

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DECAIMIENTO DEL CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN  
DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE JAÉN – 2025**

Para optar el título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

**JESUS MIGUEL TAPIA DIAZ**

**ASESOR:**

**DR. ING. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**

**Cajamarca – Perú**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: JESUS MIGUEL TAPIA DIAZ

DNI: 60591966

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

2. Asesor: Gaspar Virilo Méndez Cruz

Facultad: Ingeniería

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:

DECAIMIENTO DEL CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE JAÉN – 2025

6. Fecha de evaluación: 17/10/2025

7. Software antiplagio:

☒ TURNITIN

☐ URKUND (OURIGINAL) (\*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 19 %

9. Código Documento: Oid: 3117:514391074

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 17 de octubre de 2025



FIRMA DEL ASESOR

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:  
BAZAN DIAZ Laura Sofia  
FAU 20148258601 soft  
Motivo: En señal de  
conformidad  
Fecha: 17/10/2025 19:54:54-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



# Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

**TITULO** : *DECAIMIENTO DEL CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE JAÉN - 2025.*

**ASESOR** : *Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0069-2026-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 15 de enero de 2026, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintidós días del mes de enero de 2026**, siendo a las quince horas con treinta minutos (03:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.  
Vocal : M. Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.  
Secretario : Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *DECAIMIENTO DEL CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE JAÉN - 2025*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *JESUS MIGUEL TAPIA DIAZ*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, asesorado por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ... *9.5* ..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : ... *15* ..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : ... *16* ..... PTS. ... *16 D.E.C.I.S.E.I.S.* (En letras)

En consecuencia, se lo declara ... *APROBADO* ... con el calificativo de ... *16 D.E.C.I.S.E.I.S.* ... acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las ... *16.30* ... horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.  
Presidente

M. Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.  
Vocal

Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.  
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.  
Asesor

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Todopoderoso, fuente de fortaleza y guía en mi camino académico y personal.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, y a todos los docentes que contribuyeron a mi formación académica.

Al Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, mi asesor, por su invaluable orientación, dedicación y aportes técnicos durante el desarrollo de esta investigación.

A los ingenieros Yang Pool Alexander Chuica Vega, jefe de planta y al Ing. Ney Jefferson Samamé Peralta, jefe de producción de agua potable y tratamiento de aguas residuales de la EPS MARAÑÓN SA.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por el don de la vida y por bendecirme con salud durante esta etapa de formación.

A mi padre, Antonio Abad Tapia Castillo y a mi madre Armandina Díaz Millán, y a mis hermanos, cuyo amor y apoyo incondicional fueron mi sustento para culminar este logro académico.

A todos mis familiares, por ser ese soporte fundamental que me impulsó a superar cada desafío durante mi carrera universitaria.

## CONTENIDO

	Pag
TESIS .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA.....	III
CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRAC .....	XV
CAPÍTULO I:.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.1.1 Contextualización.....	1
1.1.2 Descripción del Problema.....	1
1.1.3 Formulación del Problema.....	2
1.2 Justificación de la investigación.....	2
1.2.1 Justificación Científica .....	2
1.2.2 Justificación Técnica Práctica .....	3

1.2.3	Justificación Institucional y Personal .....	3
1.3	Limitaciones.....	3
1.4	Objetivos .....	4
1.4.1	Objetivo general .....	4
1.4.2	Objetivos específicos .....	4
CAPÍTULO II .....		5
MARCO TEÓRICO .....		5
2.1.	Antecedentes Teóricos .....	5
2.1.1.	Internacionales .....	5
2.1.2.	Nacionales .....	5
2.1.3.	Local .....	6
2.2.	Bases Teóricas .....	7
2.2.1	Sistema de abastecimiento de agua potable.....	7
2.2.2	Red de distribución de agua potable .....	8
2.2.3	Red de distribución .....	9
2.2.4.	Agua potable.....	10
2.2.5.	Calidad de agua.....	10
2.2.6.	Cloro.....	12
2.2.7.	Factores que afecta la eficiencia de desinfección .....	12
2.2.8.	Cloro residual libre .....	13
2.2.9.	pH .....	13
2.2.10.	Técnicas de evaluación y control de cloro residual.....	14
2.2.11.	Determinación de cloro libre residual en campo, con DPD .....	15

2.3.	Definición de términos básicos.....	18
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>21</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>21</b>
3.1.	Ubicación .....	21
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	21
3.1.2.	Accesibilidad.....	22
3.2.	Aspectos físicos .....	23
3.2.1.	Hidrología .....	23
3.2.2	Clima .....	23
3.2.3	Socioeconomía .....	24
3.3.	Metodología de la investigación.....	29
3.3.1.	Tipo de la investigación .....	29
3.3.2.	Nivel de la investigación .....	29
3.3.3.	Diseño de la investigación.....	29
3.3.4.	Método de la investigación .....	29
3.3.5.	Población de Estudio.....	29
3.3.6.	Muestra .....	29
3.3.7.	Unidad de Análisis .....	30
3.3.8.	Variable.....	30
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
3.4.1	Técnicas.....	30
3.4.2	Instrumentos, materiales y equipos.....	30
3.4.3.	Software y Herramientas Digitales.....	31



<b>3.5.</b>	<b>Procedimientos .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.1.</b>	<b>Etapas Preliminares de Gabinete .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.2.</b>	<b>Etapas de Campo.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>38</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>38</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados de la investigación.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.1.</b>	<b>Red de distribución de la red de la ciudad de Jaén .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Datos de muestreo en campo.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Datos de muestreo de campo.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.</b>	<b>Interpretación de Resultados .....</b>	<b>92</b>
<b>4.2.1.</b>	<b>Distribución de puntos de muestreo en área de estudio .....</b>	<b>92</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Diagnóstico de desinfección del Agua de la red de Jaén.....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>98</b>
<b>5.1.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>5.2.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>CAPITULO VI.....</b>		<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>100</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Técnicas de evaluación de cloro residual. ....	14
Tabla 2. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano .....	16
Tabla 3. características de reservorios .....	39
Tabla 4. Coordenadas UTM: Zona de estudio –PTAP. ....	41
Tabla 5. Coordenadas UTM: Zona de estudio – primera etapa. ....	41
Tabla 6. Coordenadas UTM: Zona de estudio – segunda etapa. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Esquema Ilustrativo del cloro residual. ....	8
<b>Figura 2</b> Sistema cerrado de agua de Jaén .....	9
<b>Figura 3</b> Métodos para la determinación de cloro residual.....	15
<b>Figura 4</b> Relación Dosis-Demanda-Residual.....	17
<b>Figura 5</b> Recorrido de la Ciudad de Cajamarca a Jaén .....	21
<b>Figura 6</b> Acceso a ciudad de Jaén.....	22
<b>Figura 7</b> Ciudad de Jaén Iglesia de la plaza mayor.....	27
<b>Figura 8</b> Ciudad de Jaén - Obelisco del Óvalo Maraón.....	28
<b>Figura 9</b> Ciudad de Jaén Parque Héroes del Cenepa .....	28

<b>Figura 10</b>	Colorímetro .....	31
Figura 11	Captación del río Amojú. ....	33
<b>Figura 12</b>	Canal de Conducción y desarenador del río Amojú.....	33
<b>Figura 13</b>	Tubos dosificadores de sulfato de aluminio y policloruro de aluminio .....	34
<b>Figura 14</b>	Floculadores, en zigzag, dónde se coagula los restos orgánicos .....	35
Figura 15	Decantadores .....	35
Figura 16	Lechos de arena y grava .....	36
<b>Figura 17</b>	Dosificador de cloro gas, a ambas plantas .....	36
<b>Figura 18</b>	Cámara de contacto o desinfección .....	37
<b>Figura 19</b>	Nº de puntos de muestreo.....	40
<b>Figura 20</b>	Gráfico comparativo entre datos de campo la planta nueva y LMP. ....	46
<b>Figura 21</b>	Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 01 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	47
<b>Figura 22</b>	Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 02 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	48
<b>Figura 23</b>	Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 03 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	49
<b>Figura 24</b>	Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 04 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	50
<b>Figura 25</b>	Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 05 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	51

<b>Figura 26</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 06 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	52
<b>Figura 27</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 07 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	53
<b>Figura 28</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 08 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	54
<b>Figura 29</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 09 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	55
<b>Figura 30</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 10 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	56
<b>Figura 31</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 11 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	57
<b>Figura 32</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 12 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	58
<b>Figura 33</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 13 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	59
<b>Figura 34</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 14 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	60
<b>Figura 35</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 15 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	61
<b>Figura 36</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 16 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	62

<b>Figura 37</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 17 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	63
<b>Figura 38</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 18 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	64
<b>Figura 39</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo – 19 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	65
<b>Figura 40</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 20 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	66
<b>Figura 41</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 21 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	67
<b>Figura 42</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 22 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	68
<b>Figura 43</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 23 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	69
<b>Figura 44</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 24 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	70
<b>Figura 45</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 25 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	71
<b>Figura 46</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 26 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	72
<b>Figura 47</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 27 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.....	73
<b>Figura 48</b> Gráfico comparativo entre datos de campo la planta nueva y LMP. ....	74

<b>Figura 49</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 28 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	75
<b>Figura 50</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 29 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	76
<b>Figura 51</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 30 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	77
<b>Figura 52</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 31 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	78
<b>Figura 53</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 32 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	79
<b>Figura 54</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 33 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	80
<b>Figura 55</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 34 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	81
<b>Figura 56</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 35 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	82
<b>Figura 57</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 36 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	83
<b>Figura 58</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 37 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	84
<b>Figura 59</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 38 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	85

<b>Figura 60</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 39 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	86
<b>Figura 61</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 40 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	87
<b>Figura 62</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 41 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	88
<b>Figura 63</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 42 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	89
<b>Figura 64</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 43 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	90
<b>Figura 65</b> Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 44 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.....	91
<b>Figura 66</b> Mapa de georreferenciación en Jaén, de puntos de muestreo. ....	93
<b>Figura 67</b> Gráfico comparativo de los datos promedio por punto y el límite mínimo permisible Primera etapa. ....	95
<b>Figura 68</b> Gráfico comparativo de los datos promedio por punto y el límite mínimo permisible segunda etapa. ....	96
<b>Figura 69</b> Plano niveles de cloro residual libre en la red de distribución de Jaén .....	97
<b>Figura 70</b> fotografía de toma de puntos de muestreo.....	105
<b>Figura 71</b> fotografía de toma de puntos de muestreo.....	105
<b>Figura 72</b> fotografía de toma de puntos de muestreo.....	106
<b>Figura 73</b> Fotografía de la plaza de armas de Jaén. ....	107

## RESUMEN

La tesis tuvo como problema la proliferación de enfermedades diarreicas agudas (EDAs), por ello se buscó comprobar la calidad del agua que abastecía a la ciudad, y con ello. Para ello se recopiló información inherente a la red de distribución del agua, así como el proceso de desinfección que se realizaba. Luego se tuvo como estrategia definir la ubicación de puntos estratégicos para el muestreo del cloro residual. En la etapa de gabinete, durante enero y febrero de este año, se revisaron las normas y demás bibliografía. En la etapa de campo, de marzo a mayo, se muestrearon 44 puntos seleccionados, tomando 15 muestras en días diferentes en cada uno, lo que resultó en 660 muestras. Con esto se estimó el diagnóstico general en la ciudad de Jaén, obteniéndose en todos los puntos valores de cloro residual, en promedio, por encima de 0.5 mg/L en promedio se obtuvo 0.7 mg/L estando dentro de los parámetros de 0.5 mg/L a 1 mg/L. Por lo tanto, la calidad del agua que abastecía a la ciudad de Jaén cumplió con los límites mínimos establecidos por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Asimismo, se determinó que existían algunas zonas con características particulares en los niveles de cloro residual, debido a la presencia de instalaciones comerciales y servicios a lo largo de la ciudad. Finalmente, se concluyó que el crecimiento de las EDAs no fue causado por el agua que consumía la población de Jaén.

**Palabras claves:** Cloro, Cloro residual, Agua potable, Enfermedades diarreicas agudas.

**Cloro:** Elemento químico desinfectante del agua potable.

**Cloro residual:** Cloro remanente que previene contaminación en redes.

**Agua potable:** Agua segura para consumo humano sin riesgos.

**Enfermedades diarreicas agudas:** Infecciones gastrointestinales por agua contaminada.



## ABSTRAC

The thesis aimed to determine the decay of free residual chlorine in the drinking water distribution network of the city of Jaén, to verify the quality of the water supplied to the city, and thereby determine its impact on the proliferation of acute diarrheal diseases (EDAs). For this purpose, information regarding the water distribution network and the disinfection process being carried out was collected. The strategy then involved defining the location of strategic points for residual chlorine sampling. During the desk stage, in January and February of this year, regulations and other bibliographic sources were reviewed. In the field stage, from March to May, 44 selected points were sampled, with 15 samples taken on different days at each point, resulting in 660 samples. This allowed for a general diagnosis of the city of Jaén, obtaining residual chlorine values at all points, on average, above 0.5 mg/L; specifically, an average of 0.7 mg/L was obtained, falling within the parameters of 0.5 mg/L to 1 mg/L. Therefore, the quality of the water supplied to the city of Jaén complied with the minimum limits established by the Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Likewise, it was determined that there were some areas with particular characteristics in residual chlorine levels due to the presence of commercial establishments and services throughout the city. Finally, it was concluded that the increase in EDAs was not caused by the water consumed by the population of Jaén.

**Keywords:** Chlorine, Free residual chlorine, Drinking water, Treatment plant, Sampling point.

# **CAPÍTULO I:**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Planteamiento del problema**

#### **1.1.1 Contextualización**

En la ciudad de Jaén, las variaciones en los niveles de Cloro Residual Libre en la red de distribución de agua potable representan un desafío crítico para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano. El cloro, como principal agente desinfectante, es esencial para prevenir enfermedades transmitidas por el agua, especialmente en poblaciones vulnerables como los niños. Sin embargo, una supervisión insuficiente en su dosificación y monitoreo puede comprometer la efectividad del tratamiento. Por ello, esta investigación se enfoca en evaluar dichas variaciones, buscando identificar deficiencias y proponer mejoras que aseguren un suministro de agua segura y cumplan con los estándares internacionales, contribuyendo así a la protección de la salud pública, así también la población no piense que las enfermedades son producto del exceso de cloro en la red.

#### **1.1.2 Descripción del Problema**

En la ciudad de Jaén, se reporta un índice de enfermedades gastrointestinales bajas y el decaimiento del Cloro Residual Libre (CRL) en la red de distribución de agua potable representa un problema crítico que afecta la calidad del agua destinada al consumo humano. El cloro es el principal agente desinfectante utilizado para eliminar microorganismos patógenos y prevenir enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea y el cólera. Sin embargo, se han observado fluctuaciones significativas en sus niveles a lo largo de la red, lo que pone en riesgo la efectividad del proceso de desinfección y, por ende, la salud de la población.

Estas variaciones se deben a múltiples factores, como la temperatura elevada característica del clima tropical de Jaén, el tiempo de retención del agua en las tuberías y la presencia de materia orgánica que reacciona con el cloro. Además, la falta de supervisión adecuada en la dosificación

y el monitoreo del cloro agrava el problema, ya que no se garantiza que los niveles residuales se mantengan dentro de los rangos recomendados por organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las normativas nacionales peruanas.

Ante esta situación, es urgente evaluar las causas del decaimiento del CRL y proponer soluciones técnicas y operativas que permitan optimizar su dosificación y monitoreo. Esto no sólo asegurará que el agua suministrada cumpla con los estándares de calidad, sino que también protegerá la salud pública, especialmente de grupos vulnerables como niños y ancianos, quienes son más susceptibles a enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada.

### **1.1.3 Formulación del Problema**

¿Cumplen los niveles de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Jaén, de acuerdo al mínimo estipulado en la normatividad vigente D.S. N° 031-2010-SA?

## **1.2 Justificación de la investigación**

### **1.2.1 Justificación Científica**

La presente investigación se sustenta en evidencia científica documentada que establece una relación causal entre la calidad microbiológica del agua y la incidencia de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs), particularmente relevante en el contexto de Jaén donde los reportes epidemiológicos de RIS-JAÉN registran 2,150 casos con una incidencia del 18.5% en menores de 5 años, superando significativamente el promedio nacional del 12.7%. Esta discrepancia epidemiológica sugiere la presencia de factores etiológicos locales que requieren caracterización urgente, específicamente asociados a las variables de desinfección del agua potable. Estudios de la OMS (2021) han demostrado que cepas enteropatógenas como *Escherichia coli* y *Campylobacter jejuni* – detectadas en monitoreos recientes de fuentes hídricas de Jaén por la ANA (2023) – mantienen su viabilidad en agua con concentraciones de cloro residual libre inferiores a 0.3 mg/L, umbral que coincide con los niveles registrados en el 30% de los puntos periféricos de la red de distribución de Jaén.

### **1.2.2 Justificación Técnica Práctica**

El sistema de distribución de Jaén presenta variaciones críticas en cloro residual (30% de puntos periféricos  $<0.5$  mg/L), generando riesgos sanitarios y operativos. Esta investigación optimizará la desinfección mediante protocolos de dosificación diferenciada por zonas. Se implementarán estrategias de cloración puntual en sectores críticos. La puesta en marcha de dicho proceso reducirá el consumo de hipoclorito y mejorará la calidad. La propuesta fortalecerá las capacidades técnicas del personal operativo y garantizará el cumplimiento permanente de los LMP establecidos por SUNASS.

### **1.2.3 Justificación Institucional y Personal**

Para la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), esta investigación representa una contribución al desarrollo de conocimiento científico y tecnológico en el ámbito de la ingeniería sanitaria y ambiental, este estudio refuerza el compromiso de la UNC con la solución de problemas sociales y ambientales en la región. Además, los resultados de esta investigación podrán ser utilizados como referencia para futuros proyectos académicos y de extensión universitaria, fortaleciendo el vínculo entre la universidad y la comunidad. A nivel personal, como tesista, este proyecto representa una oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación académica en la UNC, contribuyendo a resolver un problema real que afecta a mi comunidad. Además, este trabajo es un paso importante en mi desarrollo profesional, ya que me permitirá adquirir experiencia en investigación aplicada. Finalmente, este estudio refuerza mi compromiso con el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida de la población de Jaén.

### **1.3 Limitaciones**

Falta de datos históricos completos y acceso limitado a infraestructura.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Jaén, establecidos en la normativa vigente D.S. N°031-2010-SA. Para ver la incidencia en enfermedades diarreicas agudas.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la red de distribución de agua potable de la ciudad de Jaén.
- Determinar la dosificación del cloro.
- Caracterizar la ciudad de Jaén.
- Identificar los sectores de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Jaén que no alcanzan los niveles mínimos de cloro residual libre.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes Teóricos**

##### **2.1.1. Internacionales**

(Ordoñez, 2021) en la investigación científica que lleva por título determinación de la concentración de cloro libre residual mediante técnicas electroquímicas en la ciudad de Cuenca - Ecuador, donde el objetivo general fue medir la concentración de cloro libre residual mediante técnicas electroquímicas y reemplazar reactivos químicos por técnicas electroquímicas. Teniendo como resultados en los análisis, demuestran una correlación directamente proporcional entre los valores de voltaje y las concentraciones de cloro libre en las muestras, donde incrementos en el voltaje corresponden a mayores niveles de cloro residual. Esta relación lineal valida la confiabilidad de las mediciones electroquímicas para cuantificar el desinfectante en sistemas acuáticos y logrando como conclusiones se verifica una relación directamente proporcional entre el voltaje de la solución y su concentración de cloro libre, aunque las mediciones están influenciadas por variables clave como el pH y la temperatura, las cuales afectan significativamente las lecturas de voltaje. Por ello, se sugiere monitorear estos parámetros en futuros análisis. Adicionalmente, es crucial controlar la presencia de compuestos óxido-reductores en el agua, ya que pueden interferir con las mediciones al afectar la selectividad del sensor hacia el cloro libre.

##### **2.1.2. Nacionales**

(Salazar, 2023) en la presente tesis que lleva por título decaimiento del cloro residual en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Celendín – Cajamarca, el objetivo fue determinar el decaimiento de cloro residual en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Celendín, mediante el método DPD, desde enero hasta julio del año 2023. Para ello se realizó un monitoreo de 58 puntos de muestreo iniciales de reconocimiento en los meses de febrero, marzo y abril, distribuidos por dos sectores (sector alto 28 puntos, sector bajo 30 puntos), donde se tomó 232

muestras de las cuales un 95 % cumplió con el valor mínimo de 0.5 mg/L de cloro residual libre teniendo como conclusión en el monitoreo del cloro residual libre en la red de distribución de Celendín mostró que solo en el punto N°16 se registró un promedio de 0.46 mg/L (0.04 mg/L por debajo del límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en el DS N° 031-2010-SA), representando menos del 10% de las muestras totales, lo que permite concluir que el decaimiento es mínimo y el sistema cumple con la normativa de calidad de agua para consumo humano.

### **2.1.3. Local**

(Calua, 2023) la presente tesis variación de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Baños del Inca, trata sobre decaimiento de los niveles de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Baños del Inca en el año 2023. La ciudad depende principalmente del Reservorio R1 Mayopata, que abastece al 85% de los usuarios y utiliza un sistema de cloración por goteo de carga constante de doble recipiente para la desinfección del agua. El objetivo principal del estudio fue realizar un diagnóstico general para identificar zonas críticas con niveles de cloro residual libre por debajo de los Límites Mínimos Permitidos (LMP) y proponer acciones para mejorar la calidad del agua en cada punto de muestreo, así mismo se tuvo como resultados el análisis de la eficacia de la desinfección en el sistema de agua potable de SAP Baños del Inca se realizó mediante la comparación de los niveles de cloro residual libre y turbiedad con los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Artículo 66). Según esta normativa, el 90% de las muestras mensuales deben presentar como mínimo 0.5 mg/L de cloro residual libre, mientras que el 10% restante no puede promediar menos de 0.3 mg/L; adicionalmente, se exige que la turbiedad del agua no supere las 5 UNT en ningún caso. Estos estándares sirvieron como referencia para evaluar el cumplimiento del sistema de desinfección, donde se concluye que los resultados muestran una diferencia significativa en las concentraciones de cloro residual libre entre el punto de origen (reservorio) y los distintos sectores de Baños del Inca, evidenciando que no todas las zonas reciben agua con niveles óptimos para garantizar una desinfección efectiva. Esta disparidad podría comprometer la seguridad microbiológica del agua potable en áreas con menor residual, aumentando el riesgo de contaminación y afectando el cumplimiento de los estándares establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1 Sistema de abastecimiento de agua potable**

El sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto integral de componentes diseñados para garantizar el suministro de agua segura y de calidad destinada al consumo humano. Este sistema combina elementos hidráulicos e instalaciones físicas que, mediante procesos operativos, administrativos y el uso de equipos especializados, aseguran el manejo eficiente del recurso hídrico desde su captación hasta su distribución final a través de conexiones domiciliarias (Salazar, 2023).

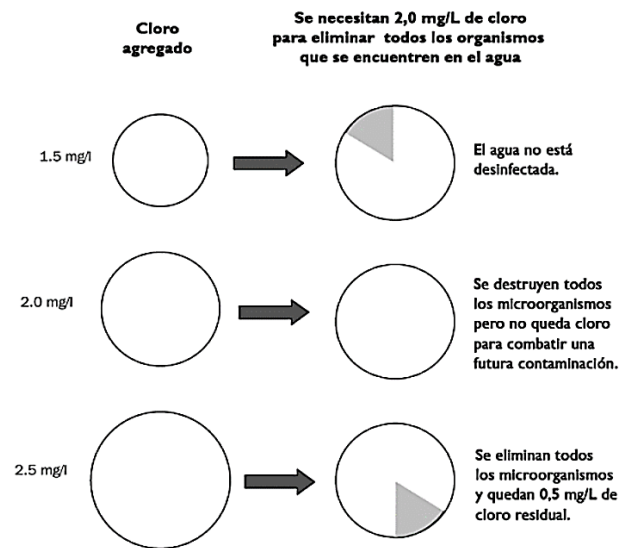
Desde una perspectiva teórica, un sistema de abastecimiento comprende etapas fundamentales como la captación, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos procesos deben garantizar que el agua entregada cumpla con estándares de calidad físico-químicos y microbiológicos, minimizando riesgos para la salud pública. Además, los sistemas deben ajustarse a normativas locales, como el D.S. N° 031-2010-SA en el caso peruano, que regula los niveles mínimos de Cloro Residual Libre para garantizar una adecuada desinfección (Salazar, 2023).

La eficiencia de un sistema de este tipo depende de su capacidad para integrar tecnología, monitoreo continuo y prácticas de gestión sostenible, asegurando el acceso equitativo al agua potable y contribuyendo directamente a la mejora de la calidad de vida de las comunidades abastecidas.



**Figura 1**

Esquema Ilustrativo del cloro residual.



Fuente: (Calua, 2023)

### 2.2.2 Red de distribución de agua potable

Es fundamental comprender que la red de distribución de agua potable en zonas urbanas, suele diseñarse como un sistema cerrado, especialmente en áreas con desarrollo organizado en manzanas o cuadras. Este diseño implica la instalación de tuberías matrices interconectadas en circuitos cerrados, permitiendo que el agua circule en ambas direcciones (ida y vuelta). Esta configuración no solo optimiza la distribución del agua hacia todas las viviendas, sino que también influye en la dispersión y persistencia del cloro residual, ya que el flujo bidireccional puede afectar los tiempos de retención y por ende la desinfección (Cueva, 2022).

Para garantizar un servicio eficiente, este tipo de red debe mantener caudales y presiones adecuadas, factores que directamente impactan en la calidad del agua. En el caso de Jaén, donde el clima tropical y la variabilidad hidráulica pueden acelerar el decaimiento del cloro, una red bien diseñada y operada es clave para asegurar que el agua llegue a los usuarios con niveles de



#### **2.2.4. Agua potable**

El agua potable es aquella que reúne las condiciones óptimas para el consumo humano, careciendo completamente de elementos, microorganismos o compuestos que puedan representar un peligro para la salud. Debe cumplir estrictamente con los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos establecidos, garantizando así su inocuidad y calidad para el uso humano sin presentar riesgos sanitarios (Cueva, 2022).

#### **2.2.5. Calidad de agua**

El estudio de la calidad del agua se basa en evaluar las propiedades físico-químicas y microbiológicas de fuentes hídricas, ya sean subterráneas, superficiales o pluviales, para determinar su aptitud para el consumo humano. Este análisis es esencial, ya que el agua debe cumplir con estrictos estándares de potabilidad, establecidos en normativas nacionales e internacionales, que garantizan su seguridad. En la actualidad, el acceso a fuentes de agua limpia y adecuada se ha vuelto un desafío crítico debido a la creciente presión antropogénica (Calua, 2023).

El acelerado crecimiento urbano e industrial ha provocado que grandes volúmenes de aguas residuales sin tratar sean vertidos directamente a ríos, lagos y otros cuerpos de agua, contaminándolos y limitando su aprovechamiento. Esta problemática convierte a la contaminación hídrica en una bomba de tiempo, cuyos efectos negativos como la escasez de agua potable y el aumento de enfermedades se manifiestan gradualmente, pero con consecuencias irreversibles si no se toman medidas urgentes (Campoverde, 2015).

##### **A. Desinfección**

La desinfección del agua consiste en reducir la concentración de microorganismos patógenos a niveles seguros para el consumo humano, garantizando que el agua tratada no presente riesgos para la salud pública (Junta de Castilla y León, 2020).

## B. Desinfección por medio de cloro

La cloración se distingue como el método más económico para la desinfección del agua, con dosis habituales que varían entre 1-2 mg/L, permitiendo mantener un residual de 0.5 mg/L que actúa como barrera contra contaminaciones en la red. Para asegurar su efectividad, es crucial un tiempo de contacto de 15 a 20 minutos entre el cloro y el agua, garantizando así la inactivación de patógenos (Junta de Castilla y León, 2020).

### Límites máximos permisibles

Para garantizar agua segura para el consumo humano, los organismos reguladores establecen parámetros estrictos para el cloro residual libre en redes de distribución

#### a. Estándares Internacionales (OMS)

- Cloro residual libre mínimo: 0.2 mg/L (punto de consumo)
- Cloro residual libre máximo: 0.5 mg/L (para evitar sabores/olores desagradables)
- Tiempo de contacto mínimo: 30 minutos (para inactivar patógenos) (Organización Mundial de la Salud, 1999).

#### b. Normativa Peruana (DS N° 031-2010-SA)

- Rango óptimo: 0.5 - 2.0 mg/L en la red de distribución.
- Mínimo exigido: 0.2 mg/L en cualquier punto de la red.
- Máximo permitido: 5.0 mg/L (solo excepcionalmente, en plantas de tratamiento) (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

#### c. Factores que afectan el cumplimiento

- Temperatura alta: Acelera el decaimiento del cloro.
- pH > 8.5: Reduce la eficacia desinfectante.

- Materia orgánica: Consume cloro residual. (Salazar, 2023).
- Falta de válvulas y accesorios en tuberías.

### **2.2.6. Cloro**

La importancia del cloro en el agua

El cloro es el desinfectante más utilizado en el tratamiento de agua potable debido a su eficacia, bajo costo y efecto residual. Su principal función es eliminar microorganismos patógenos (bacterias, virus, protozoos) y prevenir su contaminación en la red de distribución. Además, su capacidad para mantener un residual activo (cloro libre) garantiza protección continua hasta el punto de consumo, cumpliendo con estándares sanitarios como los de la OMS (0.2–0.5 mg/L) y la normativa peruana (DS 031-2010-SA) (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

### **2.2.7. Factores que afecta la eficiencia de desinfección**

- pH del agua:

Óptimo: 6.5–7.5 (a pH > 8, el cloro se inactiva como ácido hipocloroso, reduciendo su poder germicida) (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

- Temperatura:

Altas temperaturas (ej. clima de Jaén) aceleran el decaimiento del cloro residual (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

- Tiempo de contacto:

Mínimo 30 minutos para inactivar patógenos (ej. E. coli) (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

- Materia orgánica/nitrógeno:

Consumen cloro al reaccionar (formando cloraminas o compuestos inertes) (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

- Turbiedad:

Partículas en suspensión protegen microbios de la desinfección. (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

### **2.2.8. Cloro residual libre**

Es la concentración de cloro activo disponible en el agua después de haber reaccionado con contaminantes. (Organización Mundial de la Salud, 1999)

- Garantizar desinfección continua: Niveles  $<0.2$  mg/L aumentan riesgos de contaminación microbiana.
- Evitar excesos: Niveles  $>0.5$  mg/L causan olores/sabores desagradables (Cueva, 2022).

### **2.2.9. pH**

El pH, como indicador crítico de acidez (valores  $<7$ ) o alcalinidad (valores  $>7$ ) en el agua, con 7 como punto neutro, es un parámetro determinante en los sistemas de potabilización, pues regula: (1) la eficacia del cloro como desinfectante (óptimo entre pH 6.5-7.5), (2) la corrosión o incrustación en tuberías (pH bajo corroe, pH alto forma depósitos), y (3) la calidad organoléptica (rango ideal 6.5-8.5 para consumo) (Calua, 2023).

En el estudio del cloro residual en Jaén, el monitoreo del pH es esencial porque sus variaciones afectan directamente la estabilidad del desinfectante y la integridad de la red, según lo establecido en la norma peruana (DS 031-2010-SA) que fija límites de 6.5 a 8.5 para agua potable. (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

## 2.2.10. Técnicas de evaluación y control de cloro residual

Métodos analíticos como colorimetría DPD (método estándar para medir cloro libre con precisión de 0.01-5 mg/L) y electrodos selectivos; (2) monitoreo continuo mediante sensores en línea que alertan sobre desviaciones ( $<0.2$  mg/L o  $>0.5$  mg/L, según OMS); y (3) modelamiento hidráulico - cualitativo (EPANET) para predecir puntos críticos de decaimiento (Organización Mundial de la Salud, 1999).

En Jaén, su aplicación permite optimizar dosificaciones, ajustar tiempos de contacto (15-30 min), y validar el cumplimiento de la norma peruana (DS 031-2010-SA: 0.2 mg/L mínimo en red). Estas técnicas, combinadas con protocolos de corrección, segunda cloración en nodos estratégicos), mitigan riesgos sanitarios asociados a la pérdida de desinfección (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

Tabla 1. Técnicas de evaluación de cloro residual.

Método	Determina	Reactivos	Procedimiento	Interferencias
DPD	Cloro total Cloro libre Cloro combinado Monocloramina Dicloramina Tricloruro de N.	1-Dietil-p-fenilene Diamine (DPD) 2-Solución tampón de fosfato. 3-Ioduro de potasio. 4-Solución de sulfato ferroamónico.	Por titulación Por colorimetría	Oxido de manganeso (puede compensarse) pH entre 6.2 y 6.5
OT (ácida)	Cloro total	Ortotolidina (ácido)	Por colorimetría	Color y turbiedad ( $> 0.3$ mg/lt Fe ( $> 0.01$ mg/lt Mn ( $> 0.1$ mg/lt N(Nitritos)
OT (Flash test)	Cloro libre Cloro total	Orototolidina(ácido)	Por colorimetría (cloro libre a 1°C en 5°seg)	Color y turbiedad ( $>0.3$ mg/ltFe ( $> 0.01$ mg/lt Mn ( $> 0.1$ mg/lt N(Nitritos)
OTA	Cloro libre Cloro combinado Cloro total	Ortotolidina (ácido) Solución de arsenito de sodio	Por colorimetría Por fotometría	Color (puede compensarse)

Fuente: (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

### 2.2.11. Determinación de cloro libre residual en campo, con DPD

El monitoreo del cloro residual en sistemas de abastecimiento de agua potable es una práctica esencial para garantizar la calidad del agua y cumplir con las normativas sanitarias. Entre los métodos disponibles para esta medición, destacan el método de la Ortotolidina y el método DPD (dietil-p-fenilendiamina), siendo este último el más recomendado por su precisión y seguridad (Calua, 2023).

**Figura 3**

Métodos para la determinación de cloro residual.

METODO DE DPD	METODO DE ORTOTOLIDINA
 <p><b>a).-</b> Enjuague tres veces la celda del comparador con el agua a ser muestreada y llene finalmente la celda del mismo.</p> <p><b>b).-</b> Añadir un sobrecito del reactivo DPD en el compartimiento de la derecha donde se encuentra la muestra de agua.</p> <p><b>c).-</b> Tape cuidadosamente el comparador y sujetándolo firmemente invierta repetidamente hasta que el reactivo se disuelva totalmente.</p> <p><b>d).-</b> Lea de inmediato el cloro libre residual observando el comparador frente a una buena fuente de Luz, refiriéndose a los estándares.</p>	 <p><b>a).-</b> Enjuague tres veces las celdas del comparador tres veces con el agua a ser muestreada y llene finalmente las celdas del mismo.</p> <p><b>b).-</b> Coloque 3 gotas de Ortotolidina en el compartimiento de la izquierda (amarillo) para medición del cloro residual y tres gotas de fenol rojo en el compartimiento de la derecha para medición del pH.</p> <p><b>c).-</b> Tape cuidadosamente el comparador y sujetándolo firmemente invierta repetidamente hasta que ambos reactivos se hayan disuelto totalmente.</p> <p><b>d).-</b> Lea de inmediato el cloro libre residual observando el comparador frente a una buena fuente de Luz, refiriéndose a los estándares. Si fuese necesario estime la coloración y valor intermedio.</p> <p><b>e).-</b> Lea el resultado para el pH y anote las dos cifras en la hoja de reporte o registro diario.</p>

Fuente: (Calua, 2023)



El método DPD permite determinar el cloro libre residual de manera confiable, ya que ofrece mediciones más estables y el reactivo utilizado genera menores riesgos para la salud en comparación con la ortotolidina, según lo señalado por estándares internacionales como los de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este procedimiento se basa en una reacción química donde el DPD, al entrar en contacto con el cloro libre presente en el agua, genera un cambio de color que puede ser evaluado visualmente o mediante equipos como colorímetros o espectrofotómetros (Organización Mundial de la Salud, 1999).

La importancia teórica del monitoreo de cloro residual radica en su función como indicador de la eficacia del proceso de desinfección. Mantener niveles adecuados de cloro residual libre asegura que el agua distribuida conserve su calidad microbiológica hasta el punto de consumo, protegiendo la salud pública. Asimismo, el D.S. N° 031-2010-SA establece parámetros específicos de cloro residual que deben cumplirse en Perú, destacando la relevancia de emplear técnicas fiables como el método DPD para garantizar el cumplimiento de dichos estándares (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

Tabla 2. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

<b>N°</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>LMP</b>
<b>01</b>	<b>Color</b>	<b>UCV escala Pt/Co</b>	<b>15</b>
<b>02</b>	<b>pH</b>	<b>Valor del pH</b>	<b>6.5 a 8.5</b>
<b>03</b>	<b>Turbiedad</b>	<b>NTU</b>	<b>5</b>
<b>04</b>	<b>Cloro</b>	<b>mg/L</b>	<b>5</b>
<b>05</b>	<b>Bacterias Coliformes Totales</b>	<b>UFC/100 mL a 35°C</b>	<b>0</b>
<b>06</b>	<b>Bacterias Coliformes Termotolerantes</b>	<b>UFC/100 mL a 44.5°C</b>	<b>0</b>

Fuente: (DIGESA, 2010)

#### 2.2.6.1. Tiempo de residencia del cloro

El tiempo de residencia del cloro se refiere al periodo que el desinfectante permanece en contacto con el agua dentro del sistema de distribución, desde su dosificación hasta el punto de consumo. Este parámetro es crítico porque:

- Asegura la desinfección efectiva: La OMS recomienda mínimo 30 minutos de contacto para inactivar patógenos comunes (Organización Mundial de la Salud, 1999).
- Influye en el decaimiento del cloro: En redes extensas (como en Jaén), tiempos prolongados pueden reducir el residual libre por reacciones con materia orgánica o tuberías (Ministerio de Salud del Perú, 2010).
- Depende de factores hidráulicos: Velocidad del flujo, diseño de la red (circuitos cerrados vs. ramificaciones) y volumen de almacenamiento (Cueva, 2022).

#### 2.2.6.2. Dosis de cloro

La dosis de cloro es la cantidad de desinfectante agregada al agua para lograr:

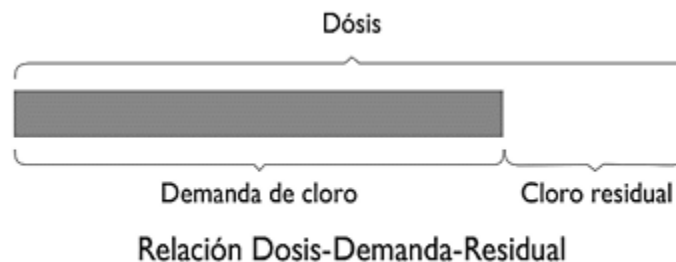
- Demanda inicial: Cloro que reacciona con contaminantes (materia orgánica, metales).
- Residual libre: Cloro activo remanente (0.2–0.5 mg/L) (Organización Mundial de la Salud, 1999).

Cálculo básico:

$$\text{Dosis total} = \text{Demanda de cloro} + \text{Residual objetivo}$$

#### Figura4

Relación Dosis-Demanda-Residual



Rango típico: 1–2 mg/L en plantas de tratamiento, ajustado por:

- pH: Dosis mayores si  $\text{pH} > 7.5$ .
- Temperatura: Incremento en climas cálidos (ej. Jaén).
- Calidad del agua cruda: Aguas turbias o con alta carga orgánica requieren más cloro.

Normativa peruana (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

- Mínimo: 0.5 mg/L en la red.
- Máximo: 5.0 mg/L solo en salida de planta.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Cloro Residual Libre (CRL):** Concentración de cloro disponible en el agua después de haber reaccionado con los contaminantes. Es esencial para mantener la desinfección en la red de distribución (Calua, 2023).

**Decaimiento del cloro:** Proceso mediante el cual el cloro residual libre disminuye con el tiempo debido a reacciones químicas, factores ambientales o actividad biológica (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

**Red de distribución de agua potable:** Sistema de tuberías, tanques y bombas que transporta agua tratada desde la planta de tratamiento hasta los usuarios finales (Cueva, 2022).

**Desinfección:** Proceso de eliminación o inactivación de microorganismos patógenos en el agua, generalmente mediante el uso de cloro u otros agentes desinfectantes (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

**Turbiedad:** Medida de la claridad del agua, causada por la presencia de partículas suspendidas. Altos niveles de turbiedad pueden afectar la eficacia del cloro (Calua, 2023).

**pH:** Medida de la acidez o alcalinidad del agua. El pH influye en la efectividad del cloro como desinfectante (Comisión Nacional del Agua, 2007).

**Tiempo de retención:** Período que el agua permanece en la red de distribución antes de llegar al consumidor. Un tiempo prolongado puede acelerar el decaimiento del cloro (Cueva, 2022).

**Planta de tratamiento de agua:** Instalación donde el agua cruda es procesada para eliminar impurezas y microorganismos, incluyendo la adición de cloro para su desinfección (Comisión Nacional del Agua, 2007).

**Normativa OMS:** Estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud para garantizar la calidad del agua potable, incluyendo niveles mínimos de cloro residual (Organización Mundial de la Salud, 1999).

**Cloraminas:** Compuestos formados por la reacción del cloro con amoníaco presentes en el agua. Son menos efectivas como desinfectantes que el cloro libre (Ministerio de Salud del Perú, 2010).

**Punto de consumo:** Lugar donde el agua es finalmente utilizada por los usuarios, como hogares, escuelas o negocios. Es crucial que el cloro residual esté presente en niveles adecuados en este punto (Calua, 2023).

**Eficiencia de desinfección:** Grado en que un agente desinfectante, como el cloro, logra eliminar o inactivar microorganismos patógenos en el agua (Salazar, 2023).

**Modelamiento hidráulico:** Uso de software especializado (como EPANET) para simular el comportamiento del agua y los desinfectantes en una red de distribución (Calua, 2023).

**Demanda de cloro:** Cantidad de cloro consumida al reaccionar con contaminantes (materia orgánica, metales) antes de establecer un residual libre. Ejemplo: Aguas con alta turbiedad presentan mayor demanda (Cueva, 2022).

**Punto de recloración:** Ubicación estratégica en la red donde se realiza una dosificación adicional de cloro para compensar su decaimiento. Aplicación: Zonas distantes de la planta de tratamiento (Comisión Nacional del Agua, 2007).

**CT (Concentración × Tiempo):** Parámetro crítico para la desinfección, calculado como el producto de la concentración de cloro (mg/L) y el tiempo de contacto (minutos). Norma: Mínimo 15 mg·min/L para inactivar Giardia. (Organización Mundial de la Salud, 1999).

**Corrosión en tuberías:** Degradación de materiales de la red (hierro, cobre) que puede aumentar la demanda de cloro y afectar la calidad del agua. Factor: pH <6.5 acelera la corrosión (Calua, 2023).

**Curva de decaimiento del cloro:** Representación gráfica de la disminución del residual libre en función del tiempo/distancia desde la planta. Uso: Para optimizar puntos de dosificación (Salazar, 2023).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

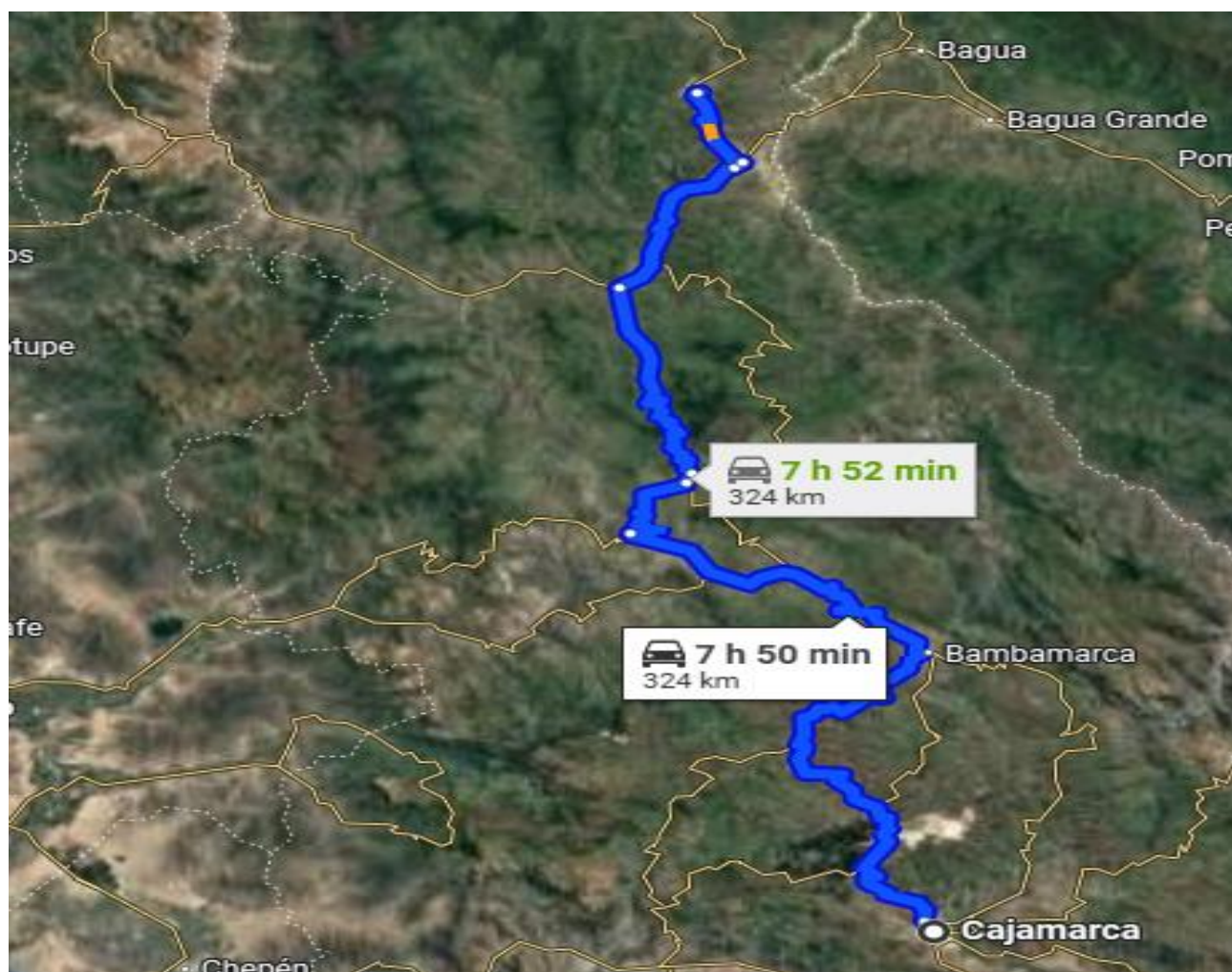
#### 3.1. Ubicación

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

Jaén se ubica en el norte del Perú, en el departamento de Cajamarca, a una altitud de 729 msnm. Limita con las regiones de Amazonas, Lambayeque y San Martín.

#### Figura 5

Recorrido de la Ciudad de Cajamarca a Jaén

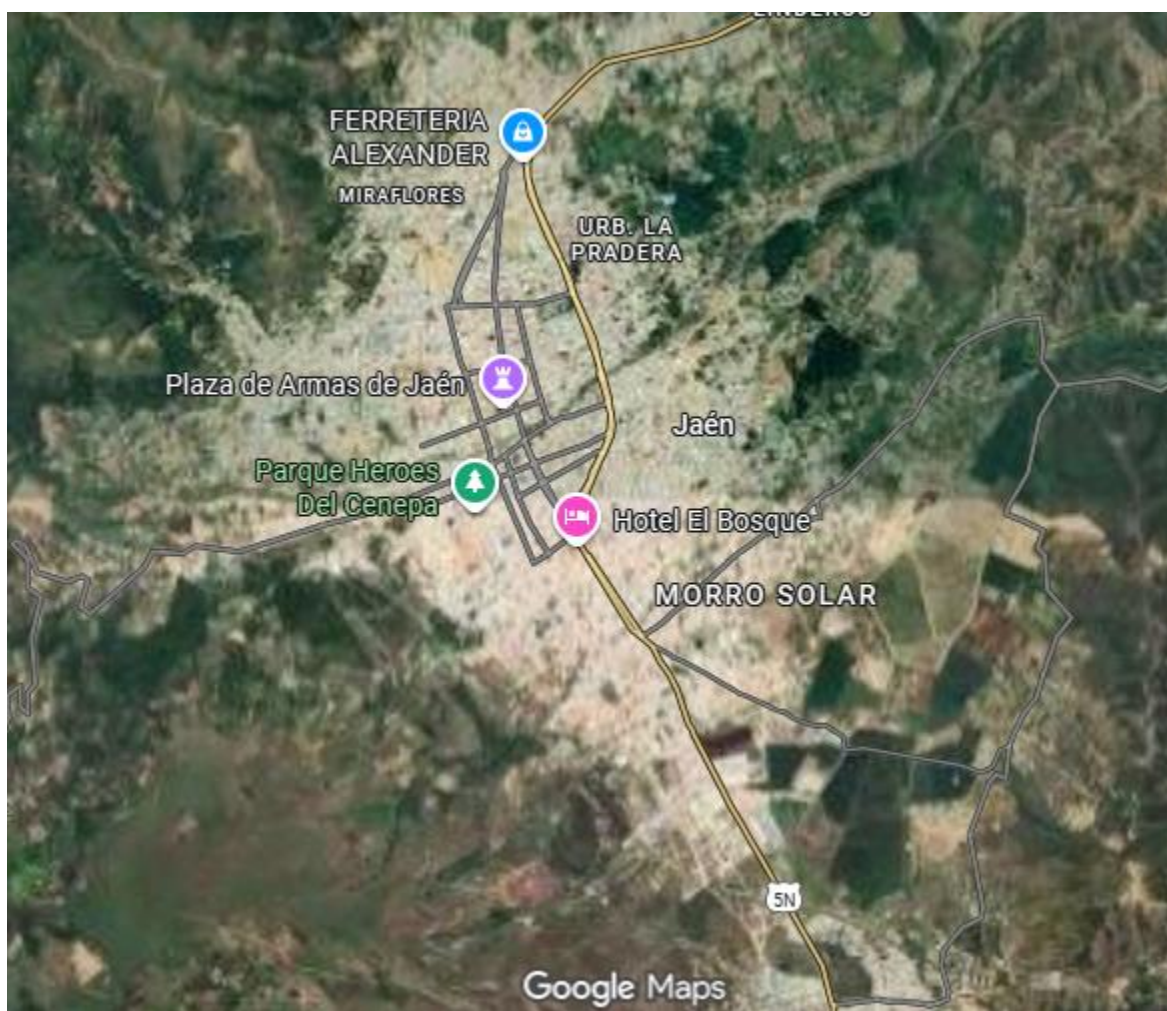


### 3.1.2. Accesibilidad

La ciudad de Jaén se encuentra a 190 kilómetros de Cajamarca. La ruta principal incluye un tramo asfaltado de Cajamarca a Jaén. El viaje en transporte público toma 8 horas, mientras que en vehículo particular dura 7 horas. La ruta atraviesa paisajes de sierra y selva alta, con cambios climáticos notables. Se recomienda precaución en temporada de lluvias (diciembre a marzo).

**Figura 6**

Acceso a ciudad de Jaén





## **3.2. Aspectos físicos**

### **3.2.1. Hidrología**

Jaén se encuentra en una zona privilegiada por su red hidrográfica, que forma parte de la cuenca del río Amazonas. Los principales ríos que atraviesan la región son:

1. Río Marañón: Uno de los principales afluentes del Amazonas, que fluye hacia el norte de Jaén. Es crucial para la generación de energía hidroeléctrica y el riego de cultivos.
2. Río Chinchipe: Nace en Ecuador y atraviesa Jaén, aportando agua para consumo humano y actividades agrícolas.
3. Río Tabaconas: Importante para la biodiversidad local y el abastecimiento de agua en zonas rurales.

Además, Jaén cuenta con numerosas quebradas y manantiales que contribuyen a la disponibilidad de agua en la región. Sin embargo, la deforestación y el cambio climático están afectando la calidad y cantidad de estos recursos hídricos.

### **3.2.2 Clima**

Jaén tiene un clima tropical húmedo, caracterizado por:

- Temperaturas: Promedio anual de 25°C, con máximas que pueden superar los 35°C en verano.
- Precipitaciones: Concentradas entre diciembre y marzo, con un promedio anual de 1,200 a 1,500 mm. Estas lluvias son esenciales para la agricultura, pero también pueden causar inundaciones y deslizamientos.
- Humedad: Alta durante todo el año, lo que favorece el crecimiento de cultivos como el café, cacao y arroz, pilares de la economía local.

El clima de Jaén está influenciado por su ubicación en la selva alta, donde convergen los vientos húmedos de la Amazonía con las corrientes frías de la sierra.



### 3.2.3 Socioeconomía

Jaén, ubicada en la región Cajamarca, sustenta su economía principalmente en la agricultura, donde el café representa el 65% de la actividad productiva y contribuye con aproximadamente el 15% de la producción nacional. Esta dependencia monocultivista genera una marcada estacionalidad en los ingresos, concentrados entre marzo y julio, y expone a la población a fluctuaciones de los precios internacionales del grano. Según el INEI (2023), el PBI per cápita de Jaén es de S/ 12,500 (USD 3,300), significativamente inferior al promedio nacional, mientras que la tasa de pobreza alcanza el 35%, afectando principalmente a zonas rurales con limitado acceso a servicios básicos. La infraestructura de riego tecnificado, impulsada por proyectos como el “Special Project Jaén Sector” del BID, busca optimizar el uso hídrico, pero persisten desafíos críticos: solo el 28% de agricultores accede a crédito formal (Banco Agropecuario) y los costos logísticos superan en 30% a los de la costa, limitando la competitividad. Estos factores socioeconómicos inciden directamente en la capacidad de inversión en sistemas de agua potable, donde la EPS local destina S/ 0.35 por m<sup>3</sup> a procesos de cloración, recurso que podría optimizarse mediante modelos predictivos de decaimiento de cloro residual.

#### 3.2.3.1. Saneamiento

El servicio de saneamiento en la provincia de Jaén presenta importantes desafíos en cobertura y calidad. Según datos del INEI (2023), el acceso a agua potable por red pública alcanza al 72% de la población urbana, mientras que en las zonas rurales este indicador desciende al 35%. El sistema de alcantarillado cubre aproximadamente el 68% del área urbana, aunque con limitaciones en el tratamiento de aguas residuales, ya que solo el 45% de las aguas servidas reciben tratamiento antes de ser vertidas a los ríos Amojú y Marañón. La gestión de residuos sólidos muestra una cobertura del 60% en el casco urbano, con un vertedero controlado que opera cerca de su capacidad máxima. Estos déficits inciden directamente en la salud pública, particularmente en la incidencia de enfermedades diarreicas agudas, que registran tasas superiores al promedio nacional.

### 3.2.3.2. Electrificación

El suministro eléctrico en Jaén ha experimentado una notable expansión en la última década, aunque persisten brechas significativas. La cobertura eléctrica alcanza al 88% de la población urbana y al 52% de la rural, según reportes de Electro Nor Oriente (2023). El sistema principal se abastece de la Subestación Jaén, conectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, mientras que las comunidades alejadas dependen de sistemas fotovoltaicos aislados. La provincia enfrenta desafíos en la calidad del servicio, con interrupciones frecuentes durante la temporada de lluvias (diciembre a marzo) debido a daños en la infraestructura de distribución. Los proyectos de electrificación rural en ejecución buscan incrementar la cobertura al 70% en zonas rurales para 2025, priorizando el uso de energías renovables.

### 3.2.3.3. Educación

Jaén cuenta con una oferta educativa que incluye 240 instituciones educativas públicas y 45 privadas, desde el nivel inicial hasta superior. La provincia alberga dos universidades públicas, la Universidad Nacional de Jaén, creada en 2008, que ofrece 5 carreras profesionales y la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén, que ofrece 3 carreras profesionales (Ingeniería Civil, Ingeniería Forestal y Enfermería). Sin embargo, el sistema enfrenta retos importantes: la tasa de conclusión secundaria es del 68% y los resultados de la evaluación PISA 2022 se sitúan por debajo del promedio nacional. La brecha digital afecta al 40% de estudiantes rurales, limitando el acceso a educación virtual. El Ministerio de Educación desarrolla programas de mejora de infraestructura educativa y capacitación docente, aunque la inversión per cápita en educación sigue siendo inferior al promedio regional.

### 3.2.3.4. Comercio

El comercio constituye el segundo sector económico en importancia después de la agricultura, generando el 28% del PBI provincial. La ciudad de Jaén alberga 12 mercados tradicionales, donde se ofrecen productos de primera necesidad, el cual concentra el 45% de la actividad comercial minorista, y tres centros comerciales de mediana escala. El comercio exterior se sustenta en la exportación de café (65%), cacao (20%) y frutas tropicales (15%),

principalmente hacia Estados Unidos y la Unión Europea. La Cámara de Comercio de Jaén reporta 3,850 establecimientos formales, aunque se estima que la informalidad comercial alcanza el 35%. La conectividad terrestre mediante la Carretera Fernando Belaunde Terry ha dinamizado el comercio interregional, aunque los costos logísticos siguen siendo elevados.

#### 3.2.3.5. Aeropuerto

El Aeropuerto de Jaén "Shumba" actualmente se encuentra no operativa, pero cuenta con una pista asfaltada de 2,200 metros, terminal de 1,200 m<sup>2</sup> y capacidad para atender 150,000 pasajeros anuales. En su momento recibía vuelos regulares de LATAM Perú y Sky Airline, con conexiones directas a Lima (3 frecuencias diarias) y Tarapoto (2 frecuencias semanales). En 2023 movilizó 98,000 pasajeros y 1,200 toneladas de carga, principalmente productos agroexportables. Corporación Peruana de Aeropuertos (CORPAC) proyecta una ampliación del terminal a 3,500 m<sup>2</sup> para 2025, con inversión estimada de S/ 45 millones. Las limitaciones principales incluyen la falta de sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS) y restricciones operativas durante condiciones meteorológicas adversas.

#### 3.2.3.6. Dependencias policiales.

La ciudad de Jaén cuenta con 2 comisarías PNP distribuidas estratégicamente: Jaén y Fila Alta. La comisaría de Jaén, ubicada en el jirón Av. Mesones Muro 109, constituye la principal unidad territorial con 198 efectivos y cobertura de 120,000 habitantes. Según reportes del Ministerio del Interior (2024), los índices delictivos muestran una tasa de 285 delitos por cada 10,000 habitantes, inferior al promedio nacional (320). Los principales problemas de seguridad incluyen robo agravado (42%), microcomercialización de drogas (28%) y violencia familiar (18%). La PNP implementa el Plan Turismo Seguro en zonas de alta afluencia y mantiene convenios de cooperación con juntas vecinales de seguridad, aunque la escasez de personal (1 policía por 800 habitantes) limita la eficacia del patrullaje preventivo. También cuenta con Establecimiento Penitenciario con el mismo nombre de la ciudad de Jaén, con un nivel de hacinamiento muy alto.

**Figura 7**

Ciudad de Jaén Iglesia de la plaza mayor



**Figura 8**

Ciudad de Jaén - Obelisco del Óvalo Marañón



**Figura 9**

Ciudad de Jaén Parque Héroes del Cenepa



### **3.3. Metodología de la investigación**

#### **3.3.1. Tipo de la investigación**

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema práctico relacionado con el decaimiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de Jaén.

#### **3.3.2. Nivel de la investigación**

Descriptivo: Porque se busca caracterizar el comportamiento del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de Jaén, identificando los puntos críticos donde ocurre el decaimiento.

#### **3.3.3. Diseño de la investigación**

No experimental: Porque no se manipularán variables de forma intencional, sino que se observará y analizará el fenómeno del decaimiento del cloro en condiciones naturales.

Transversal: Porque los datos se recolectarán en un momento específico (durante el año 2025 en los meses de febrero, marzo y abril), lo que permitirá obtener una “fotografía” del comportamiento del cloro residual en la red de distribución.

#### **3.3.4. Método de la investigación**

El método de investigación utilizado en este estudio es deductivo-inductivo, ya que combina el razonamiento lógico de la deducción con el análisis empírico de la inducción.

#### **3.3.5. Población de Estudio**

Ciudad de Jaén – PTAP planta nueva

#### **3.3.6. Muestra**

44 puntos de muestreo determinadas a conveniencia en instituciones públicas, mercados y centros de salud.

### **3.3.7. Unidad de Análisis**

Muestra de agua.

### **3.3.8. Variable**

Decaimiento del cloro residual libre.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnicas**

Para la determinación cuantitativa del cloro residual libre se emplean principalmente tres métodos: yodométrico (basado en reacciones redox con yodo), amperométrico (que utiliza electrodos selectivos) y colorimétrico (como los métodos de ortotolidina, anaranjado de metilo, leuco cristal violeta y DPD), siendo este último - específicamente el DPD (Dietil-p-fenilendiamina) el más ampliamente utilizado en trabajos de campo debido a su practicidad, rapidez y confiabilidad en las mediciones (Cueva, 2022).

### **3.4.2 Instrumentos, materiales y equipos**

Colorímetro o espectrofotómetro portátil: Para medir concentraciones de cloro residual.

**Figura 10**  
Colorímetro



- Kit de análisis de cloro (DPD): Pastillas o reactivos para mediciones rápidas en campo.
- Celdas para muestra de vidrio.
- Guantes de nitrilo, mascarillas y gafas de protección (manejo de reactivos).

### **3.4.3. Software y Herramientas Digitales**

- QGIS o ArcGIS: Para georreferenciar puntos de muestreo y analizar datos espaciales.

## **3.5. Procedimientos**

### **3.5.1. Etapa Preliminar de Gabinete**

Esta fase inicial consistió en la revisión sistemática de literatura técnica y normativa (OMS, DS 031-2010-SA), recopilación de datos secundarios (reportes de calidad de agua 2020-2024, planos hidráulicos de Jaén), y diseño de protocolos estandarizados para la selección estratégica de puntos de muestreo, priorizando zonas con antigüedad de tuberías, distancia a



la PTAP y reportes históricos de bajo cloro residual, todo ello fundamentado en metodologías de la asociación americana de obras hidráulicas (AWWA).

### **3.5.2. Etapa de Campo**

#### 3.5.2.1. Componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento

##### A. Captación

- Fuentes principales:
  - Río Amojú: Principal fuente superficial, con toma directa.

**Figura 11**

Captación del río Amojú.



Canal de conducción y desarenador: Estructuras que permiten la derivación y remoción de sedimentos gruesos antes del tratamiento.

**Figura 12**

Canal de Conducción y desarenador del río Amojú.



Conducción

- Línea de aducción: HFD (500 mm) que transportan el agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento.

## Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

- Procesos clave:

Coagulación-floculación: Uso de sulfato de aluminio para remover turbiedad, en algunos casos se coloca policloruro de aluminio.

### Figura 13

Tubos dosificadores de sulfato de aluminio y policloruro de aluminio



Nota: Su trabajo de los tubos es proporcionar dosificaciones de sulfato de aluminio de 0 a 400 NTU y policloruro de aluminio de 0 a 6000 NTU, siendo su concentración el 2 % lo que equivale a 25 kg por cada 1000 litros de agua, siempre teniendo un margen de 5%.



**Figura 14**

Floculadores, en zigzag, dónde se coagula los restos orgánicos



**Figura 15**

Decantadores



**Figura 16**

Lechos de arena y grava



Desinfección: Dosificación de hipoclorito de sodio (1.5–2.0 mg/L) para garantizar residual libre.

**Figura 17**

Dosificador de cloro gas, a ambas plantas



Tanque de contacto: Donde el cloro actúa durante 30 minutos antes de la distribución.

**Figura 18**

Cámara de contacto o desinfección



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Resultados de la investigación**

##### **4.1.1. Red de distribución de la red de la ciudad de Jaén**

Se presenta los tanques de almacenamiento del PTAP, cuenta con 4 reservorios principales (Miraflores, Morro Solar, Guayacán y Parral), con capacidades entre 1050 m<sup>3</sup> y 1600 m<sup>3</sup>. El caudal de ingreso varía desde 25 l/s (Morro Solar) hasta 85 l/s (Miraflores). Cotas altimétricas: Oscilan entre 779.00 m.s.n.m (Morro Solar) y 839.00 m.s.n.m (Miraflores), lo que influye en la presión del sistema.

Características PTAP antigua: Incluye 2 reservorios (Planta y Magllanal), con 1550 m<sup>3</sup> y 600 m<sup>3</sup> de capacidad respectivamente, Caudal de ingreso: 62 l/s (Planta) y 15 l/s (Magllanal).

1. Control hidráulico: Cámaras rompe presión: PTAP NUEVA utiliza entre 1 y 3 cámaras, mientras que PTAP ANTIGUA tiene 0 en Magllanal y 3 en Planta. Zonas de presión: Divididas por sectores (PTAP nueva, Miraflores abarca 5 zonas, identificadas como 1, 2, 3, 4 y 4').
2. Cobertura y usuarios: PTAP NUEVA atiende a más usuarios, destacando Guayacán (5284 usuarios) y Miraflores (5159 usuarios). PTAP ANTIGUA sirve a 3944 usuarios (Planta) y 1532 (Magllanal).

Tabla 3. características de reservorios

Nombre de PTAP	Ubicación	Volumen de reservorio (m3)	Caudal de ingreso al reservorio (l/s)	Cota de reservorio (m.s.n.m)	Cámaras rompe presión	Usuarios por reservorios	Caudal de diseño (l/s)
<b>PTAP NUEVA</b>	R. MIRAFLORES	1600	80 a 85	839.00	3	5159	150
	R. MORRO SOLAR	1050	25	779.00	1	1665	
	R. GUAYACÁN	1450	80	811.30	2	5284	
	R. PARRAL	1450	65	830.00	3	3318	
<b>PTAP ANTIGUA</b>	R. PLANTA	1550	62	843.00	3	3944	150
	R. MAGLLANAL	600	15	808.20	0	1532	

*Sistemas de Monitoreo*

- Medidores de cloro residual: Equipos HANNA en salida de planta y puntos clave de la red.



#### 4.1.2. Datos de muestreo en campo

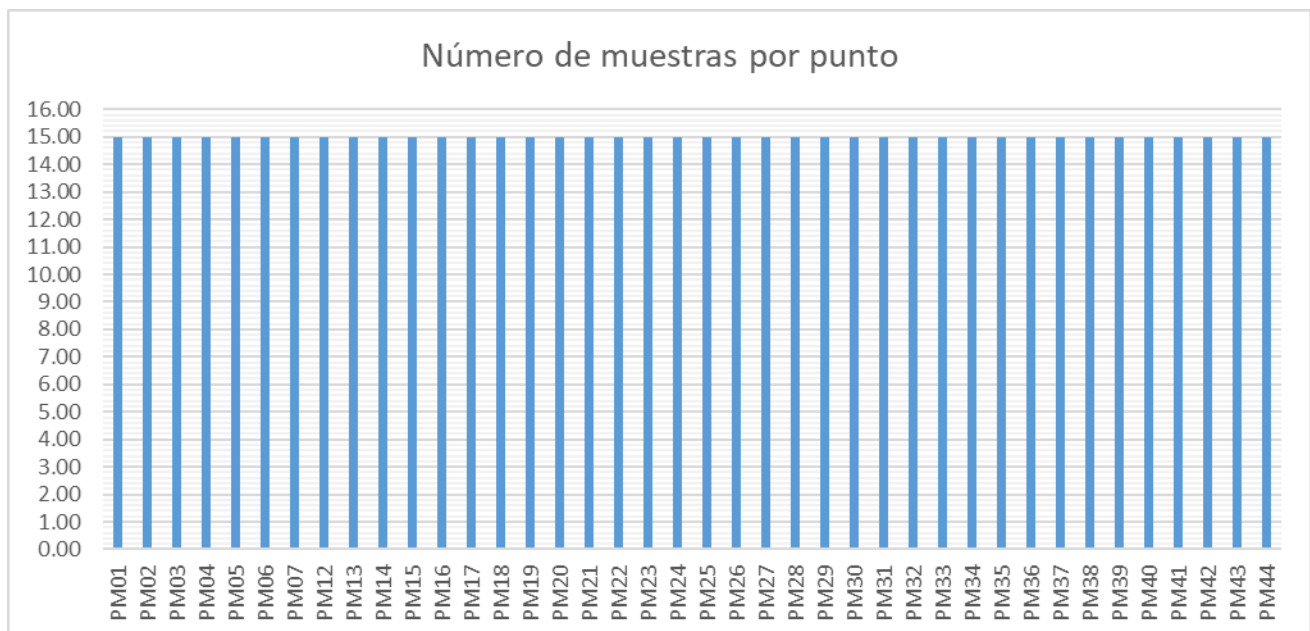
Para el análisis y presentación de los datos recolectados durante el trabajo de campo, se implementó un protocolo estructurado que incluyó los siguientes elementos y procedimientos complementarios esenciales:

##### 4.1.2.1. Ubicación geográfica de puntos de muestreo.

El estudio implementó un muestreo en dos fases: una primera etapa diagnóstica con 27 puntos para identificar zonas críticas con cloro residual inferior a 0.5 mg/L (sin detectarse valores por debajo del límite), seguida de una segunda fase con 17 puntos adicionales, enfocada en otras áreas y extremos de la red para garantizar una evaluación representativa de la distribución del cloro residual en todo el sistema, totalizando 44 puntos estratégicamente seleccionados que cumplen con los criterios estadísticos para redes de distribución según estándares internacionales (Anexo 4 ) planos.

**Figura 19**

N° de puntos de muestreo



*Nota: cantidad de puntos de muestreo realizados en campo 44 puntos de muestreo con 15 puntos de muestra.*

El análisis de los datos de muestreo revela una distribución geográfica diversa, de manera homogénea la ubicación de los puntos en viviendas familiares (44 muestras), complementado con ubicaciones estratégicas, lo que permite obtener una representación integral de la calidad del agua en distintos tipos de infraestructura.

Los 44 puntos de muestreo, georreferenciados mediante Coordenadas UTM, se distribuyen estratégicamente en la zona de estudio como se detalla a continuación:

#### 4.1.2. Datos de muestreo de campo

Tabla 4. Coordenadas UTM: Zona de estudio –PTAP.

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM:	
	Este	Norte
Planta Nueva	741003	9368493

##### a. Puntos primera etapa

Tabla 5. Coordenadas UTM: Zona de estudio – primera etapa.

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM:		Referencia del punto de monitoreo
	Este	Norte	
<b>PUNTO DE MONITOREO - 01</b>	743469	9366868	C. José H. Ortiz y C.01
<b>PUNTO DE MONITOREO - 02</b>	744024	9367069	Av. Hermógenes Mejía Solf y Clarita Flores

<b>PUNTO DE MONITOREO - 03</b>	743743	9366601	C. Los Jazmines
<b>PUNTO DE MONITOREO - 04</b>	743600	9366520	C. Los Jazmines
<b>PUNTO DE MONITOREO - 05</b>	743632	9367473	Av. Oriente y Prolong. Manco Capac.
<b>PUNTO DE MONITOREO - 06</b>	744055	9367764	C. México y Av. Oriente
<b>PUNTO DE MONITOREO - 07</b>	744335	9368033	Av. Oriente y Av. de evitamiento
<b>PUNTO DE MONITOREO - 08</b>	744501	9368151	Av. Oriente
<b>PUNTO DE MONITOREO - 09</b>	744882	9368517	Av. Oriente
<b>PUNTO DE MONITOREO - 10</b>	745419	9368963	Av. Oriente
<b>PUNTO DE MONITOREO - 11</b>	745564	9368897	Av. Oriente
<b>PUNTO DE MONITOREO - 12</b>	743701	9367803	C. Universidad
<b>PUNTO DE MONITOREO - 13</b>	743643	9367877	C. Arana Vidal y Pasaje Francisco de Zela
<b>PUNTO DE MONITOREO - 14</b>	743649	9367955	C. La Marina y C. Horacio Zevallos
<b>PUNTO DE MONITOREO - 15</b>	743909	9368180	C. Los Pinos y Pasaje Esteban Altamirano

<b>PUNTO DE MONITOREO - 16</b>	743902	9368216	C. Mariano Melgar y Pasaje Esteban Altamirano
<b>PUNTO DE MONITOREO - 17</b>	743809	9368280	C. Calle Marañón
<b>PUNTO DE MONITOREO - 18</b>	744094	9368451	C. Calle Marañón y Albert Einsten
<b>PUNTO DE MONITOREO - 19</b>	743827	9368419	C. Las Palmeras cuadra 3
<b>PUNTO DE MONITOREO - 20</b>	743963	9368624	C. Las Betanias y Federico Max
<b>PUNTO DE MONITOREO - 21</b>	743683	9368526	C. Las Betanias y Fernando Belaundy Terry
<b>PUNTO DE MONITOREO - 22</b>	743833	9368817	C. Roberto Segura y Federico Max
<b>PUNTO DE MONITOREO - 23</b>	743929	9368862	C. Roberto Segura cuadra 14
<b>PUNTO DE MONITOREO - 24</b>	743623	9368724	C. Mariano Melgar cuadra 7
<b>PUNTO DE MONITOREO - 25</b>	743473	9368615	C. Mariano Melgar cuadra 3
<b>PUNTO DE MONITOREO - 26</b>	743444	9368715	C. Leoncio Prado cuadra 3
<b>PUNTO DE MONITOREO - 27</b>	743093	9368329	C. Prolongación Manco Capac cuadra 1

b. Puntos segunda etapa

Tabla 6. Coordenadas UTM: Zona de estudio – segunda etapa.

<b>Punto de monitoreo</b>	<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Referencia del punto de monitoreo</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
PLANTA NUEVA	741003	9368493	
PUNTO DE MONITOREO - 28	743436	9369217	C. Prolongación Iquitos cuadra 5
PUNTO DE MONITOREO - 29	743203	9369122	C. Prolongación Iquitos y Los Lirios
PUNTO DE MONITOREO - 30	743268	9369325	C. Antisuyo cuadra 1
PUNTO DE MONITOREO - 31	743261	9369477	C. Collasuyo cuadra 6
PUNTO DE MONITOREO - 32	743198	9369538	C. Contisuyo y La Amistad
PUNTO DE MONITOREO - 33	742964	9369578	Av. Pakamuros cuadra 17
PUNTO DE MONITOREO - 34	743055	9369650	C. Prolongación Intihuatana cuadra 4

---

PUNTO DE MONITOREO - 35	742938	9369703	Av. Pakamuros cuadra 19
PUNTO DE MONITOREO - 36	743630	9370251	C. Tres Marias
PUNTO DE MONITOREO - 37	743799	9370330	Av. Pakamuros, Ref. Campo Ferial Jaen
PUNTO DE MONITOREO - 38	744298	9370825	C. Diego Ferre Ref. Camal Municipal
PUNTO DE MONITOREO - 39	743589	9370381	C. La Colina y Los Libertadores
PUNTO DE MONITOREO - 40	743731	9370433	C. La Colina y Pasaje La Ciruela
PUNTO DE MONITOREO - 41	742912	9370116	C. Rio Amaju y Los Robles
PUNTO DE MONITOREO - 42	742523	9370192	C. Salazar Bondy y La Unión
PUNTO DE MONITOREO - 43	742645	9369524	C. Chinchasuyo y El Cuzco.

---

PUNTO DE	742693	9369044	C. Iquitos cuadra 13
MONITOREO			
- 44			

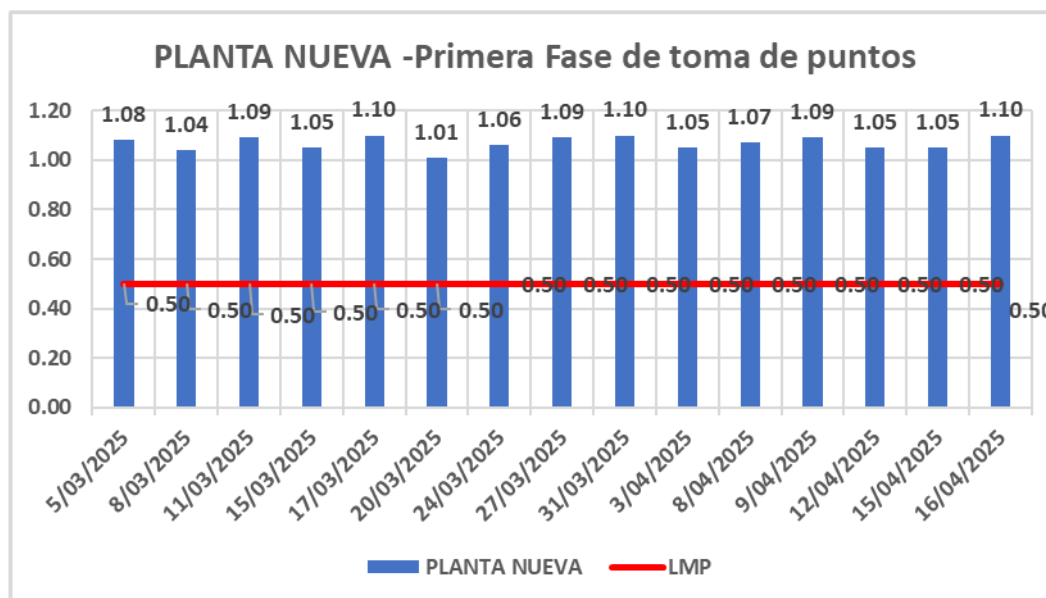
#### 4.1.2.2. Análisis estadístico de datos

##### Punto 0 PLANTA NUEVA

- Coordenadas UTM: 741003 9368493
- Interpretación: la planta por ser el punto de dosificación de cloro mantiene el estándar que es mayor a 1.0 hasta 1.10 cumple con la norma DS 031-2010-SA, asegurando agua segura para consumo de la población de Jaén.

**Figura 20**

Gráfico comparativo entre datos de campo la planta nueva y LMP.



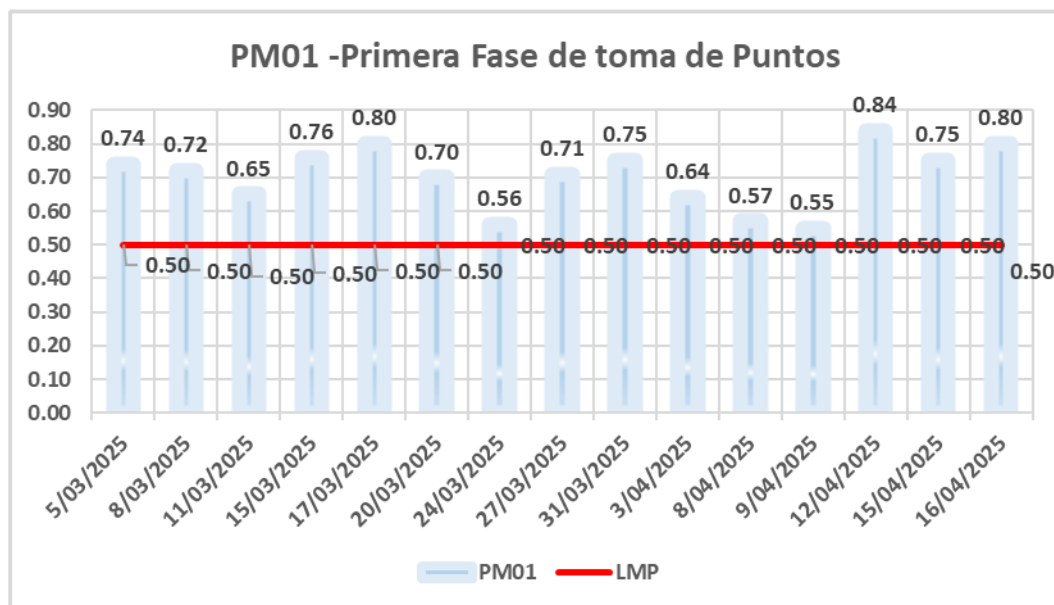
**Nota:** El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.

## PUNTO DE MONITOREO - 01

- Coordenadas UTM: 743469 9366868
- Dirección: C. José H. Ortiz y C.01
- Interpretación: El punto de muestreo 01 registró concentraciones de cloro residual entre 0.55 y 0.84 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales y puesto se encuentra en una pendiente.

**Figura 21**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 01 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

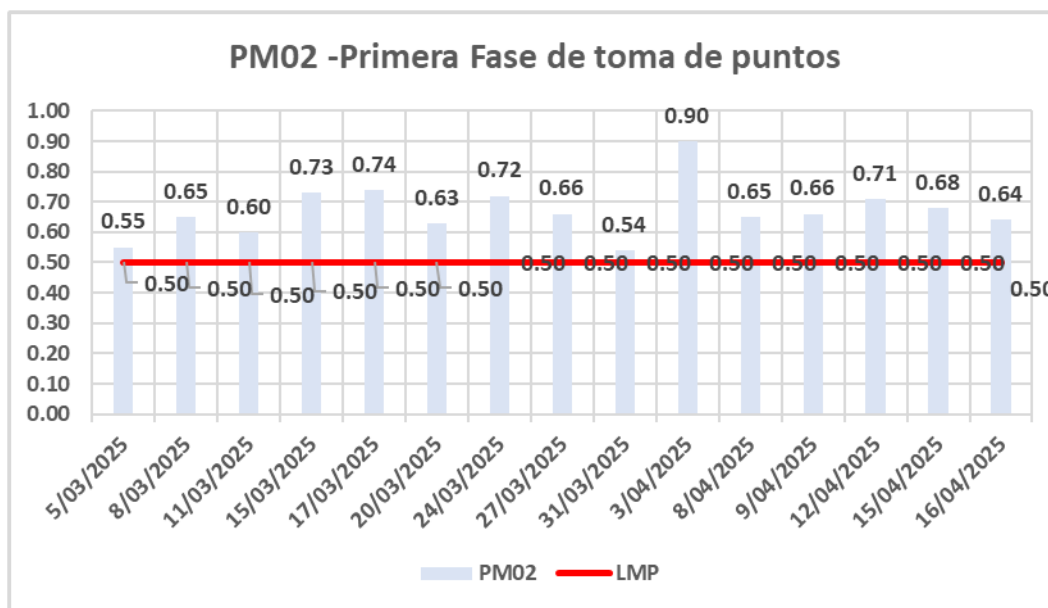


## PUNTO DE MONITOREO - 02

- Coordenadas UTM: 744024 9367069
- Dirección: Av. Hermógenes Mejía Solf y Clarita Flores
- Interpretación: El punto de muestreo 02 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.9 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 22**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 02 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



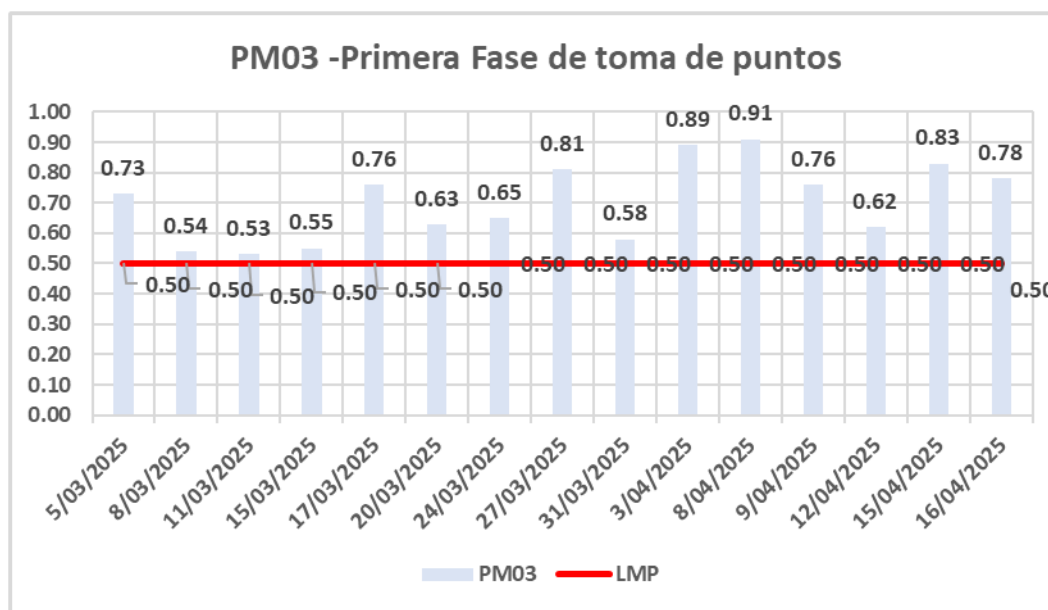
**Nota:** El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.

### PUNTO DE MONITOREO - 03

- Coordenadas UTM: 743743 9366601
- Dirección: C. Los Jazmines
- Interpretación: El punto de muestreo 03 registró concentraciones de cloro residual entre 0.53 y 0.91 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

#### Figura 23

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 03 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



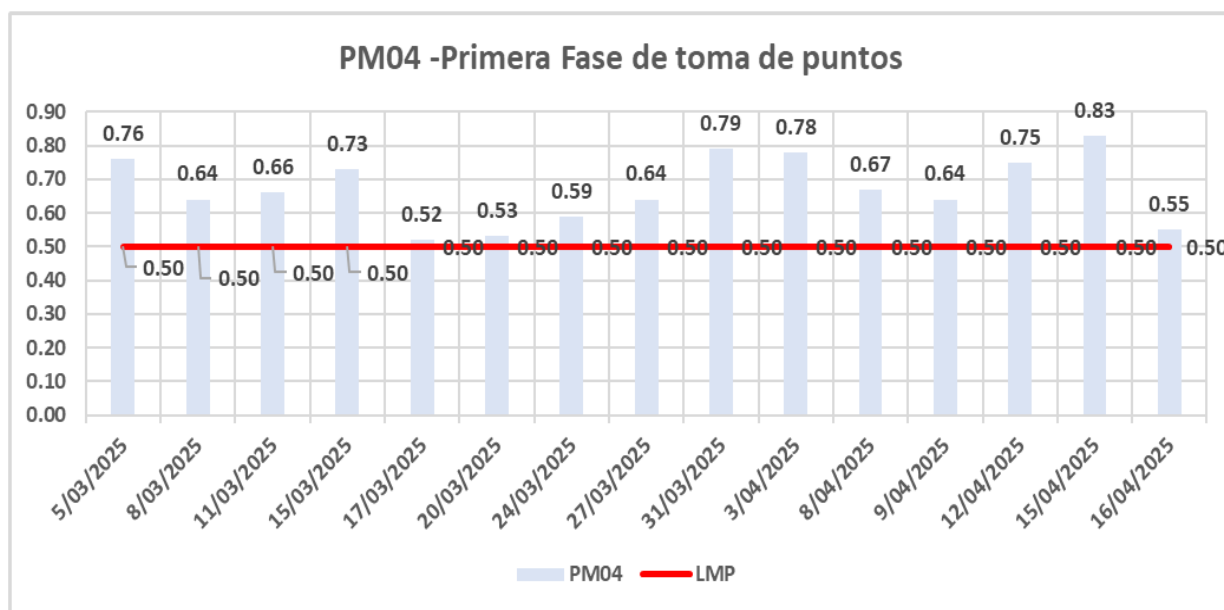
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 04

- Coordenadas UTM: 743600 9366520
- Dirección: C. Los Jazmines
- Interpretación: El punto de muestreo 04 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.83 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 24

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 04 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



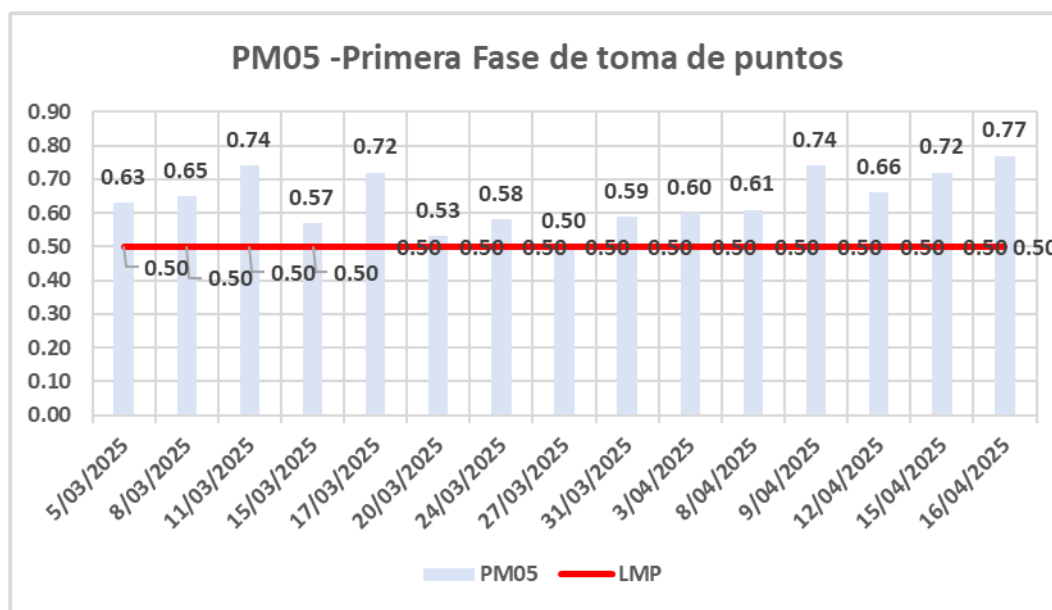
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 05

- Coordenadas UTM: 743632 9367473
- Dirección: Av. Oriente y Prolong. Manco Capac.
- Interpretación: El punto de muestreo 05 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.77 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 25

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 05 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



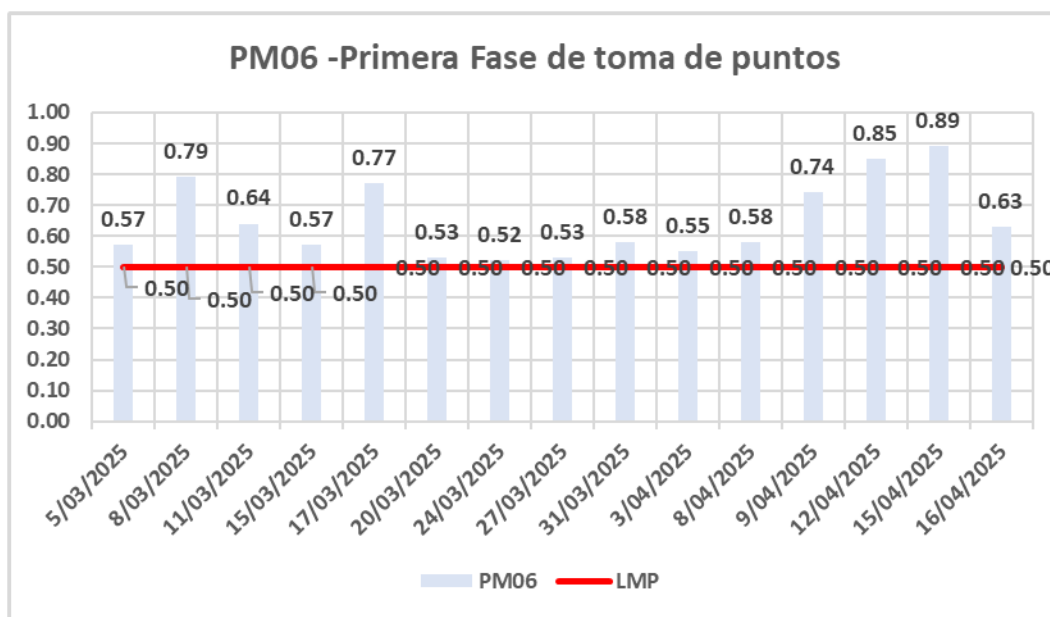
**Nota:** El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.

## PUNTO DE MONITOREO - 06

- Coordenadas UTM: 744055 9367764
- Dirección: C. México y Av. Oriente
- Interpretación: El punto de muestreo 06 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.89 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 26

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 06 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



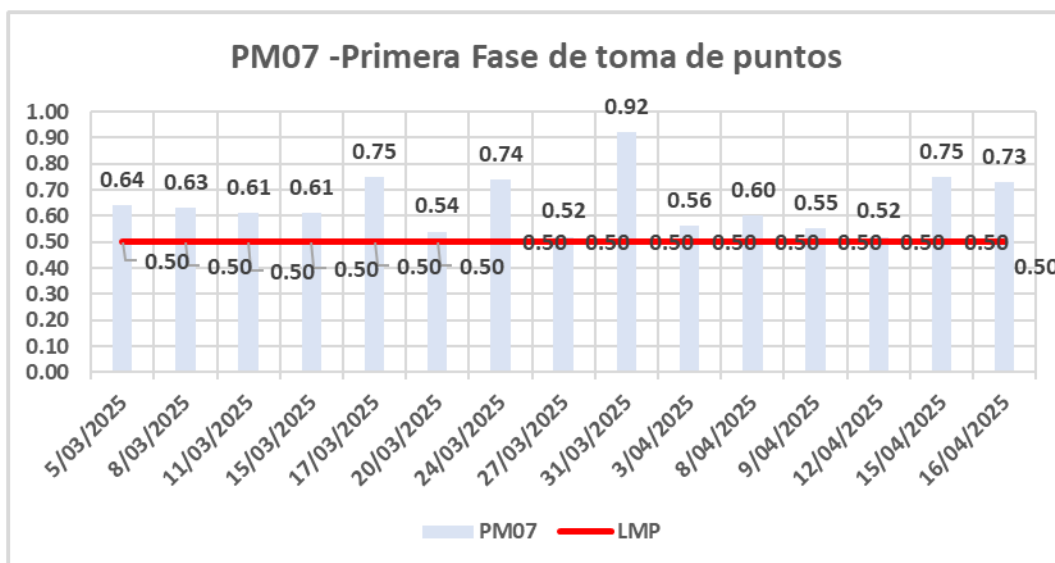
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 07

- Coordenadas UTM: 744335 9368033
- Dirección: Av. Oriente y Av. de evitamiento
- Interpretación: El punto de muestreo 07 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.92 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 27**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 07 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



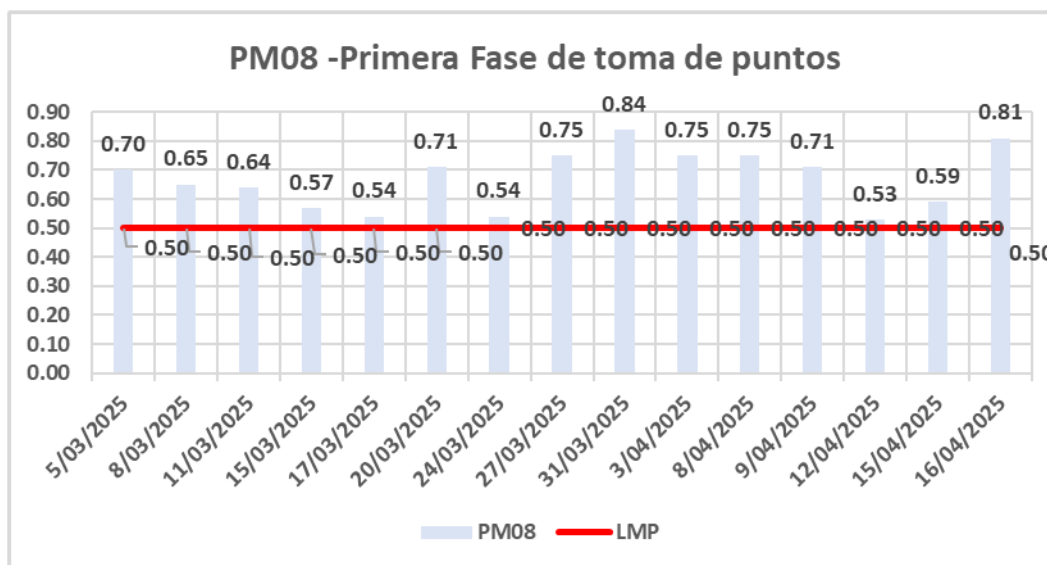
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 08

- Coordenadas UTM: 744501 9368151
- Dirección: Av. Oriente
- Interpretación: El punto de muestreo 08, que se construyó recientemente por las lotizaciones, registró concentraciones de cloro residual entre 0.53 y 0.84 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la recontaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 28**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 08 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



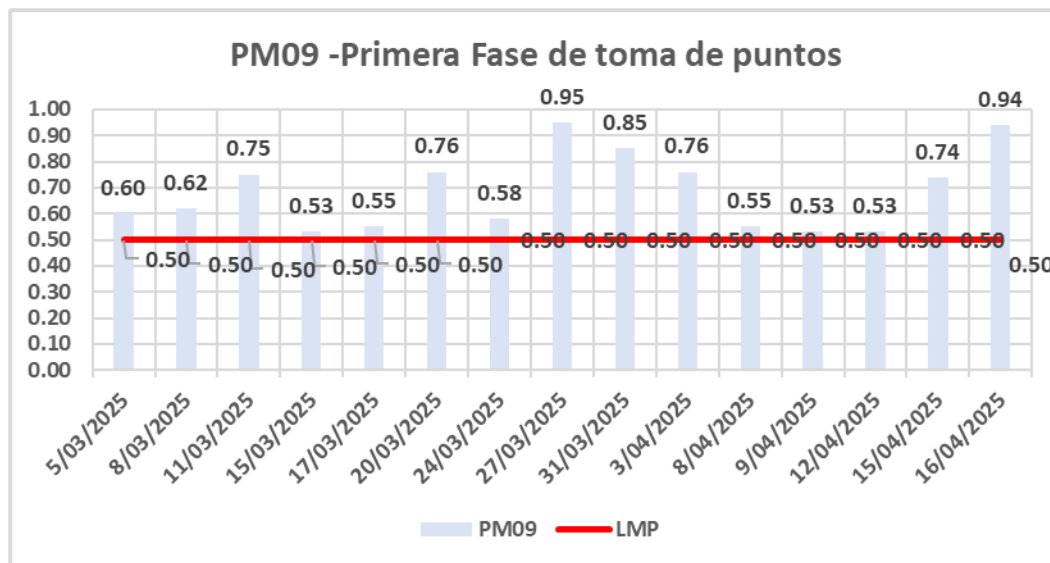
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 09

- Coordenadas UTM: 744882 9368517
- Dirección: Av. Oriente
- Interpretación: El punto de muestreo 09, al igual que el punto anterior son construcciones recientes, registró concentraciones de cloro residual entre 0.53 y 0.95 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la recontaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 29**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 09 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

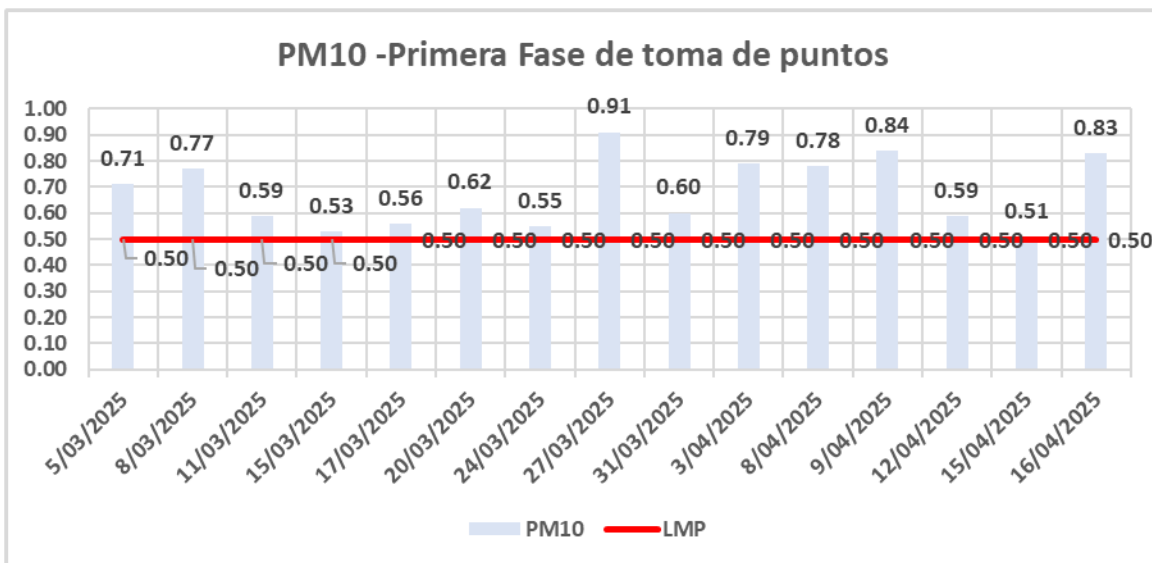


## PUNTO DE MONITOREO - 10

- Coordenadas UTM: 745419 9368963
- Dirección: Av. Oriente
- Interpretación: El punto de muestreo 10 , el mismo que esta recientemente construido , se registró concentraciones de cloro residual entre 0.51 y 0.91 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la recontaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 30**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 10 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



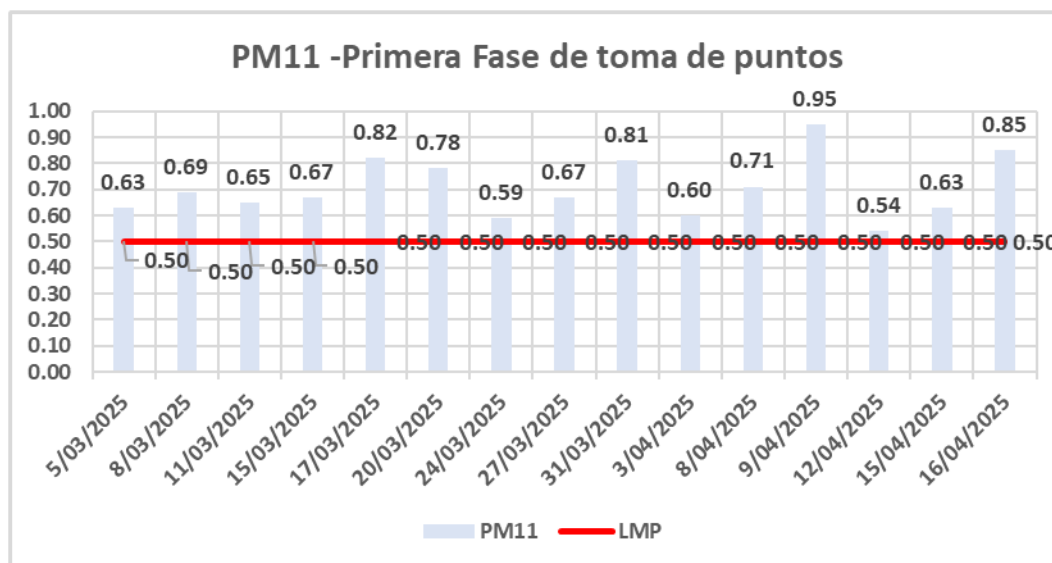
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 11

- Coordenadas UTM: 745564 9368897
- Dirección: Av. Oriente
- Interpretación: El punto de muestreo 11, que está construido recientemente, se registró concentraciones de cloro residual entre 0.59 y 0.95 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 31**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 11 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



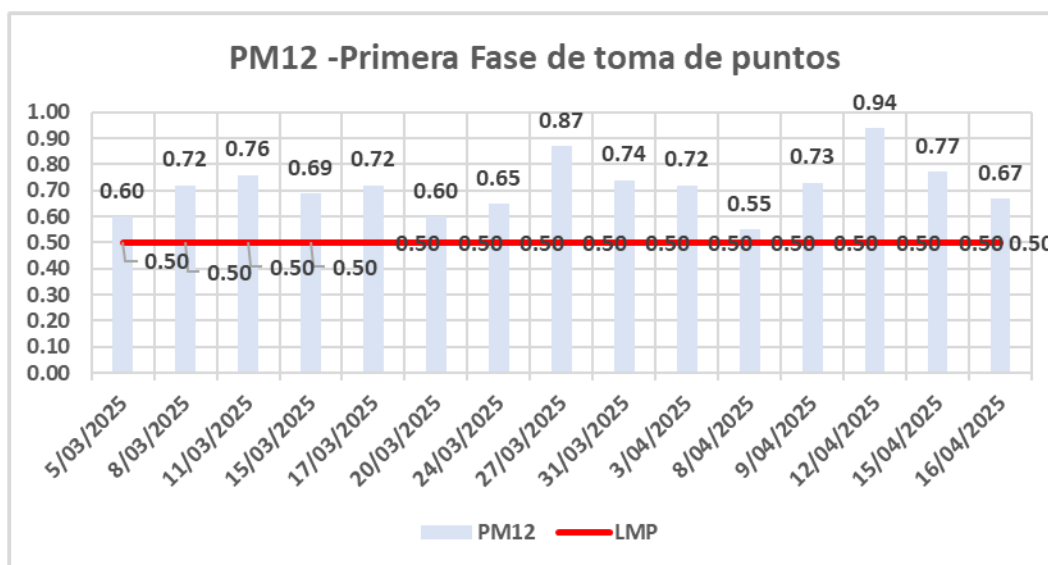
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 12

- Coordenadas UTM: 743701 9367803
- Dirección: C. Universidad
- Interpretación: El punto de muestreo 12 registró concentraciones de cloro residual entre 0.55 y 0.91 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 32

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 12 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



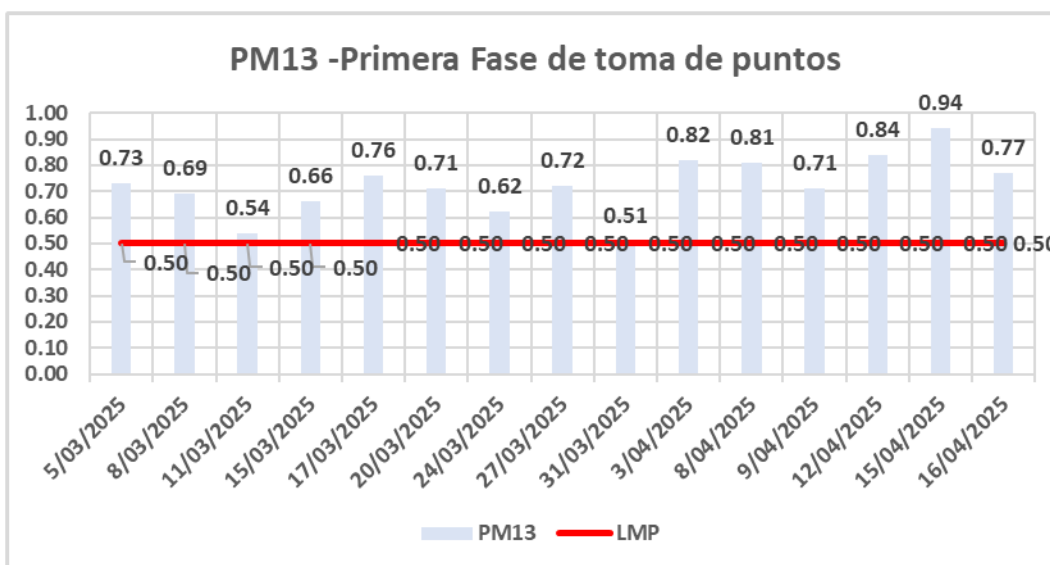
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 13

- Coordenadas UTM: 743643 9367877
- Dirección: C. Arana Vidal y Pasaje Francisco de Zela
- Interpretación: El punto de muestreo 13 registró concentraciones de cloro residual entre 0.51 y 0.94 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 33

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 13 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



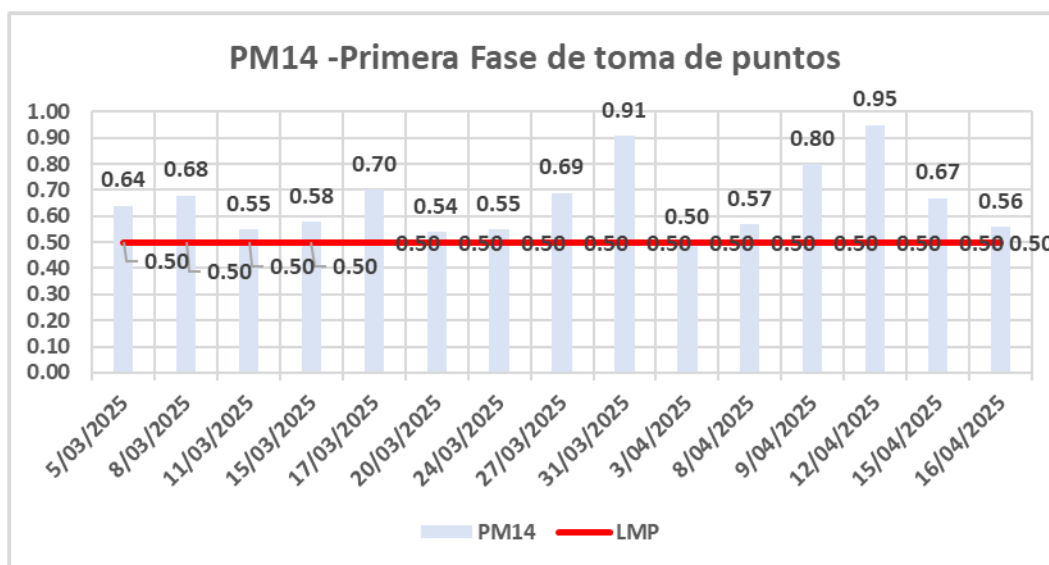
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 14

- Coordenadas UTM: 743649 9367955
- Dirección: C. La Marina y C. Horacio Zevallos
- Interpretación: El punto de muestreo 14 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.95 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 34

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 14 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



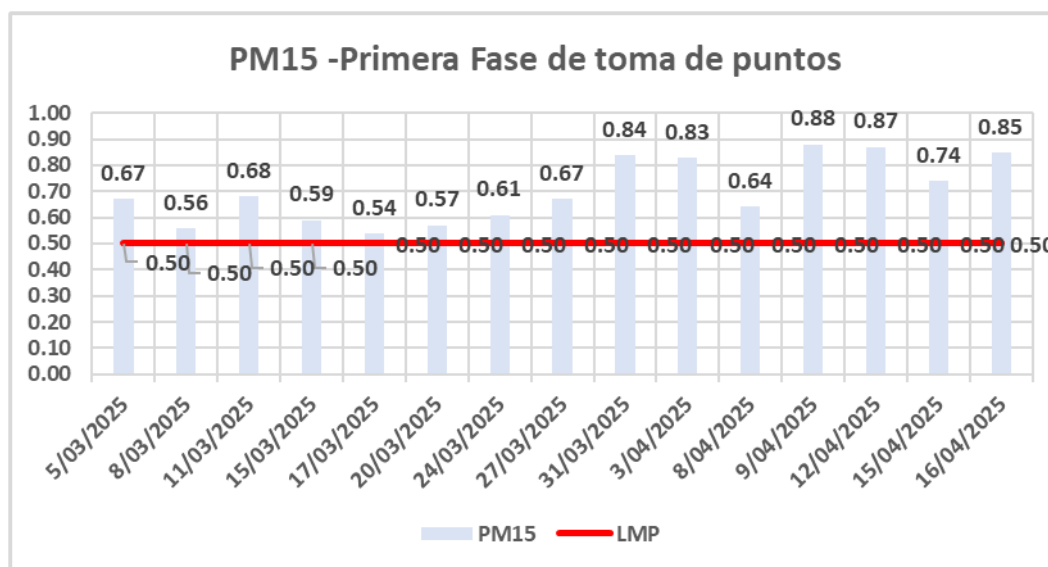
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 15

- Coordenadas UTM: 743909 9368180
- Dirección: C. Los Pinos y Pasaje Esteban Altamirano
- Interpretación: El punto de muestreo 15 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.88 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 35

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 15 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



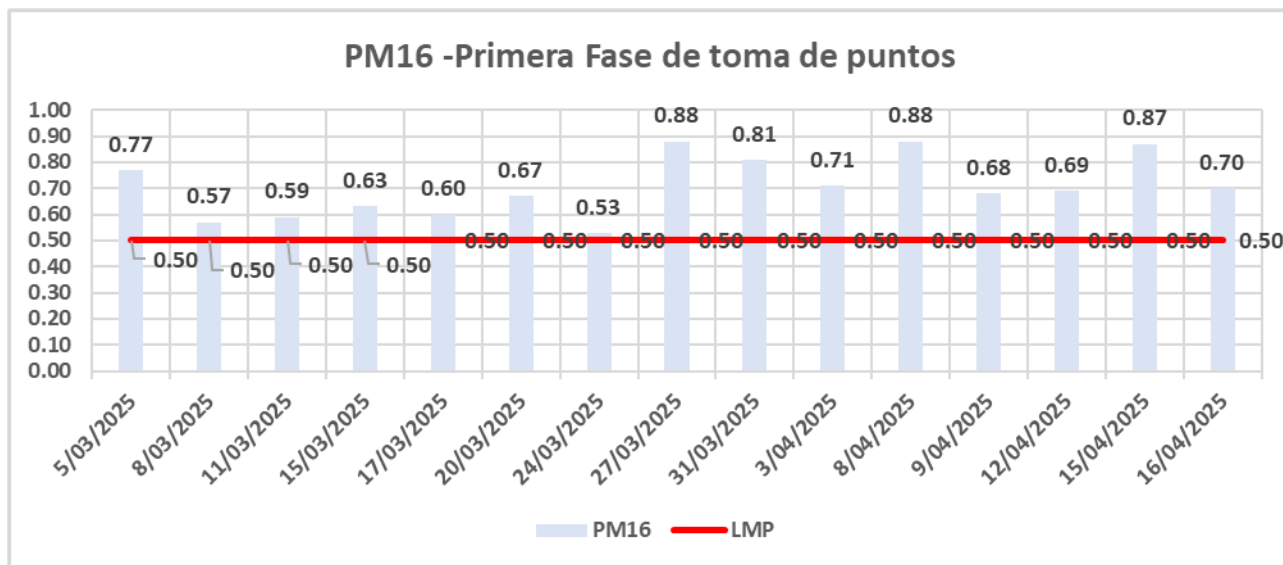
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 16

- Coordenadas UTM: 743902 9368216
- Dirección: C. Mariano Melgar y Pasaje Esteban Altamirano
- Interpretación: El punto de muestreo 16 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.88 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 36

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 16 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



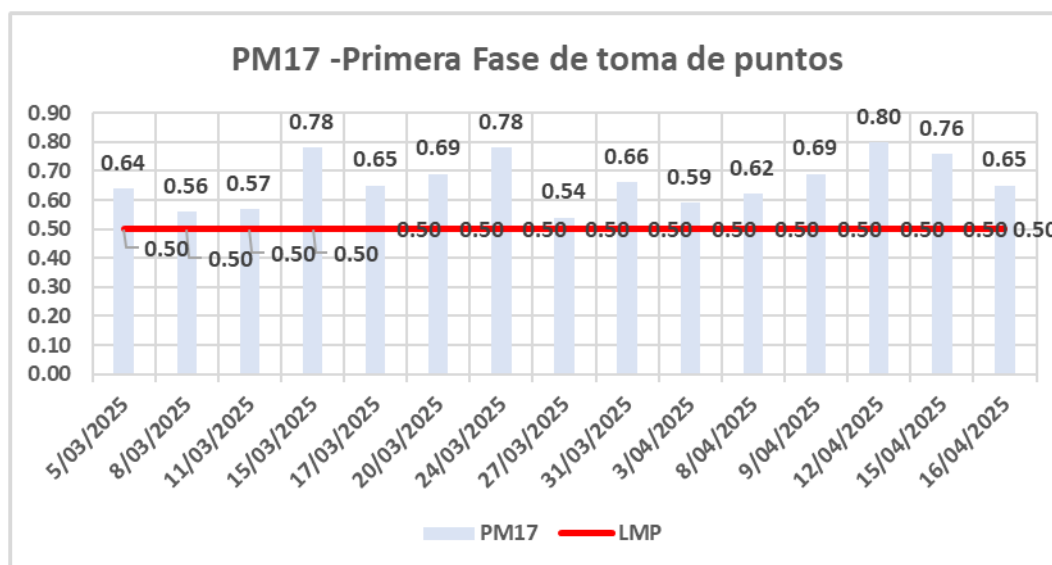
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 17

- Coordenadas UTM: 743809 9368280
- Dirección: C. Calle Marañón
- Interpretación: El punto de muestreo 17 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.80 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 37

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 17 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

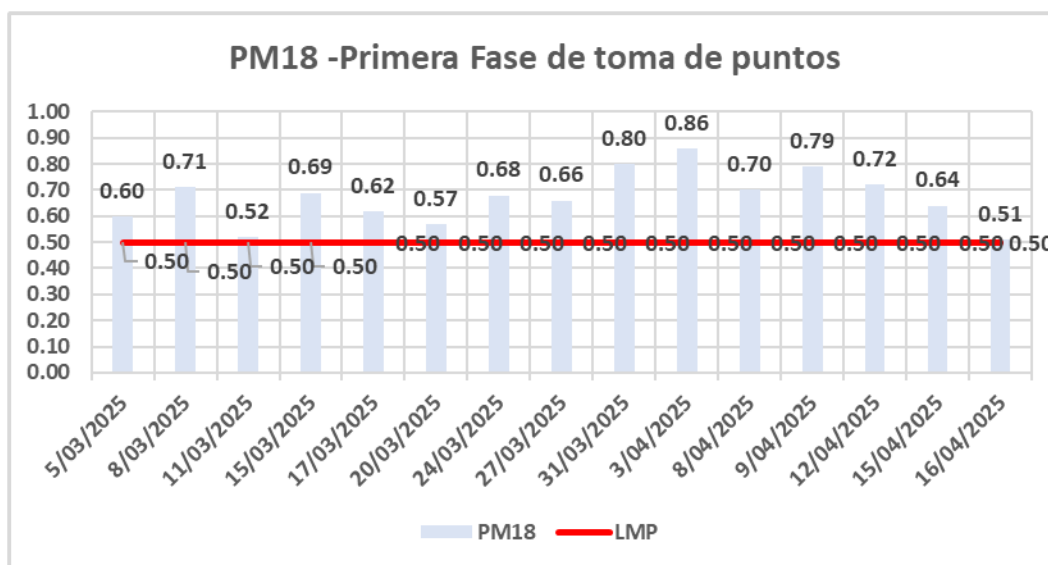


## PUNTO DE MONITOREO - 18

- Coordenadas UTM: 744094 9368451
- Dirección: C. Calle Marañon y Albert Einsten
- Interpretación: El punto de muestreo 18 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.86 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 38

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 18 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



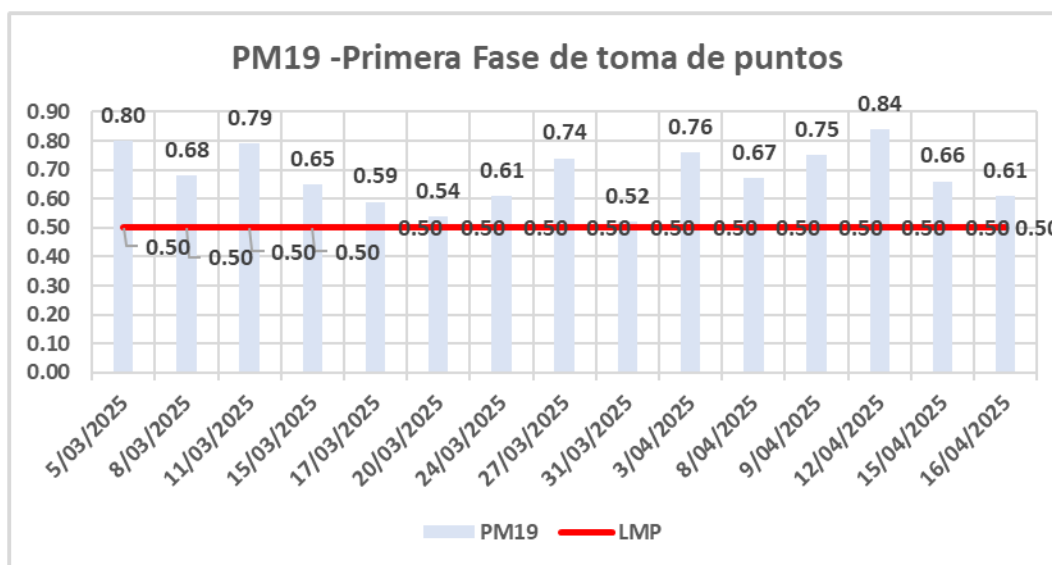
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 19

- Coordenadas UTM: 743827.018 9368419.968
- Dirección: C. Las Palmeras cuadra 3
- Interpretación: El punto de muestreo 19 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.84 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 39

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo – 19 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



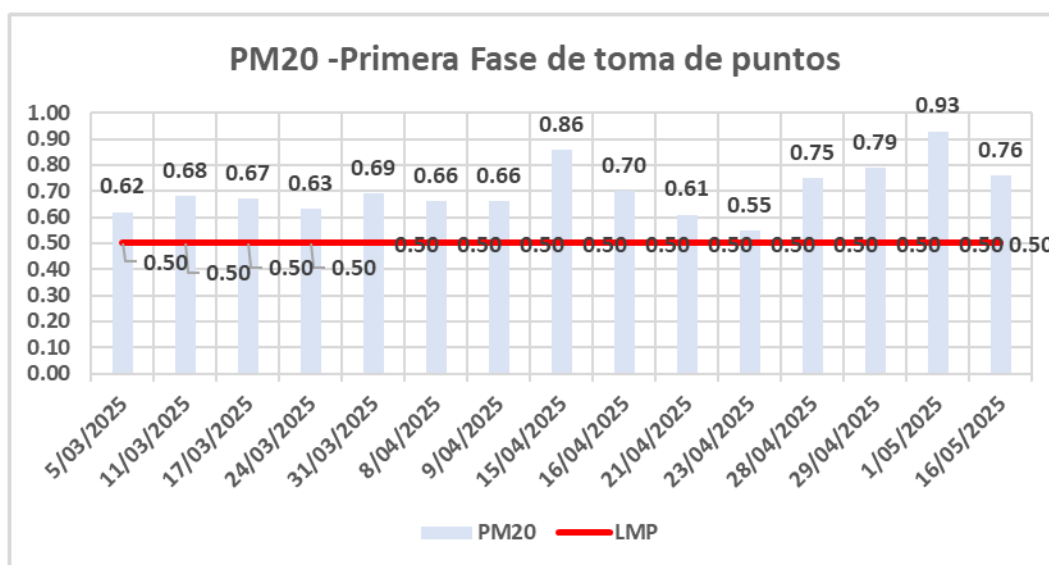
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 20

- Coordenadas UTM: 743963.623 9368624.346
- Dirección: C. Las Betanias y Federico Max
- Interpretación: El punto de muestreo 20 registró concentraciones de cloro residual entre 0.55 y 0.93 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 40

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 20 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



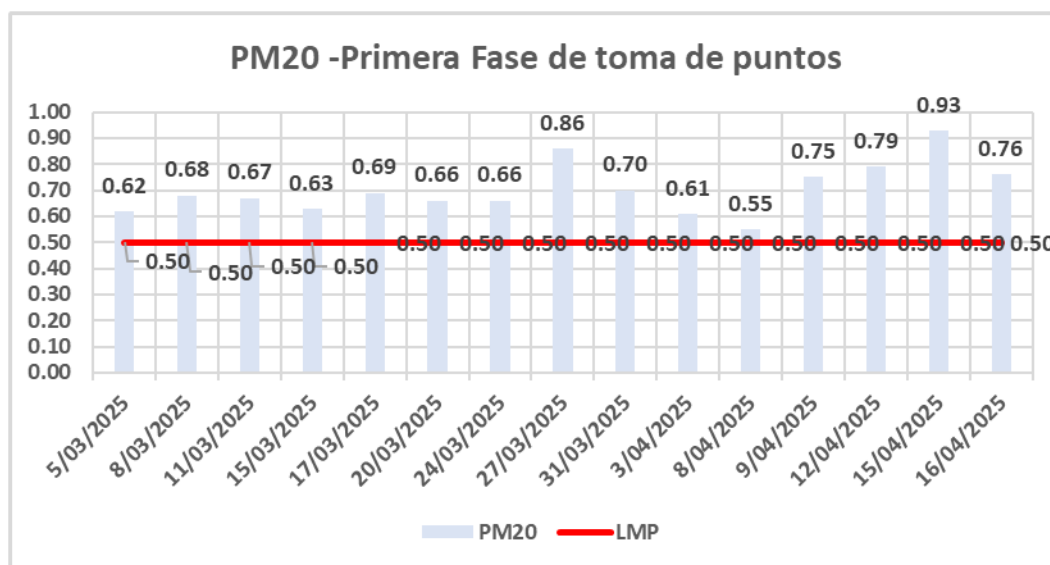
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 21

- Coordenadas UTM: 743683.582 9368526.167
- Dirección: C. Las Betanias y Fernando Belaundy Terry
- Interpretación: El punto de muestreo 21 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.92 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 41

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 21 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



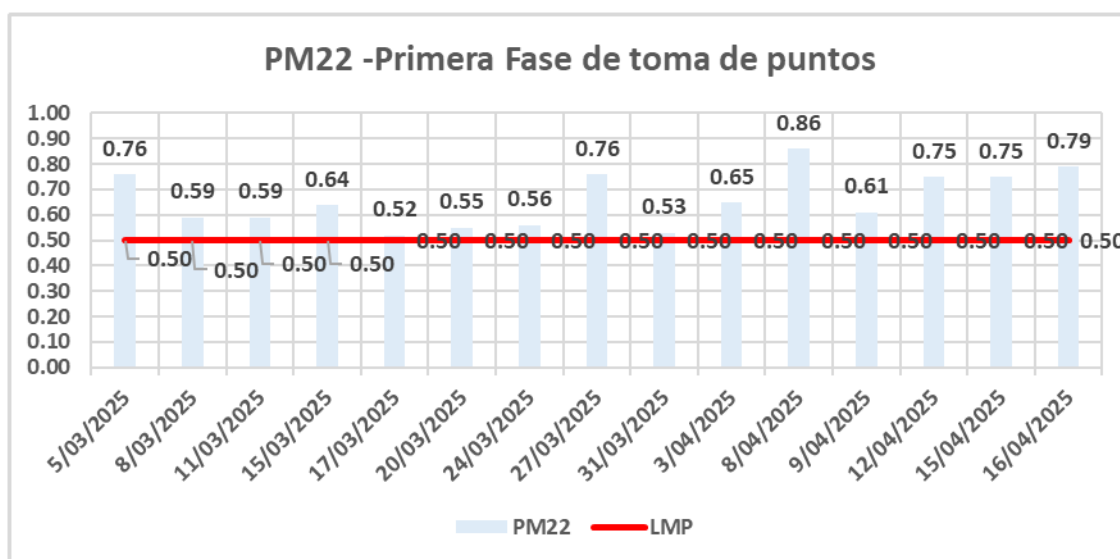
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 22

- Coordenadas UTM: 743833.863 9368817.137
- Dirección: C. Roberto Segura y Federico Max
- Interpretación: El punto de muestreo 22 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.86 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 42**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 22 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



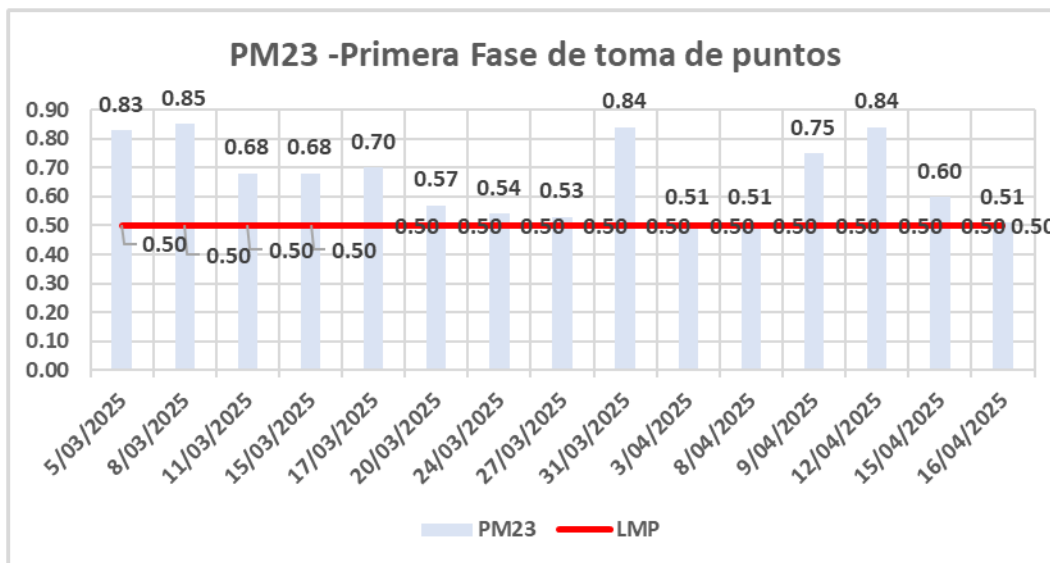
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 23

- Coordenadas UTM: 743929.794 9368862.421
- Dirección: C. Roberto Segura cuadra 14
- Interpretación: El punto de muestreo 23, se tiene tuberías antiguas lo que baja los niveles de cloro cuando el caudal baja, registró concentraciones de cloro residual entre 0.51 y 0.85 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 43**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 23 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



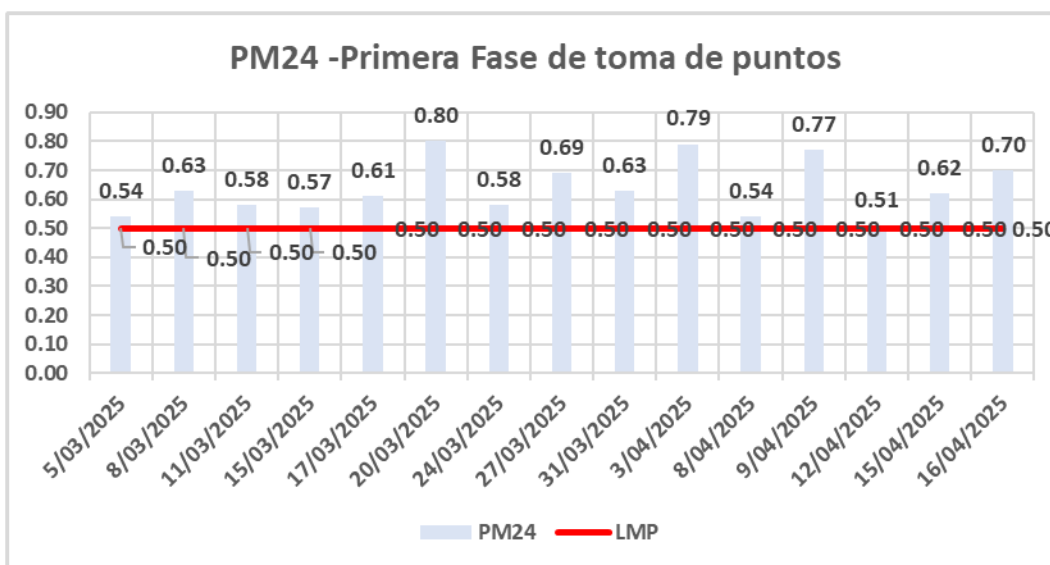
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 24

- Coordenadas UTM: 743623.063 9368724.319
- Dirección: C. Mariano Melgar cuadra 7
- Interpretación: El punto de muestreo 24 registró concentraciones de cloro residual entre 0.51 y 0.80 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 44**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 24 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



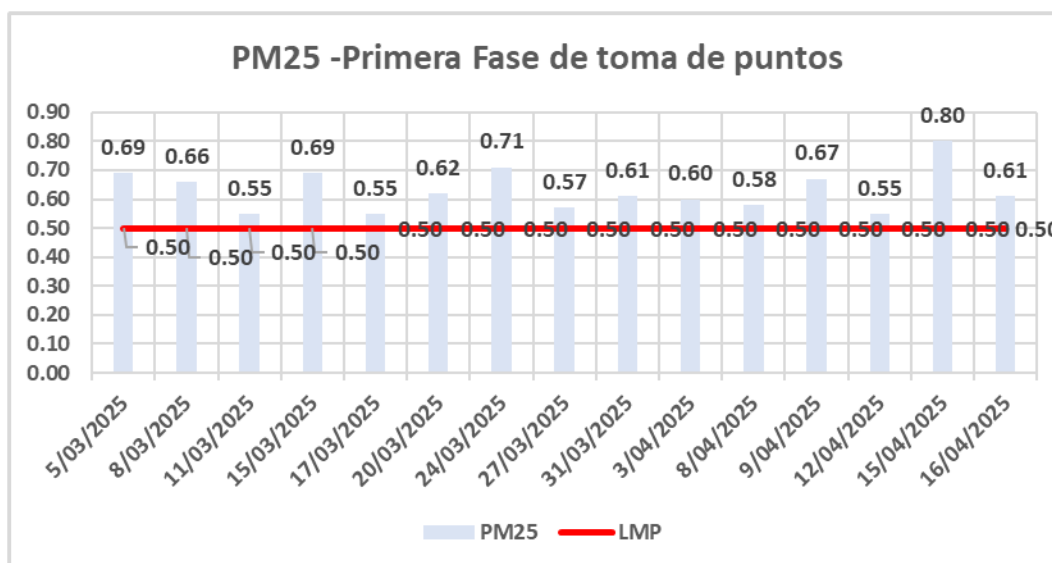
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 25

- Coordenadas UTM: 743473.436 9368615.071
- Dirección: C. Mariano Melgar cuadra 3
- Interpretación: El punto de muestreo 25 registró concentraciones de cloro residual entre 0.55 y 0.80 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 45**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 25 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

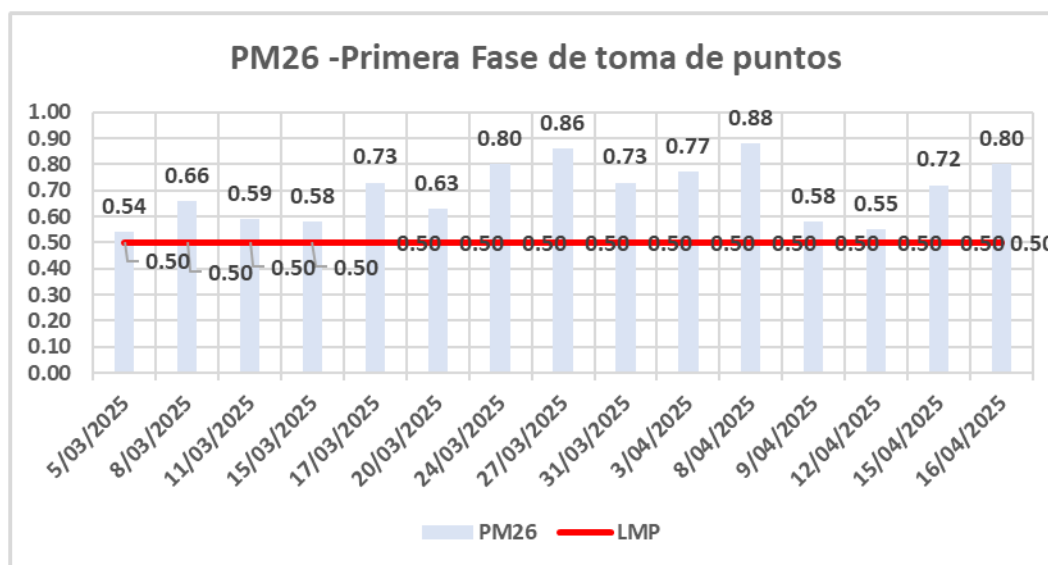


## PUNTO DE MONITOREO - 26

- Coordenadas UTM: 743444.594 9368715.623
- Dirección: C. Leoncio Prado cuadra 3
- Interpretación: El punto de muestreo 26 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.88 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 46**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 26 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



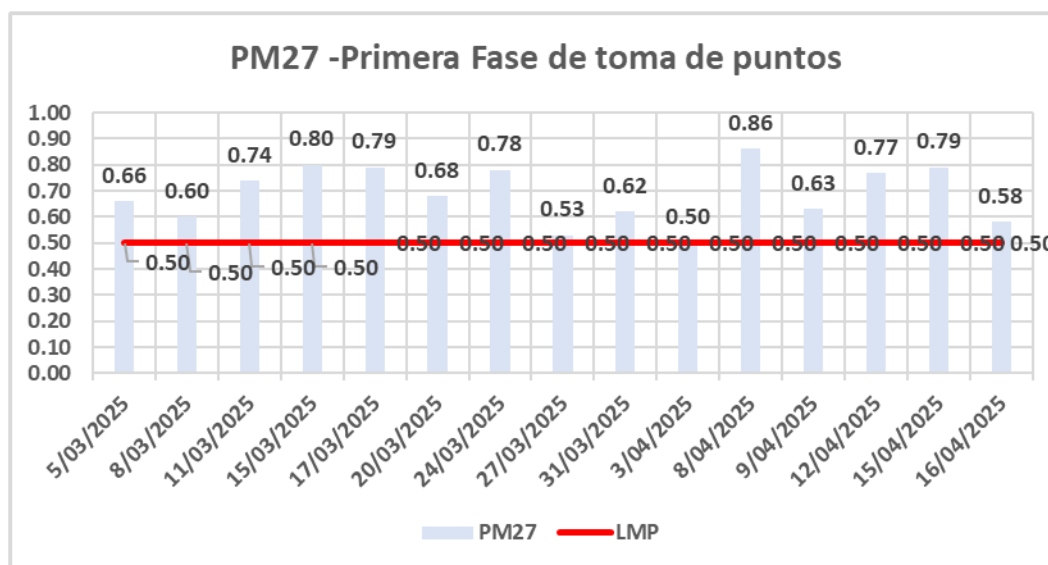
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 27

- Coordenadas UTM: 743093.836 9368329.427
- Dirección: C. Prolongación Manco Capac cuadra 1
- Interpretación: El punto de muestreo 27 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.86 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 47**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 27 -Primera Fase de toma de puntos y LMP.



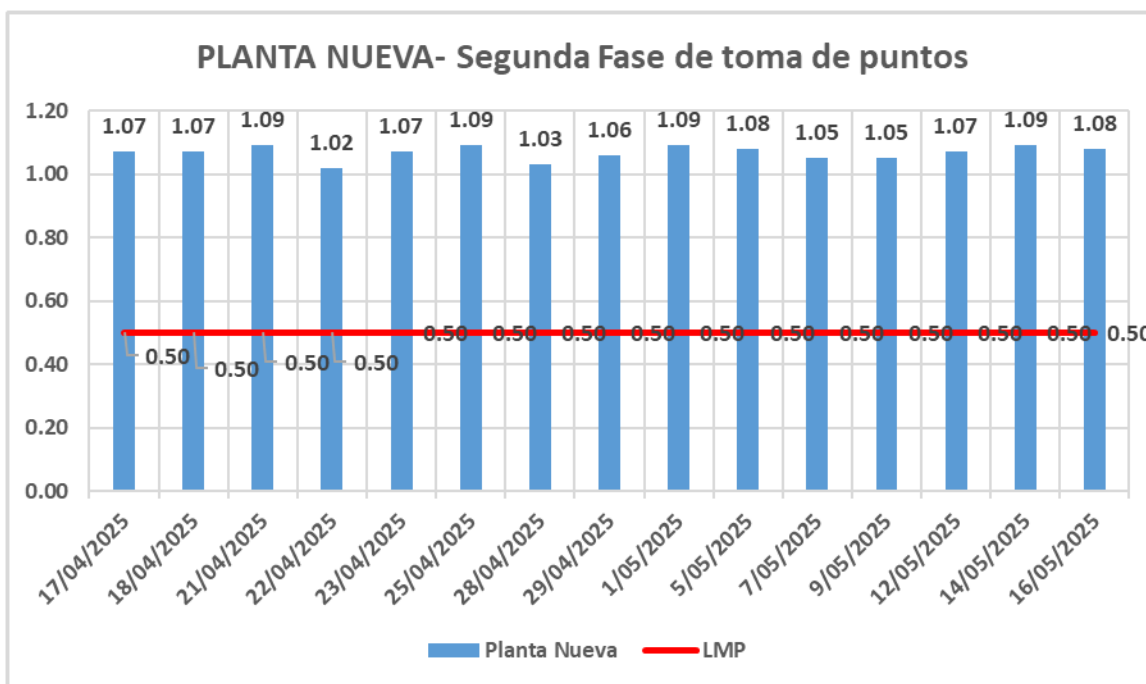
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## Punto 0 PLANTA NUEVA

- Coordenadas UTM: 741003 9368493
- Interpretación: la planta por ser el punto de dosificación de cloro mantiene el estándar que es mayor a 1.02 hasta 1.09 cumple con la norma DS 031-2010-SA, asegurando agua segura para consumo de la población de Jaén.

**Figura 48**

Gráfico comparativo entre datos de campo la planta nueva y LMP.



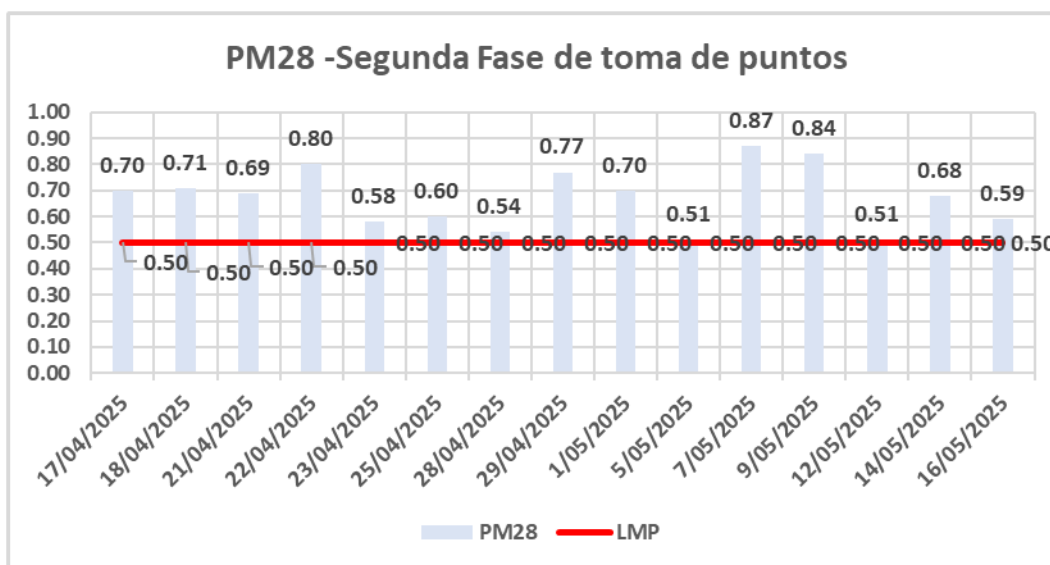
**Nota:** El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.

## PUNTO DE MONITOREO - 28

- Coordenadas UTM: 743436.004 9369217.203
- Dirección: C. Prolongación Iquitos cuadra 5
- Interpretación: El punto de muestreo 28 registró concentraciones de cloro residual entre 0.51 y 0.87 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 49

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 28 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



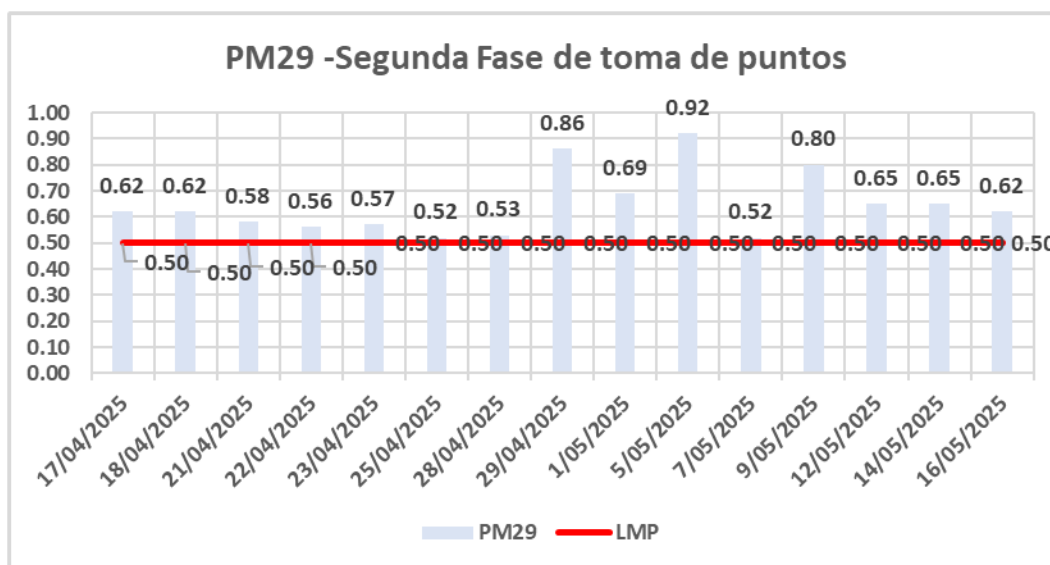
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 29

- Coordenadas UTM: 743203.953 9369122.774
- Dirección: C. Prolongación Iquitos y Los Lirios
- Interpretación: El punto de muestreo 29 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.92 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 50

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 29 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



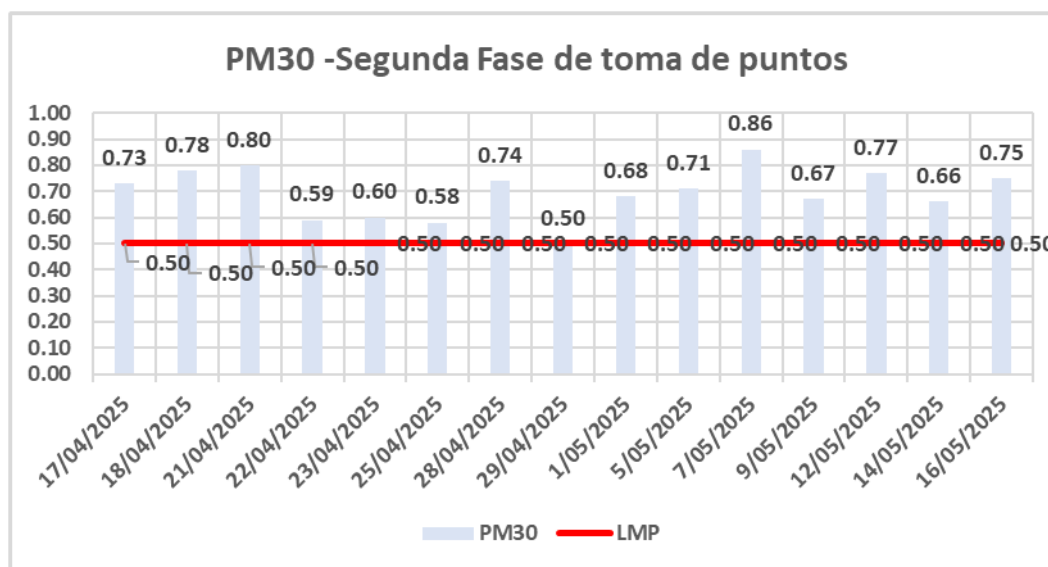
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 30

- Coordenadas UTM: 743268.355 9369325.834
- Dirección: C. Antisuyo cuadra 1
- Interpretación: El punto de muestreo 30 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.86 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 51

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 30 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



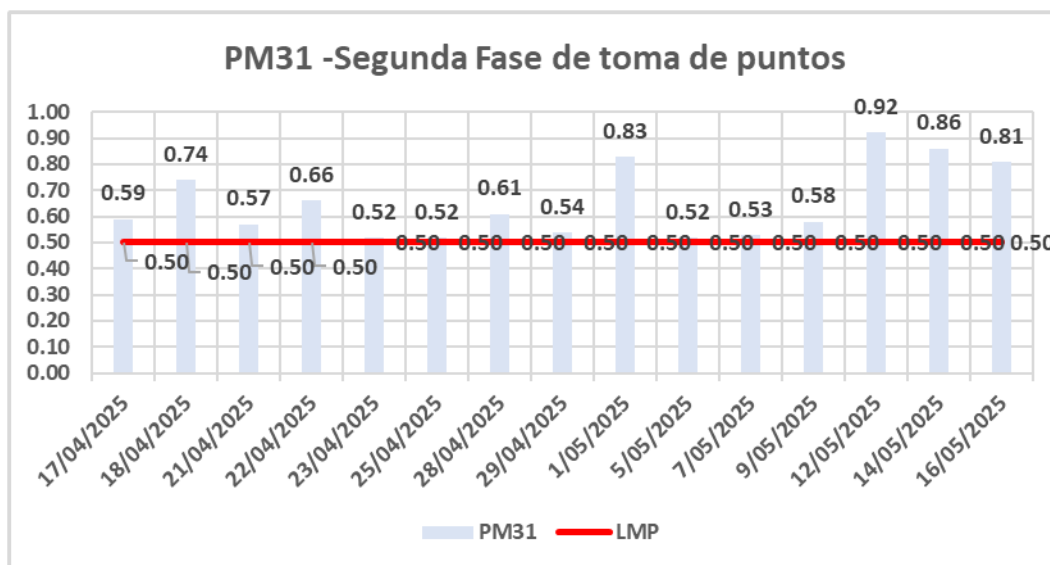
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 31

- Coordenadas UTM: 743261.159 9369477.358
- Dirección: C. Collasuyo cuadra 6
- Interpretación: El punto de muestreo 31 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.92 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 52

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 31 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



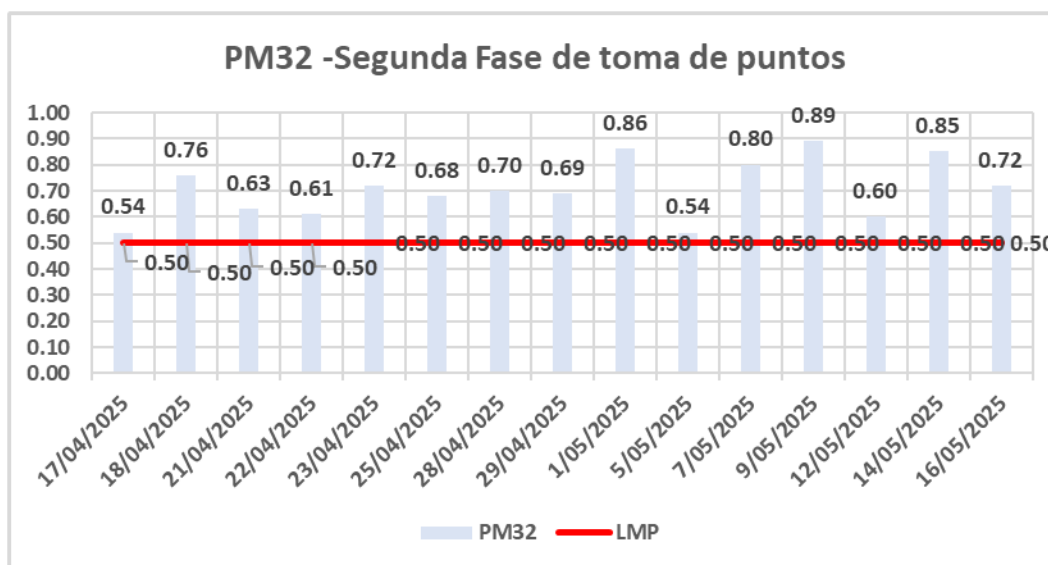
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 32

- Coordenadas UTM: 743198.333 9369538.647
- Dirección: C. Contisuyo y La Amistad
- Interpretación: El punto de muestreo 32 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.89 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 53

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 32 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

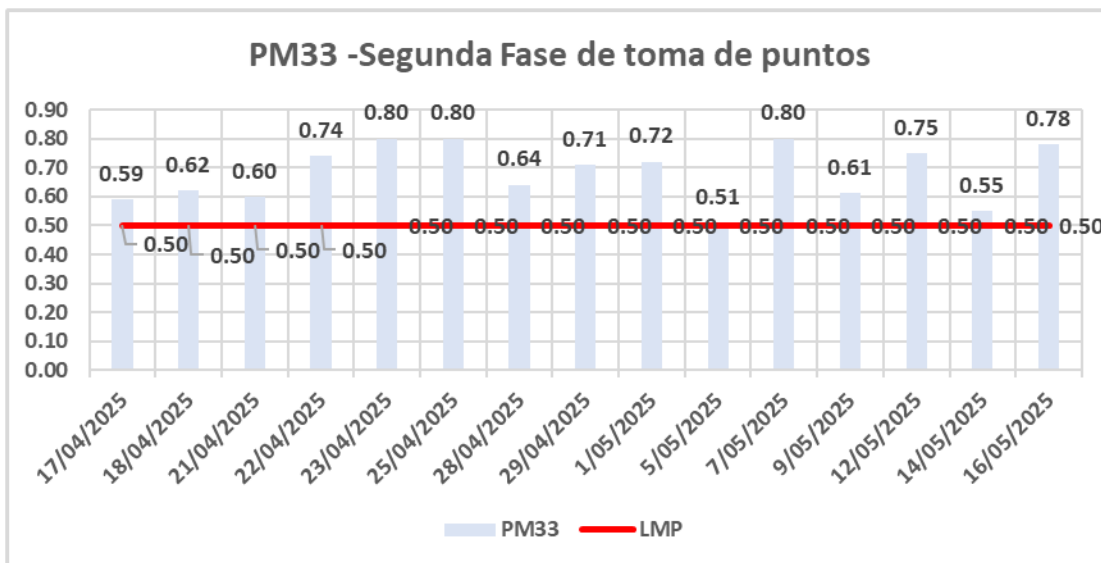


## PUNTO DE MONITOREO - 33

- Coordenadas UTM: 742964.621 9369578.862
- Dirección: Av. Pakamuros cuadra 17
- Interpretación: El punto de muestreo 33, presenta una gradiente baja , por lo que los índices del cloro se mantienen en un rango de paramaros similares, se registró concentraciones de cloro residual entre 0.51 y 0.80 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 54**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 33 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



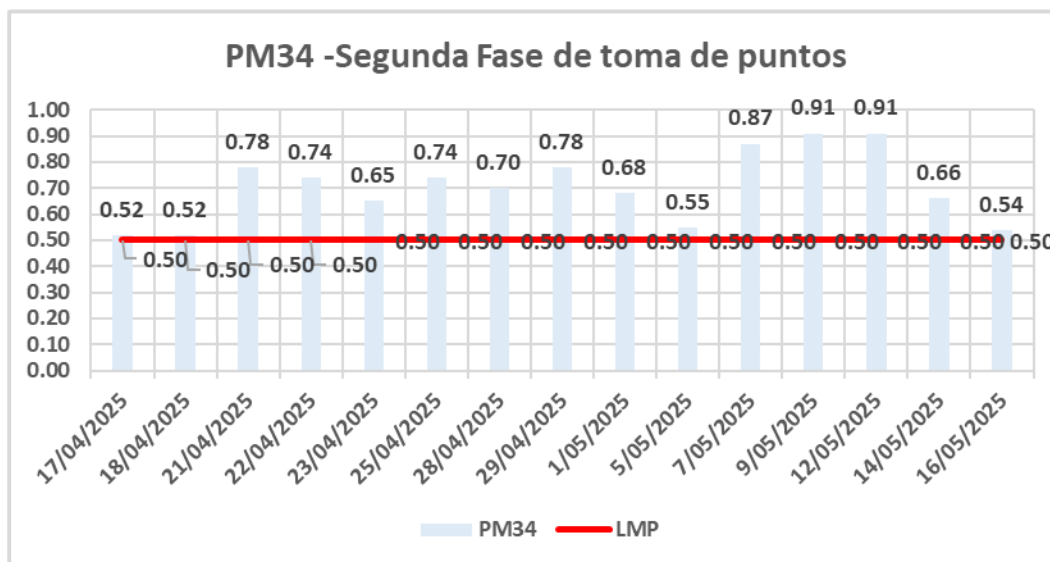
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 34

- Coordenadas UTM: 743055.673 9369650.854
- Dirección: C. Prolongación Intihuatana cuadra 4
- Interpretación: El punto de muestreo 34 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.91 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 55

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 34 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



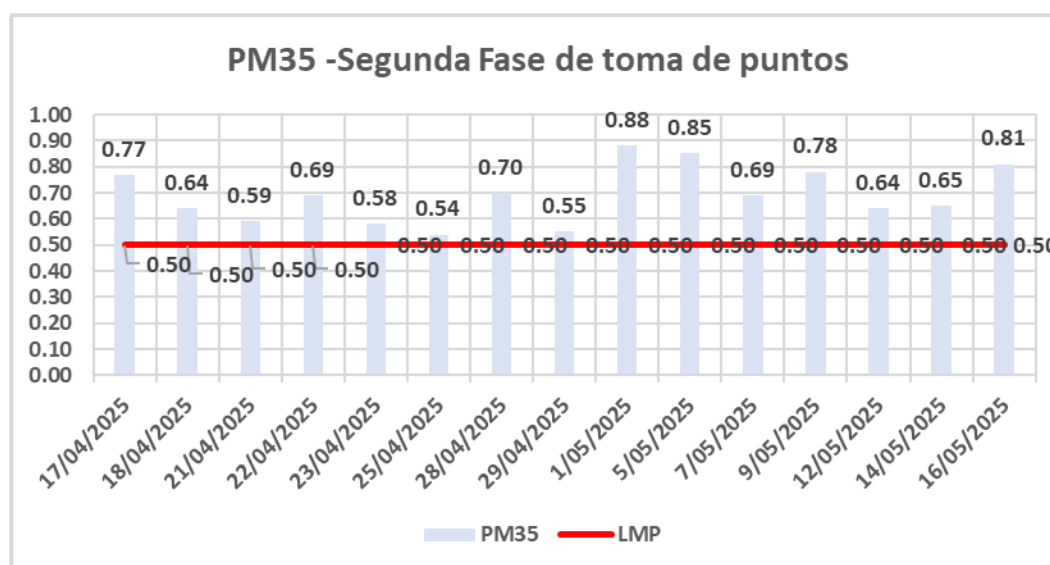
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 35

- Coordenadas UTM: 742938.996 9369703.187
- Dirección: Av. Pakamuros cuadra 19
- Interpretación: El punto de muestreo 35 registró concentraciones de cloro residual entre 0.54 y 0.88 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 56**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 35 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



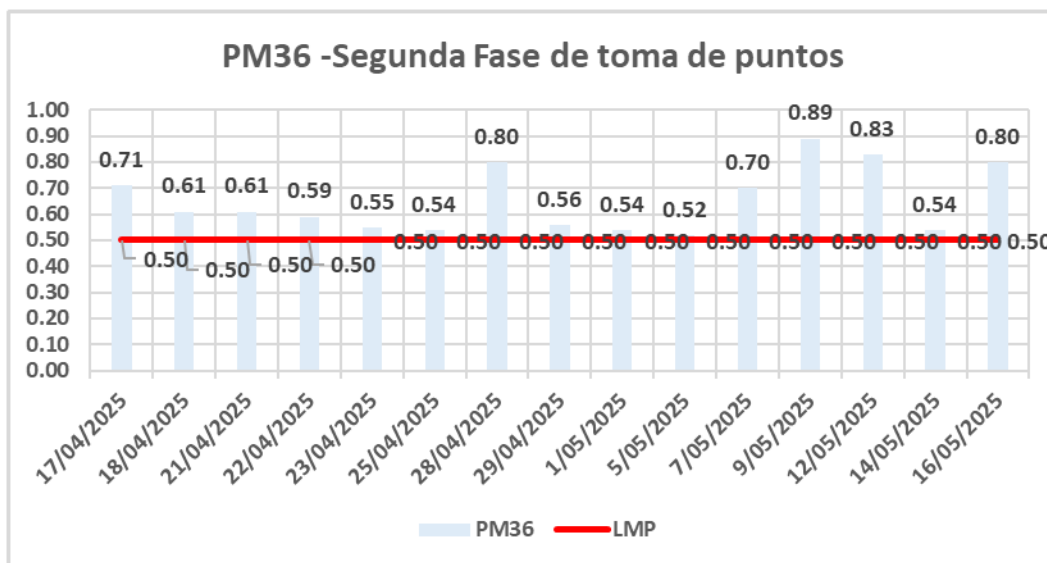
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 36

- Coordenadas UTM: 743630.863 9370251.749
- Dirección: C. Tres Marias
- Interpretación: El punto de muestreo 36, este ramal es el final, por ello el cloro se eleva y se registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.89 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la recontaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 57**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 36 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



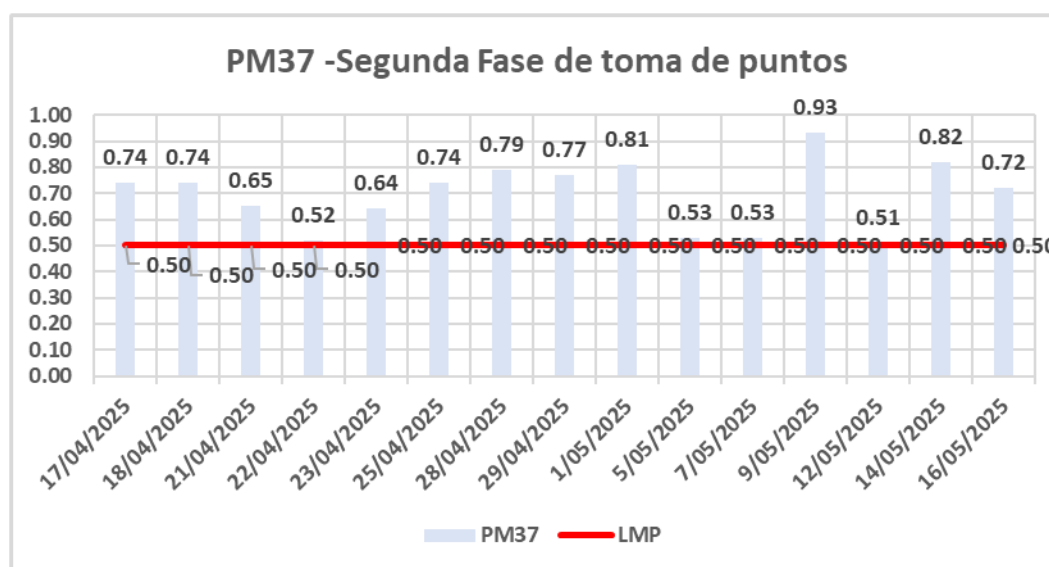
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 37

- Coordenadas UTM: 743799.247 9370330.634
- Dirección: Av. Pakamuros, Ref. Campo Ferial Jaen
- Interpretación: El punto de muestreo 37 registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.93 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 58

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 37 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



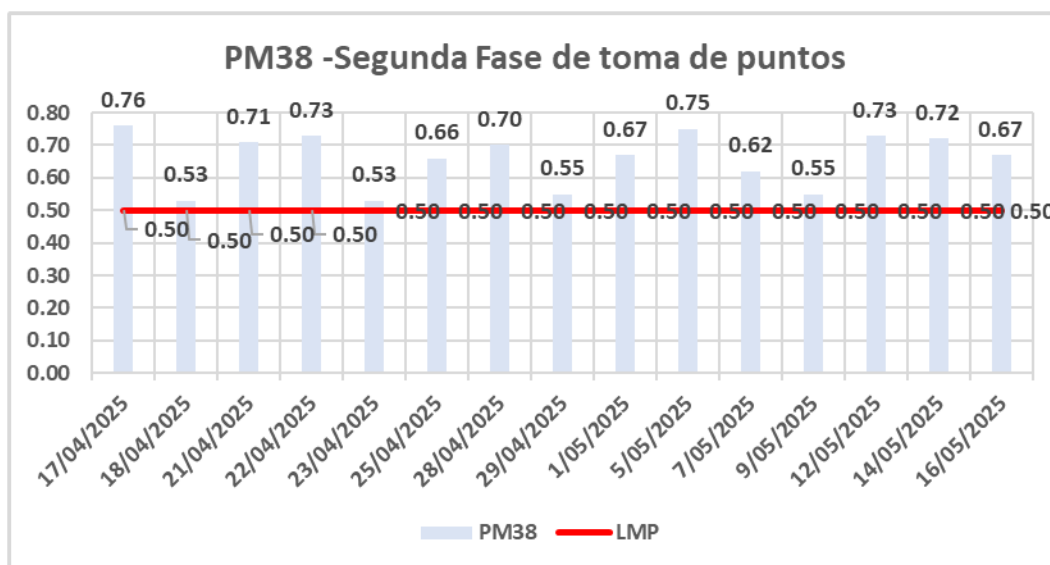
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 38

- Coordenadas UTM: 744298.618 9370825.753
- Dirección: C. Diego Ferre Ref. Camal Municipal
- Interpretación: El punto de muestreo 38 registró concentraciones de cloro residual entre 0.53 y 0.76 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 59

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 38 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



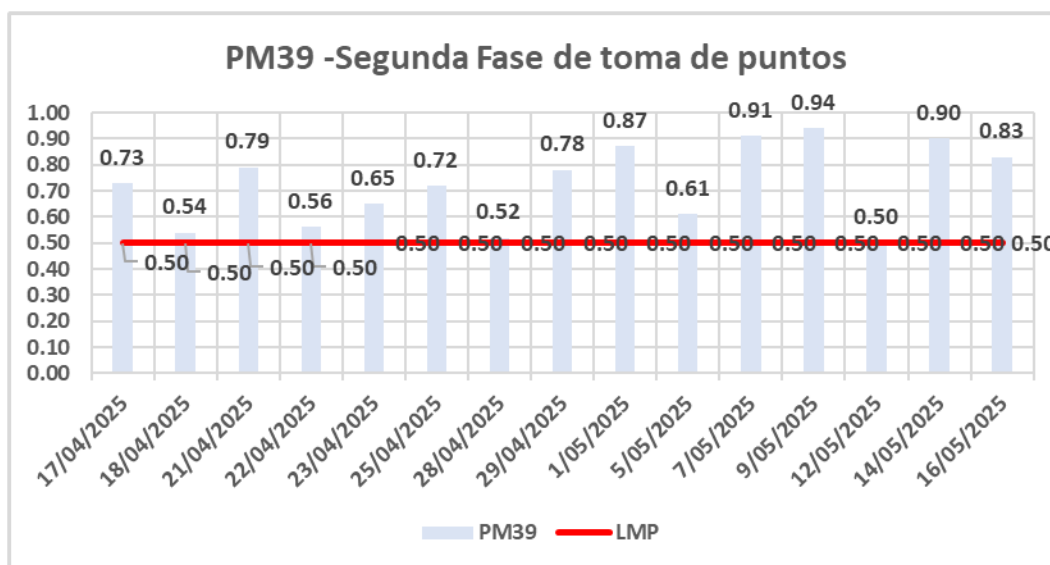
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 39

- Coordenadas UTM: 743589.952 9370381.428
- Dirección: C. La Colina y Los Libertadores
- Interpretación: El punto de muestreo 39 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.94 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 60

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 39 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



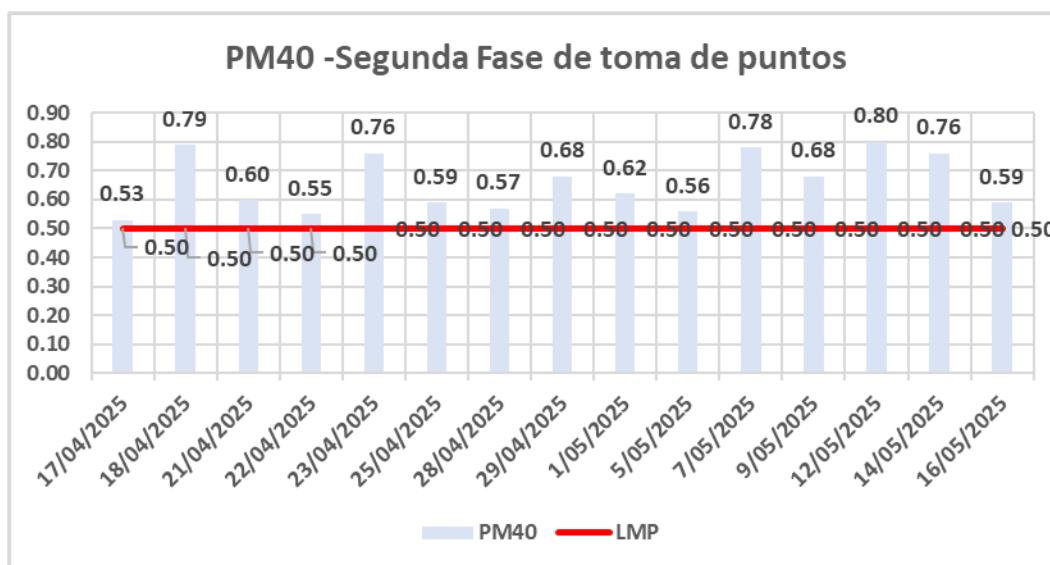
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 40

- Coordenadas UTM: 743731.674 9370433.823
- Dirección: C. La Colina y Pasaje La Ciruela
- Interpretación: El punto de muestreo 40 registró concentraciones de cloro residual entre 0.53 y 0.80 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 61**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 40 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

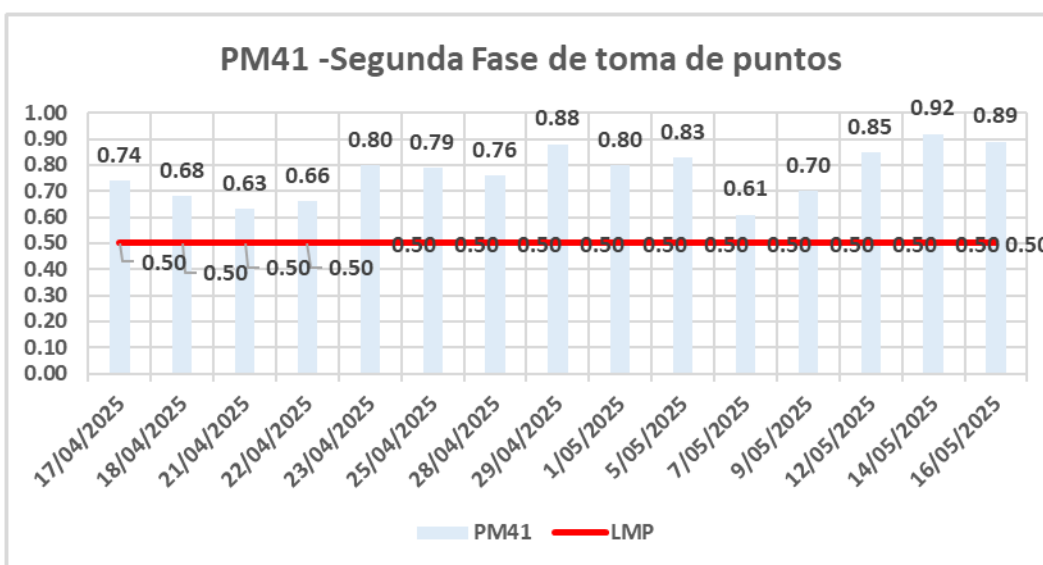


## PUNTO DE MONITOREO - 41

- Coordenadas UTM: 742912.176 9370116.884
- Dirección: C. Río Amojú y los Robles
- Interpretación: El punto de muestreo 41 registró concentraciones de cloro residual entre 0.61 y 0.92 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

### Figura 62

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 41 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



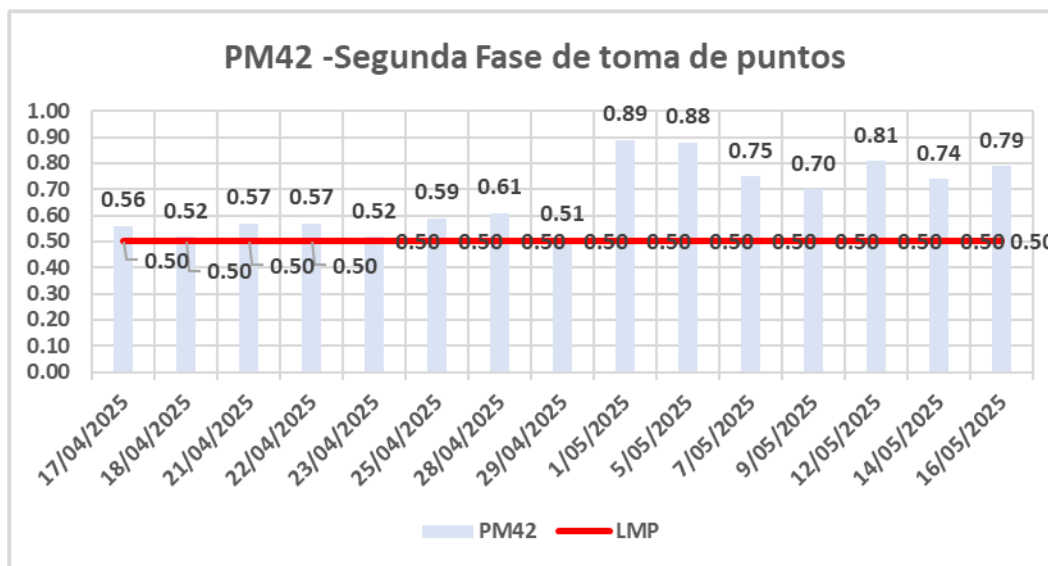
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 42

- Coordenadas UTM: 742523.198 9370192.569
- Dirección: C. Salazar Bondy y La Unión
- Interpretación: El punto de muestreo 42, tiene gradiente positiva y negativa para llegar ahí y se registró concentraciones de cloro residual entre 0.52 y 0.89 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la recontaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 63**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 42 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



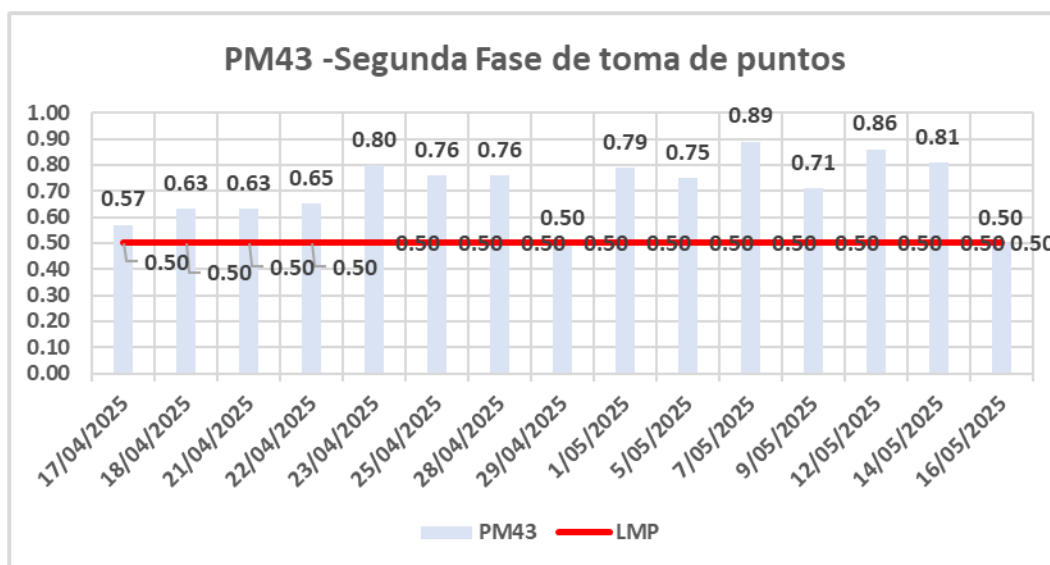
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 43

- Coordenadas UTM: 742645.999 9369524.826
- Dirección: C. Chinchasuyo y El Cuzco.
- Interpretación: El punto de muestreo 43 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.89 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 64**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 43 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



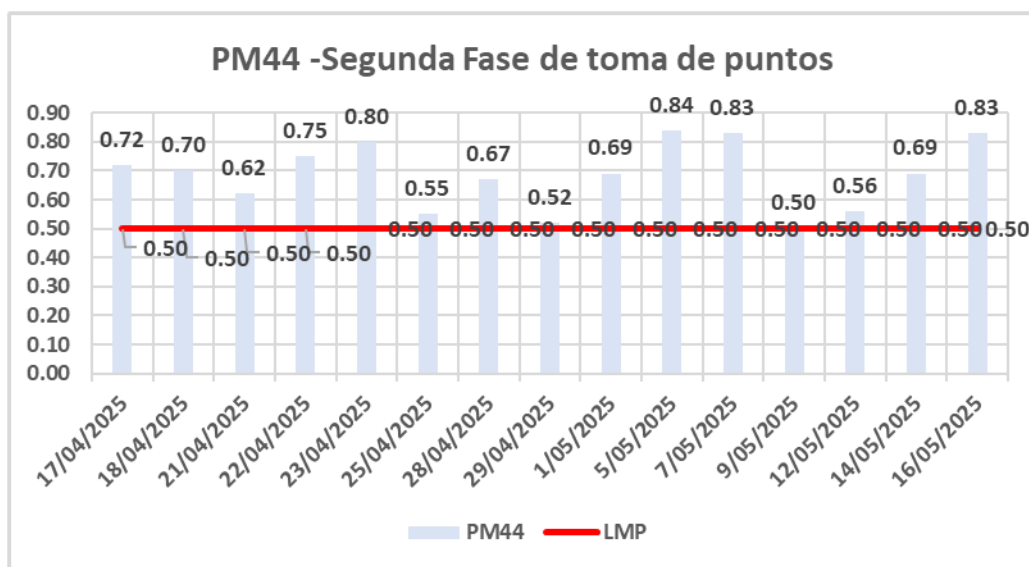
*Nota: El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.*

## PUNTO DE MONITOREO - 44

- Coordenadas UTM: 742693.568 9369044.397
- Dirección: C. Iquitos cuadra 13
- Interpretación: El punto de muestreo 44 registró concentraciones de cloro residual entre 0.50 y 0.84 mg/L, superando consistentemente el límite mínimo de 0.5 mg/L establecido en la norma DS N° 031-2010-SA, lo que garantiza una desinfección efectiva contra patógenos y protección contra la re contaminación en la red de distribución, asegurando así la calidad del agua para el consumo de la población de Jaén, aunque se recomienda monitoreo periódico para controlar posibles variaciones estacionales.

**Figura 65**

Gráfico comparativo entre datos de campo punto de monitoreo - 44 - segunda Fase de toma de puntos y LMP.



*Nota:* El gráfico describe el comportamiento de niveles de cloro.

## **4.2. Interpretación de Resultados**

### **4.2.1. Distribución de puntos de muestreo en área de estudio**

Como parte fundamental de la investigación sobre la variación espacial del cloro residual en la red de distribución de agua potable de Jaén, se implementó un protocolo sistemático de selección de puntos de muestreo mediante herramientas software. Esta aproximación metodológica permitió:

1. Garantizar una distribución representativa de 44 puntos estratégicos en toda el área urbana y periurbana, evitando sesgos geográficos. Los criterios de selección incluyeron:
  - Puntos iniciales, intermedios y finales de la red de distribución.
  - Áreas con características especiales (grifos públicos, casas multifamiliares, establecimientos de alimentos).
  - Zonas topográficamente sensibles (cercanas a quebradas y depresiones).
  - Infraestructura pública clave (edificios gubernamentales).
  - Sectores periféricos con actividad agropecuaria.
2. El análisis espacial mediante el software permitió:
  - Visualizar la cobertura homogénea del muestreo.
  - Identificar vacíos de información para futuros monitoreos.

Esta estrategia de muestreo asegura que los resultados reflejen fielmente el comportamiento del cloro residual en todo el sistema de distribución de Jaén, considerando tanto factores hidráulicos como antropogénicos que podrían afectar la calidad del agua.

### Figura 66

Mapa de georreferenciación en Jaén, de puntos de muestreo.



**Nota:** Parte del mapa de Jaén (ANEXO 4)

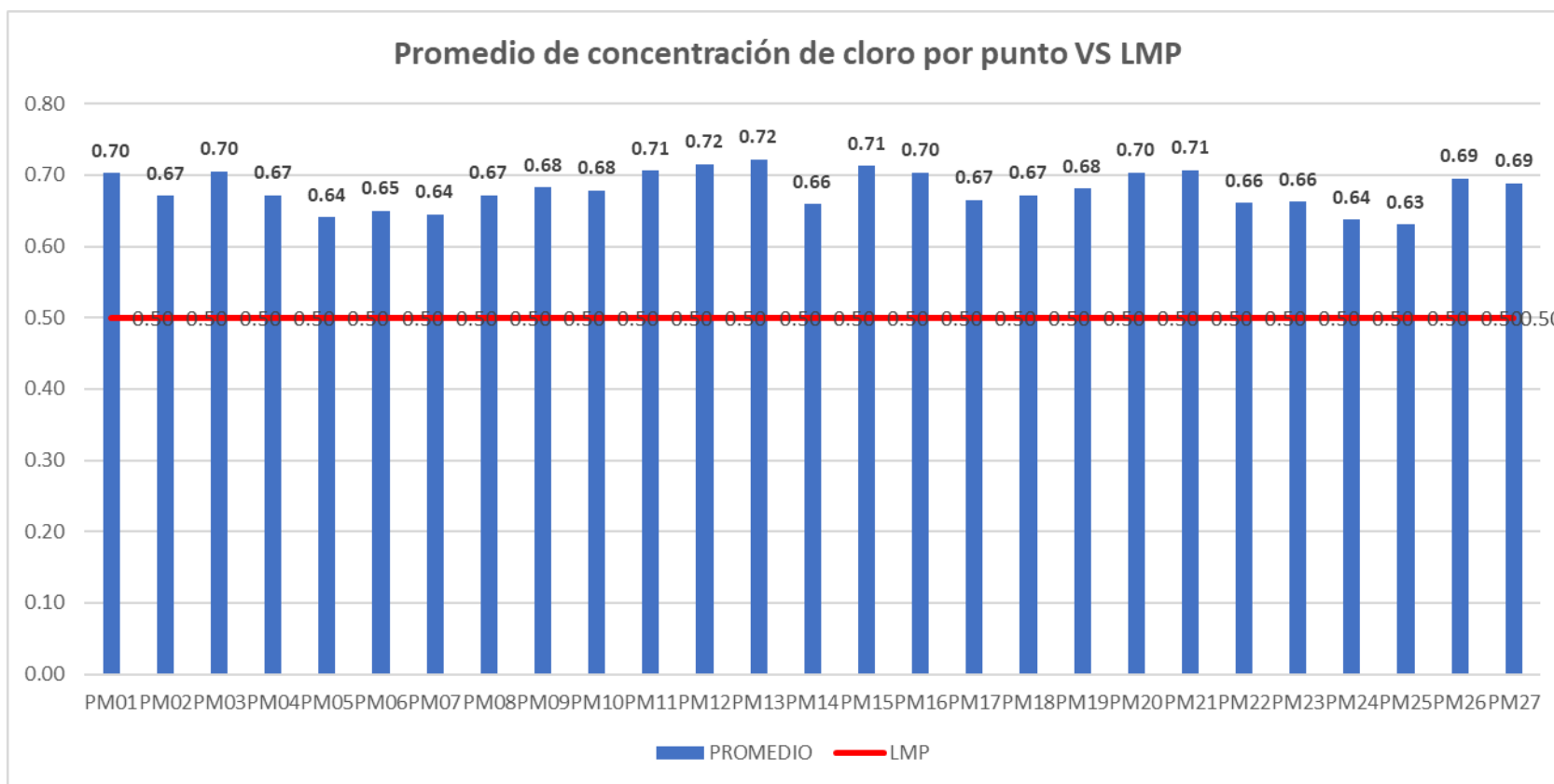
Mediante el uso del software, se generó un plano de ubicación de los puntos de muestreo para garantizar una distribución homogénea en toda la ciudad, evitando concentraciones en áreas específicas.

#### **4.2.2 Diagnóstico de desinfección del Agua de la red de Jaén**

En el marco de la investigación sobre el decaimiento del cloro residual en la red de distribución de agua potable de Jaén, los resultados obtenidos fueron contrastados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Artículo 66). Esta normativa específica que el 90% de las muestras mensuales no deben presentar concentraciones inferiores a 0.5 mg/L de cloro residual libre, mientras que el 10% restante no debe promediar menos de 0.3 mg/L. Adicionalmente, se verificó el cumplimiento del parámetro de turbiedad, el cual según el mismo artículo no debe superar las 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad) en ningún punto de la red de distribución. El control de este último parámetro resulta crucial, ya que niveles elevados de turbiedad no solo afectan la aceptabilidad organoléptica del agua, sino que reducen la eficacia de la desinfección al proteger a los microorganismos patógenos de la acción del cloro y favorecer la formación de biopelículas en las tuberías. El cumplimiento simultáneo de ambos parámetros —cloro residual libre y turbiedad— es fundamental para garantizar la calidad microbiológica y la seguridad del agua para consumo humano en la ciudad.

**Figura 67**

Gráfico comparativo de los datos promedio por punto y el límite mínimo permisible Primera etapa.

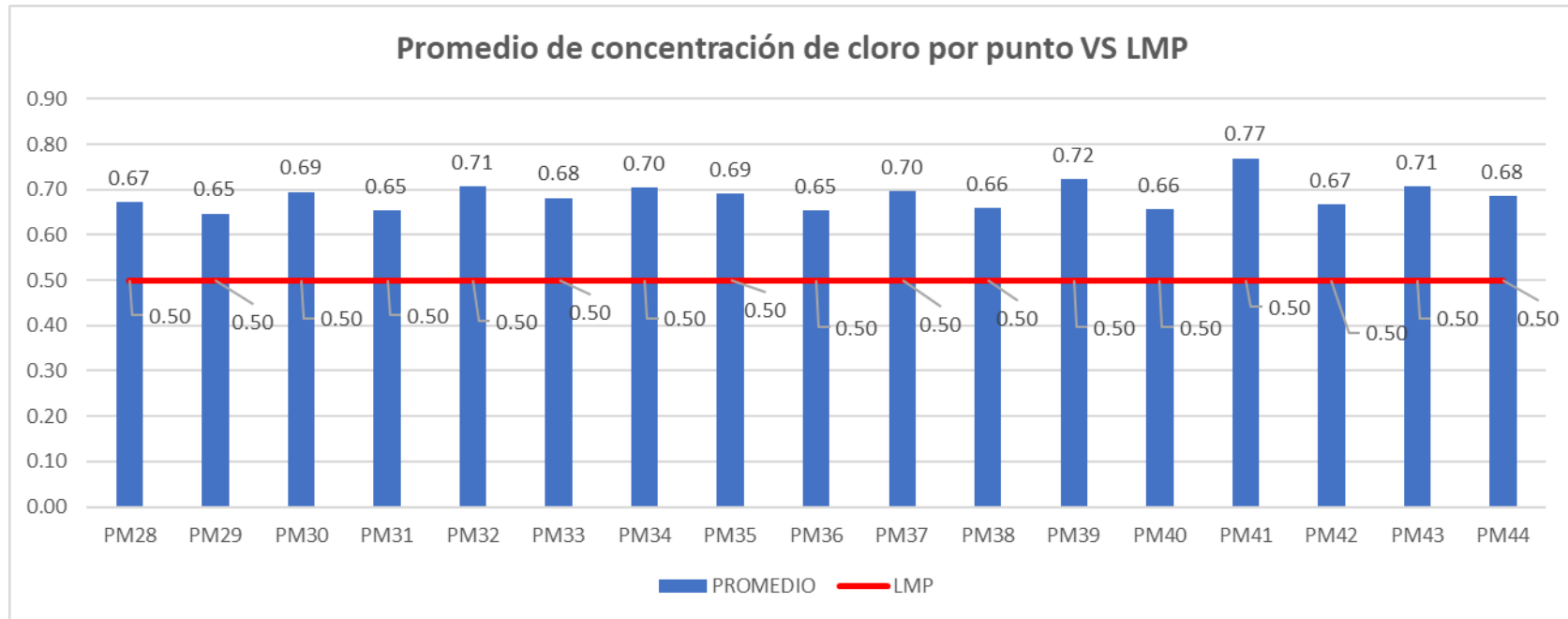


**Nota:** El grafico describe el comportamiento del promedio de los niveles de cloro en la primera fase de toma de puntos.



**Figura 68**

Gráfico comparativo de los datos promedio por punto y el límite mínimo permisible segunda etapa.

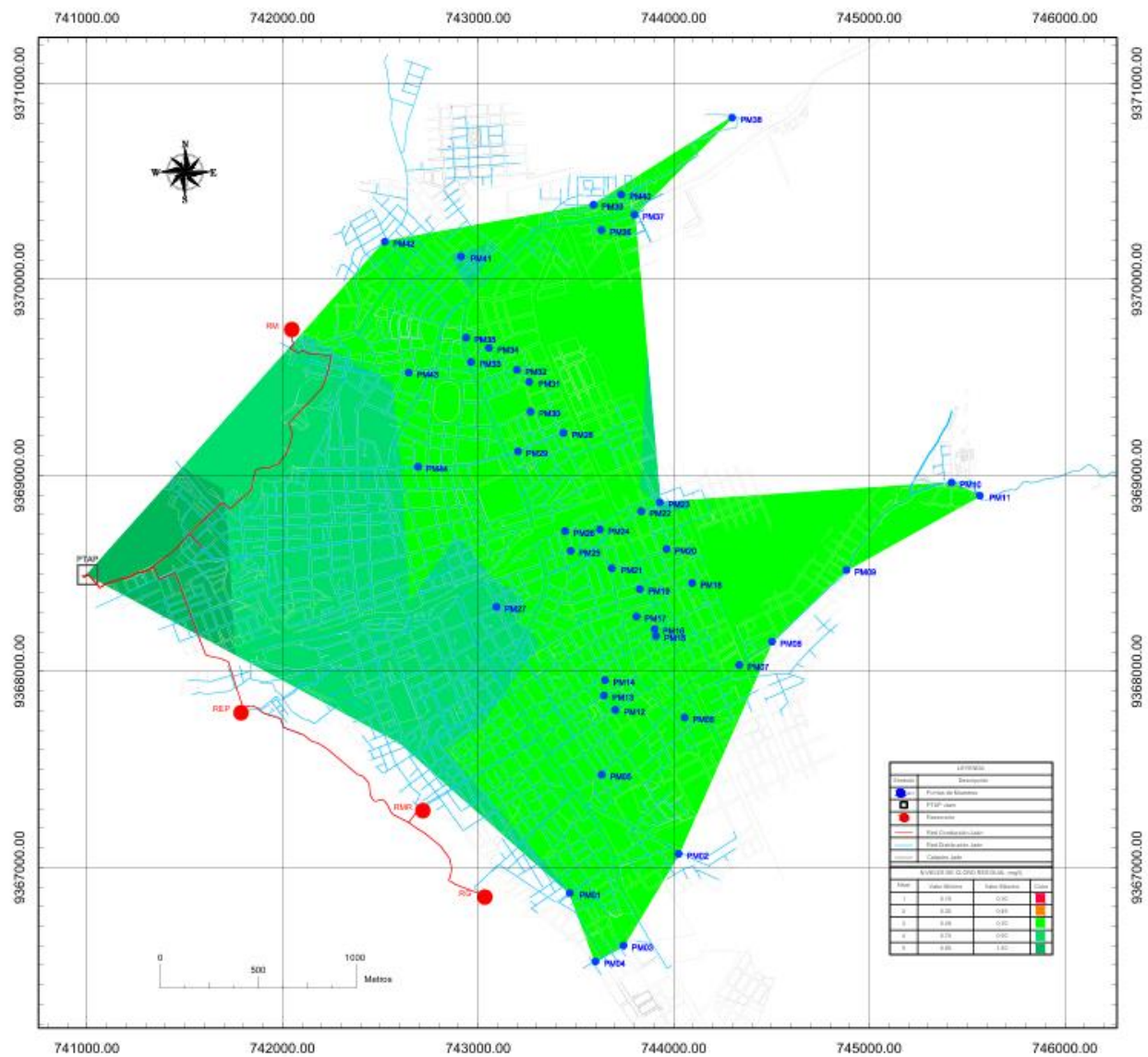


***Nota:** El grafico describe el comportamiento del promedio de los niveles de cloro en la Segunda fase de toma de puntos.*

#### 4.2.3 Niveles de Cloro Residual libre en la Red de Distribución de Jaén

### Figura 69

## Plano niveles de cloro residual libre en la red de distribución de Jaén



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

En la investigación se concluye que, el decaimiento del cloro residual en la red de distribución de Jaén, se cuenta con una Planta Nueva de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) con capacidad de producción de 150 l/s. El sistema presenta una red de distribución mixta que se origina en el reservorio principal y se extiende por el área urbana mediante tuberías de PVC con diámetros variables entre 63 mm y 160 mm, infraestructura que actualmente abastece a 15426 conexiones activas. Esta configuración del sistema es particularmente relevante para el análisis del comportamiento del cloro residual, ya que las características técnicas de la red (diámetros, material y extensión) influyen directamente en los tiempos de residencia del agua y, consecuentemente, en la efectividad del proceso de desinfección a lo largo de todo el sistema de distribución.

Se concluye también que el sistema de abastecimiento de agua potable de Jaén presenta una configuración crítica para el estudio del decaimiento del cloro residual, conformado por: (1) fuentes de captación de tipo superficial, destacando el río Amojú como principal fuente abastecedora; (2) una planta de tratamiento con capacidad de 150 l/s que incluye procesos de coagulación, filtración y cloración donde se tiene la dosificación de manera diaria en un rotámetro de con valores de (0.46 a 1.44) kg/H; (3). Esta estructura explica las variaciones en el cloro residual observadas, evidenciando la necesidad de implementar estrategias de recloración puntual en sectores y priorizar la renovación de tramos críticos para garantizar el cumplimiento permanente del DS 031-2010-SA en toda la red.

Finalmente se concluye que el incremento de casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) en la población de Jaén no guarda relación causal con la calidad del agua potable suministrada, sustentado en tres hallazgos clave: (1) los niveles de cloro residual libre superaron consistentemente los 0.5 mg/L en los 44 puntos de monitoreo

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la EPS Marañón, realizar un control de la operación en diferentes componentes y equipos que son parte del proceso, así también la planta se encuentra expuesta a personas ajenas a la operación por no estar cercada.

Se recomienda a todos los usuarios que cuentan con tanques elevados mantenerlos limpios al igual que a sus posos cisterna por lo menos una vez por año, puesto que al tener contacto con agentes patógenos disminuye el cloro.

Se recomienda a la gestión, realizar el cambio periódico a sus diferentes válvulas que ya cumplieron su ciclo de funcionamiento, así también sancionar o restringir el ingreso de bypass que conectan a la red, para no bajar en LMP del cloro.

Se recomienda a los trabajadores de la PTAP no consumir agua de la planta puesto que contiene altos niveles de concentración de cloro altos para el consumo, así mismo se recomienda llevar agua previamente hervida.

Se recomienda a la comunidad científica y la Universidad Nacional de Cajamarca, seguir promoviendo este tipo de investigación, para poder analizar y determinar si las diferentes empresas estatales cumplen con los parámetros técnicos que la norma rige sobre el Cloro Residual.

## CAPITULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### 6.1 BIBLIOGRAFÍA

**Arellano , Alfonso. 2019.** *Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada.* s.l. : Universidad Nacional de Chimborazo, 2019.

**Arias, Sara. 2024.** *Evaluación de la calidad del agua servida por potabilizadora a Santiago de Cuba.* s.l. : Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2024.

**Bendezu, Guido. 2016.** *CONCENTRACIÓN INADECUADA DE CLORO RESIDUAL LIBRE EN AGUA DE HOGARES DE LIMA METROPOLITANA, 2016.* s.l. : Rev Peru Med Exp Salud Publica, 2016.

**Calua, Eduardo. 2023.** *Variación del cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Baños del Inca - 2023.* s.l. : Universidad Nacional de Cajamarca, 2023.

**Campoverde, Alexandra. 2015.** *ANÁLISIS DEL EFECTO TOXICOLÓGICO QUE PROVOCA EL CONSUMO HUMANO DE AGUA NO POTABLE, MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUAS TRATADAS DE LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA.* s.l. : UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA, 2015.

**Comisión Nacional del Agua. 2007.** *MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.* s.l. : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2007. pág. 93.

**Cueva, Eduin. 2022.** *DETERMINACIÓN DE DECAIMIENTO DE CLORO RESIDUAL EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, CAJAMARCA 2022.* s.l. : Universidad Nacional de Cajamarca, 2022.

**DIGESA. 2010.** *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.* 2010.

**2020.** *Estudio del rendimiento de la desinfección con hipoclorito de sodio en una planta de tratamiento de aguas residuales a escala real.* s.l. : Ambiente & Agua, 2020.

**Guillemes , Angel. 2015.** *Desarrollo de un sistema para la desinfección de agua de consumo mediante tratamiento electroquímico.* s.l. : scielo, 2015.

**Guzmán, Lisseth. 2012.** *La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012.* s.l. : scielo.org, 2012.

**Henriques, Felipe. 2017.** *Modelado y simulación de un sistema inteligente para el control de dosificación post-cloración en plantas de tratamiento de agua.* s.l. : Scielo, 2017.

**Junta de Castilla y León. 2020.** *Manual de tratamientos del agua .* s.l. : Consejería de Sanidad, 2020.

**Ministerio de Salud del Perú. 2010.** *Reglamento para la calidad del agua para el consumo Humano.* s.l. : Republica del Perú, 2010.

**Montoya, C. 2012.** *Evaluación de las condiciones de mezcla y su influencia sobre el cloro residual en tanques de compensación de un sistema de distribución de agua potable.* s.l. : Ingeniería y Ciencia, 2012.

**Morales, Eric. 2019.** *Evaluación de la influencia de la estacionalidad climática en calidad del agua de consumo humano en un sistema de abastecimiento en San José, costa rica, periodo 2017-2018.* s.l. : Rev. Costarricense de Salud Pública, 2019.

**Oliveira, Luciano. 2022.** *Proceso de descomposición de la concentración de cloro residual libre afectado por el tiempo de viaje en los sistemas de distribución de agua.* s.l. : scielo, 2022.

**Oliveira, Rafael. 2019.** *EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO QUÍMICO EN LA PREVENCIÓN DEL TAPONAMIENTO DE GOTEROS APLICANDO AGUA RESIDUAL SANITARIA TRATADA.* s.l. : Dyna, 2019.

**Ordoñez, Gabriela . 2021.** *Determinación de la concentración de cloro libre residual mediante tecnicas electroquimicas.* 2021.

**Organización Mundial de la Salud. 1999.** *Guías para la calidad de aguas potable.* s.l. : Organización de las Naciones Unidas , 1999.

**Salazar, Josue. 2023.** *Decaimiento del cloro residual en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Celendin – Cajamarca.* s.l. : Universidad Nacional de Cajamarca, 2023.

**Saldarriaga, Juan. 2013.** *Localización de puntos de monitoreo de calidad de agua en sistemas de distribución.* s.l. : Tecnol. cienc. agua, 2013.

**Silva, Elizabeth . 2015.** *Inspección preliminar de algunas características de toxicidad en el agua potable domiciliaria, Bogotá y Soacha, 2012.* s.l. : Biomédica vol.35, 2015.

**Suárez, Andrea. 2019.** *Seguridad hídrica: Gestión del agua en comunidades rurales del Pacífico Norte de Costa Rica.* s.l. : Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci), 2019.

**Tamale, Julio. 2024.** *Predicción espacio-temporal del cloro residual en una red de distribución de agua mediante inteligencia artificial y el modelo hidráulico de EPANET.* 2024.

## **ANEXOS**



## **ANEXO 1.- Panel fotográfico**

**Figura 70**

Fotografía de toma de puntos de muestreo.



**Figura 71**

Fotografía de toma de puntos de muestreo.



**Figura 72**

Fotografía de toma de puntos de muestreo.



**Figura 73**

Fotografía de la Plaza de Armas de Jaén.



## **ANEXO 2.- Ficha técnica de colorímetro**

Colorímetro cloro libre  
Checker® HC  
HI701



## Descripción

El **HI701** Checker®HC (colorímetro de bolsillo) mide de forma simple, precisa y rentable el cloro libre. El cloro libre es la forma activa de cloro que se usa para desinfectar el agua potable, piscinas, spas, y el agua de enjuague de vegetales. El cloro libre en el agua es dañino para la membrana de ósmosis inversa y necesita ser supervisado para removerlo del agua de la fuente antes de ser usado. Diseñado como una alternativa más precisa que los kits de pruebas químicas, el **HI701** proporciona resultados rápidos y precisos.

El Checker® para cloro libre cierra la brecha entre los simples kits de pruebas químicas y la instrumentación profesional. Los kits de prueba química tienen una precisión y resolución limitadas, ya que dependen del ojo humano para discernir las diferencias de color. El Checker® para cloro libre utiliza un LED de longitud de onda fija y un detector de luz de silicio para proporcionar la precisión de la instrumentación profesional al precio asequible de un kit de prueba química.

## Especificaciones

Rango cloro libre	0.00 a 2.50 ppm
Resolución cloro libre	0.01 ppm
Precisión cloro libre	±0.03 ppm ±3% de la lectura
Método cloro	Adaptación del método USEPA 330.5. La reacción entre el cloro libre y el reactivo DPD causa un tinte rosa en la muestra.
Fuente de luz fotómetro/colorímetro	LED @ 525 nm
Detector de luz fotómetro/colorímetro	Fotocelda de silicio
Tipo de batería/duración	(1) 1.5V AAA
Apagado automático	Después de dos minutos de inactividad
Ambiente	0 a 50°C (32 a 122°F); RH max 95% no condensante
Peso	64 g (2.25 oz.)
Dimensiones	81.5mm x 61mm x 37.5mm (3.2" x 2.4" x 1.5")

## Accesorios

### Reactivos y estándares

- **HI701-25** Reactivos para 25 pruebas (Cl<sub>2</sub> Libre)
- **HI701-11** Conjunto para verificación de calibración 0.00 y 1.00 ppm (Cl<sub>2</sub> Libre)

### Accesorios

- **HI731318** Paño para limpieza de cubetas (4)
- **HI731321** Cubetas de vidrio (4)
- **HI731225** Tapas para cubetas(4)
- **HI93703-50** Solución limpiadora de cubetas, 230 ml

## Cómo pedir

El Checker® **HI701** se suministra con (2) celdas para muestra con tapas, kit de reactivo de cloro libre para 6 pruebas (6 sobres de reactivos en polvo), batería, manual de instrucciones y guía de inicio rápido.

## Ventajas

**Ideal para:** Piscinas y spas, saneamiento de frutas y verduras, desinfección, agua potable y chequeo de control de

calidad.

**Más fácil de usar y más preciso que los kits de pruebas químicas**

- Método DPD aprobado por EPA
- $\pm 0.03$  ppm  $\pm 3\%$  de precisión en la lectura
- Resolución de 0.01 ppm (250 puntos
- Para cloro libre, 350 para cloro total)
- Dígitos grandes de fácil lectura
- Apagado automático

**Dedicado a un solo parámetro**

- Diseñado para trabajar con los reactivos en polvo de HANNA
- Utiliza cubetas de vidrio de 10 ml

**Pequeño en tamaño, grande en conveniencia**

- El Checker® HC cabe fácilmente en su mano o en su bolsillo
- Úselo para análisis rápido, preciso y en el sitio
- Operación con un solo botón
- Operado por una sola batería AAA

El medidor de cloro libre **HI701** proporciona resultados rápidos y precisos en unos pocos y sencillos pasos:



## El Checker® HC de fácil uso.



**1** Realizar "Zero" en el Checker®HC como indica el procedimiento.



**2** Agrega el reactivo a la muestra de agua.



**3** Coloca el vial en tu Checker®HC.



**4** Presione el botón y lee los resultados.

## ¡Es fácil!

### Video

[Ver Video](#)

### **ANEXO 3.-**

**Solicitud de reporte de enfermedades gastrointestinales, parasitosis, de la ciudad de Jaén – Red Integrada de Salud Jaén.**

CARE II

01

**"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA  
PERUANA"**

**SOLICITO: REPORTE DE ENFERMEDADES  
GASTROINTESTINALES, PARASITOSIS, DE LA CIUDAD DE JAEN**

**SEÑOR:**  
**Licenciado Artidoro Díaz Díaz**  
**Director Red Integral de Salud**

**ATENCIÓN:**  
**Salud Ambiental.**

**S.D:**



Yo, **JESUS MIGUEL TAPIA DIAZ**, identificado con DNI: 60591966, número de celular 927893043, correo electrónico: [jemitadi99@gmail.com](mailto:jemitadi99@gmail.com), con domicilio en Av. Victor Raúl N° 1399 – Fila Alta en la ciudad de Jaén - Cajamarca y siendo ex alumno de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén, ante usted con el debido respeto me presento para exponer lo siguiente.

Que, estando realizando mi trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero Civil, solicito a usted se me brinde reporte de enfermedades gastrointestinales, parasitosis en la población de la ciudad de Jaén, de los años 2023; 2024; 2025 hasta la fecha.


Recurso a su despacho a fin de solicitar la data correspondiente y recopilar datos para poder enriquecer la información validada por su entidad.

**POR LO EXPUESTO:**

A usted señor director, ruego acceder a mi petición.

Jaén, 25 de Junio del 2025.

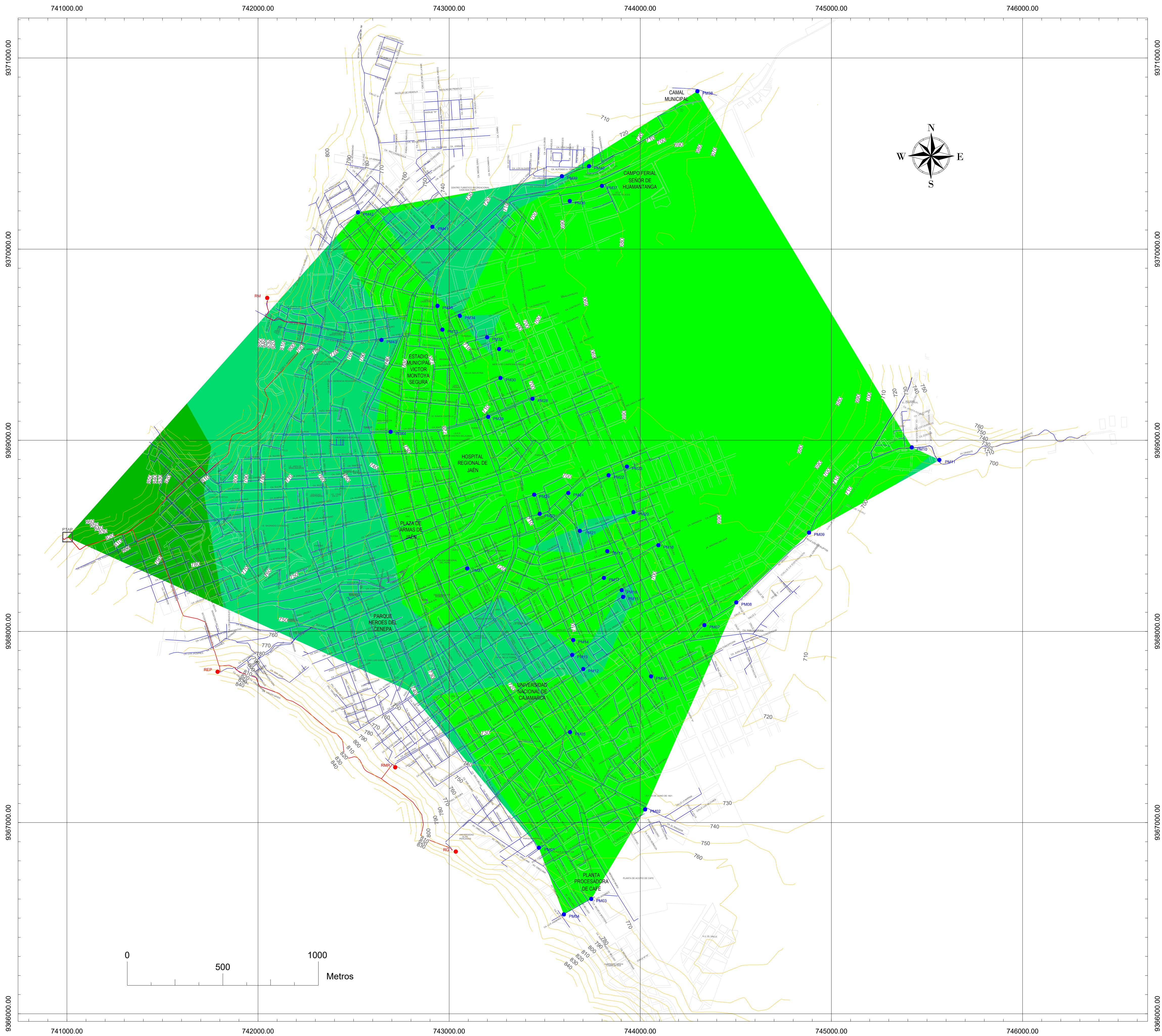
Atentamente:

  
Bach. Ing. Civil **JESUS MIGUEL TAPIA DIAZ**  
DNI: 60591966

#### **ANEXO 4.-**

**Plano de niveles de concentración de cloro residual (mg/l)**





Punto de monitoreo	Coordenadas UTM		Promedio de cloro Libre Residual (mg/L)
	Este	Norte	
PLANTA NUEVA	741003.44	9368493.80	1.06
PM01	743469.36	9366868.86	0.70
PM02	744024.93	9367069.16	0.67
PM03	743743.12	9366601.13	0.70
PM04	743600.08	9366520.07	0.67
PM05	743632.27	9367473.44	0.64
PM06	744055.91	9367765.00	0.65
PM07	744335.19	9368033.19	0.64
PM08	744501.89	9368151.94	0.67
PM09	744882.56	9368517.20	0.68
PM10	745419.81	9368963.16	0.68
PM11	745564.34	9368997.13	0.71
PM12	743701.51	9367803.51	0.72
PM13	743643.70	9367877.31	0.72
PM14	743649.00	9367955.11	0.66
PM15	743909.80	9368180.80	0.71
PM16	743902.40	9368216.08	0.70
PM17	743809.43	9368280.35	0.67
PM18	744094.38	9368451.05	0.67
PM19	743827.02	9368419.97	0.68
PM20	743963.62	9368624.35	0.70
PM21	743683.58	9368526.17	0.71
PM22	743833.86	9368817.14	0.66
PM23	743929.79	9368862.42	0.66
PM24	743623.06	9368724.32	0.64
PM25	743473.44	9368615.07	0.63
PM26	743444.59	9368715.62	0.69
PM27	743093.84	9368329.43	0.69
PM28	743436.00	9369217.20	0.67
PM29	743203.95	9369122.77	0.65
PM30	743268.36	9369325.83	0.69
PM31	743261.16	9369477.36	0.65
PM32	743198.33	9369538.65	0.71
PM33	742964.62	9369578.86	0.68
PM34	743055.67	9369650.85	0.70
PM35	742939.00	9369703.19	0.69
PM36	743630.86	9370251.75	0.65
PM37	743799.25	9370330.63	0.70
PM38	744298.62	9370825.75	0.66
PM39	743589.95	9370381.43	0.72
PM40	743731.67	9370433.82	0.66
PM41	742912.18	9370116.88	0.77
PM42	742523.20	9370192.57	0.67
PM43	742646.00	9369524.83	0.71
PM44	742693.57	9369044.40	0.68

LEYENDA			
Símbolo	Descripción		
	Puntos de Muestreo		
	PTAP Jaén		
	Reservorio		
	Red Conducción Jaén		
	Red Distribución Jaén		
	Catastro Jaén		
	Curvas de Nivel		

NIVELES DE CLORO RESIDUAL (mg/l)			
Nivel	Valor Mínimo	Valor Máximo	Color
1	0.19	0.30	
2	0.30	0.49	
3	0.49	0.70	
4	0.70	0.90	
5	0.90	1.30	