mientras que los mínimos dígitos se produjeron en el mes de febrero. Además, el menor porcentaje de reducción se dio en el mes de abril, esto se asocia con la inoperatividad de los filtros percoladores, en ese mes por falta de energía eléctrica. Por otro lado, los valores del efluente cumplen los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) pero no cumplen con los estándares de calidad ambiental, categoría 3.

Los Sólidos Suspendidos Totales de las aguas residuales fueron en promedio 217.6 mg/L en el afluente y 72.7 mg/L en el efluente; los máximos valores se registraron en diciembre para el afluente y en octubre para el efluente, mientras que los mínimos guarismos se produjeron en el mes de agosto para el afluente y en el mes de febrero para el efluente. Los porcentajes de reducción más bajos se dieron en los meses de octubre y agosto, lo cual se asocia con la paralización y la saturación de los filtros percoladores respectivamente. Además, los valores del efluente cumplen los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).

Los Aceites y Grasas de las aguas residuales fueron en promedio 27.7 mg/L en el afluente y 11.2 mg/L en el efluente; los máximos valores se registraron en diciembre, mientras que los mínimos se produjeron en el mes de junio para el afluente y en octubre para el efluente. Además, los valores del efluente cumplen los LMP establecidos para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) y además en los meses de octubre y febrero se consiguió que los efluentes cumplan los estándares de calidad ambiental, categoría 3, para bebida de animales, esto se atribuye a la eficiencia en los tanques Imhoff y Dortmund.

El pH de las aguas residuales fueron en promedio 7.3 en el afluente y 7.6 en el efluente; los máximos valores se registraron en junio para el afluente y en febrero para el efluente, mientras que los mínimos se produjeron en el mes de agosto. El porcentaje de mayor incremento de pH se dio en el mes de febrero y coincide con la presencia de algas en el vertedero perimetral de los tanques sedimentadores. Las aguas residuales sin tratar tenían un pH ligeramente superior al neutro, sin embargo, después del tratamiento el pH aumentó ligeramente a alcalino durante la estación seca y húmeda. Este aumento podría atribuirse a la introducción de iones hidroxilo en las aguas residuales en los filtros percoladores. Además, las algas en la periferia de la planta de tratamiento de aguas residuales y en los vertederos perimetrales de los tanques Dortmund podrían ser responsables de la introducción de iones hidroxilo en las aguas residuales, aumentando así el pH. Este argumento está respaldado por Mara y Pearson (1998). Por otro lado, los valores tanto del afluente como del efluente se encontraron dentro del rango de los LMP para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) y de los ECA, categoría 3.

Así mismo, el artículo de Blue-White respecto al “importante papel de los niveles de pH en el tratamiento del agua”, señala que el rango óptimo para que los procesos de tratamiento sean eficientes es de 6 a 8, rango en el que se mantuvo los afluentes y efluentes de la PTAR1 de Cajabamba.

Los Coliformes Termotolerantes de las aguas residuales fueron en promedio $2.00E+07$ NMP/100 mL en el afluente y $9.03E+05$ NMP/100 mL en el efluente; los máximos valores se registraron en abril, mientras que los mínimos se produjeron en el mes de febrero. El máximo valor en el efluente en el mes de abril se puede atribuir a que el tanque de cloración no estuvo operativo por falta de energía eléctrica. Por otro lado, los valores del efluente no cumplen los LMP establecidos para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) ni los ECA, categoría 3, a excepción del mes de febrero en que cumple ambos.

La temperatura superficial del agua residual en la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba varió entre 15.0 y 19.3°C, en el mes de febrero y diciembre, respectivamente; así mismo, la temperatura promedio del agua residual varió entre 15.5 y 19.2°C, también en los meses de febrero y diciembre. Por otro lado, en los meses de abril y junio, las temperaturas superficial y promedio del agua fueron iguales, mientras que, en los otros meses la diferencia entre ambas temperaturas fue de $\pm 0.1^\circ\text{C}$ y 0.4°C .

5.2.5. Relación de las variables meteorológicas con los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del afluente y efluente

Analizando los caudales de ingreso y las precipitaciones registradas en la estación de análisis se deduce que, el mes de diciembre presentó el máximo caudal en el afluente de la PTAR y el mismo mes la precipitación mensual registrada fue superior a su normal; el mes de febrero se tuvo un caudal de ingreso alto y a pesar de que el acumulado de lluvias en ese mes fue deficitario, se pueden haber tenido aportantes, aguas arriba de la ciudad; finalmente, en el mes de agosto se tuvo un caudal alto de ingreso, sin embargo, no se atribuye al factor precipitación puesto que aunque las lluvias superaron su normal, estas se presentaron después de las fechas de muestreo, por lo que el incremento en el afluente podría deberse a causas antropogénicas. En resumen, si bien es cierto la SUNASS (2022) en el informe “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales del ámbito de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento”, señala que el agua de lluvia provoca un aumento importante en el caudal y PNUMA Proyecto Titicaca, señala que los caudales afluentes son mayores en periodo húmedo y menores en periodo seco, en nuestro caso de estudio no se puede afirmar que existe una relación directa entre las lluvias y el caudal del afluente, puesto que existen otros factores antropogénicos que aportan significativa cantidad de agua residual hacia la PTAR de Cajabamba, en periodos secos.

De acuerdo a lo señalado por Trujillo Santacoloma (2004), al aumentar un solvente en una solución con soluto, ocurre el proceso de dilución, esto se evidenció en el mes de febrero, en que se tuvo un caudal de ingreso alto y los valores de DBO, DQO, SST e incluso coliformes termotolerantes del afluente fueron los más bajo. Sin embargo, en el mes de diciembre, en que también se tuvo un caudal de ingreso alto, se tuvieron las mayores concentraciones de DBO, DQO, SST y aceites y grasas, sugiriendo que además de la lluvia, podrían haberse tenido otras fuentes contaminantes o que, al haber sido las lluvias intensas, estas han arrastrado grandes cantidades de sedimentos y materiales particulados desde las calles y superficies urbanas. Entonces, en época de lluvias, no necesariamente las concentraciones de estos parámetros disminuyen.

Así mismo de acuerdo a lo indicado por el programa PNUMA (2011), al inicio de un periodo húmedo, las aguas pluviales relavan los colectores sanitarios, causando el incremento de la concentración de materia orgánica y efectivamente en el mes de octubre se presentaron los segundos mayores valores en DBO, DQO, aceites y grasas y coliformes termotolerantes.

Aplicando las ecuaciones de Burgers para el cálculo de las temperaturas superficial y promedio del agua, se comprueba que existe una relación directa entre la temperatura del aire y las del agua, tal como lo indica Montoya López y Pocasangre Collazos en su artículo científico "Comportamiento de la temperatura aire-agua en una laguna facultativa primaria".

Si bien es cierto, Ramírez Jiménez (2021) señala en su estudio "Sistema de medición y control de temperatura para un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales", que la temperatura es un factor crucial que influye significativamente en los procesos biológicos, en nuestro caso de estudio obtuvimos que en el mes de diciembre se presentaron los mayores valores de temperaturas superficial y promedio del agua residual, sin embargo, el porcentaje de reducción de parámetros fisicoquímicos no fueron los más altos, variando entre 58% a 73%, esto se podría deber a que aunque los tanques Imhoff trabajaron eficientemente, los filtros percoladores no, debido a la saturación de los mismos.

PNUMA (2011), señala que el aumento de temperatura hace que disminuya la viscosidad y Daniel Rodríguez en el canal UNED, afirma que el aceite se considera un fluido viscoso, por lo tanto el aumento de temperatura debería ayudar a la remoción de aceites y grasas, sin embargo el porcentaje de reducción cuando se tuvo la temperatura más alta (diciembre), fue menor que cuando se tuvo la temperatura más baja (febrero) y en general no se observa una relación directa entre la temperatura y el porcentaje de remoción de aceites y grasas del agua residual de la PTAR1 de Cajabamba.

La norma OS.090 (2015) señala que para aguas cuyas temperaturas varían entre 15 a 20°C, el tiempo de digestión de los lodos es de 40 a 55 días en los tanques Imhoff, así mismo los lodos resultantes pueden ser dispuestos en los lechos de secado. Aunque no se tiene cuantificados los vertimientos ni los registros en los que se realizaron, durante las visitas a la PTAR1 de Cajabamba, se observó los lechos con material en proceso de descomposición, vacíos o listos para extraer abono, lo que evidencia la eficiencia de la planta para tratar el lodo.

5.3. Contrastación de hipótesis

5.3.1. Prueba de normalidad

a. Prueba de normalidad de las variables estacionales

Se analizó la normalidad de los datos de temperaturas máxima, mínima, media y precipitación mensuales registrados en la estación CO Cajabamba durante los 12 meses del año hidrológico 2020-2021, así como las normales de estos parámetros, como se muestra en la Tabla 33. Del análisis estadístico se obtuvo que los 12 datos de cada variable meteorológica fueron válidos, tal como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 32.

Datos meteorológicos de entrada para el análisis de normalidad

Mes	Tmax	Tmin	TMedia	PP	Tmax normal	Tmin normal	Tmedia normal	PP normal
SEP	23.40	10.49	16.3	19.5	23.9	10.1	17.0	37.8
OCT	25.03	10.46	16.8	25.9	23.5	10.8	17.2	101.8
NOV	25.18	10.23	16.4	133.6	23.3	10.5	16.9	96.8
DIC	22.89	11.38	15.9	173.9	22.7	11.1	16.9	142.4
ENE	22.29	11.72	16.0	171.5	22.7	11.2	17.0	121.4
FEB	23.80	10.18	16.0	65.8	22.1	11.4	16.8	148.9
MAR	22.15	10.94	15.3	217.4	21.6	11.4	16.5	176.1
ABR	22.83	11.28	15.9	51.4	22.1	11	16.6	103.8
MAY	23.00	9.84	15.5	42.9	22.9	10.3	16.6	43.4
JUN	22.79	9.54	15.0	16.6	22.9	9.1	16.0	9.2
JUL	22.34	6.83	14.1	0.0	23.0	8.3	15.7	8.1
AGO	23.13	8.28	15.0	35.7	23.7	8.8	16.3	7.7

Tabla 33.

Resumen de procesamiento de casos de las variables meteorológicas

Variables	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tmax	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmin	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmedia	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
PP	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmaxnormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tminnormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmedianormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
PPnormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, indicó que las variables de temperatura máxima y de precipitación registradas en el período de estudio, no presentan una distribución normal, pues su significancia es menor al 5%, mientras que las temperaturas media y mínima si presentan una distribución normal, tal como se observa en la Tablas 35 y cuya estadística se obtuvo del apéndice H.

Tabla 34.

Pruebas de normalidad de las variables meteorológicas

Variables	Kolmogórov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tmax	,209	12	,154	,858	12	,047
Tmin	,190	12	,200*	,889	12	,115
Tmedia	,195	12	,200*	,957	12	,742
PP	,240	12	,054	,855	12	,043
Tmaxnormal	,154	12	,200*	,966	12	,864
Tminnormal	,170	12	,200*	,874	12	,073
Tmedianormal	,096	12	,200*	,961	12	,792
PPnormal	,190	12	,200*	,836	12	,024

Nota: *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

^a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de normalidad de los parámetros de calidad del afluente y el efluente

Se analizó la normalidad de los datos de DBO, DQO, SST, Aceites y grasas, coliformes termotolerantes correspondiente a los 6 meses en que se realizó los muestreos (octubre, diciembre, febrero, abril, junio, agosto) tanto para los afluentes como los efluentes, tal como se muestra en la Tabla 36. Del análisis estadístico se obtuvo que los 6 datos de cada parámetro de calidad fueron válidos. (Ver Tabla 37)

Tabla 35.

Datos de entrada de parámetros de calidad para el análisis de normalidad

Mes	DBO.a	DBO.e	DQO.a	DQO.e	SST.a	SST.e	AyG.a	AyG.e	Coliformes Termotolerantes.a	Coliformes Termotolerantes.e
OCT	268	81	542	146	209	112	32	6	4.60E+07	2.30E+04
DIC	281	94	602	178	251	69	34.2	14.5	4.60E+06	1.30E+04
FEB	149	31	277	42	214	49	24.2	9.3	7.90E+05	4.90E+02
ABR	189	62	406	179	249	68	28.1	11.2	7.00E+07	2.30E+06
JUN	158	41	372	78	223	52	21.6	12.4	4.60E+06	1.30E+06
AGO	153.4	60.1	391.3	95.1	159.3	86.2	26.3	13.6	4.60E+06	1.10E+04

Nota: .a = afluente;. e = efluente

Tabla 36.

Resumen de procesamiento de casos de los parámetros de calidad antes del tratamiento y después del tratamiento

Variables	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DBO.a	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DBO.e	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DQO.a	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DQO.e	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
SST.a	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
SST.e	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
AyG.a	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
AyG.e	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Coliformes Termotolerantes.a	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Coliformes Termotolerantes.e	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Nota: .a = afluente; .e = efluente

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, indica que los coliformes termotolerantes en las muestras de los afluentes, no presentan una distribución normal, pues su significancia es menor al 5%, mientras que los demás parámetros si presentan una distribución normal, tal como se observa en la tabla 38. (El detalle se presenta en el apéndice H)

Tabla 37.

Pruebas de normalidad de los parámetros de calidad

Variables	Kolmogórov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBOa	,258	6	,200*	,804	6	,064
DBOe	,159	6	,200*	,966	6	,863
DQOa	,252	6	,200*	,938	6	,643
DQOe	,182	6	,200*	,910	6	,439
SSTa	,233	6	,200*	,897	6	,357
SSTe	,229	6	,200*	,915	6	,472
AyGa	,149	6	,200*	,972	6	,907
AyGe	,171	6	,200*	,943	6	,682
Coliformes Termotolerantes.a	,389	6	,005	,743	6	,017
Coliformes Termotolerantes.e	,210	6	,200*	,850	6	,158

*Nota **. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

^a. Corrección de significación de Lilliefors

c. De los datos en el periodo de estudio

A continuación, se analizó la normalidad de las variables meteorológicas y el porcentaje de remoción de contaminantes, durante los meses de octubre, diciembre, febrero, abril, junio y agosto, tal como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 38.

Datos de entrada de variables meteorológicas y porcentajes de reducción de contaminantes para el análisis de normalidad

Meses	T°max	T°min	T°prom	PP	DBO	DQO	SST	AyG	Coliformes Termotolerantes
Oct-20	25.03	10.46	16.78	25.90	70%	73%	46%	81%	100%
Dec-20	22.89	11.38	15.92	173.90	67%	70%	73%	58%	100%
Feb-21	23.80	10.18	15.99	65.80	79%	85%	77%	62%	100%
Apr-21	22.83	11.28	15.90	51.40	67%	56%	73%	60%	97%
Jun-21	22.79	9.54	15.02	16.60	74%	79%	77%	43%	72%
Aug-21	23.13	8.28	15.01	35.70	61%	76%	46%	48%	100%

Del análisis estadístico se obtuvo que los 6 datos de cada variable meteorológica y los 6 datos correspondiente a los porcentajes de reducción de contaminantes fueron válidos, tal como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 39.

Resumen de procesamiento de casos

Variables	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tmax	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Tmin	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Tprom	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
PP	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DBO	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DQO	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
SST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
AyG	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
Coliformes Termotolerantes	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Nivel de significancia

Confianza : 95%
Significancia (alfa) : 5%

Prueba estadística a usar:

Debido a que la cantidad de muestra es menor a 50 se utilizó la prueba de Shapiro – Wilk

Criterio de decisión

Si $p < 0,05$ rechazamos la H_0 y acepto la H_a

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

Tabla 40.
Pruebas de normalidad

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Tmax	,782	6	,040
Tmin	,931	6	,588
Tprom	,889	6	,311
PP	,774	6	,034
DBO	,981	6	,956
DQO	,936	6	,627
SST	,737	6	,015
AyG	,935	6	,618
ColiformesTermotolerantes	,570	6	,000

Decisión y conclusión

Las variables de temperatura máxima, precipitación, solidos totales suspendidos y coliformes termotolerantes, registradas en el período de estudio, no presentan una distribución normal, por lo tanto, normalizamos esos datos, aplicando raíz cuadrada.

Tabla 41.
Comprobación de las variables normalizadas

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Tmin normalizada	,924	6	,533
Tmed normalizada	,888	6	,309
DBO normalizada	,983	6	,966
DQO normalizada	,919	6	,497
AyG normalizada	,952	6	,753

5.3.2. Prueba de correlación

a. **Prueba de hipótesis para correlación de las temperaturas mensuales con el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba**

Ho: No existe correlación entre las variables estacionales de las temperaturas y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales

Ha: Si existe correlación entre las variables estacionales de las temperaturas y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales

Nivel de significancia

α : 0.05

Prueba estadística

Correlación de Pearson

Criterio de decisión

Si $p < 0,05$, aceptamos la Ha y rechazamos la Ho

Si $p \geq 0,05$, rechazamos la Ha y aceptamos la Ho

Resultados y conclusiones

Tabla 42.

Resumen de correlación entre las temperaturas y reducción de contaminantes

Relación de variables	r	p	N
Tmax - DBO	0.24	0.64	6
Tmax - DQO	0.27	0.60	6
Tmax - SST	-0.55	0.26	6
Tmax - AyG	0,86	0.04	6
Tmax - C.Termotolerantes	0.40	0.44	6
Tmin - DBO	0.24	0.64	6
Tmin - DQO	-0.53	0.28	6
Tmin - SST	0.48	0.33	6
Tmin - AyG	0.50	0.31	6
Tmin - C.Termotolerantes	0.21	0.68	6
Tmed - DBO	0.54	0.27	6
Tmed - DQO	0.11	0.84	6
Tmed - SST	0.06	0.91	6
Tmed - AyG	0,85	0.03	6
Tmed - C.Termotolerantes	0.55	0.25	6

Como se aprecia en la Tabla 43, la significancia de la prueba de correlación entre las temperaturas máximas y medias con los aceites y grasas, fueron menores del 5% ($p < 0,05$), por lo tanto, existe relación significativa entre dichas variables. Sin embargo, la significancia obtenida en la prueba de correlación de las temperaturas mínimas y la reducción de contaminantes, fueron mayores del 5% ($p > 0.05$) indicando de no existe una relación significativa entre estas variables. Por otro lado, el nivel de correlación que existe entre las temperaturas máximas y media con los aceites y grasas, se midió usando la tabla 13, en donde señala que cuando $0,80 < r \leq 1.00$, la correlación es muy alta.

b. Prueba de hipótesis para correlación de la precipitación mensual con el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba

Ho: No existe correlación entre la variable estacional de precipitación mensual y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales

Ha: Si existe correlación entre la variable estacional de precipitación mensual y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales

Nivel de significancia

α : 0.05

Prueba estadística

Correlación de Pearson

Criterio de decisión

Si $p < 0,05$, aceptamos la Ha y rechazamos la Ho

Si $p \geq 0,05$, rechazamos la Ha y aceptamos la Ho

Resultados y conclusiones

Tabla 43.

Resumen de correlación entre las precipitaciones y reducción de contaminantes

Relación de variables	r	p	N
PP - DBO	-0.14	0.80	6
PP - DQO	-0.14	0.80	6
PP - SST	0.34	0.51	6
PP - AyG	0.05	0.92	6
PP - C.Termoderantes	0.39	0.44	6

Como se aprecia en la Tabla 44, la significancia de la prueba de correlación entre las precipitaciones y los porcentajes de reducción de contaminantes, fueron mayores al 5% ($p < 0,05$), por lo tanto, no existe relación significativa entre dichas variables.

5.3.3. Discusión de la contratación de hipótesis

Del análisis estadístico se concluyó que la variación estacional de las temperaturas máximas y las temperaturas medias influyen altamente sobre el tratamiento de los aceites y grasas de las aguas residuales de la PTAR1; sin embargo, no se demostró la influencia de la variación estacional de temperaturas mínimas y precipitaciones con la reducción de demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales y/o coliformes termotolerantes. Esto puede atribuirse a que las variables meteorológicas registradas durante el año hidrológico 2020-2021 no fueron completamente representativas de la estacionalidad como se describe en ítem 5.2.2. Además, que durante el tratamiento de las aguas residuales influyeron otros factores, que afectaron la eficiencia del funcionamiento de las componentes de la planta como se detalla en el ítem 5.1.3, por lo que los muestreos se realizaron en diferentes condiciones.

CONCLUSIONES

- Las temperaturas medias mensuales registradas en la CO Cajabamba durante las estaciones astronómicas de primavera, verano y parte del otoño del año hidrológico 2020-2021 fueron representativas de la climatología del área de estudio, mientras que las temperaturas mínimas fueron representativas en las estaciones de primavera y otoño y las temperaturas máximas fueron representativas del otoño y parte de la primavera. No se tuvo representatividad de estas variables meteorológicas en la estación de invierno.
- Las precipitaciones mensuales registradas en la CO Cajabamba durante el verano e invierno del año hidrológico 2020-2021, no fueron representativas de la climatología del área de estudio, solo se tuvo representatividad en parte de las estaciones primavera y otoño.
- Los muestreos obtenidos en primavera en el mes de diciembre se realizaron bajo condiciones estacionales representativas, mientras que el del mes de octubre fue bajo condiciones estacionales representativas de temperatura mínima y media. En verano el muestreo se realizó bajo condiciones estacionales representativas de temperatura media. En otoño, los muestreos se realizaron en condiciones estacionales representativas a excepción de la precipitación en el mes de abril. Finalmente, no se tiene representatividad de muestreos en invierno.
- La capacidad de tratamiento de la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba no excede los 43 l/s, aproximadamente. La cámara de rejas tiene un óptimo funcionamiento. Los tranques Imhoff presentaron una menor eficiencia entre primavera y verano. Los filtros percoladores presentaron inconvenientes en el funcionamiento en primavera, parte del otoño e invierno. Los tanques Dortmund presentaron mayor eficiencia en el verano y al cierre del otoño. Los tanques de desinfección funcionaron de manera correcta durante todo el año hidrológico excepto el primer muestreo de otoño. Los lechos de secado funcionaron correctamente y durante todo el año se extrajo lodo digerido. No se cuenta con una estructura adecuada para la medición del caudal de salida de la planta.

- Los afluentes presentaron mayor carga contaminante en diciembre, a excepción de los coliformes termotolerantes que fueron mayores en abril. Los efluentes cumplieron con los límites máximos permisibles de demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales y Ph, mientras que los límites para los coliformes termotolerantes solo se cumplió en febrero. Los parámetros que cumplieron los estándares de calidad ambiental de la categoría 3, fueron: el pH, en todos los meses; coliformes termotolerantes en febrero; aceites y grasas en octubre y febrero solo para bebida de animales. El tratamiento fue más eficiente en el mes de febrero.
- La variación de las temperaturas máximas y medias registradas en la CO Cajabamba durante el año hidrológico 2020-2021, presenta relación muy intensa con la reducción de aceites y grasas en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR1, con un coeficiente ρ de 0.86 y 0.85, respectivamente y con eficiencia de remoción que varía entre 43 a 81%. Por otro lado, la variación de la temperatura mínima no guarda relación con la reducción de contaminantes en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR1.
- La variación de las precipitaciones mensuales registradas en la CO Cajabamba durante el año hidrológico 2020-2021, no presentan relación con la reducción de contaminantes en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR1.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Analizar la influencia de la variación estacional tomando como referencia un año representativo de la climatología de la zona de estudio, durante todas sus estaciones.
- Mejorar el procedimiento para la remoción de coliformes termotolerantes en la PTAR1 de la ciudad de Cajamarca, puesto que los resultados del efluente muestran valores ligeramente superiores a los límites máximos permisibles y a los estándares de calidad, categoría 3, apta para riego de vegetales y bebida de animales.
- Elaborar una propuesta para la construcción de una estructura de medición del efluente de la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alianza por el Agua. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Ideasmares.
- Ambiental, O. d. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima: Cyclus Print Matt.
- Asociación Alemana de Saneamiento. (1998). Determinación del grado de eficiencia plantas de tratamiento de residuales -hoja técnica m 755-: Código de regulaciones con respecto. Alemania.
- Auccatinco Hirpahuanca, R. (2021). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento.
- Bateman, A. (2007). Hidrología básica y aplicada.
- Blue-White. (21 de Septiembre de 2023). Blue-White. Artículo: El importante papel de los niveles de pH en el tratamiento del agua: <https://es.blue-white.com/article/the-important-role-of-ph-levels-in-water-treatment/>
- Carrillo Espinoza, J. I. (2021). Variabilidad climática en relación a datos meteorológicos en la región de Cajamarca del 2005 al 2020: Análisis estadístico. Cajamarca.
- Carrión Carrera, G. (2008). Manual técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales. Lima.
- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua. (2003). Características Aguas Residuales. Salamanca.
- Chebor, J., Kiprop, E. K., & Mwamburi, L. A. (2017). Effect of Seasonal Variation on Performance of Conventional Wastewater Treatment System. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*, 7.
- Chisolm, R. (2015). Módulo de Capacitación. Clima y cambio climático en Ancash: Introducción a los conceptos y técnicas de análisis.
- De La Mora Orozco, C., Saucedo Terán, R. A., González Acuña, I. J., Gómez Rosales, S., & Flores López, H. E. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*.
- Díaz Ramírez, T. (29 de 09 de 2019). (V. L. Cortez Gálvez, Entrevistador)
- Díaz San Andrés , A. (Julio de 2019). Biogeografía. www.biogeografia.net
- La República. (12 de Enero de 2021). Distribuyen 500 toneladas de abono producidas por PTAR Cajabamba. Sociedad. <https://larepublica.pe/sociedad/2021/01/13/distribuyen-500-toneladas-de-abono-producidas-por-ptar-cajabamba-lrnd>

- Levin, R. L., & Rubin, D. S. (2004). Estadística para administración y economía. México: Pearson Education.
- Metcalf & Eddy. (2004). Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento y Reutilización. Madrid: Cuarta edición.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] . (2016). Norma OS.090 del RNE. Lima.
- Montero, J. F. (1981). Series de tiempo y medición de las variaciones estacionales y cíclicas. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Montoya López, A. S., & Pocasangre Collazos, A. E. (2018). Comportamiento de la temperatura aire-agua en una laguna facultativa primaria. Agua, Saneamiento & Ambiente, 14.
- Municipalidad Provincial de Cajabamba [MPC]. (2017). Caracterización Ambiental PTAR Cajabamba. Cajabamba.
- Municipalidad Provincial de Cajabamba. (2016). Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Cajabamba. Cajabamba.
- Nippon Jogesuido Sekkei [NJS] Sucursal del Perú. (2009). Mejoramiento y ampliación del sistema de alcantarillado e instalación de PTRAR de la ciudad de Cajabamba.
- Norma OS-090. (2015). Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Noyola, A., Morgan Sagastume, J. M., & Güereca, L. P. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. México.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2023). Manual del Sistema Mundial Integrado de Observación de la OMM.
- Pelmorex Corp. (2024). etiempo.es. etiempo.es:
<https://www.eltiempo.es/noticias/meteopedia/variables-meteorologicas>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2011). Estudio de caracterización de las aguas residuales afluentes al Sistema de Tratamiento de Puchukollo. Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Proyecto Titicaca.
- Quispe Alcántara, J. J. (2021). Eficiencia de remoción de parámetros bacteriológicos y parasitológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales y su impacto en el río Lalicucho – Cajabamba. Cajamarca.

- Ramírez Jiménez, D. F. (2021). Sistema de medición y control de temperatura para un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales. Investigación e Innovaciones en Ingeniería.
- Ramis Cirujeda, J. (2019). Aguas Residuales Urbanas. España: Elearing S.L.
- Rodríguez Pérez, D. (6 de Septiembre de 2014). Canal UNED. Canal UNED: <https://canal.uned.es>
- Romero Rojas, J. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño. Bogotá: Santafé de Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz Tavera, B. (2022). Análisis de calidad de las aguas residuales de la ciudad de Bahua, región Amazonas.
- Sánchez Rojas, A., & Vásquez Peralta, C. (2010). Mapa climático del departamento de Cajamarca. Cajamarca: Gobierno Regional de Cajamarca.
- Sela, G. (2021). Los fundamentos de tratamiento de aguas.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú . (14 de 01 de 2024). Plataforma Digital Unica del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/11000-fechas-de-las-estaciones-astronomicas-en-el-peru>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). Climas. Lima: RED ACTIVA SOLUCIONES GRAFICAS S.A.C.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). Reporte de condiciones secas y húmedas en el Perú durante el año hidrológico 2020-2021. Lima.
- Sette Ramalho, R. (2021). Tratamiento de Aguas Residuales. España - Barcelona: Editorial Revertê, S.A.
- Silva, I. (05 de Abril de 2023). Alura LATAM. <https://www.aluracursos.com/blog/tipos-de-estacionalidad>
- SINIA-MINAM. (2016). Tratamiento y reuso de aguas residuales. Lima.
- Soto, E. (2015). Influencia de la variación estacional de la calidad y cantidad de agua residual en la eficiencia de tratamient: caso de la planta de tratamiento de aguas residuales de Juan Díaz, Panamá, República de Panamá. Revista de Iniciación Científica.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (2022). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras. Lima: Cooperación Alemana para el Desarrollo y la Cooperación, Deutsche Gesellschaft für Internationale, PROAGUA II.
- Trujillo Santacoloma, F. J. (2004). Soluciones acuosas. Teoría y aplicaciones. Módulo de apoyo académico en Química. Medellín: Universidad de Medellín.
- Zúñiga López, I., & Crespo del Arco, E. (2021). Meteorología y climatología. Madrid.

LINKOGRAFIA

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú . (14 de 01 de 2024). *Plataforma Digital Unica del Estado Peruano*. Obtenido de <https://www.gob.pe/11000-fechas-de-las-estaciones-astronomicas-en-el-peru>

Silva, I. (05 de Abril de 2023). *Alura LATAM*. Obtenido de <https://www.aluracursos.com/blog/tipos-de-estacionalidad>

Rodríguez Pérez, D. (6 de Septiembre de 2014). *Canal UNED*. Canal UNED: <https://canal.uned.es>

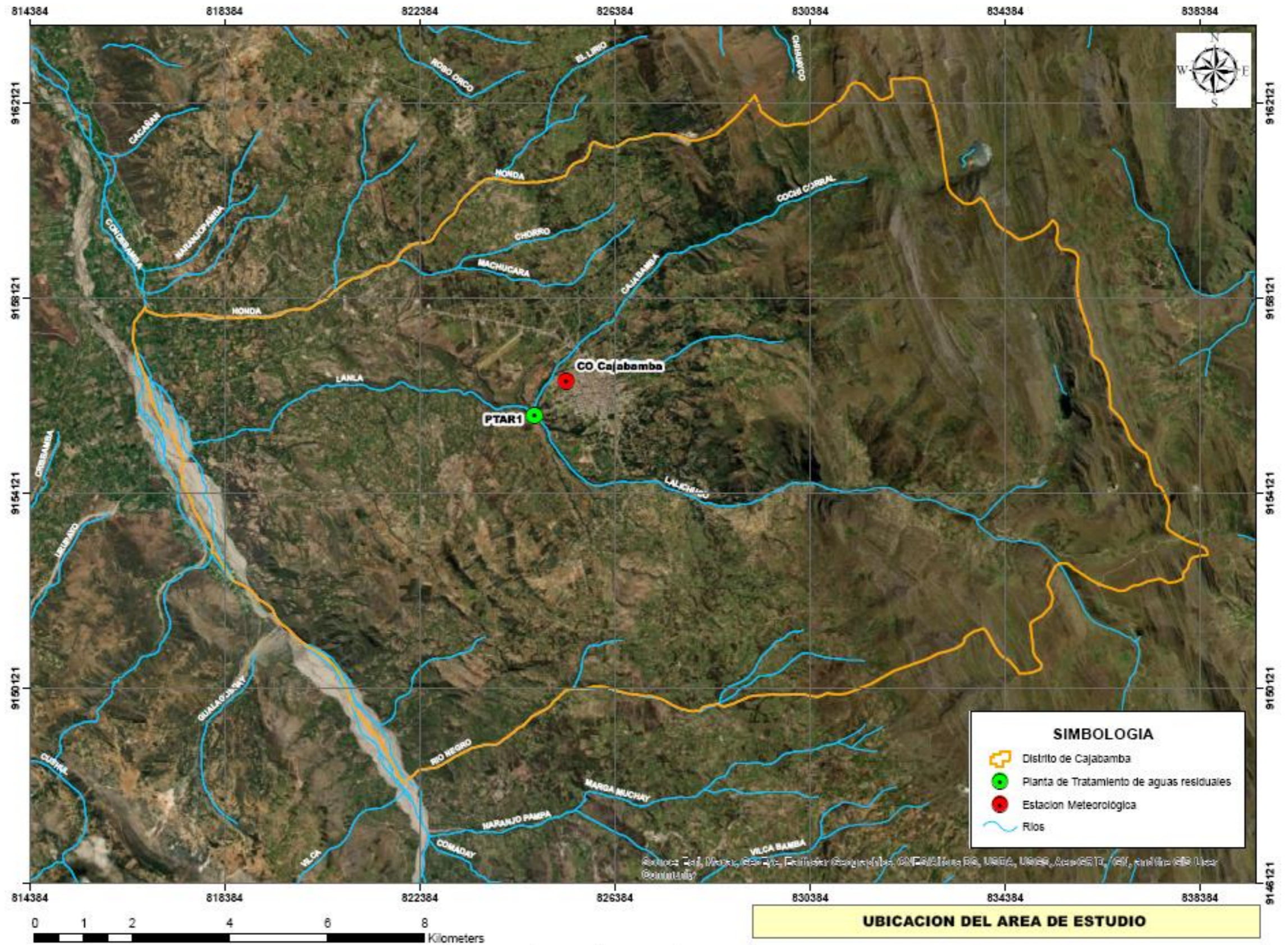
Blue-White. (21 de Septiembre de 2023). Artículo: El importante papel de los niveles de pH en el tratamiento del agua: <https://es.blue-white.com/article/the-important-role-of-ph-levels-in-water-treatment/>

La República. (12 de Enero de 2021). Distribuyen 500 toneladas de abono producidas por PTAR Cajabamba. *Sociedad*. <https://larepublica.pe/sociedad/2021/01/13/distribuyen-500-toneladas-de-abono-producidas-por-ptar-cajabamba-lrnd>

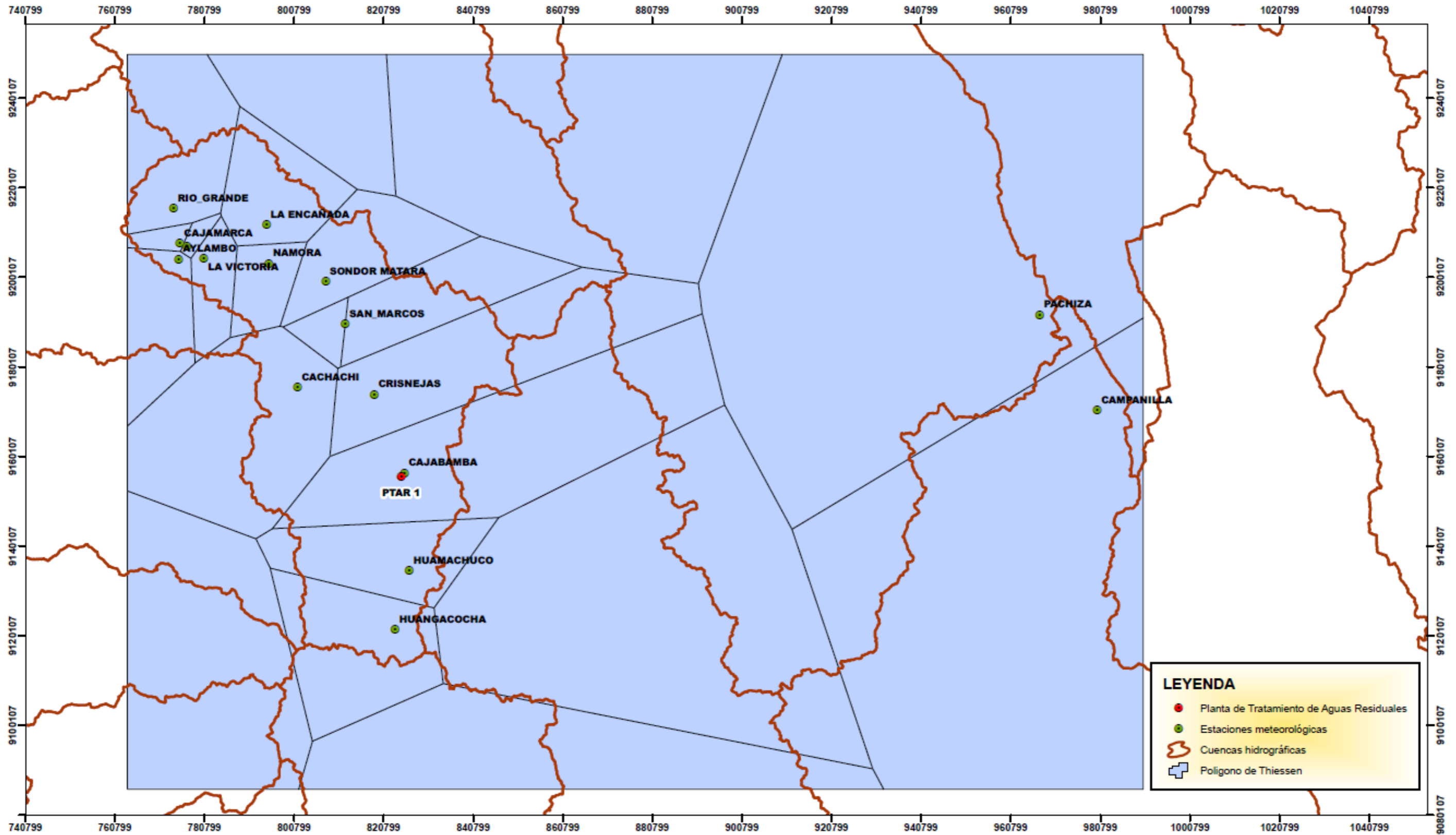
Díaz San Andrés , A. (Julio de 2019). *Biogeografía*. www.biogeografia.net

APENDICE A

MAPAS DE UBICACIÓN Y DE POLIGONO DE THIESSEN

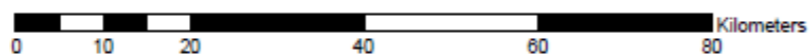


COORDENADAS UTM:						ESCALA:	REV. N°	DIB:	FECHA:	TESIS:		
						INDICADA	01	VLCG	SEPTIEMBRE DE 2024	"INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR 1 DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA"		
Punto	Nombre	Zona	Este	Norte	Altitud	TESISTA:						
1	PTAR 1	17 M	824728.22 m	9155686.78 m	2536 m.s.n.m	ING. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ						
2	Estación	17M	825377.14 m	9156420.43 m	2625 m.s.n.m	PROYECCION:		DATUM - ZONA:		U-01		
						UTM WGS 1984		17 SUR				



LEYENDA

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- Estaciones meteorológicas
- Cuenca hidrográficas
- Polígono de Thiessen



ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA



COORDENADAS UTM:

Punto	Nombre	Zona	Este	Norte	Altitud
1	PTAR 1	17 M	824728.22 m	9155696.78 m	2536 m.s.n.m
2	Estación	17M	825377.14 m	9156420.43 m	2625 m.s.n.m

ESCALA:	REV. N°	DIB:	FECHA:
INDICADA	01	VLCG	MAYO DE 2024

TESIS: "INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR 1 DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA"		
TESISTA: ING. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ		
PROYECCION: UTM WGS 1984	DATUM - ZONA: 17 SUR	U-02

APENDICE B

PANEL FOTOGRÁFICO

- Proceso de toma de las muestras

<p>Figura B1 <i>Toma de muestras del afluente</i></p> 	<p>Las muestras del afluente se tomaron directamente del canal de recolección en las coordenadas 824732.00 E, 9155724.00 N, con el apoyo de un ayudante.</p>
<p>Figura B2 <i>Muestras del afluente extraídas</i></p> 	<p>Se extrajeron 5 muestras para los ensayos de demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas, teniendo en cuenta los requisitos para la toma de muestra señalados en el protocolo indicado en la metodología.</p>
<p>Figura B3 <i>Llenado de cadenas de custodia y toma de datos de campo</i></p> 	<p>Mientras el asistente extraía las muestras, se fueron llenando las cadenas de custodia respectivas, datos de campo y la medida del parámetro in situ (Ph).</p>
<p>Figura B4 <i>Preservación de las muestras del afluente en un cooler</i></p> 	<p>Después de etiquetar las muestras, nos aseguramos de preservarlas en un recipiente hermético, en este caso un cooler.</p>

Figura B5

Selección de punto de monitoreo del efluente



Para la extracción de las muestras del efluente se seleccionó la tubería de descarga del agua tratada por la planta de tratamiento en las coordenadas 824714.00 E, 9155663.00 N.

Figura B6

Toma de muestra general



Debido a las condiciones del punto seleccionado para la toma de muestras del efluente, fue necesario extraer el agua en un balde de 20 litros previamente lavado y desinfectado.

Figura B7

Toma de muestras del efluente




Del balde de 20 litros se tomaron las 5 muestras para en análisis de demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y aceites y grasas, Al mismo tiempo se iban llenando las cadenas de custodia, datos de campo y el parámetro insitu. (pH)

Figura B8

Preservación de las muestras del efluente en un cooler



Las muestras del efluente fueron colocadas en el cooler, junto con las muestras del afluente, ambas respectivamente selladas y etiquetadas.

<p>Figura B9 <i>Traslado al laboratorio de control de calidad en la EPS SEDACAJ S.A.</i></p> 	<p>Tanto las muestras del afluente como del efluente fueron trasladadas al laboratorio de la EPS SEDACAJ S.A, y fueron recepcionadas por el Ing. Alfredo Chávez Álvares, para realizar los análisis respectivos.</p>
--	--

- **Primer muestreo – octubre 2020**

<p>Figura B10 <i>Visita a la PTAR 1 / 29.10.2020, 07:30 am.</i></p> 	<p>La visita a la PTAR 1 y extracción de las muestras se realizó en compañía del Ing. Tito Diaz Ramírez, responsable de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajabamba.</p>
<p>Figura B11 <i>Cámara de rejas y canal de medición de caudal de la PTAR1 / 29.10.2020, 07:45 am.</i></p> 	<p>Ingreso de espumas y natas a la cámara de rejas y canal de medición de caudal de la PTAR 1.</p>
<p>Figura B12 <i>Cámara de rejas de la PTAR1 / 29.10.2020, 07:48 am.</i></p> 	<p>Presencia de afluente de color rojizo producto de los vertimientos del agua del canal según lo manifestado por el responsable de la PTAR.</p>

Figura B13

Tanque Imhoff de la PTAR1 / 29.10.2020, 07:55 am.



Se pudo apreciar que el tanque Imhoff también había natas y espumas, pero en menor cantidad que en el canal de recolección.

Figura B14

Filtro Percolador de la PTAR1 / 29.10.2020, 07:58 am.



Se apreció que los molinetes de los filtros percoladores no estuvieron funcionando debido a un tema de mantenimiento programado de los filtros percoladores.

Figura B15

Tanque Dormund de la PTAR1 / 29.10.2020, 09:25 am.



Se apreció sedimentos en poca cantidad, los cuales fueron recogidos por el operador de la planta como parte de la limpieza diaria, además la coloración del agua fue marrón oscuro.

Figura B16

Efluente de la PTAR1 / 29.10.2020, 09:30 am.



Se apreció que el efluente presentaba un color transparente y visualmente con una turbidez mínima.

Figura B17

Lechos de secado de la PTAR1 / 29.12.2020, 09:38 am.



Los lechos no producen olor fuerte.

Se tuvieron:

- 3 lechos con lodos frescos recién vertidos.
- 3 lechos con lodo digerido y listo para ser extraído

• **Segundo muestreo – diciembre 2020**

Figura B18

Cámara de rejas y medidor de caudal de la PTAR1 / 18.12.2020, 07:40 am.



Se observó presencia de sedimentos y material flotante de tamaño grande , por lo cual el operador de la PTAR, hizo una limpieza antes de la toma de la muestra.

Figura B19

Tanque Imhoff de la PTAR1 / 18.12.2020, 07:46 am.



Material flotante de color negro en los tanques imoff, los cuales fueron recogidos por el operador de la planta como parte de la limpieza diaria, además el agua muestra una coloración marrón oscura y mal olor.

Figura B20

Filtro percolador de la PTAR1 / 18.12.2020, 07:49 am.



Ambos filtros percoladores se encontraron funcionando, sin embargo, se observa la alta humedad en la superficie de los filtros percoladores.

Figura B21

Tanque Dormund de la PTAR1 / 18.12.2020, 08:14 am.



El agua en proceso de tratamiento de los tanques Dormund presentan una coloración marrón.

Figura B22

Lechos de secado de la PTAR1 / 18.02.2021, 08:21 am.



Se aprecian 2 lechos de secado con lodo digerido listo para ser extraído.

Figura B23

Producto de los lechos de secado de la PTAR1 / 18.12.2020, 08:24 am.



Se aprecian 11 sacos de abono orgánico, el cual se ha obtenido como producto del tratamiento del lodo en los lechos de secado.

Figura B24

Producto de los lechos de secado de la PTAR1 / 18.12.2020, 08:24 am.



Debido a la cantidad de caudal del efluente, se tomó la muestra con un balde, 1 metro aguas abajo de la tubería de descarga.

- Tercer muestreo – febrero 2021

<p>Figura B25 <i>Visita a la PTAR 1 / 18.02.2021, 07:30 am.</i></p> 	<p>La visita a la PTAR 1 y extracción de las muestras se realizó en compañía del Ing. Tito Diaz Ramírez, responsable de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajabamba.</p>
<p>Figura B26 <i>Cámara de rejas y canal de medición de caudal de la PTAR 1 / 18.02.2021, 08:15 am.</i></p> 	<p>Un porcentaje del afluente escurriendo por el canal de rebose, el cual se elimina al río sin tratamiento previo.</p>
<p>Figura B27 <i>Tanque Imhoff de la PTAR1 / 18.02.2021, 08:20 am.</i></p> 	<p>En los tanques Imhoff, el agua presenta una coloración marrón oscuro y una capa de material flotante de color negro, los cuales fueron recogidos por el operador de la planta como parte de la limpieza diaria. Además se percibe un mal olor.</p>
<p>Figura B28 <i>Filtro percolador de la PTAR1 / 18.02.2021, 08:22 am.</i></p> 	<p>Se aprecian los molinetes de ambos filtros percoladores girando adecuadamente.</p>

<p>Figura B29 <i>Tanque Dormund de la PTAR1 / 18.02.2021, 07:55 am.</i></p> 	<p>Se visualizó presencia de burbujas de color blanco en ambos tanques y el agua de color marrón oscuro. Además, presencia de una coloración verdosa en el vertedero perimetral de los tanques sedimentadores.</p>
<p>Figura B30 <i>Lechos de secado de la PTAR1 / 18.02.2021, 09:13 am.</i></p> 	<p>Se visualizan 3 pozas con lodo en proceso de tratamiento y 3 pozas sin material puesto que los días previos había sido extraído abono de dichos lechos.</p> <p>Aún no se presencié lodo listo para ser usado como abono.</p>
<p>• Cuarto muestreo – abril 2021</p>	
<p>Figura B31 <i>Visita a la PTAR 1 / 28.04.2021, 08:23 am.</i></p> 	<p>La visita a la PTAR 1 y extracción de las muestras se realizó en compañía del Ing. Tito Diaz Ramírez, responsable de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajabamba.</p>
<p>Figura B32 <i>Cámara de rejas de la PTAR 1 / 18.02.2021, 07:40 am.</i></p> 	<p>Presencia de espumas y natas en la cámara de rejas de la PTAR 1.</p>

<p>Figura B33 <i>Cámara de rejas y canal de medición de caudal de la PTAR 1 / 28.04.2021, 08:07 am.</i></p> 	<p>Presencia de espumas y natas en el canal de recolección de la PTAR 1 y el agua usada para hacer limpieza se elimina el agua excedente por el canal de rebose.</p>
<p>Figura B34 <i>Tanque Imhoff de la PTAR1 / 28.04.2021, 08:15 am.</i></p> 	<p>Presencia de material flotante en los tanques Imhoff y el agua presentó color marrón oscuro.</p>
<p>Figura B35 <i>Filtro percolador de la PTAR1 / 28.04.2021, 08:13 am.</i></p> 	<p>Ambos filtros percoladores se encontraron momentáneamente paralizados por falta de energía eléctrica.</p>
<p>Figura B36 <i>Tanque Dormund de la PTAR1 / 28.04.2021, 08:17 am.</i></p> 	<p>El agua presenta una coloración marrón oscuro.</p>

Figura B37

Efluente de la PTAR1 / 28.04.2021, 08:30 am.



Se apreció que el efluente presentaba un color un poco turbio y un caudal bajo.

Figura B38

Lechos de secado de la PTAR1 / 28.04.2021, 08:54 am.



Se visualizan 2 lechos vacíos puesto que recientemente habían extraído el lodo digerido.

Así mismo se observaron 2 lechos con lodo vertido la semana previa.

Finalmente se observaron 2 lechos con abono listo para ser extraído.

- **Quinto muestreo – junio 2021**

Figura B39

Visita a la PTAR 1 / 18.06.2021, 07:39 am.



La visita a la PTAR 1 y extracción de las muestras se realizó en compañía del Ing. Tito Diaz Ramírez, responsable de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajabamba y el operador de la planta quien apoyó en la extracción de las muestras.

Figura B40

Cámara de rejas de la PTAR1 / 18.06.2021, 07:45 am.



El afluente tiene poca cantidad de sedimentos de mediano tamaño. Sin embargo, al realizar la limpieza de la reja de cribado, se observan sólidos y materiales grandes.

Figura B41

Canal de recolección / 18.06.2021, 07:57 am.



Todo el flujo de ingreso fue conducido por el canal de recolección y nulo caudal por el canal de rebose. El afluente presentó sólidos de tamaño mediano y pequeño, sin presencia de natas y espumas.

Figura B42

Tanque Imhoff de la PTAR1 / 18.06.2021, 08:21 am.



Material flotante en los tanques imhoff, los cuales fueron recogidos por el operador de la planta como parte de la limpieza diaria

Figura B43

Filtro Percolador de la PTAR1 / 18.06.2021, 08:19 am.



Ambos filtros percoladores se encontraron funcionando adecuadamente.

Figura B44

Tanque Dormund de la PTAR1 / 18.06.2021, 08:24 am.



El agua en proceso de tratamiento de los tanques Dormund presentan una coloración marrón claro.

Figura B45

Efluente de la PTAR1 / 18.06.2021, 08:29 am.



Se apreció que el efluente presentaba un color con muy baja turbiedad y un caudal alto.

Figura B46

Toma de datos de campo y parámetros in situ / 18.06.2021, 08:45 am.



Despues de la toma de muestras se procedió a medir el Ph del agua y al llenado respectivo de las cadenas de custodia.

Figura B47

Lechos de secado de la PTAR1 / 18.0.2021, 09:02 am.



Se aprecia un operador extrayendo el lodo digerido en bolsas de plástico. Se pudo apreciar que de un lecho se recogió 11 bolsas grandes y en proceso de recoger aproximadamente 10 mas.

- Sexto muestreo – agosto 2021

Figura B48

Visita a la PTAR 1 / 19.08.2021, 10:33 am.



La visita a la PTAR 1 y extracción de las muestras se realizó en compañía del Ing. Tito Diaz Ramírez, responsable de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajabamba.

Figura B49

Canal de recolección / 19.08.2021, 07:57 am.



El flujo de ingreso fue conducido por el canal de recolección y el exceso fue eliminado por el canal de rebose, sin tratamiento previo. Se observó presencia de natas y espumas.

Figura B50

Tanque Imhoff de la PTAR1 / 19.08.2021, 08:25 am.



Material flotante en los tanques imofh, los cuales fueron recogidos por el operador de la planta como parte de la limpieza diaria.

Figura B51

Filtros percoladores de la PTAR1 / 19.08.2021, 08:25 am.



Se observó los dos filtros percoladores de la PTAR, así como los brazos de distribución de los mismos en funcionamiento. sin embargo, se observa la alta humedad en la superficie de los filtros percoladores.

Figura B52

Tanques Dormund de la PTAR1 / 19.08.2021, 08:27 am.



El agua en proceso de tratamiento de los tanques Dormund presentan una coloración gris.

Figura B53

Efluente de la PTAR1 / 19.08.2021, 08:29 am.



Se apreció que el efluente presentaba un color turbio y un caudal bajo.

Figura B54

Lechos de secado de la PTAR1 / 19.08.2021, 09:23 am.



Se visualizan 2 lechos vacíos puesto que recientemente habían extraído el lodo digerido y 4 lechos con material listo para ser extraído como abono.

APENDICE C

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Nombre de EPS / Municipio : PROREGIÓN CAJAMARCA			
Nombre de PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba			
Ubicación de PTAR :			
Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
-	Cajabamba	Cajabamba	Cajamarca
IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO			
AFLUENTE			
Denominación del punto de muestreo (afluente) :		Canal de recolección de la PTAR	
COORDENADAS UTM (WGS84)			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
9155724	824732	17 M	2544
Caudal de Operación (*)	44.00 l/s	Método de medición	sección - velocidad
EFLUENTE			
Denominación del punto de muestreo (efluente) :		Tubería de descarga de agua tratada	
COORDENADAS UTM (WGS84)			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
9155663	824714	17 M	2539
Caudal de Operación (*)	24.93 l/s	Método de medición	sección - velocidad volumétrico
Datos del GPS (marca, modelo, precisión del equipo)			
GPS Garmin Modelo Montana 650, precisión de 10 metros			

(*) El caudal de operación corresponde al promedio de los 06 aforos realizados durante el periodo de estudio.

Cajamarca, 01 de septiembre de 2021



 Ing. Químico Tito Díaz Ramírez
 Responsable de la PTAR



Figura C1

Croquis de ubicación del punto de monitoreo 1



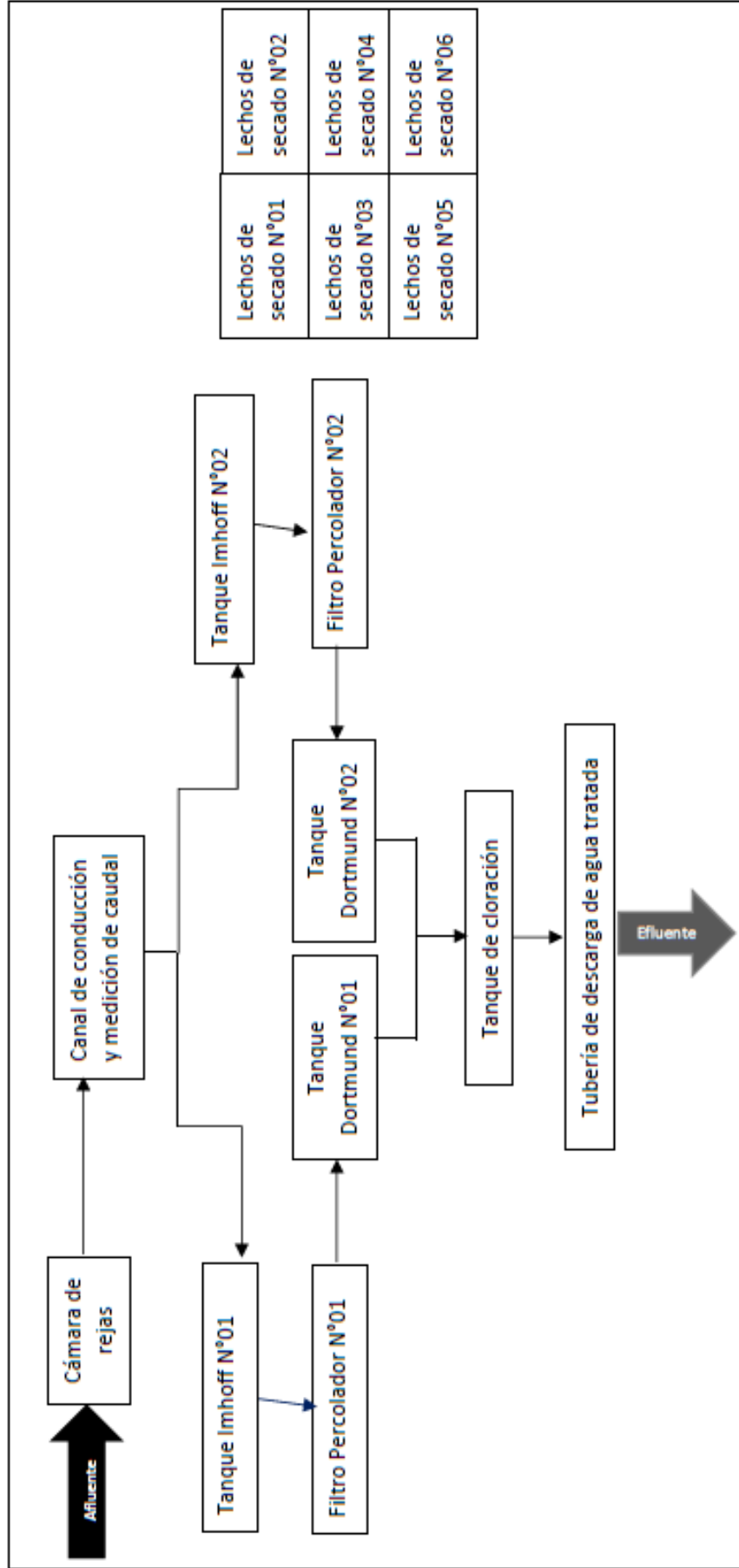
Figura C2

Croquis de ubicación del punto de monitoreo 2



Figura C3

Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales N°1 de la ciudad de Cajabamba



En la Figura C3 se muestra el diagrama de flujo del tratamiento de aguas residuales N°1 de la ciudad de Cajabamba, el cual se inicia con el ingreso del afluente a la cámara de rejás como parte del pre tratamiento, pasando por el canal de conducción y medición de caudal; a continuación ingresan al tratamiento primario compuesto por los dos tanques Imhoff; como parte del tratamiento secundario, se presentan dos filtros percoladores y dos tanques Dortmund, para finalmente pasar al tratamiento terciario que consiste en el tanque de cloración. Como producto del tratamiento se tiene agua residual tratada el cual es eliminado a través de la tubería de descarga de efluente y el lodo digerido, producto de los lodos extraídos en el tratamiento primario y secundario y que fueron conducidos hacia los lechos de secado.

APENDICE D

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba			
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Canal de recolección de la PTAR			
Coordenadas : N 9155724 , E 824732			
Fecha	Hora	p H	Caudal afluente (*)
jueves, 29 de octubre de 2020	8:00 a.m.	7.19	34.78 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : El canal de recolección tiene una longitud apropiada para realizar aforo mediante metodo sección velocidad y para estabilizar el flujo de ingreso para una adecuada toma de muestra.			
Características del agua residual : Agua residual de color rojiza , además se observa ingreso de gran cantidad de espumas y natas.			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Tubería de descarga de agua tratada			
Coordenadas : N 9155663 , E 824714			
Fecha	Hora	p H	Caudal efluente (*)
jueves, 29 de octubre de 2020	8:30 a.m.	7.35	12.68 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : Poca vegetación en el área de descarga, lo cual no interfiere con la toma de la muestra.			
Características del agua residual : Color transparente con una turbidez mínima			

(*) Caudal de afluente y efluente en el momento de monitoreo

Cajamarca, 29 de octubre de 2020



Vivien Lizbeth Cortez Galvez
Responsable del monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba			
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Canal de recolección de la PTAR			
Fecha	Hora	pH	Caudal afluente (*)
viernes, 18 de diciembre de 2020	8:00 a.m.	7.25	51.82 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :			
El canal de recolección tiene una longitud apropiada para realizar aforo mediante metodo sección velocidad y para estabilizar el flujo de ingreso para una adecuada toma de muestra.			
Características del agua residual :			
El agua residual presenta sedimentos y material flotante de tamaño grande. Además, debido a la gran cantidad de caudal de ingreso a la PTAR, un gran porcentaje del afluente es eliminado al río por el canal de reboso.			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Tubería de descarga de agua tratada			
Fecha	Hora	pH	Caudal efluente (*)
viernes, 18 de diciembre de 2020	8:30 a.m.	7.49	37.72 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :			
Alto caudal del efluente que dificulta la toma de la muestra de manera directa en el tubo de descarga, por lo que se opta por recoger la muestra con un balde, desde la superficie del suelo y a 1 metro aguas debajo de la tubería.			
Características del agua residual :			
Color turbio.			

(*)Caudal de afluente y efluente en el momento de monitoreo

Cajamarca, 18 de diciembre de 2020



Vivien Lizbeth Cortez Galvez
Responsable del monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba			
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Canal de recolección de la PTAR		Coordenadas : N 9155724 , E 824732	
Fecha	Hora	pH	Caudal afluente (*)
jueves, 18 de febrero de 2021	8:00 a.m.	7.32	44.85 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : El canal de recolección tiene una longitud apropiada para realizar aforo mediante metodo sección velocidad y para estabilizar el flujo de ingreso para una adecuada toma de muestra.			
Características del agua residual : Gran cantidad de espumas y natas, así como del caudal, por lo que un porcentaje del afluente es eliminado al río por el canal de rebose.			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Tubería de descarga de agua tratada		Coordenadas : N 9155663 , E 824714	
Fecha	Hora	pH	Caudal efluente (*)
jueves, 18 de febrero de 2021	8:30 a.m.	7.69	20.64 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : Poca vegetación en el area de descarga, lo cual no interfiere con la toma de la muestra.			
Características del agua residual : El efluente presenta un color un poco turbio.			

(*)Caudal de afluente y efluente en el momento de monitoreo

Cajamarca, 18 de febrero de 2021



Vivien Lizbeth Cortez Galvez
Responsable del monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR : PTAR I de la ciudad de Cajabamba			
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Canal de recolección de la PTAR		Coordenadas : N 9155724 , E 824732	
Fecha	Hora	p H	Caudal afluente (*)
miércoles, 28 de abril de 2021	8:00 a.m.	7.41	42.59 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : El canal de recolección tiene una longitud apropiada para realizar aforo mediante metodo sección velocidad y para estabilizar el flujo de ingreso para una adecuada toma de muestra.			
Características del agua residual : La mayoría de flujo de ingreso es conducido por el canal de recolección y un mínimo caudal, por el canal de rebose. El afluente presenta solidos de tamaño mediano y pequeño, sin presencia de natas y espumas.			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Tubería de descarga de agua tratada		Coordenadas : N 9155663 , E 824714	
Fecha	Hora	p H	Caudal efluente (*)
miércoles, 28 de abril de 2021	8:30 a.m.	7.56	9.85 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : Poca vegetación en el area de descarga, lo cual no interfiere con la toma de la muestra.			
Características del agua residual : Coloración con baja turbiedad.			

(*)Caudal de afluente y efluente en el momento de monitoreo

Cajamarca, 28 de abril de 2021



Vivien Lizbeth Cortez Galvez
Responsable del monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba			
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Canal de recolección de la PTAR		Coordenadas : N 9155724 , E 824732	
Fecha	Hora	p H	Caudal afluente (*)
viernes, 18 de junio de 2021	8:00 a.m.	7.44	41.00 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :			
El canal de recolección tiene una longitud apropiada para realizar aforo mediante metodo sección velocidad y para estabilizar el flujo de ingreso para una adecuada toma de muestra.			
Características del agua residual :			
Todo el flujo de ingreso fue conducido por el canal de recolección y nulo caudal por el canal de reboso. El afluente presenta sólidos de tamaño mediano y pequeño, sin presencia de natas y espumas.			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Tubería de descarga de agua tratada		Coordenadas : N 9155663 , E 824714	
Fecha	Hora	p H	Caudal efluente (*)
viernes, 18 de junio de 2021	8:20 a.m.	7.65	63.64 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :			
Presencia de vegetación en el área de descarga, lo cual interfiere con la toma de la muestra			
Características del agua residual :			
Coloración con baja turbiedad y alto caudal de descarga al río.			

(*)Caudal de afluente y efluente en el momento de monitoreo

Cajamarca, 18 de junio de 2021



Vivien Lizbeth Cortez Galvez
Responsable del monitoreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR : PTAR I de la ciudad de Cajabamba			
AFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Canal de recolección de la PTAR		Coordenadas : N 9155724 , E 824732	
Fecha	Hora	p H	Caudal afluente (*)
jueves, 19 de agosto de 2021	8:00 a.m.	7.17	48.96 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : El canal de recolección tiene una longitud apropiada para realizar aforo mediante metodo sección velocidad y para estabilizar el flujo de ingreso para una adecuada toma de muestra.			
Características del agua residual : Presencia de espumas y natas. Alto caudal, por lo que un porcentaje del afluente es eliminado al río por el canal de rebose.			
EFLUENTE			
Denominación del punto de monitoreo : Tubería de descarga de agua tratada		Coordenadas : N 9155663 , E 824714	
Fecha	Hora	p H	Caudal efluente (*)
jueves, 19 de agosto de 2021	8:30 a.m.	7.32	5.07 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo : Poca vegetación en el area de descarga, lo cual no interfiere con la toma de la muestra.			
Características del agua residual : Bajo caudal y coloración turbia.			

(*) Caudal de afluente y efluente en el momento de monitoreo

Cajamarca, 19 de agosto de 2021







Vivien Lizbeth Cortez Galvez
Responsable del monitoreo

APENDICE E

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba													
Muestra N°	Código de la muestra	Afluente	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos de preservación	Parámetro a ser medido				
									AyG	DBO	DQO	SST	CTT
M(a)-01	M(a)-01-01	X		29/10/2020	8:00 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(a)-01-02	X		29/10/2020	8:04 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(a)-01-03	X		29/10/2020	8:07 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(a)-01-04	X		29/10/2020	8:11 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(a)-01-05	X		29/10/2020	8:15 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X
M(e)-01	M(e)-01-01		X	29/10/2020	8:32 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(e)-01-02		X	29/10/2020	8:36 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(e)-01-03		X	29/10/2020	8:40 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(e)-01-04		X	29/10/2020	8:45 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(e)-01-05		X	29/10/2020	8:52 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X
Hora de entrega al medio de transporte: Jueves, 29 de octubre de 2020, 10:00 am													

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Tito Díaz Ramirez	PROREGIÓN Cajamarca		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Alfredo Chávez Álvarez	EPS SEDACAJ S.A.	





Tito Díaz Ramirez
ING. QUÍMICO
N. CIP. 64107


VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
Ingeniera Hidráulica
Reg. CIP. N° 218791

Ing. Alfredo Chávez Álvarez
Jefe (e) Oficina de Control de Calidad
E.P.S. SEDACAJ S.A.

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba													
Muestra N°	Código de la muestra	Afluente	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos de preservación	Parámetro a ser medido				
									AyG	DBO	DQO	SST	GTT
M(a)-02	M(a)-02-01	X		18/12/2020	8:01 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(a)-02-02	X		18/12/2020	8:07 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(a)-02-03	X		18/12/2020	8:13 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(a)-02-04	X		18/12/2020	8:16 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(a)-02-05	X		18/12/2020	8:21 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X
M(e)-02	M(e)-02-01		X	18/12/2020	8:30 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(e)-02-02		X	18/12/2020	8:33 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(e)-02-03		X	18/12/2020	8:39 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(e)-02-04		X	18/12/2020	8:44 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(e)-02-05		X	18/12/2020	8:48 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X
Hora de entrega al medio de transporte: Viernes, 18 de diciembre de 2020, 10:00 am.													

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Tito Días Ramirez	PROREGIÓN Cajamarca		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Alfredo Chávez Alvarez	EPS SEDACAJ S.A.	


Tito Días Días Ramirez
ING. QUÍMICO
R. CIP. 64107




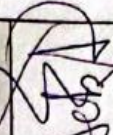
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791


VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791

Ing. Alfredo Chávez Alvarez
 Jefe (e) Oficina de Control de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba														
Muestra N°	Código de la muestra	Afluente	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos de preservación	Parámetro a ser medido					
									AyG	DBO	DQO	SST	CTT	
M(a)-03	M(a)-03-01	X		18/2/2021	8:00 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X					
	M(a)-03-02	X		18/2/2021	8:05 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X				
	M(a)-03-03	X		18/2/2021	8:10 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X			
	M(a)-03-04	X		18/2/2021	8:15 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X		
	M(a)-03-05	X		18/2/2021	8:20 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X	
M(e)-03	M(e)-03-01		X	18/2/2021	8:30 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X					
	M(e)-03-02		X	18/2/2021	8:35 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X				
	M(e)-03-03		X	18/2/2021	8:40 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X			
	M(e)-03-04		X	18/2/2021	8:45 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X		
	M(e)-03-05		X	18/2/2021	8:50 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X	
Hora de entrega al medio de transporte:										Jueves, 18 de febrero de 2021, 10:00 am.				

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Tito Dias Ramirez	PROREGIÓN Cajamarca		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Testista		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Testista		Ing. Alfredo Chávez Álvarez	EPS SEDACAJ S.A.	


Tito Dias Ramirez
 ING. CUMISO
 N° CIP 64107

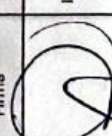



.....
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791


.....
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791

.....
Ing. Alfredo Chávez Álvarez
 Jefe (e) Oficina de Control de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba													
Muestra N°	Código de la muestra	Afluente	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos de preservación	Parámetro a ser medido				
									AyG	DBO	DQO	SST	GTT
M(a)-04	M(a)-04-01	X		28/4/2021	8:00 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(a)-04-02	X		28/4/2021	8:04 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(a)-04-03	X		28/4/2021	8:11 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(a)-04-04	X		28/4/2021	8:16 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(a)-04-05	X		28/4/2021	8:21 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-				X	
M(e)-04	M(e)-04-01		X	28/4/2021	8:30 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(e)-04-02		X	28/4/2021	8:34 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(e)-04-03		X	28/4/2021	8:39 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
M(e)-04	M(e)-04-04		X	28/4/2021	8:44 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(e)-04-05		X	28/4/2021	8:49 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-				X	
Hora de entrega al medio de transporte:											Miércoles, 28 de abril de 2021, 10:00 am.		

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Tito Díaz Ramírez	PROREGIÓN Cajamarca		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesista		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesista		Ing. Alfredo Chávez Alvarez	EPS SEDACAJ S.A.	


Tito Díaz Ramírez
 ING. QUÍMICO
 CIP. 64107





.....
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791


.....
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791

.....
Ing. Alfredo Chávez Alvarez
 Jefe (e) Oficina de Control de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba												
Muestra N°	Código de la muestra	Afluente	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos de preservación	Parámetro a ser medido			
									AyG	DBO	DQO	SST
M(a)-05	M(a)-05-01	X		18/6/2021	8:00 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X			
	M(a)-05-02	X		18/6/2021	8:04 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X		
	M(a)-05-03	X		18/6/2021	8:10 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X	
	M(a)-05-04	X		18/6/2021	8:14 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X
	M(a)-05-05	X		18/6/2021	8:18 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-				
M(e)-05	M(e)-05-01		X	18/6/2021	8:31 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X			
	M(e)-05-02		X	18/6/2021	8:36 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X		
	M(e)-05-03		X	18/6/2021	8:41 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X	
	M(e)-05-04		X	18/6/2021	8:45 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X
	M(e)-05-05		X	18/6/2021	8:51 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-				
Hora de entrega al medio de transporte:											Viernes, 18 de junio de 2021, 10:00 am.	

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Tito Díaz Ramirez	PROREGIÓN Cajamarca		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Alfredo Chávez Álvarez	EPS SEDACAJ S.A.	


Tito Díaz Ramírez
 Ing. CUMPLIDO
 R.C.P. 64107




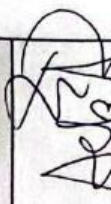
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. C.I.P. N° 218791

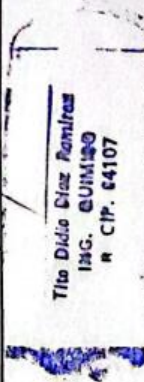
VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. C.I.P. N° 218791

Ing. Alfredo Chávez Álvarez
 Jefe (e) Oficina de Control de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Nombre de la PTAR: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba													
Muestra N°	Código de la muestra	Afluente	Efluente	Fecha	Hora de toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos de preservación	Parámetro a ser medido				
									AyG	DBO	DQO	SST	CTT
M(a)-06	M(a)-06-01	X		19/8/2021	8:00 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(a)-06-02	X		19/8/2021	8:05 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(a)-06-03	X		19/8/2021	8:11 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(a)-06-04	X		19/8/2021	8:14 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(a)-06-05	X		19/8/2021	8:22 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X
M(e)-06	M(e)-06-01		X	19/8/2021	8:30 a.m.	Vidrio	1 lt.	-	X				
	M(e)-06-02		X	19/8/2021	8:36 a.m.	Plástico	1 lt.	-		X			
	M(e)-06-03		X	19/8/2021	8:42 a.m.	Plástico	500 ml.	-			X		
	M(e)-06-04		X	19/8/2021	8:47 a.m.	Plástico	500 ml.	-				X	
	M(e)-06-05		X	19/8/2021	8:52 a.m.	Vidrio esterilizado	250 ml.	-					X
Hora de entrega al medio de transporte: Jueves, 19 de agosto de 2021, 10:00 am.													

Responsable de la PTAR			Operador del muestreo			Custodio de la muestra			Recepción en laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Tito Días Ramirez	PROREGIÓN Cajamarca		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Vivien Cortez Gálvez	Tesisista		Ing. Alfredo Chávez Álvarez	EPS SEDACAJ S.A.	


 Tito Días Ramirez
 ING. QUÍMICO
 R. CIP. 64107

.....
 VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791

.....
 VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. CIP. N° 218791

.....
 Ing. Alfredo Chávez Álvarez
 Jefe (e) Oficina de Control de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

APENDICE F

AFOROS DE AFLUENTE Y EFLUENTE

REGISTRO DE AFOROS

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba	
AFLUENTE	EFLUENTE
Fecha : 29/10/2020 Hora: 8:00 AM Método : Sección-Velocidad	Fecha : 29/10/2020 Hora: 8:30 AM Método : Volumetrico
a= 0.28 m h= 0.27 m A= 0.08 m ² t ₁ = 3.80 seg t ₂ = 3.83 seg t ₃ = 3.26 seg t ₄ = 3.98 seg t prom = 3.72 seg L recorrido = 1.80 m V _{sup} = 0.48 m/s V _{med} = 0.46 m/s Q = 0.0348 m ³ /s Q = 34.78 l/s	Vol= 20.00 L t ₁ = 1.71 seg t ₂ = 1.43 seg t ₃ = 1.59 seg t prom = 1.58 seg Q = 12.68 l/s
Observaciones: El 100% del caudal afluente es conducido por el canal de ingreso hacia la PTAR1, no hay excedente en el canal de rebose.	



VIVIEN LIZBETH CORTÉZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. C.I.P. N° 218791

Vivien Lizbeth Cortez Galvez
 Responsable del aforo

REGISTRO DE AFOROS

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba	
AFLUENTE	EFLUENTE
Fecha : 18/12/2020 Hora: 7:59 AM Método : Sección-Velocidad	Fecha : 18/12/2020 Hora: 8:28 AM Método : Sección-Velocidad
Tramo 1 a= 0.27 m h= 0.67 m A= 0.18 m ² t ₁ = 4.33 seg t ₂ = 3.69 seg t ₃ = 3.91 seg t ₄ = 4.53 seg t prom = 4.12 seg L recorrido = 1.10 m V _{sup} = 0.27 m/s V _{med} = 0.20 m/s Q = 0.0363 m ³ /s Q = 36.264 l/s	a= 0.3 m h= 0.15 m A= 0.05 m ² t ₁ = 1.53 seg t ₂ = 1.59 seg t ₃ = 1.78 seg t ₄ = 1.78 seg t prom = 1.67 seg L recorrido = 1.40 m V = 0.84 m/s V _{med} = 0.63 m/s Q = 0.0377 m ³ /s Q = 37.72 l/s
Tramo 2 a= 0.20 m h= 0.25 m A= 0.05 m ² t ₁ = 5.29 seg t ₂ = 5.16 seg t ₃ = 5.95 seg t ₄ = 5.49 seg t ₅ = 5.15 seg t ₆ = 5.01 seg t ₇ = 5.08 seg t prom = 5.30 seg L recorrido = 2.20 m V _{sup} = 0.41 m/s V _{med} = 0.31 m/s Q = 0.0156 m ³ /s Q = 15.55 l/s	
Caudal Total Qt = 51.82 l/s	
Observaciones: El caudal del afluente del tramo 2 es el excedente que es eliminado a través del canal de rebose y representa el 30% del caudal total.	



VIVIEN LIZBETH CORTÉZ GÁLVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. C.I.P. N° 218781

Vivien Lizbeth Cortez Gálvez
 Responsable del aforo

REGISTRO DE AFOROS

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba		Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba	
AFLUENTE		EFLUENTE	
Fecha :	18/02/2021	Fecha :	18/02/2021
Hora:	7:55 AM	Hora:	8:25 AM
Método :	Sección-Velocidad	Método :	Sección-Velocidad
Tramo 1		Tramo 1	
a=	0.27 m	a=	0.55 m
h=	0.63 m	h=	0.1 m
A=	0.170 m ²	A=	0.06 m ²
t ₁ =	3.36 seg	t ₁ =	2.82 seg
t ₂ =	3.86 seg	t ₂ =	2.49 seg
t ₃ =	3.27 seg	t ₃ =	2.13 seg
		t ₄ =	1.24 seg
t prom =	3.50 seg	t prom =	2.35 seg
L recorrido =	1.10 m	L recorrido =	1.10 m
V _{sup} =	0.31 m/s	V _{sup} =	0.47 m/s
V _{med} =	0.24 m/s	V _{med} =	0.38 m/s
Q =	0.0402 m ³ /s	Q =	0.0206 m ³ /s
Q =	40.15 l/s	Q =	20.64 l/s
Tramo 2		Tramo 2	
a=	0.37 m		
h=	0.05 m		
A=	0.02 m ²		
t ₁ =	6.93 seg		
t ₂ =	6.54 seg		
t ₃ =	5.99 seg		
t ₄ =	6.24 seg		
t ₅ =	6.86 seg		
t ₆ =	6.51 seg		
t ₇ =	6.46 seg		
t prom =	6.50 seg		
L recorrido =	2.20 m		
V _{sup} =	0.34 m/s		
V _{med} =	0.25 m/s		
Q =	0.0047 m ³ /s		
Q =	4.69 l/s		
Caudal Total		Caudal Total	
Qt =	44.85 l/s		

Observaciones: El caudal del afluente del tramo 2 es el excedente que es eliminado a través del canal de rebose y representa el 10% del caudal total.



VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ
Ingeniera Hidráulica
Reg. O.P. N° 218761

Vivien Lizbeth Cortez Gálvez
Responsable del aforo

REGISTRO DE AFOROS

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba	
AFLUENTE	EFLUENTE
Fecha : 28/04/2021 Hora: 7:55 AM Método : Sección-Velocidad	Fecha : 28/04/2021 Hora: 8:55 AM Método : Volumetrico
a= 0.28 m h= 0.45 m A= 0.126 m ² t ₁ = 2.324 seg t ₂ = 2.59 seg t ₃ = 2.35 seg t ₄ = 2.50 seg t prom = 2.44 seg L recorrido = 1.10 m V _{sup} = 0.45 m/s V _{med} = 0.34 m/s Q = 0.0426 m ³ /s Q = 42.59 l/s	Vol= 20.00 L t ₁ = 1.91 seg t ₂ = 1.95 seg t ₃ = 2.23 seg t prom = 2.03 seg Q = 9.85 l/s
Observaciones: El 100% del caudal afluente es conducido por el canal de ingreso hacia la PTAR1, no hay excedente en el canal de rebose.	



VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. C.I.P. N° 218791

Vivien Lizbeth Cortez Gálvez
 Responsable del aforo

REGISTRO DE AFOROS

Nombre de la PTAR : PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba	
AFLUENTE	EFLUENTE
Fecha : 18/06/2021 Hora: 7:55 AM Método : Sección-Velocidad	Fecha : 18/06/2021 Hora: 8:25 AM Método : Sección-Velocidad
a= 0.28 m h= 0.58 m A= 0.16 m ² t ₁ = 3.91 seg t ₂ = 2.79 seg t ₃ = 3.11 seg t ₄ = 3.11 seg t ₅ = 3.42 seg t prom = 3.27 seg L recorrido = 1.10 m V _{sup} = 0.34 m/s V _{med} = 0.25 m/s Q = 0.0410 m ³ /s Q = 41.00 l/s	a= 1 m h= 0.15 m A= 0.15 m ² t ₁ = 1.68 seg t ₂ = 1.66 seg t ₃ = 1.63 seg t ₄ = 1.58 seg t ₅ = 1.7 seg t prom = 1.65 seg L recorrido = 1.40 m V = 0.85 m/s V _{med} = 0.42 m/s Q = 0.0636 m ³ /s Q = 63.64 l/s
Observaciones: El 100% del caudal afluente es conducido por el canal de ingreso hacia la PTAR1, no hay excedente en el canal de rebose.	



VIVIEN LIZBETH CORTEZ GALVEZ
 Ingeniera Hidráulica
 Reg. C.I.P. N° 218791

Vivien Lizbeth Cortez Galvez
 Responsable del aforo

APENDICE G

INFORME DE ANALISIS DE MUESTRAS

INFORME DE ENSAYOS

Proyecto : "Influencia de la variación estacional en el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba - Cajamarca"

Ubicación : Distrito Cajabamba , Provincia Cajabamba, Departamento Cajamarca

Solicitante : Ing. Vivien Lizbeth Cortez Gálvez

Fecha : 04 de diciembre de 2023

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de Muestreo : Puntual

Ensayos Realizados : Físicoquímicos y Microbiológicos

Estado de la Muestra : Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación

Responsable de la toma de muestra: Tesista Vivien Cortez Gálvez

Procedencia de la muestra: PTAR 1 de la ciudad de Cajabamba

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Solids, Total Suspended Solids Dried
Aceites y Grasas	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520B, 22nd Ed.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mgO ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Numero de Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 ml	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Fecal Coliform Procedure

Nota: Los métodos de ensayo están acreditados por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – DA.



Ing. Marco Tulio Narro Centurión
CONTROL DE CALIDAD
EPS SEDACAJ S.A.

OFICINA PRINCIPAL

● Jr. Cruz de Piedra N° 150
● sedacaj@sedacaj.com.pe
● 076-363660 Cajamarca

OFICINA COMERCIAL

● Av. Perú N° 658
● C.C. El Quinde - 2do Nivel
● 076-367952 Cajamarca

RESULTADOS

DATOS GENERALES							
Código de la muestra	M(a)-01	M(a)-02	M(a)-03	M(a)-04	M(a)-05	M(a)-06	
Matriz de agua	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	
Descripción	Afluente de la PTAR 1	Afluente de la PTAR 1	Afluente de la PTAR 1	Afluente de la PTAR 1	Afluente de la PTAR 1	Afluente de la PTAR 1	
Localización de la muestra	Canal de recolección	Canal de recolección	Canal de recolección	Canal de recolección	Canal de recolección	Canal de recolección	
Fecha de muestreo	29/10/2020	18/12/2020	18/02/2021	28/04/2021	18/06/2021	19/08/2021	
Hora de muestreo	8:00 AM	8:00 AM	8:00 AM	8:00 AM	8:00 AM	8:00 AM	
ENSAYOS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS							
Parámetro	Unidad	Resultados					
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	268	281	149	158	189	153.4
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	542	602	277	372	406	391.3
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	209	251	214	223	249	159.3
ACEITES Y GRASAS	mg/L	32	34.2	24.2	21.6	28.1	26.3
pH	-	7.19	7.25	7.32	7.41	7.44	7.17
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 mL	46 x 10 ⁶	46 X 10 ⁵	79 X 10 ⁴	46 x 10 ⁵	70 x 10 ⁶	46 x 10 ⁵




Ing. Marco Tulio Narro Centurión
CONTROL DE CALIDAD
EPS SEDACAJ S.A.



OFICINA PRINCIPAL
 ● Jr. Cruz de Piedra N° 150
 ● sedacaj@sedacaj.com.pe
 ● 076-363660 Cajamarca

OFICINA COMERCIAL
 ● Av. Perú N° 658
 C.C. El Quinde - 2do Nivel
 ● 076-367952 Cajamarca

RESULTADOS

DATOS GENERALES							
Código de la muestra	M(e)-01	M(e)-02	M(e)-03	M(e)-04	M(e)-05	M(e)-06	
Matriz de agua	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	
Descripción	Efluente de la PTAR 1	Efluente de la PTAR 1	Efluente de la PTAR 1	Efluente de la PTAR 1	Efluente de la PTAR 1	Efluente de la PTAR 1	
Localización de la muestra	Tubería de descarga	Tubería de descarga	Tubería de descarga	Tubería de descarga	Tubería de descarga	Tubería de descarga	
Fecha de muestreo	29/10/2020	18/12/2020	18/02/2021	28/04/2021	18/06/2021	19/08/2021	
Hora de muestreo	8:30 AM	8:30 AM	8:30 AM	8:30 AM	8:30 AM	8:30 AM	
ENSAYOS FISICOQUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS							
Parámetro	Unidad	Resultados					
DEMANDA BIQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	81	94	31	41	62	60.1
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	146	178	42	78	179	95.1
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	112	69	49	52	68	86.2
ACEITES Y GRASAS	mg/L	6	14.5	9.3	12.4	11.2	13.6
pH	-	7.35	7.49	7.69	7.56	7.65	7.32
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 mL	23 X 10 ³	13 X 10 ³	49 X 10	13 X 10 ⁵	23 X 10 ⁵	11 X 10 ³



Ing^o Marco Tulio Narro Centurión
CONTROL DE CALIDAD
EPS SEDACAJ S.A.

OFICINA PRINCIPAL
 ● Jr. Cruz de Piedra N° 150
 ● sedacaj@sedacaj.com.pe
 ● 076-363660 Cajamarca

OFICINA COMERCIAL
 ● Av. Perú N° 658
 ● C.C. El Quinde - 2do Nivel
 ● 076-367952 Cajamarca



CONSTANCIA

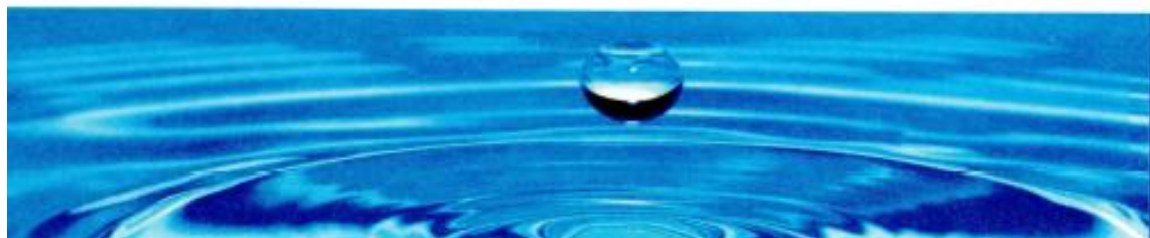
La EPS SEDACAJ S.A.-Cajamarca, a través de la División de Calidad de Agua, dan constancia a los resultados de análisis de muestras de aguas residuales tomadas en la PTAR1 de la ciudad de Cajabamba, las cuales fueron extraídas tanto del afluente como del efluente de la Planta.

Las muestras fueron alcanzadas por la Ing. Vivien Lizbeth Cortez Gálvez, identificada con DNI N°47214588, alumna de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, programa de maestría en Ciencias con mención en ingeniería y Gerencia de La Construcción, de la Universidad Nacional de Cajamarca, la misma que realizó el muestreo in situ; los resultados de los ensayos por parte de la PS SEDACAJ S.A. se muestran en el informe brindado a la interesada.

Cajamarca, 04 de diciembre de 2023.




Ing° Marco Tulio Narro Centurión
CONTROL DE CALIDAD
EPS SEDACAJ S.A.



OFICINA PRINCIPAL
● Jr. Cruz de Piedra N° 150
● sedacaj@sedacaj.com.pe
● 076-363660 Cajamarca

OFICINA COMERCIAL
● Av. Perú N° 638
● C.C. El Quinde - 2do Nivel
● 076-367952 Cajamarca

APENDICE H

ANALISIS ESTADISTICO

```

GET
FILE='V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables met.sav'.
DATASET NAME ConjuntoDatos2 WINDOW=FRONT.
EXAMINE VARIABLES=Tmax Tmin Tmedia PP Tmaxnormal Tminnormal Tmedianormal PPnormal
/PLOT BOXPLOT NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.

```

Explorar

Notas		
Salida creada		19-MAY-2024 02:29:09
Comentarios		
Entrada	Datos	V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables met.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos2
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	12
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para variables dependientes se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en casos sin valores perdidos para ninguna de la variable dependiente o factor utilizado.
Sintaxis		EXAMINE VARIABLES=Tmax Tmin Tmedia PP Tmaxnormal Tminnormal Tmedianormal PPnormal /PLOT BOXPLOT NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:03.06
	Tiempo transcurrido	00:00:07.92

[ConjuntoDatos2] V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables met.sav

Resumen de procesamiento de casos

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tmax	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmin	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmedia	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
PP	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmaxnormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tminnormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Tmedianormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
PPnormal	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Desv. Error	
Tmax	Media	23,236	,2856	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,607	
		Límite superior	23,865	
	Media recortada al 5%	23,188		
	Mediana	22,945		
	Varianza	,979		
	Desv. Desviación	,9895		
	Mínimo	22,2		
	Máximo	25,2		
	Rango	3,0		
	Rango intercuartil	1,2		
	Asimetría	1,154	,637	
	Curtosis	,515	1,232	
	Tmin	Media	10,097	,3994
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	9,219	
		Límite superior	10,976	
Media recortada al 5%		10,189		
Mediana		10,345		
Varianza		1,914		
Desv. Desviación		1,3834		
Mínimo		6,8		
Máximo		11,7		
Rango		4,9		
Rango intercuartil		1,6		
Asimetría		-1,332	,637	
Curtosis		1,866	1,232	

Tmedia	Media		15,693	,2110
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	15,228	
		Límite superior	16,157	
	Media recortada al 5%		15,718	
	Mediana		15,910	
	Varianza		,534	
	Desv. Desviación		,7311	
	Mínimo		14,1	
	Máximo		16,8	
	Rango		2,6	
	Rango intercuartil		1,1	
	Asimetría		-,687	,637
	Curtosis		,432	1,232
	PP	Media		79,517
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	32,473	
		Límite superior	126,560	
Media recortada al 5%			76,274	
Mediana			47,150	
Varianza			5482,136	
Desv. Desviación			74,0414	
Mínimo			,0	
Máximo			217,4	
Rango			217,4	
Rango intercuartil			140,9	
Asimetría			,838	,637
Curtosis			-,867	1,232
Tmaxnormal		Media		22,867
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,430	
		Límite superior	23,304	
	Media recortada al 5%		22,880	
	Mediana		22,900	
	Varianza		,473	
	Desv. Desviación		,6880	
	Mínimo		21,6	
	Máximo		23,9	
	Rango		2,3	
	Rango intercuartil		1,2	
	Asimetría		-,309	,637
	Curtosis		-,456	1,232
	Tminnormal	Media		10,333
95% de intervalo de confianza		Límite inferior	9,660	

	para la media	Límite superior	11,007	
	Media recortada al 5%		10,387	
	Mediana		10,650	
	Varianza		1,124	
	Desv. Desviación		1,0603	
	Mínimo		8,3	
	Máximo		11,4	
	Rango		3,1	
	Rango intercuartil		1,8	
	Asimetría		-,912	,637
	Curtosis		-,457	1,232
Tmedianomal	Media		16,084	,1264
	95% de intervalo de confianza	Límite inferior	15,806	
	para la media	Límite superior	16,362	
	Media recortada al 5%		16,065	
	Mediana		16,090	
	Varianza		,192	
	Desv. Desviación		,4380	
	Mínimo		15,5	
	Máximo		17,0	
	Rango		1,5	
	Rango intercuartil		,7	
	Asimetría		,574	,637
	Curtosis		,202	1,232
PPnormal	Media		111,467	29,4630
	95% de intervalo de confianza	Límite inferior	46,619	
	para la media	Límite superior	176,314	
	Media recortada al 5%		102,424	
	Mediana		102,800	
	Varianza		10416,850	
	Desv. Desviación		102,0630	
	Mínimo		7,7	
	Máximo		378,0	
	Rango		370,3	
	Rango intercuartil		129,5	
	Asimetría		1,609	,637
	Curtosis		3,849	1,232

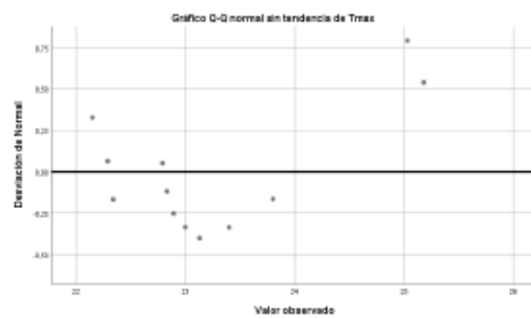
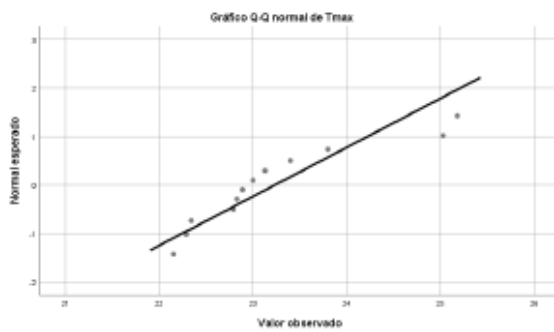
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tmax	,209	12	,154	,858	12	,047
Tmin	,190	12	,200 [*]	,889	12	,115
Tmedia	,195	12	,200 [*]	,957	12	,742
PP	,240	12	,054	,855	12	,043
Tmaxnormal	,154	12	,200 [*]	,966	12	,864
Tminnormal	,170	12	,200 [*]	,874	12	,073
Tmedianormal	,096	12	,200 [*]	,961	12	,792
PPnormal	,190	12	,200 [*]	,836	12	,024

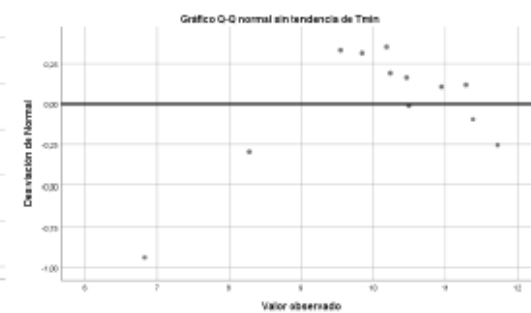
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

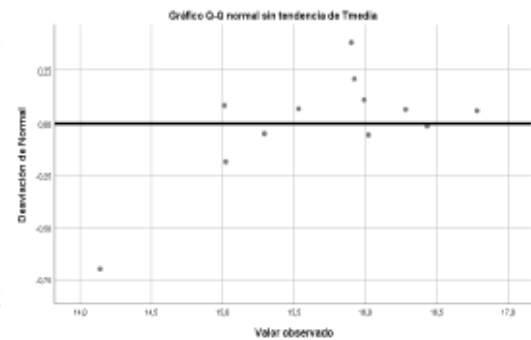
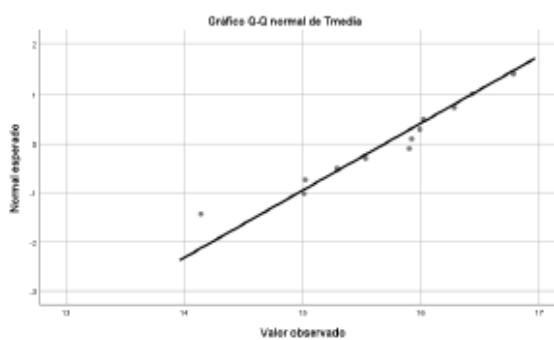
Tmax



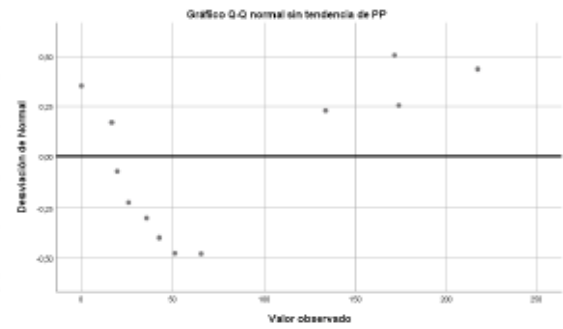
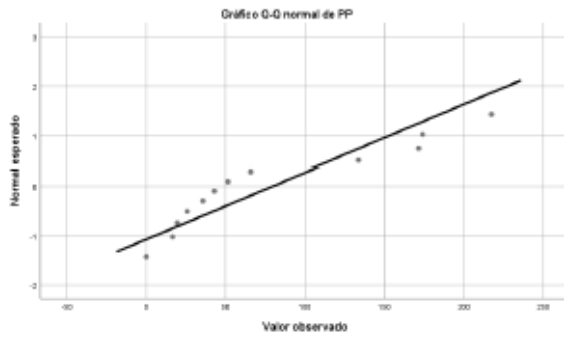
Tmin



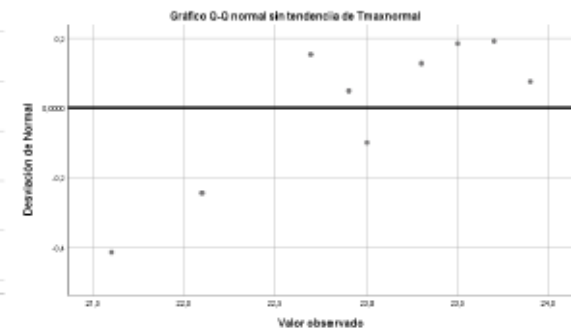
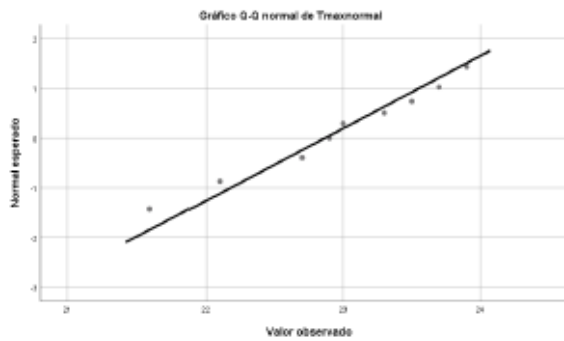
Tmedia



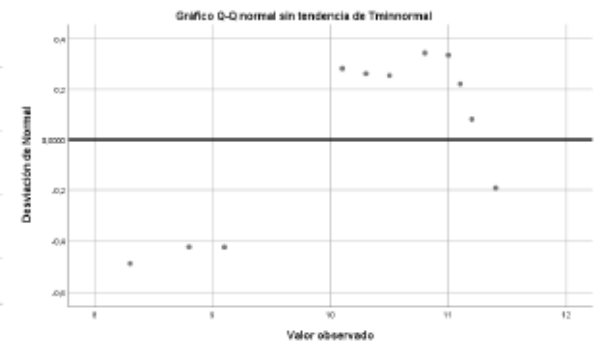
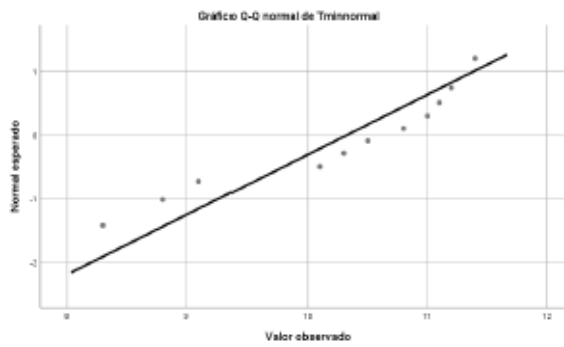
PP



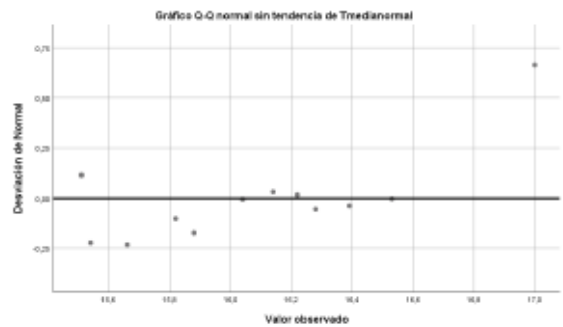
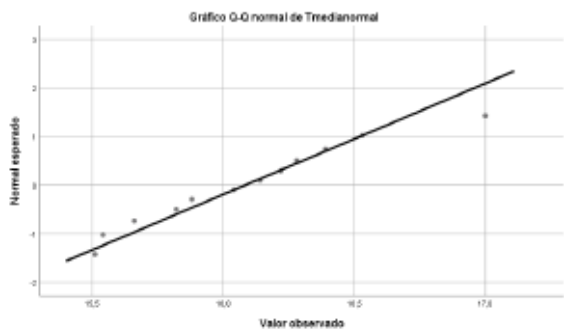
Tmaxnormal



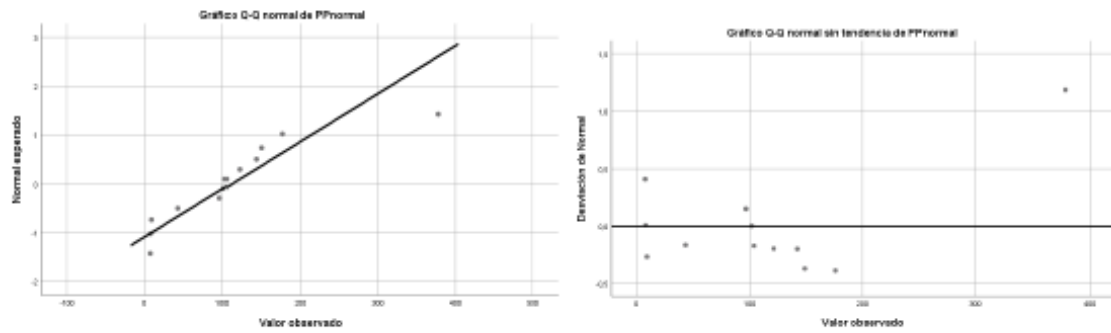
Tminnormal



Tmedianormal



PPnormal



```
GET
FILE='V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables cal.sav'.
DATASET NAME ConjuntoDatos3 WINDOW=FRONT.
EXAMINE VARIABLES=DBOa DBOe DQOa DQOe SSTa SSTe AyGa AyGe ColiformesTermotolerantes.a
ColiformesTermotolerantes.e
/PLOT BOXPLOT NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.
```

Explorar

Notas

Salida creada		19-SEP-2024 02:30:40
Comentarios		
Entrada	Datos	V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables cal.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos3
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	6
	Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos
Casos utilizados		Los estadísticos se basan en casos sin valores perdidos para ninguna de la variable dependiente o factor utilizado.
Sintaxis	EXAMINE VARIABLES=DBOa DBOe DQOa DQOe SSTa SSTe AyGa AyGe ColiformesTermotolerantes.a ColiformesTermotolerantes.e /PLOT BOXPLOT NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:02.52
	Tiempo transcurrido	00:00:02.08

[ConjuntoDatos3] V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables cal.sav

Resumen de procesamiento de casos

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DBOa	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DBOe	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DQOa	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
DQOe	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
SSTa	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
SSTe	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
AyGa	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
AyGe	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
ColiformesTermotolerantes.a	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
ColiformesTermotolerantes.e	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Dev. Error	
DBOa	Media	199,7333	24,38725	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	137,0439	
		Límite superior	262,4227	
	Media recortada al 5%	198,0370		
	Mediana	173,5000		
	Varianza	3568,427		
	Desv. Desviación	59,73631		
	Mínimo	149,00		
	Máximo	281,00		
	Rango	132,00		
	Rango intercuartil	118,95		
	Asimetría	,775	,845	
	Curtosis	-1,873	1,741	
	DBOe	Media	61,5167	9,64228
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	36,7304	
		Límite superior	86,3029	
Media recortada al 5%		61,4074		
Mediana		61,0500		
Varianza		557,842		
Desv. Desviación		23,61867		
Mínimo		31,00		
Máximo		94,00		
Rango		63,00		
Rango intercuartil		45,75		

	Asimetría		,105	,845
	Curtosis		-1,072	1,741
DQOa	Media		431,7167	48,63367
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	306,6998	
		Límite superior	556,7335	
	Media recortada al 5%		430,8519	
	Mediana		398,6500	
	Varianza		14191,402	
	Desv. Desviación		119,12767	
	Mínimo		277,00	
	Máximo		602,00	
	Rango		325,00	
	Rango intercuartil		208,75	
	Asimetría		,404	,845
	Curtosis		-,767	1,741
DQOe	Media		119,6833	23,08564
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	60,3398	
		Límite superior	179,0269	
	Media recortada al 5%		120,7037	
	Mediana		120,5500	
	Varianza		3197,682	
	Desv. Desviación		56,54805	
	Mínimo		42,00	
	Máximo		179,00	
	Rango		137,00	
	Rango intercuartil		109,25	
	Asimetría		-,217	,845
	Curtosis		-1,853	1,741
SSTa	Media		217,5500	13,68268
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	182,3775	
		Límite superior	252,7225	
	Media recortada al 5%		218,9278	
	Mediana		218,5000	
	Varianza		1123,295	
	Desv. Desviación		33,51559	
	Mínimo		159,30	
	Máximo		251,00	
	Rango		91,70	
	Rango intercuartil		52,93	
	Asimetría		-1,033	,845
	Curtosis		1,378	1,741

SSTe	Media		72,7000	9,57897
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	48,0765	
		Límite superior	97,3235	
	Media recortada al 5%		71,8333	
	Mediana		68,5000	
	Varianza		550,540	
	Desv. Desviación		23,46359	
	Mínimo		49,00	
	Máximo		112,00	
	Rango		63,00	
	Rango intercuartil		41,40	
	Asimetría		,948	,845
	Curtosis		,490	1,741
AyGa	Media		27,7333	1,93488
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,7596	
		Límite superior	32,7071	
	Media recortada al 5%		27,7148	
	Mediana		27,2000	
	Varianza		22,463	
	Desv. Desviación		4,73948	
	Mínimo		21,60	
	Máximo		34,20	
	Rango		12,60	
	Rango intercuartil		9,00	
	Asimetría		,198	,845
	Curtosis		-1,179	1,741
AyGe	Media		11,1667	1,27454
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,8904	
		Límite superior	14,4430	
	Media recortada al 5%		11,2685	
	Mediana		11,8000	
	Varianza		9,747	
	Desv. Desviación		3,12197	
	Mínimo		6,00	
	Máximo		14,50	
	Rango		8,50	
	Rango intercuartil		5,35	
	Asimetría		-.898	,845
	Curtosis		,275	1,741
ColiformesTermotolerantes.a	Media		21765000,0000	11885302,8989

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-8787143,7428		
		Límite superior	52317143,7428		
	Media recortada al 5%		20250555,5556		
	Mediana		4600000,0000		
	Varianza		8475625500000 00,000		
	Desv. Desviación		29112927,5408 7		
	Mínimo		790000,00		
	Máximo		7,00E+7		
	Rango		69210000,00		
	Rango intercuartil		48352500,00		
	Asimetría		1,241	,845	
	Curtosis		-,197	1,741	
	ColifomesTermotolerantes.e	Media		1201915,0000	420020,76285
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	122217,2564	
		Límite superior	2281612,7436		
Media recortada al 5%			1207656,1111		
Mediana			1300000,0000		
Varianza			1058504647350 .000		
Desv. Desviación			1028836,55036		
Mínimo			490,00		
Máximo			2,30E+6		
Rango			2299510,00		
Rango intercuartil			2291627,50		
Asimetría			-,213	,845	
Curtosis			-1,875	1,741	

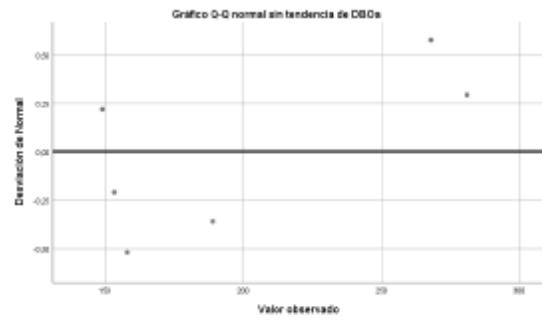
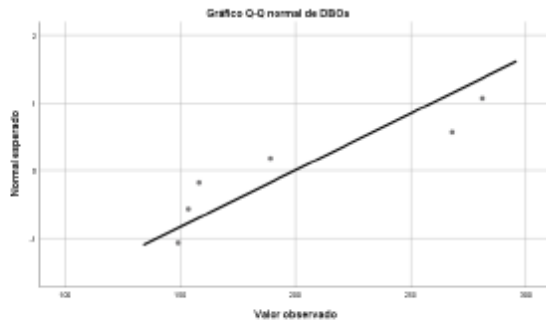
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBOa	,258	6	,200 [*]	,804	6	,064
DBOe	,159	6	,200 [*]	,966	6	,863
DQOa	,252	6	,200 [*]	,938	6	,643
DQOe	,182	6	,200 [*]	,910	6	,439
SSTa	,233	6	,200 [*]	,897	6	,357
SSTe	,229	6	,200 [*]	,915	6	,472
AyGa	,149	6	,200 [*]	,972	6	,907
AyGe	,171	6	,200 [*]	,943	6	,682
ColifomesTermotolerantes.a	,389	6	,005	,743	6	,017
ColifomesTermotolerantes.e	,210	6	,200 [*]	,850	6	,158

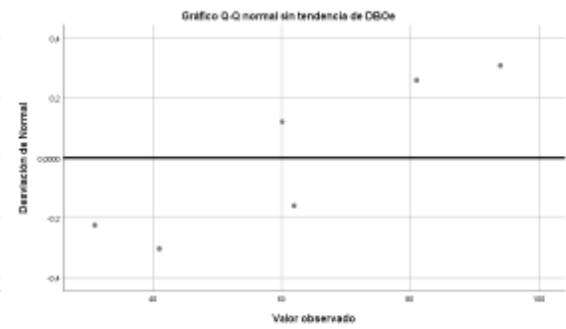
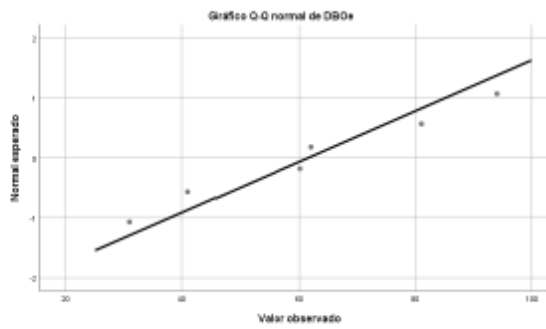
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

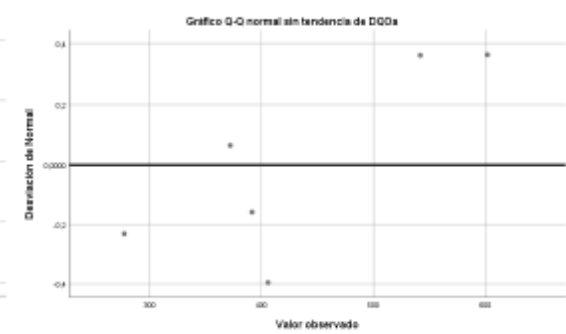
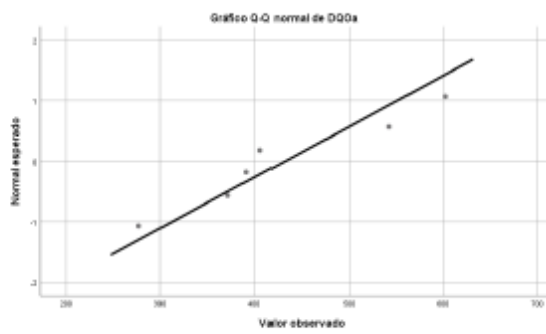
DBOa



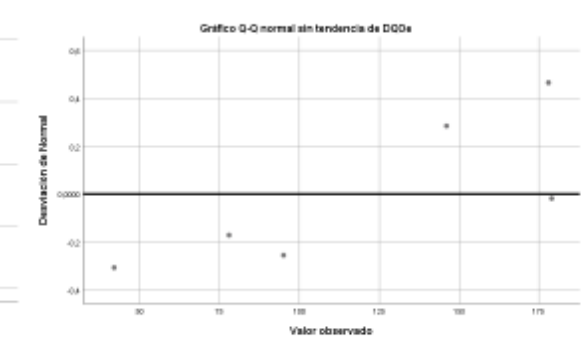
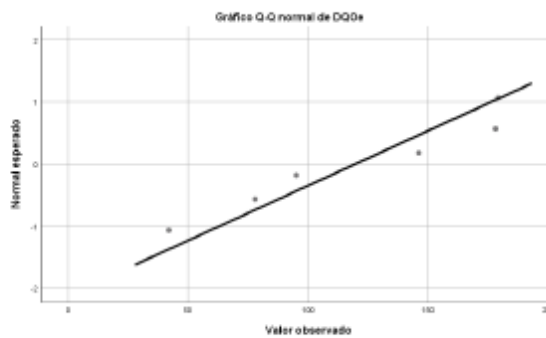
DBOe



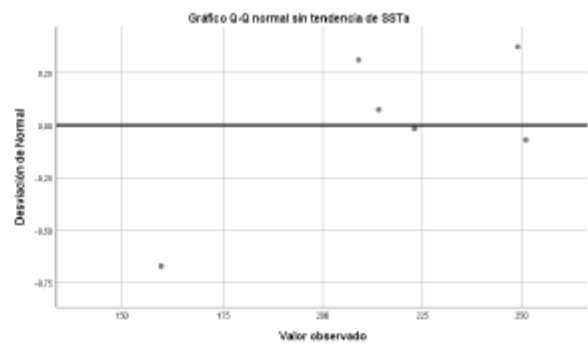
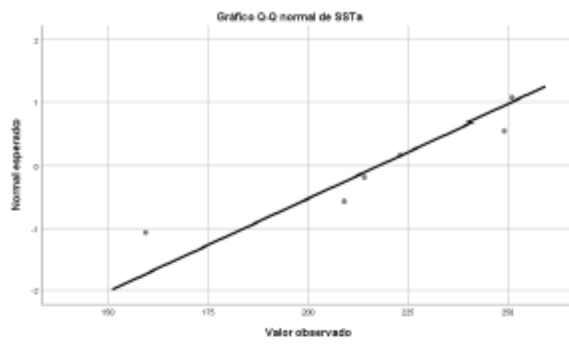
DQOa



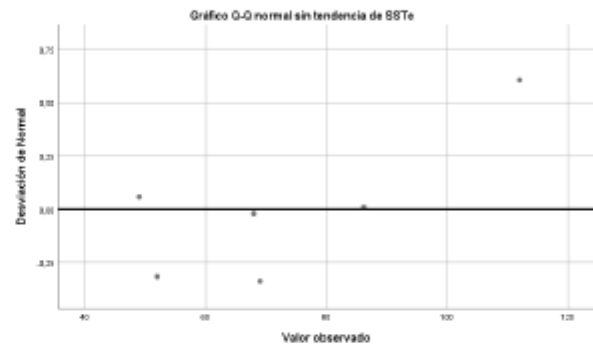
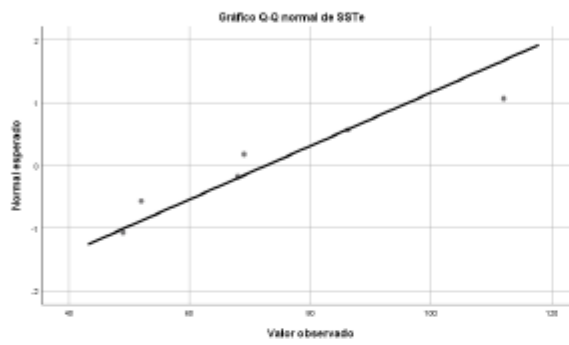
DQOe



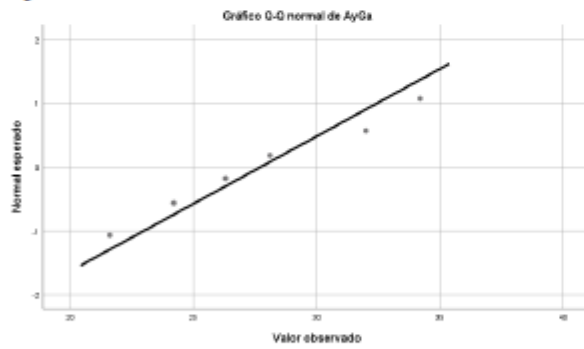
SSTa



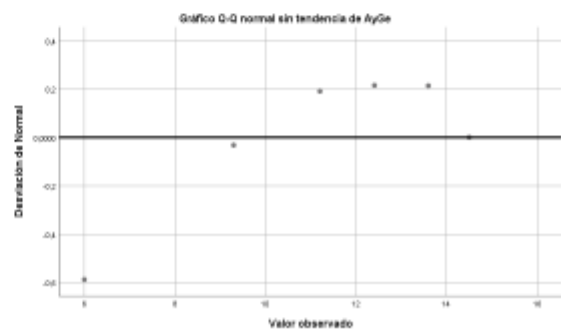
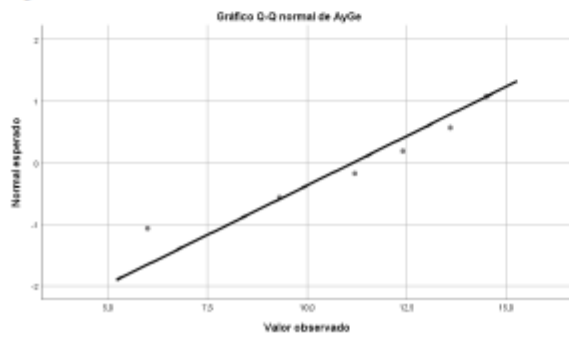
SSTe



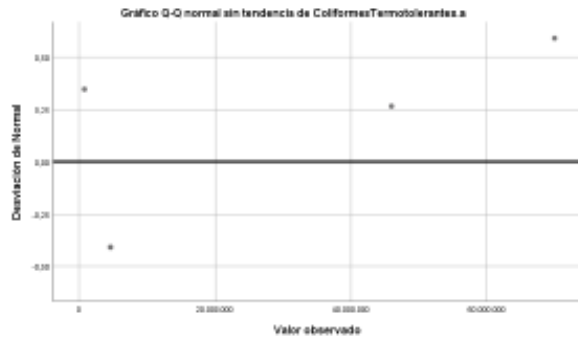
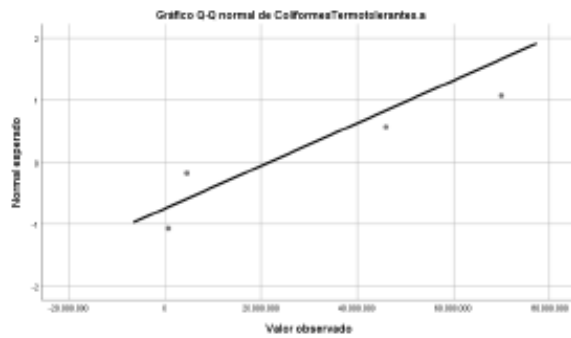
AyGa



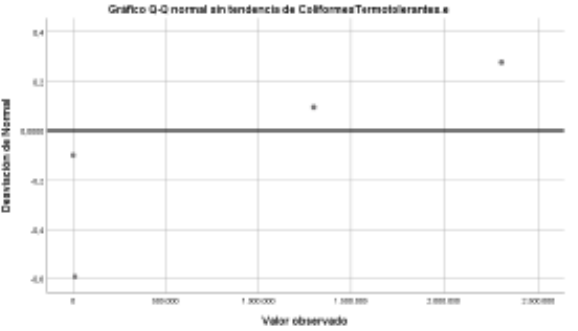
AyGe



ColiformesTermotolerantes.a



ColiformesTermotolerantes.e



```
EXAMINE VARIABLES=Tmax rais2Tmin rais2Tmed PP rais2DBO rais2DQO SST rais2AyG
ColiformesTermotolerantes
/PLOT NPLOT
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.
```

Explorar Notas

Salida creada		17-SEP-2024 16:55:35
Comentarios		
Entrada	Datos	V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables cal y met.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	6
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para variables dependientes se tratan como perdidos.

Casos utilizados		Los estadísticos se basan en casos sin valores perdidos para ninguna de la variable dependiente o factor utilizado.
Sintaxis		EXAMINE VARIABLES=Tmax raiz2Tmin raiz2Tmed PP raiz2DBO raiz2DQO SST raiz2AyG ColiformesTermotolerantes /PLOT NPLOT /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:02.42
	Tiempo transcurrido	00:00:04.39

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tmax	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
raiz2Tmin	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
raiz2Tmed	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
PP	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
raiz2DBO	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
raiz2DQO	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
SST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
raiz2AyG	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
ColiformesTermotolerantes	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Dev. Error	
Tmax	Media	23,4117	,35805	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,4913	
		Límite superior	24,3321	
	Media recortada al 5%	23,3563		
	Mediana	23,0100		
	Varianza	,769		
	Dev. Desviación	,87705		
	Mínimo	22,79		
	Máximo	25,03		

	Rango		2,24	
	Rango intercuartil		1,29	
	Asimetría		1,643	,845
	Curtosis		2,299	1,741
raiz2Tmin	Media		3,1872	,07569
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,9926	
		Límite superior	3,3817	
	Media recortada al 5%		3,1940	
	Mediana		3,2124	
	Varianza		,034	
	Desv. Desviación		,18541	
	Mínimo		2,88	
	Máximo		3,37	
	Rango		,50	
	Rango intercuartil		,33	
	Asimetría		-,897	,845
	Curtosis		,479	1,741
raiz2Tmed	Media		3,9909	,04289
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,8807	
		Límite superior	4,1012	
	Media recortada al 5%		3,9901	
	Mediana		3,9887	
	Varianza		,011	
	Desv. Desviación		,10506	
	Mínimo		3,87	
	Máximo		4,12	
	Rango		,25	
	Rango intercuartil		,23	
	Asimetría		,076	,845
	Curtosis		-1,769	1,741
PP	Media		61,5500	23,59608
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8943	
		Límite superior	122,2057	
	Media recortada al 5%		57,8056	
	Mediana		43,5500	
	Varianza		3340,651	
	Desv. Desviación		57,79837	
	Mínimo		16,60	
	Máximo		173,90	
	Rango		157,30	
	Rango intercuartil		69,25	

	Asimetría		1,964	,845
	Curtosis		4,130	1,741
raiz2DBO	Media		8,3353	,15591
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,9345	
		Límite superior	8,7360	
	Media recortada al 5%		8,3338	
	Mediana		8,2755	
	Varianza		,146	
	Desv. Desviación		,38189	
	Mínimo		7,80	
	Máximo		8,90	
	Rango		1,10	
	Rango intercuartil		,61	
	Asimetría		,194	,845
	Curtosis		,018	1,741
raiz2DQO	Media		8,5364	,24148
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,9157	
		Límite superior	9,1571	
	Media recortada al 5%		8,5578	
	Mediana		8,6240	
	Varianza		,350	
	Desv. Desviación		,59151	
	Mínimo		7,48	
	Máximo		9,21	
	Rango		1,73	
	Rango intercuartil		,81	
	Asimetría		-1,211	,845
	Curtosis		2,224	1,741
SST	Media		65,2133	6,07968
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	49,5850	
		Límite superior	80,8417	
	Media recortada al 5%		65,6265	
	Mediana		72,6000	
	Varianza		221,775	
	Desv. Desviación		14,89212	
	Mínimo		45,89	
	Máximo		77,10	
	Rango		31,21	
	Rango intercuartil		30,50	
	Asimetría		-,897	,845
	Curtosis		-1,872	1,741

raiz2AyG	Media		7,6134	,34928
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,7155	
		Límite superior	8,5112	
	Media recortada al 5%		7,5960	
	Mediana		7,6722	
	Varianza		,732	
	Desv. Desviación		,85556	
	Mínimo		6,53	
	Máximo		9,01	
	Rango		2,49	
	Rango intercuartil		1,30	
	Asimetría		,567	,845
	Curtosis		,861	1,741
ColiformesTermotolerantes	Media		94,6367	4,60797
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	82,7915	
		Límite superior	106,4818	
	Media recortada al 5%		95,6135	
	Mediana		99,7400	
	Varianza		127,400	
	Desv. Desviación		11,28718	
	Mínimo		71,74	
	Máximo		99,95	
	Rango		28,21	
	Rango intercuartil		9,47	
	Asimetría		-2,385	,845
	Curtosis		5,731	1,741

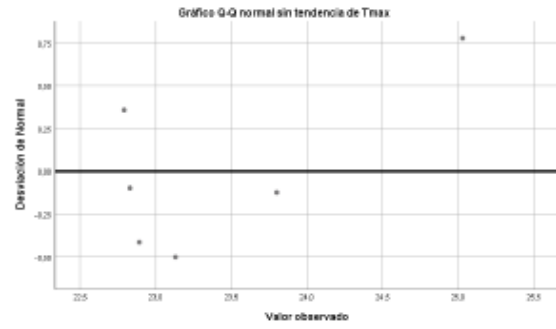
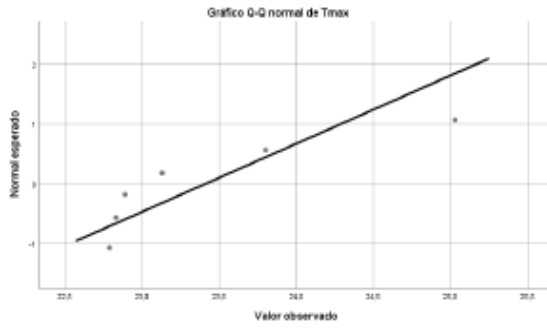
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tmax	,293	6	,118	,782	6	,040
raiz2Tmin	,174	6	,200 [*]	,924	6	,533
raiz2Tmed	,197	6	,200 [*]	,888	6	,309
PP	,304	6	,087	,774	6	,034
raiz2DBO	,154	6	,200 [*]	,983	6	,966
raiz2DQO	,237	6	,200 [*]	,919	6	,497
SST	,355	6	,018	,737	6	,015
raiz2AyG	,226	6	,200 [*]	,952	6	,753
ColiformesTermotolerantes	,406	6	,002	,570	6	,000

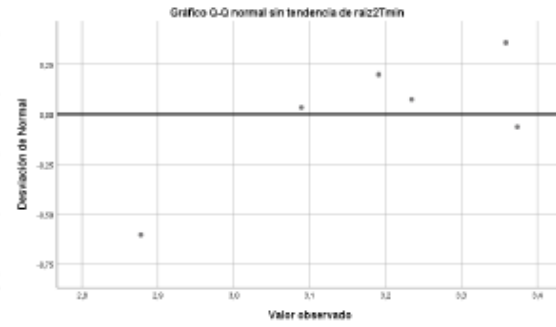
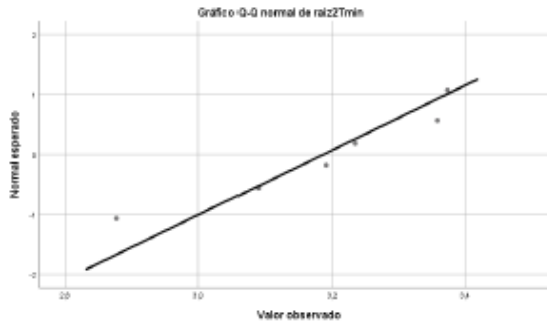
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

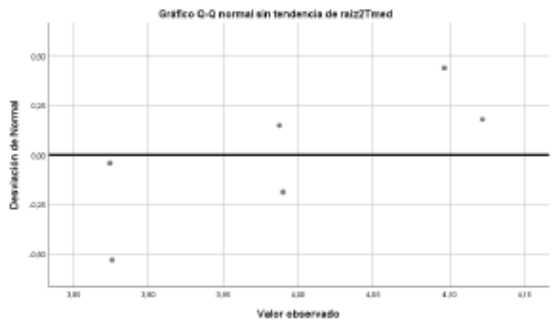
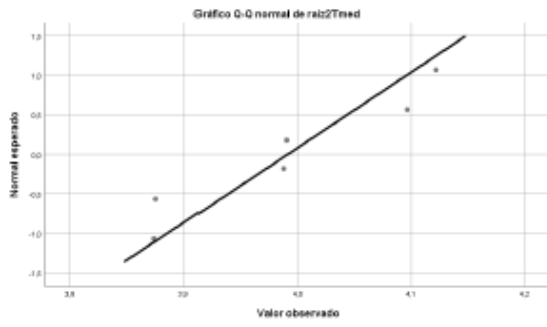
Tmax



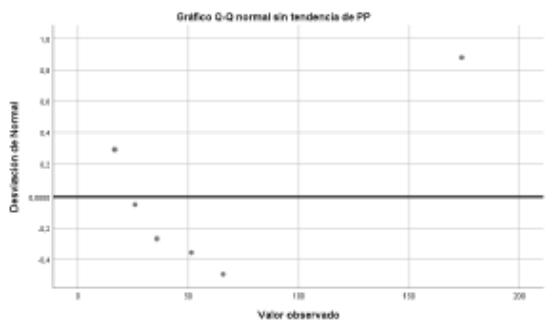
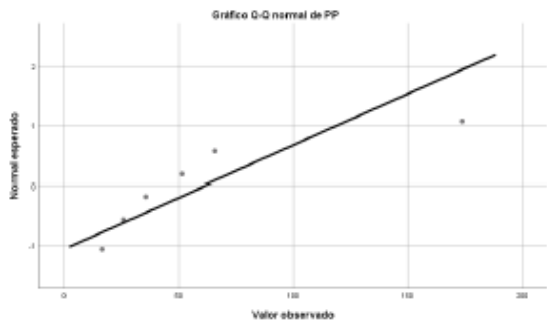
raiz2Tmin



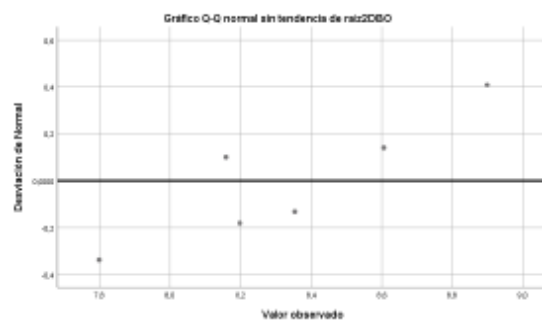
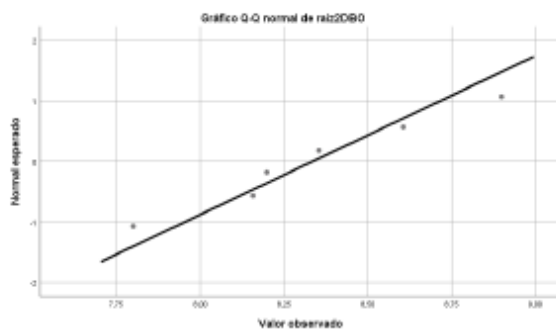
raiz2Tmed



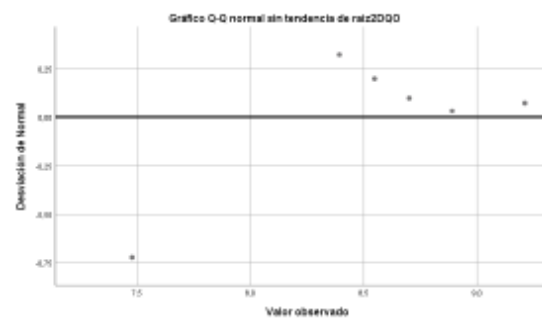
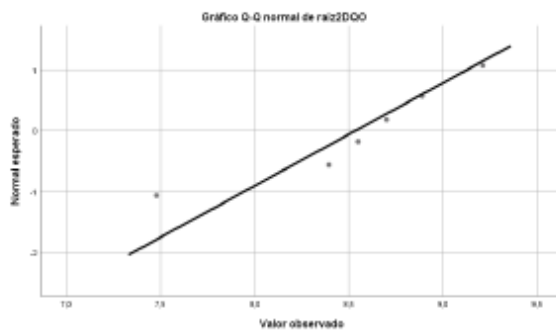
PP



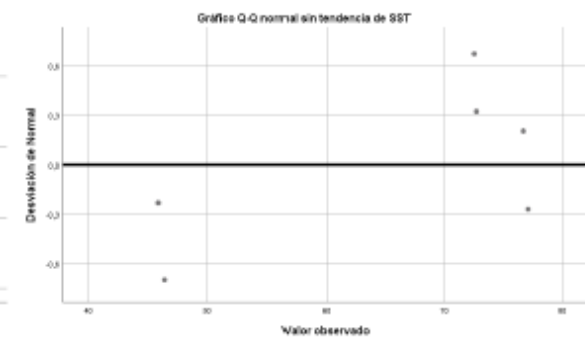
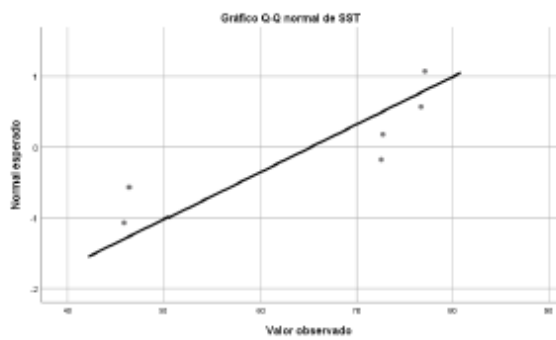
raiz2DBO



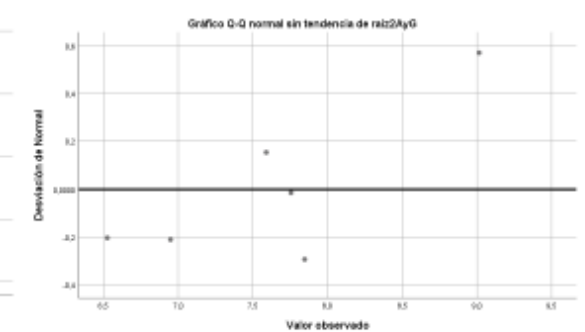
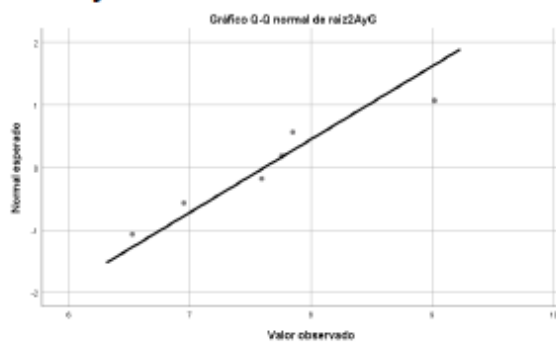
raiz2DQO



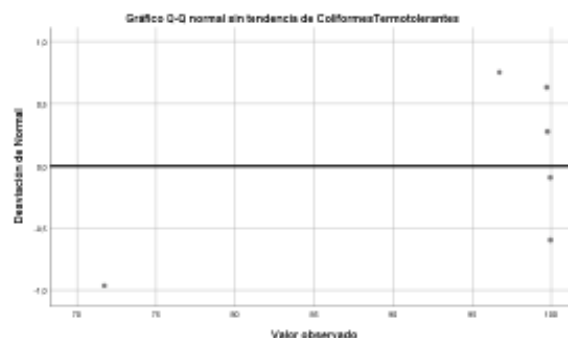
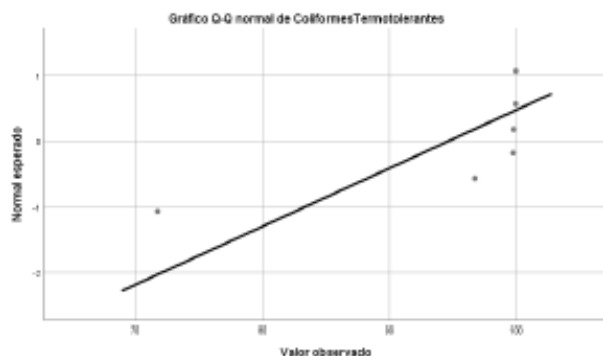
SST



raiz2AyG



Coliformes Termotolerantes



Correlaciones Notas

Salida creada		17-JUN-2024 16:40:54
Comentarios		
Entrada	Datos	V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables cal y met.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	6
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Las estadísticas para cada par de variables se basan en todos los casos con datos válidos para dicho par.
Sintaxis	<pre> CORRELATIONS /VARIABLES=Tmax raiz2Tmin raiz2Tmed PP raiz2DBO raiz2DQO SST ColiformesTermotolerantes raiz2AyG /PRINT=TWOTAIL NOSIG /MISSING=PAIRWISE. </pre>	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.00
	Tiempo transcurrido	00:00:00.12

[ConjuntoDatos1] V:\Personal\2023 TESIS MAESTRIA\Análisis estadístico\SPSS\Variables cal y met.sav

Correlaciones

		Tmax	raiz2Tmin	raiz2Tmed	PP
Tmax	Correlación de Pearson	1	,036	,713	-,290
	Sig. (bilateral)		,946	,112	,577
	N	6	6	6	6
raiz2Tmin	Correlación de Pearson	,036	1	,535	,559
	Sig. (bilateral)	,946		,274	,249
	N	6	6	6	6
raiz2Tmed	Correlación de Pearson	,713	,535	1	,162
	Sig. (bilateral)	,112	,274		,759
	N	6	6	6	6
PP	Correlación de Pearson	-,290	,559	,162	1
	Sig. (bilateral)	,577	,249	,759	
	N	6	6	6	6
raiz2DBO	Correlación de Pearson	,241	,242	,537	-,136
	Sig. (bilateral)	,645	,644	,271	,797
	N	6	6	6	6
raiz2DQO	Correlación de Pearson	,272	-,531	,107	-,135
	Sig. (bilateral)	,602	,278	,840	,798
	N	6	6	6	6
SST	Correlación de Pearson	-,546	,482	,061	,337
	Sig. (bilateral)	,262	,333	,909	,514
	N	6	6	6	6
ColiformesTermotolerantes	Correlación de Pearson	,396	,214	,554	,392
	Sig. (bilateral)	,437	,684	,254	,442
	N	6	6	6	6
raiz2AyG	Correlación de Pearson	,840	,503	,847	,053
	Sig. (bilateral)	,037	,309	,033	,921
	N	6	6	6	6

Correlaciones

		raiz2DBO	raiz2DQO	SST	ColiformesTerm otolerantes
Tmax	Correlación de Pearson	,241	,272	-,546	,396
	Sig. (bilateral)	,645	,602	,262	,437
	N	6	6	6	6
raiz2Tmin	Correlación de Pearson	,242	-,531	,482	,214
	Sig. (bilateral)	,644	,278	,333	,684
	N	6	6	6	6
raiz2Tmed	Correlación de Pearson	,537	,107	,061	,554
	Sig. (bilateral)	,271	,840	,909	,254
	N	6	6	6	6
PP	Correlación de Pearson	-,136	-,135	,337	,392
	Sig. (bilateral)	,797	,798	,514	,442
	N	6	6	6	6
raiz2DBO	Correlación de Pearson	1	,495	,615	-,326
	Sig. (bilateral)		,318	,194	,528
	N	6	6	6	6
raiz2DQO	Correlación de Pearson	,495	1	-,006	-,196
	Sig. (bilateral)	,318		,990	,710
	N	6	6	6	6
SST	Correlación de Pearson	,615	-,006	1	-,411
	Sig. (bilateral)	,194	,990		,418
	N	6	6	6	6
ColiformesTermotolerantes	Correlación de Pearson	-,326	-,196	-,411	1
	Sig. (bilateral)	,528	,710	,418	
	N	6	6	6	6
raiz2AyG	Correlación de Pearson	,125	-,185	-,350	,628
	Sig. (bilateral)	,813	,726	,496	,181
	N	6	6	6	6

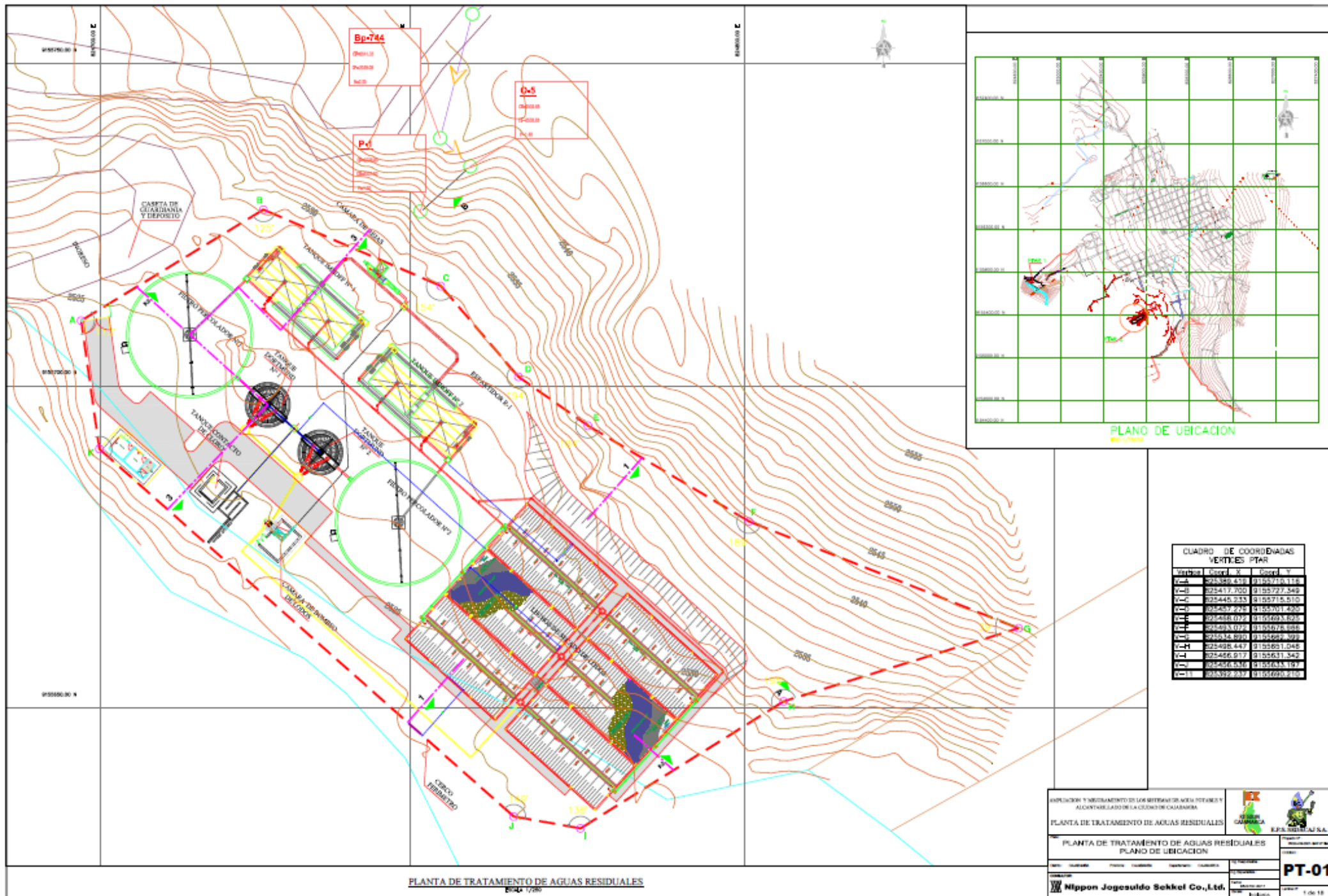
Correlaciones

		raiz2AyG
Tmax	Correlación de Pearson	,840*
	Sig. (bilateral)	,037
	N	6
raiz2Tmin	Correlación de Pearson	,503
	Sig. (bilateral)	,309
	N	6
raiz2Tmed	Correlación de Pearson	,847*
	Sig. (bilateral)	,033
	N	6
PP	Correlación de Pearson	,053
	Sig. (bilateral)	,921
	N	6
raiz2DBO	Correlación de Pearson	,125
	Sig. (bilateral)	,813
	N	6
raiz2DQO	Correlación de Pearson	-,185
	Sig. (bilateral)	,726
	N	6
SST	Correlación de Pearson	-,350
	Sig. (bilateral)	,496
	N	6
ColiformesTermotolerantes	Correlación de Pearson	,628
	Sig. (bilateral)	,181
	N	6
raiz2AyG	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	6

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

ANEXO A

PLANOS



Bp-746
 OBRERA
 PUNTO
 N.O.

O-5
 OBRERA
 PUNTO
 N.O.

P-4
 OBRERA
 PUNTO
 N.O.

PLANO DE UBICACION

CUADRO DE COORDINADAS VERTICES PTAR

VERTICE	Coord. X	Coord. Y
V-A	325458.438	8155218.118
V-B	325417.700	8155727.548
V-C	325445.233	8155715.510
V-D	325457.228	8155701.450
V-E	325458.078	8155693.838
V-F	325493.078	8155675.888
V-G	325535.890	8155658.707
V-H	325498.447	8155651.045
V-I	325466.917	8155631.542
V-J	325455.518	8155624.187
V-K	325422.847	8155618.938

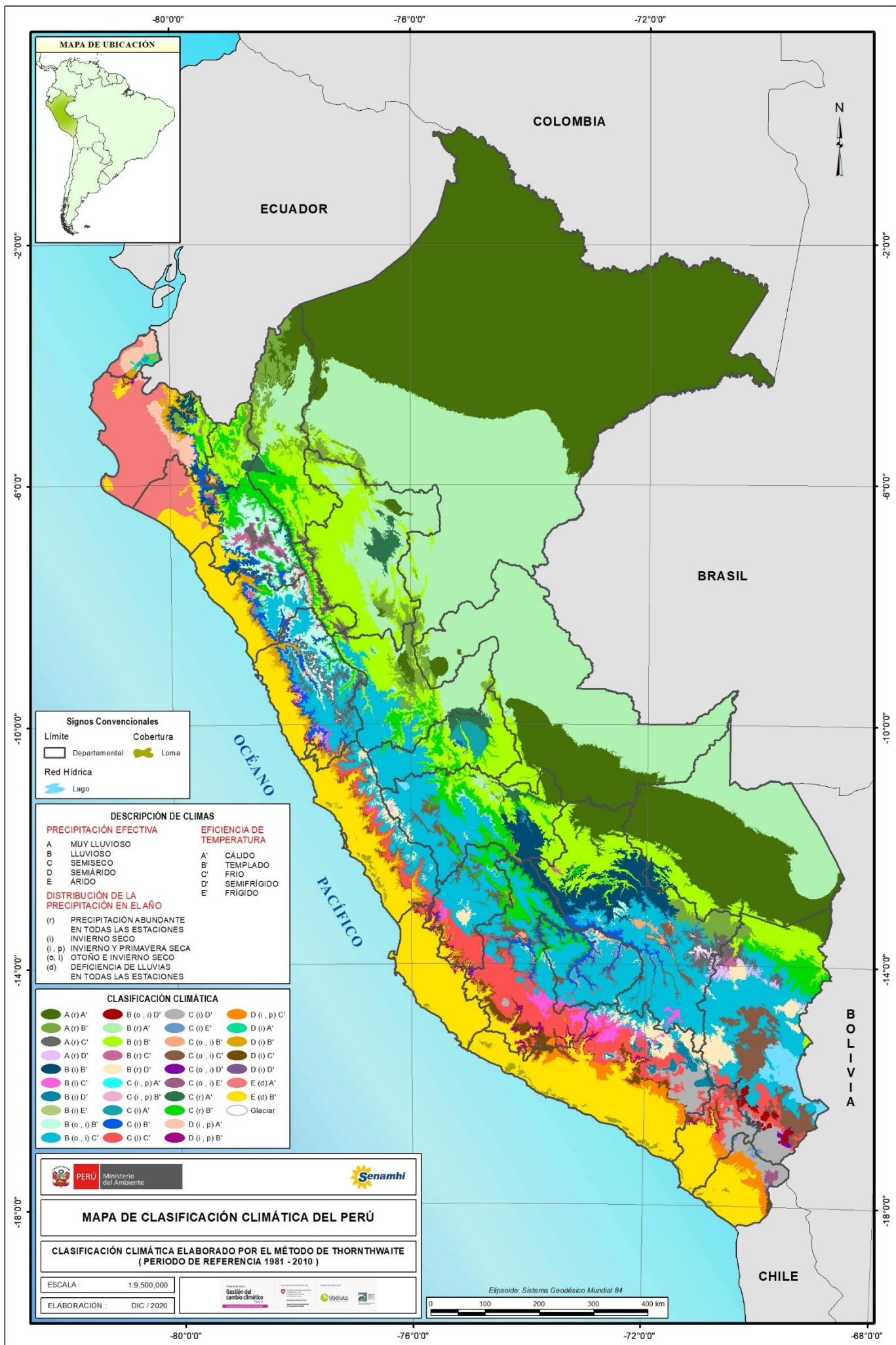
APLICACION Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUAS RESIDUALES Y ALICANTAMIENTO DE LA CIUDAD DE CALABARRA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PLANO DE UBICACION

PT-01

1 de 18



Signos Convencionales

—	Departamental	—	Cobertura
—	Lago	—	Loma

DESCRIPCIÓN DE CLIMAS

PRECIPITACIÓN EFECTIVA	EFICIENCIA DE TEMPERATURA
A MUY LLUVIOSO	A' CÁLIDO
B LLUVIOSO	B' TEMPLADO
C SEMISECO	C' FRÍO
D SEMIÁRIDO	D' SEMIFRÍGIDO
E ÁRIDO	E' FRÍGIDO

DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL AÑO

(r) PRECIPITACIÓN ABUNDANTE EN TODAS LAS ESTACIONES
 (i) INVIERNO SECO
 (i, p) INVIERNO Y PRIMAVERA SECA
 (o, l) OTOÑO E INVIERNO SECO
 (d) DEFICIENCIA DE LLUVIAS EN TODAS LAS ESTACIONES

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

A (r) A'	B (o, i) D'	C (i) D'	D (i, p) C'
A (r) B'	B (r) A'	C (i) E'	D (i) A'
A (r) C'	B (r) B'	C (o, i) B'	D (i) B'
A (r) D'	B (r) C'	C (o, i) C'	D (i) C'
B (i) B'	B (r) D'	C (o, i) D'	D (i) D'
B (i) C'	C (i, p) A'	C (o, i) E'	E (d) A'
B (i) D'	C (i, p) B'	C (r) A'	E (d) B'
B (i) E'	C (i) A'	C (r) B'	Glaciar
B (o, i) B'	C (i) B'	D (i, p) A'	
B (o, i) C'	C (i) C'	D (i, p) B'	

PERÚ Ministerio del Ambiente **Senamhi**

MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DEL PERÚ

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA ELABORADO POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE (PERIODO DE REFERENCIA 1981 - 2010)

ESCALA: 1:9,500,000

ELABORACIÓN: DIC / 2020

Elipsoide: Sistema Geodésico Mundial 84

ANEXO B

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:

DEPARTAMEN CAJAMARCA
 PROVINCIA CAJABAMBA
 DISTRITO CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLOGICOS

VARIABLE : PRECIPITACIÓN
 UNIDADES: °C

Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
1991	77.9	93.6	176	70	19	6	3.5	0	20.5	56.8	156	81.5
1992	55.4	70.2	65.9	59.5	12	20.5	1.5	10.5	79.7	162	65.5	74
1993	87	230	309	216.5	66.8	0.5	5.2		67.6	166.6	173	287.8
1994	195	248.2	182.8	162.6	62.9	4.5	8.6	1	19.1	106.1	116.4	135.1
1995	46.9	156.7	155.6	71.2	65.6	3.7	16.5	1	35.2	127.8	80	237.4
1996	121.6	233.2	162.8	151.6	43.1	11.8	0	9.5	28.8	151.1	67.6	75.1
1997	59.9	148.4	84.8	58.8	25.1	21.9	0	21.2	39	93.8	148.2	184.7
1998	261.2	262.8		151.3	22.6	2.7	0	7.6	48.6	120.5	64.5	87.1
1999	187.3	319.7	98.7	73.2	50.6	38.7	14.3	3.1	92.5	21.9	95.3	123.1
2000	92.3	228.9	186	98.8	37.4	14.9	2.3	7.7	65.6	14.8	40	141.5
2001	193	127	244.2	42	46.5	2.6	5.1	0	33.9	95.8	169.4	192.9
2002	73.1	94.4	329.5	108.4	19.7	4.7	13.5	0	57.6	124.5	144.2	176.1
2003	84.9	92.1	137.4	78.6	23.2	17.5	7.9	0	50.8	100.8	140.7	139
2004	100.1	76.4	75.3	75.1	41.3	3.1	30	4.7	79.7	128.7	158.6	145.9
2005		135	172.6	70	11.1	4.7	1.4	11.7	10.8	149.9	22.7	172.5
2006	84.7	137.8		98.9	8	22.8	4.4	23		74.3	101.5	140.6
2007	108.3	58.4	319.2	155.9	44.8	0	7.2	1.3	28.5		85.6	108.1
2008	155.2	134.6	144.5	125.4	35.4	25.2	9.8	4.8	65	167.6	87.5	36.6
2009	228.3	102.2	220.4	199.5	118.6	16.2	18.4	9	7.9	131.6	168.1	121.4
2010	56.6	124.6	126.4	118.8	63.8	6.6	1.1	5.4	21.8	51	85	111.2
2011	75	107.6	140.6	170.1	7.7	3.7	11.2	6.4	63.5	101.7	85.7	235.4
2012	244.6	189.4	103.9	144.7	40.2	4.1	0	1.6	1.5	153.3	107	79.1
2013	77.8	129.2	278.5	136.9	63.4	6.6	16.9	24.7	3	174.9	17.7	137.5
2014	108.7	199.6	178.3	105.5	75.3	0	10.8	0.7	41.3	68.8	102.8	157.9
2015	180.5	64.2	212.9	63.5	68.3	1	2	0	10.8	33.9	96.6	31.3
2016	152.8	149.4	117.7	44.3	12.4	10.4	0	3.1	11.6	67.6	14.5	191.3
2017	104.9	145.6	163.7	90.6	144.9	17	0	17.2	26.5	127.3	28.4	256
2018	124.6	141.2	125.3	58.8	52.8	2.1	0	8.4				52.9
2019	75.4	216	198.4	114.4	19.6	1.1	5.9	0	45.3	79.7	148.1	183.5
2020	109.3	50.8					50.1	0	19.5	25.9	133.6	173.9

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
 PROVINCIA : CAJABAMBA
 DISTRITO : CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLOGICOS

VARIABLE : PRECIPITACION MENSUAL
 UNIDADES: mm

DIA	2020				2021							
	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1	0.0	0.0	0.0	10.0	2.5	1.2	1.2	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	12.2	2.0	0.8	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	24.9	0.0	17.2	8.3	11.6	5.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	18.6	1.8	5.2	10.9	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
5	0.0	0.0	3.5	5.9	0.0	7.9	0.0	6.7	5.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.3	4.7	0.0	0.0	0.6	0.5	16.1	4.5	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	23.2	2.6	0.0	4.6	1.1	3.7	0.6	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	10.8	5.9	0.0	7.8	0.8	0.5	1.8	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	4.1	5.8	0.0	43.9	2.0	0.0	1.2	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	14.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	5.4	5.5	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	5.5	6.4	3.4	0.0	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	26.8	0.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0
14	0.0	0.0	3.4	1.5	12.1	0.5	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	1.2	6.7	19.9	0.8	8.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.9	0.0	1.4	0.8	8.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	11.4	5.4	0.8	0.5	33.6	0.0	11.6	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.8	22.3	15.5	0.0	0.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	3.8	15.5	2.6	3.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	5.3	29.5	1.9	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.3	10.7	0.0	1.6	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
24	0.0	3.6	0.0	0.9	0.6	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3
25	0.0	0.4	0.0	0.0	3.7	0.0	1.7	2.4	0.0	0.0	0.0	3.6
26	1.8	1.9	8.3	0.0	28.5	0.0	4.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	3.4	0.2	6.5	0.0	15.3	20.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
28	11.0	0.0	0.0	0.0	0.5	11.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
29	0.3	0.0	7.6	0.0	3.1	S/D	0.0	3.2	0.0	1.9	0.0	4.2
30	0.0	0.0	7.0	0.0	11.6	S/D	7.1	3.2	0.0	0.0	0.0	2.9
31	S/D	0.0	S/D	0.9	0.0	S/D	3.6	S/D	0.0	S/D	0.0	0.0

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:
 DEPARTAMEN CAJAMARCA
 PROVINCIA CAJABAMBA
 DISTRITO CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:
 LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLOGICOS
 VARIABLE : TEMPERATURA MAXIMA
 UNIDADES: °C

Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
1991	22.3	22.28	22.07	22.14	22.62	24.41	23.39	23.5	25.01	23.4	23.95	25.05
1992	24.27	25.23	23.83	23.54	24.3	21.05	21.25	22.55	23.97	23.26	23.66	24.1
1993	22.96	20.17	19.93	20.69	26.13	26.66	22.81	22.28	21.67	22.68	21.93	21.48
1994	21.4	20.89	21.38	21.53	22.13	21.21	23.6	24.45	24.89	23.04	21.57	21.14
1995	23.86	21.68	21.45	22.59	22.98	24.57	25.06	25.44	24.83	24.41	23.21	23.31
1996	21.43	21.02	21.07	20.85	21.69	22.4	23.13	22.87	24.03	23.44	23.77	22.97
1997	22.65	21.03	22.97	22.38	22.85	22.88	23.42	23.12	24.65	24.16	22.59	21.37
1998	22.2	22.69	21.75	22.71	23.44	22.96	23.32	23.59	24.23	23.21	23.62	23.77
1999	21.38	19.93	21.09	21.7	21.7	22.23	21.73	23.29	22.69	23.02	23.43	21.76
2000	22.74	20.09	20.41	20.83	21.85	22.07	22.16	22.8	22.52	24.02	24.36	21.84
2001	19.93	20.58	20.06	21.72	21.97	22.02	22.75	23.19	23.74	23.73	22.08	23.34
2002	22.5	21.66	21.11	21.5	22.38	22.47	22.49	23.6	24.44	22.6	21.83	22.12
2003	22.99	22.74	21.59	22.74	22.55	22.71	22.76	23.8	24.48	24.5	23.42	21.87
2004	24.1	22.22	22.92	23.18	23.85	21.99	22.52	23.29	22.7	22.99	22.35	22.64
2005	22.98	23.06	21.25	22.42	23.46	23.95	23.78	24.08	24.6	22.54	24.07	21.85
2006	22.78	22.29	21.01	21.89	23.11	22.14	23.23	23.55	23.83	24.29	22.61	21.91
2007	22.9	22.65	21.47	21.35	23.13	23.08	23.51	23.64	22.87	22.74	21.84	22.97
2008	21.21	21.21	20.46	21.37	22.32	22.61	22.79	23.55	22.93	21.65	22.01	23.41
2009	21.32	21.12	20.69	21.01	21.89	22.04	22.17	23.81	24.21	23.46	22.46	22.04
2010	22.72	23.2	22.62	22.97	22.76	22.75	23.88	23.6	24.02	23.9	23.23	21.41
2011	21.96	21.57	20.44	20.98	22.41	22.6	22.48	23.58	22.46	22.13	22.74	21.53
2012	21.37	21.14	21.63	21.35	21.96	22.27	22.59	23.25	23.89	22.8	22.37	22.46
2013	23.93	22.53	21.65	22.87	22.5	22.3	22.61	23.53	25.14	22.93	24.05	23.13
2014	23.14	22.77	21.43	22.98	22.65	23.78	23.82	23.58	24.31	24.33	24.07	23.32
2015	22.65	23.34	22.05	22.25	22.62	23.05	24.01	24.79	25.7	25.35	24.56	24.79
2016	25.81	23.76	23.88	24.24	25.12	23.6	24.18	24.94	25.3	25.45	27.15	23.32
2017	22.42	23.36	21.51	22.42	22.21	23.31	23.47	24.45	24.47	24.75	25.18	23.36
2018	22.85	23.86	21.92	21.89	22.73	22.76	23.01	24.27	24.96	23.9	23.84	23.3
2019	23.7	22.89	21.84	22.74	23.9	24.06	23.05	23.64	23.89	22.76	23.35	22.28
2020	24.13	23.88	24.52				22.94	23.98	23.4	25.03	25.18	22.89

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
 PROVINCIA : CAJABAMBA
 DISTRITO : CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLOGICOS

VARIABLE : TEMPERATURA MAXIMA
 UNIDADES: °C

DIA	2020				2021							
	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1	24.6	23.5	26.4	23.6	23.4	23.0	23.0	21.4	23.5	S/D	23.0	22.5
2	24.1	23.1	28.3	22.9	23.3	25.9	20.4	23.2	23.3	23.6	23.0	21.5
3	22.9	23.3	27.2	22.0	23.7	24.3	21.6	22.0	20.5	24.3	20.9	21.8
4	22.3	24.5	27.3	22.0	22.6	24.8	22.8	22.9	27.3	24.0	21.0	22.8
5	23.4	23.3	28.8	18.0	20.1	22.4	24.3	22.4	22.9	24.3	21.3	22.2
6	23.3	23.8	23.6	22.8	22.3	21.8	24.8	23.6	22.4	22.4	21.1	23.0
7	24.4	24.6	27.0	22.4	22.6	22.4	23.4	22.6	23.4	21.9	22.3	22.7
8	22.5	23.8	27.0	22.0	19.9	23.9	22.9	23.1	22.9	21.6	23.2	24.4
9	22.2	24.8	27.1	22.8	24.3	25.2	21.8	23.9	23.1	23.2	22.3	23.8
10	23.3	24.6	25.6	23.9	22.0	22.2	19.8	21.9	22.4	24.2	20.3	21.1
11	23.6	25.4	27.4	24.4	24.1	24.1	21.8	22.1	20.9	23.9	22.3	21.2
12	22.3	24.4	24.5	22.0	23.3	22.7	24.6	20.6	22.8	22.6	20.6	23.4
13	22.5	26.1	27.3	22.1	22.4	24.8	22.8	23.2	22.8	21.7	21.0	22.8
14	24.2	24.6	21.8	24.1	22.6	26.1	21.9	22.5	23.1	22.0	22.2	22.0
15	23.5	23.5	22.8	24.0	19.9	25.1	24.1	21.7	22.2	23.8	23.1	22.4
16	25.4	24.6	24.5	22.5	20.2	24.6	22.0	22.5	21.3	21.3	22.0	23.0
17	25.3	26.8	26.3	23.8	21.4	24.4	21.3	20.7	24.6	20.9	22.3	23.1
18	24.6	26.9	25.7	23.8	21.3	24.8	21.3	23.4	20.6	20.9	19.6	23.3
19	23.7	26.1	21.9	23.7	21.2	25.1	22.0	22.9	23.1	22.1	22.8	24.6
20	22.2	25.3	22.8	23.0	20.9	26.4	22.2	24.1	23.2	22.1	23.7	24.1
21	23.2	24.4	24.3	23.7	20.7	23.3	19.9	25.0	24.5	21.4	22.9	24.5
22	22.1	24.6	23.7	24.1	22.7	21.4	20.2	23.4	24.9	22.9	23.7	24.6
23	21.3	24.1	24.3	22.8	22.7	22.1	22.4	24.0	22.3	24.5	22.9	26.2
24	22.5	25.4	24.8	23.4	23.2	22.3	22.2	23.5	22.3	24.2	23.3	26.0
25	22.4	25.8	23.2	22.8	22.9	22.7	22.8	22.8	22.4	24.6	23.0	24.1
26	25.9	26.1	26.2	22.6	22.0	22.8	21.8	20.8	24.2	24.1	22.8	25.1
27	24.3	27.6	23.1	19.2	23.4	24.3	22.1	22.6	23.0	21.8	23.1	22.0
28	24.7	26.3	24.3	22.6	24.0	23.4	21.2	24.2	22.9	23.3	22.8	21.9
29	22.6	25.9	24.2	24.5	22.1	S/D	21.5	23.8	25.1	23.2	24.3	22.2
30	22.6	26.4	23.9	24.4	22.4	S/D	22.0	24.1	22.3	20.0	22.5	21.7
31	S/D	26.2	S/D	23.8	23.4	S/D	21.8	S/D	22.9	S/D	23.3	23.0

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:

DEPARTAMEN CAJAMARCA
 PROVINCIA CAJABAMBA
 DISTRITO CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLOGICOS

VARIABLE : TEMPERATURA MEDIA
 UNIDADES: °C

Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
1991	16.63	16.23	15.88	15.62	15.81	16.02	15.67	16.27	17.23	17.08	16.86	17.39
1992	17.26	17.84	17.72	17.44	17.63	15.62	14.84	15.31	16.62	16.59	16.74	17.01
1993	16.77	15.88	14.92	16.42			15.82	15.05	15.09	15.85	14.95	15.88
1994	15.32	14.67	15.37	15.27	14.99	14.6	15.7	16.42	17.41	15.9	14.95	15.62
1995	16.93	15.88	15.46	16.2	15.74	16.58	16.21	17.11	17.17	16.96	16.89	16.19
1996	15.4	15.4	15.79	15.59	15.13	15.13	15.31	15.56	17.37	17.32	16.19	16.56
1997	15.58	15.69	15.9	15.99	15.97	15.12	15.3	16.25	17.26	17.38	16.27	16.71
1998	16.45	17.1	16.35	16.88	16.2	15.9	15.86	16.31	16.56	16.81	16.35	16.76
1999	15.5	14.83	15.18	15.86	14.92	15.33	14.88	15.87	15.42	15.97	16.38	15.83
2000	15.79	14.54	14.7	14.94	15.29	15.3	15.07	15.78	15.43	16.53	16.27	15.81
2001	14.75	15.23	14.65	15.4	15.22	14.69	15.59	15.97	16.37	17.11	16.14	16.52
2002	16.22	16.15	15.41	15.42	16.02	15.41	15.73	16.11	17.21	16.18	15.95	16.58
2003	16.9	16.58	15.67	16.01	16.02	15.26	15.12	16.18	16.72	16.89	16.54	16.16
2004	15.92	16.29	16.43	16	16.19	15.21	15.24	15.87	16.16	16.46	16.21	16.23
2005	16.15	17.18	15.66	16.33	15.62	16.3	15.56	16.31	17	15.75	16.43	15.69
2006	16.15	16.16	15.21	15.6	15.32	15.21	15.45	16.33	16.65	16.89	16.22	15.82
2007	16.91	15.88	15.49	15.29	15.74	15.36	15.66	16.03	15.91	15.8	15.89	15.99
2008	15.57	14.93	14.47	14.94	15.08	15.15	15.17	16.32	16.07	15.78	15.97	15.95
2009	15.14	15.58	15.24	15.41	15.68	15.49	15.39	16.49	17.16	16.69	16.27	16.49
2010	17.23	17.03	16.58	16.78	16.48	15.99	16.27	16.26	16.72	16.46	16.22	15.28
2011	15.67	15.3	14.72	15.27	15.86	15.95	15.46	16.42	16.16	15.78	16.69	15.65
2012	15.6	15.03	15.78	15.35	15.57	14.98	15.52	15.99	16.59	16.02	16.41	16.17
2013	17.25	16.09	15.81	16.1	15.68	15.56	15.2	15.73	16.96	16.23	16.65	16.56
2014	16.33	16.04	15.52	16.06	15.92	15.85	15.73	15.84	16.44	16.53	16.49	16.42
2015	16.1	16.37	15.85	16.07	15.95		16.09	16.88	17.76	18.07	17.07	18.03
2016	17.9	17.41	17.13	16.93	17.39	15.83	16.15	17.05	17.31	17.09	18.08	16.41
2017	15.69	15.93	15.25	15.75	15.61	15.65	15.56	16.44	16.76	16.83	17.1	16.14
2018	15.68	16.16	16.02	15.54	15.6	15.11	15.53	16.36	17.17	16.33	16.61	16.27
2019	16.77	16.71	16.08	16.16	16.28	16.18	15.63	15.78	16.4	15.9	16.38	16.29
2020	16.97	17.17					15.44	15.76	16.28	16.78	16.43	15.92

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
 PROVINCIA : CAJABAMBA
 DISTRITO : CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLOGICOS

VARIABLE : TEMPERATURA MINIMA
 UNIDADES: °C

DIA	2020				2021							
	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1	11.5	12.8	7.8	12.5	12.2	9.3	11.9	12.6	10.8	12.0	6.5	10.8
2	10.6	10.8	5.4	11.3	12.8	8.8	12.3	11.9	11.3	12.2	6.0	11.1
3	11.1	9.9	5.7	13.3	12.5	11.5	11.4	12.6	9.8	8.6	5.0	6.0
4	10.2	11.7	9.6	12.0	12.7	12.6	10.2	12.2	8.5	9.0	4.4	6.2
5	11.6	7.8	9.7	12.4	10.6	10.8	12.0	12.6	8.4	9.4	5.5	4.7
6	9.9	8.8	10.5	12.2	11.6	11.6	10.9	11.2	8.9	11.6	5.4	4.8
7	7.4	7.1	10.0	12.1	13.6	12.6	11.6	11.8	9.4	9.8	4.8	5.3
8	11.5	10.2	10.5	12.5	11.9	9.9	11.8	12.4	10.6	9.9	5.8	6.1
9	7.8	11.7	9.9	10.1	12.2	8.7	12.0	12.0	11.9	9.0	8.6	5.3
10	8.4	7.7	8.9	12.3	12.1	10.9	9.8	14.0	8.6	7.9	6.5	7.5
11	9.4	8.0	11.0	12.7	9.4	8.2	10.4	12.0	8.9	8.6	10.1	9.0
12	10.1	8.2	12.0	11.8	9.3	13.1	11.2	10.2	8.0	11.2	10.5	8.4
13	11.2	7.3	9.2	11.8	12.3	13.0	11.2	12.1	11.6	12.0	10.0	10.8
14	10.5	11.1	9.8	11.7	12.1	10.3	9.8	11.8	10.3	7.0	7.6	7.8
15	11.7	8.8	9.8	12.4	12.8	8.6	9.9	11.8	11.5	8.4	6.0	11.6
16	11.5	9.8	10.0	11.0	12.2	8.4	9.3	10.8	10.8	9.3	6.3	8.5
17	8.5	12.7	10.4	12.3	11.2	10.2	9.0	9.9	8.8	12.1	10.0	7.9
18	10.7	10.6	10.5	12.8	12.3	7.0	7.4	8.3	11.9	11.0	10.6	7.4
19	12.1	10.4	11.2	10.0	12.0	7.2	10.4	9.6	10.8	10.8	6.9	7.7
20	12.3	13.1	10.6	12.8	12.6	6.7	9.6	9.8	11.1	10.9	7.4	7.2
21	7.8	12.7	11.8	11.3	12.0	6.0	10.9	9.1	8.9	8.9	6.5	8.4
22	12.9	13.0	10.2	11.4	12.9	10.4	8.8	10.2	10.8	7.4	6.6	7.9
23	11.4	12.7	11.1	11.2	12.5	12.2	11.9	9.2	10.0	7.3	6.1	7.9
24	11.5	10.3	10.1	11.3	8.9	12.8	11.0	10.0	9.0	7.2	4.8	9.2
25	10.3	12.4	10.2	11.0	9.9	13.4	12.3	12.2	12.0	7.6	6.2	7.2
26	10.1	10.6	11.5	10.2	12.8	8.2	10.2	11.9	9.8	7.3	5.4	10.6
27	8.9	12.8	12.7	12.6	11.0	9.6	12.0	10.9	9.2	7.8	5.8	7.8
28	8.8	11.7	12.5	9.1	12.6	13.1	12.6	11.1	8.6	7.6	6.1	10.9
29	12.4	10.4	12.4	8.7	11.7	S/D	12.5	12.1	7.8	12.6	6.5	12.0
30	12.6	9.8	12.0	7.7	10.8	S/D	12.2	12.2	6.9	11.8	6.8	11.8
31	S/D	9.4	S/D	8.2	9.9	S/D	12.7	S/D	10.1	S/D	7.0	8.8

CO. CAJABAMBA

UBICACIÓN POLÍTICA:

DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 PROVINCIA CAJABAMBA
 DISTRITO CAJABAMBA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LATITUD : 07° 37' 18" Sur
 LONGITUD : 78° 03' 05" Oeste
 ALTITUD : 2625 m.

DATOS METEOROLÓGICOS

VARIABLE : TEMPERATURA MINIMA
 UNIDADES: °C

Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
1991	10.07	10.01	10.55	10.4	8.63	7.27	5.99	6.97	8.2	9.68	9.67	9.61
1992	9.95	9.93	10.67	10.74	9.84	8.88	7.1	8.17	9.67	10.02	9.82	8.85
1993	9.92	9.87	9.92	10.91	12.87	11.11	7.79	6.6	9.69	10.25	9.47	11.36
1994	10.82	9.71	10.32	10.27	9.45	8.29	7.25	8.04	9.86	9.25	8.78	10.03
1995	10.32	10.33	10.87	9.83	8.46	8.21	8.26	7.84	9.11	9.97	10.43	9.72
1996	9.94	10.2	11.08	10.33	9.1	7.59	6.3	7.55	9.6	10.21	8.09	9.54
1997	8.85	10.95	9.26	9.55	9.74	7.97	7.37	8.82	10.18	11.58	11.57	12.47
1998	12.17	12.74	12.99	12.58	9.87	8.8	7.82	9.05	9.49	10.92	9.66	10.28
1999	11.13	11.32	10.87	11.41	10.23	9.72	8.17	8.69	10.26	9.87	10.68	11.27
2000	10.42	10.76	11.18	10.83	10.34	9.66	8.74	9.35	10.08	9.9	8.66	11.15
2001	11.26	11.49	11.43	10.83	10.33	8.59	9.24	8.91	10.62	12.06	11.67	11.55
2002	11.31	12.21	11.79	11.07	10.78	8.76	9.69	8.78	10.7	11.49	11.68	12.46
2003	12.06	11.89	11.38	11.62	10.89	9.27	8.18	9.02	9.96	10.79	10.36	11.53
2004	9.72	11.83	11.42	10.09	10.11	8.68	9.3	8.72	10.3	11.62	11.3	11.71
2005	10.85	12.73	12.03	11.79	8.97	9.63	7.9	8.92	10.19	11.28	9.46	10.49
2006	10.99	12	11.5	10.65	8.87	9.21	7.97	9.51	10.64	10.95	10.92	11.99
2007	12.74	10.69	11.68	11	10.26	8.43	8.81	9.09	9.3	10.05	11.29	10.3
2008	11.24	11.25	10.64	10.7	9.92	8.75	8.34	9.81	10.29	11.4	10.55	10.13
2009	11.17	11.32	11.44	11.21	11.57	10	9.15	9.89	10.14	11.26	10.84	11.78
2010	12.25	12.39	12.54	12.12	10.78	9.74	9.11	9.15	10.3	10.18	10.35	10.8
2011	10.62	10.5	10.21	10.83	9.88	9.4	9.08	9.65	10.56	10.17	11.53	11.46
2012	11.29	10.46	11.52	11.01	10.54	8.58	8.73	9.06	9.72	11.35	12.25	11.5
2013	12.32	11.56	12.01	11.31	10.81	9.89	8.43	9.47	9.76	11.74	10.57	11.58
2014	11.83	12.04	11.9	11.22	11.52	9.27	9	8.93	10.61	11.22	10.95	12.13
2015	12.04	11.71	12.23	11.85	11.24		9.14	9.42	11.48	12.15	11.7	12.74
2016	12.55	13.62	12.63	11.99	10.98	9.09	8.79	9.72	10.95	10.86	10.27	11.96
2017	11.57	11.46	11.69	11.55	10.81	9.48	8.37	9.66	11.08	11.18	11.06	11.43
2018	10.94	11.35	12.06	10.86	10.63	8.45	9.17	9.55	10.27	10.9	11.12	10.67
2019	12.08	12.75	12.44	11.48	10.64	9.77	9.08	8.31	9.85	11.56	11.51	12.06
2020	11.81	12.91	12.75				8.57	8.3	10.49	10.46	10.23	11.38