



LGFS

LABORATORIO DE GEODESIA FÍSICA Y SATELITAL Dr. MELVIN HOYER

REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Propuesta para la adecuación del sistema de tratamiento de agua potable en una empresa del sector avícola

Ana Francisca Marín Ramírez¹  Nancy Elena Angulo Cubillán² 
Altamira Díaz³  Gustavo Adolfo Morillo Díaz⁴ 

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Ciudad: Maracaibo. Código Postal: 4005, Venezuela.

² Centro de Investigación del Agua. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Venezuela.

³ Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Venezuela.

⁴ División de Investigación. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Venezuela.

Autor de correspondencia: anafmarinr@gmail.com

<https://doi.org/10.22209/rt.v48a09>

Recepción: 26 febrero 2025 | Aceptación: 26 octubre 2025 | Publicación: 03 diciembre 2025.

Resumen

El tratamiento del agua potable en la industria avícola es crucial para garantizar la calidad del producto y la salud de los trabajadores. La composición del agua varía según el proceso industrial, la infraestructura y su uso en las instalaciones. En este estudio, se evaluó la eficiencia del Sistema de Tratamiento de Agua Potable por intercambio iónico en una Empresa Avícola Zuliana. Se realizaron muestreos en puntos críticos como el pozo, el comedor y la sala de clasificación de huevos, analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos conforme a lo establecido en la Norma Venezolana Sanitaria de Calidad de Agua Potable. Los resultados de la caracterización del agua cruda revelaron altos niveles de minerales como cloruros, dureza, manganeso, hierro y sodio, además de la presencia de microorganismos como aerobios mesófilos y coliformes, superando los límites permitidos. Aunque el sistema de tratamiento redujo algunas impurezas, aún se detectaron valores elevados de color real, hierro total y sólidos totales en el agua tratada. Ante estos hallazgos, se propone la adecuación del sistema a través de mejoras en la documentación técnica, la operación, el monitoreo de calidad, la evaluación de riesgos y la implementación de inspecciones periódicas.

Palabras clave: avícola; calidad; potabilización; propuesta.

Proposal for the Adaptation of the Potable Water Treatment System in a Poultry Industry

Abstract

The treatment of drinking water in the poultry industry is crucial to ensure product quality and worker health. The water composition varies depending on the industrial process, infrastructure, and its use within the facilities. This study evaluated the efficiency of the Drinking Water Treatment System using ion exchange in a poultry company in Zulia. Samples were taken at critical points such as the well, the feeding area, and the egg grading room, analyzing physicochemical and microbiological parameters according to the Venezuelan Sanitary Standard for Drinking Water Quality. The results of the raw water characterization revealed high levels of minerals such as chlorides, hardness, manganese, iron, and sodium, as well as the presence of microorganisms like mesophilic aerobes and coliforms, exceeding the allowed limits. Although the treatment system reduced some impurities, elevated values of true color,

total iron, and total solids were still detected in the treated water. Given these findings, it is proposed to adapt the system through improvements in technical documentation, operation, quality monitoring, risk assessment, and the implementation of periodic inspections.

Keywords: poultry; proposal; quality; water treatment.

Proposta para a adequação do sistema de tratamento de água potável em uma empresa do setor avícola

Resumo

O tratamento da água potável na indústria avícola é crucial para garantir a qualidade do produto e a saúde dos trabalhadores. A composição da água varia de acordo com o processo industrial, a infraestrutura e seu uso nas instalações. Neste estudo, avaliou-se a eficiência do Sistema de Tratamento de Água Potável por troca iônica em uma Empresa Avícola Zuliana. Foram realizados monitoramentos em pontos críticos como o poço, o comedor e a sala de classificação de ovos, analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos em conformidade com o estabelecido na Norma Venezuelana Sanitária de Qualidade de Água Potável. Os resultados da caracterização da água crua revelam altos níveis de minerais como cloro, dureza, manganês, ferro e sódio, além da presença de microorganismos como aeróbios mesófilos e coliformes, superando os limites permitidos. Mesmo que o sistema de tratamento reduza algumas impurezas, ainda são detectados valores elevados de cor real, hierro total e sólidos totais na água tratada. Antes desses obstáculos, propõe-se a adequação do sistema através de melhorias na documentação técnica, na operação, no monitoramento de qualidade, na avaliação de riscos e na implementação de inspeções periódicas.

Palavras-chave: avícola; potabilização; proposta; qualidade.

Introducción

La contaminación del agua es un problema causado por el vertimiento de aguas servidas, desechos sólidos, relaves mineros y productos químicos. El ciclo natural del agua no es suficiente para su depuración, por lo que es necesario implementar tratamientos para hacerla apta para el consumo humano (Sánchez y Morales, 2022). La complejidad de estos procesos varía según la calidad del agua superficial a tratar, lo que hace fundamental preservar su calidad desde la fuente para evitar impactos ambientales. El control de la calidad del agua implica la evaluación de su fuente, tratamiento, almacenamiento y distribución.

En el sector avícola, el agua es un recurso clave para la producción, la nutrición y la sanidad. Su mala calidad puede afectar la salud del personal, los equipos y la rentabilidad de la explotación (Cortijo, 2022). En la Empresa Avícola Zuliana (EAZ), se ha identificado la presencia de contaminantes como hierro, manganeso, sodio, cloruros y bacterias patógenas, que pueden afectar la producción y el bienestar de las aves y trabajadores (Gómez et al. 2022). En este contexto, el objetivo general de la investigación es elaborar una propuesta para la adecuación del Sistema de Tratamiento de Agua Potable en una empresa del sector avícola, con el fin de garantizar la calidad del agua utilizada y contribuir a la mejora de las condiciones sanitarias del proceso productivo.

Materiales y Métodos

Inspecciones preliminares (Diagnóstico del STAP).

Las inspecciones fueron efectuadas considerando la instalación del sistema de tratamiento de agua potable actual en la EAZ (Figura 1), según las actividades efectuadas por el personal, utilizando listas de verificación como recurso para diagnosticar el estado físico de los componentes y parámetros de diseño en campo (Chávez et al., 2021).

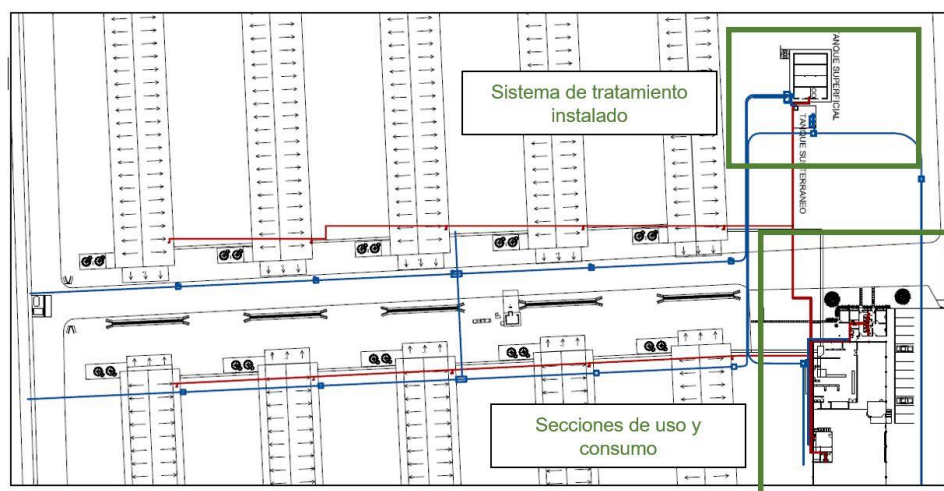


Figura 1. Distribución del sistema de tratamiento de aguas en Empresa Avícola Zuliana. Rojo: Aguas Blancas, Azul: Acueducto.

Puntos de Muestreo

Para la selección de los puntos de muestreo se consideraron tres variantes: accesibilidad, representatividad y seguridad. Las muestras se tomaron en: Pozo, Duchas, Comedor y Sala de Clasificación de Huevos de Consumo (Figura 2).

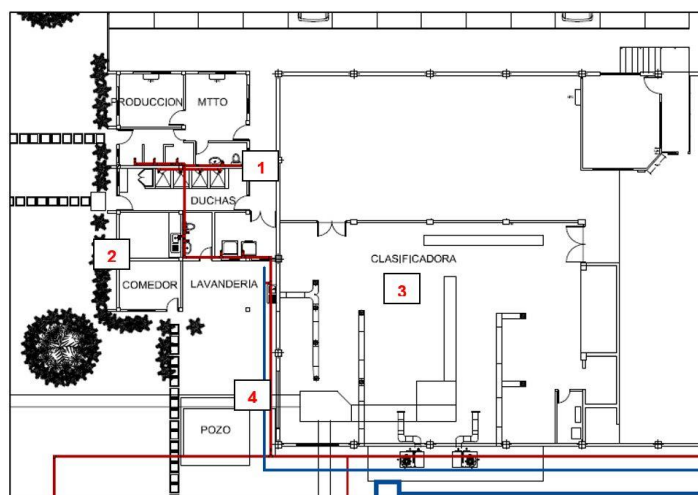


Figura 2. Puntos para captación de muestras. Rojo: Aguas Blancas, Azul: Acueducto.

Caracterización del agua cruda proveniente del pozo y determinación de la calidad del agua en los diferentes puntos del sistema según el destino final (consumo-uso).

La técnica de captación se diseñó para minimizar alteraciones en las características fisicoquímicas del agua, evitando aireación, desgasificación y mezcla de niveles (Cáceres et al., 2021). Las muestras se tomaron utilizando recipientes de polietileno de 300 mL, previamente enjuagados con la corriente muestreada para los análisis fisicoquímicos y se utilizaron envases estériles para los análisis microbiológicos. La recolección se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en el Método Estándar de Análisis de Aguas y Líquidos Residuales (APHA-AWWA-WEF, 2022).

Cada muestra se identificó con los datos esenciales para su trazabilidad y conservación, enviándose inmediatamente al laboratorio en un recipiente hermético con hielo (0 °C - 4 °C). La captación incluyó la toma de tres muestras representativas en distintos puntos del STAP y una muestra de agua cruda, considerando accesibilidad, criticidad e impacto.

Los puntos críticos de control fueron: Pozo (M0): Agua cruda extraída antes del tratamiento. Duchas (M1): Agua usada para sanitización del personal. Comedor (M2): Agua de consumo del personal, analizada con el mantenimiento de filtros y botellones. Clasificadora (M3): Agua utilizada en la limpieza y desinfección de equipos en contacto con los huevos, evaluada en conjunto con los protocolos de higiene. Las muestras fueron analizadas según lo descrito en la Tabla 1.

Método de Factores Determinantes

Se aplicó el Método de Factores Determinantes, orientado a identificar y jerarquizar las variables que inciden de forma directa en la calidad del agua dentro del sistema. El procedimiento consistió en recopilar los valores obtenidos de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos analizados en los diferentes puntos de muestreo, comparándolos con los límites establecidos en la normativa nacional vigente (GORBV N°36.395, 1998). Se evaluó la magnitud de desviación de cada parámetro respecto a dichos valores de referencia, asignando un peso o nivel de criticidad a cada uno según su impacto potencial sobre la salud y el proceso productivo. Esta metodología permitió determinar los factores más influyentes en la calidad del agua y priorizar aquellos que requieren acciones correctivas.

Tabla 1. Métodos de análisis implementados en la caracterización.

Parámetros	N° Estándar Método*
Aerobios Mesófilos, UFC/mL	SM-9215-B
Coliformes Totales NPM/100mL	SM-9221-B
Coliformes Fecales NPM/100mL	SM-9222-D
Alcalinidad, mg/L CaCO ₃	SM-2320-B
Aluminio, mg/L	SM-3500-Al-B
Cloruros, mg/L	SM-4500-Cl-B
Cobre, mg/L	SM-3500-Cu-B
Color Real, Unid. Pt-Co	SM-2120-C
Dureza Total, mg/L CaCO ₃	SM-2340-C
Hierro, mg/L	SM-3500-Fe-B
Manganeso Total, mg/L	SM-3500-Mn-B
pH	SM-4500-H ⁺
Sílice, mg/L SiO ₂	SM-3500-Si-D
Sodio, mg/L	SM-3500-Na-B
Sólidos Totales, mg/L	SM-2540-B
Sulfatos, mg/L	SM-4500-SO ₄ ²⁻ -E
Turbidez, NTU	SM-2130-B
Zinc, mg/L	SM-3500-Zn-B

*APHA-AWWA-WEF, 2022

Resultados y Discusión

Diagnóstico del funcionamiento de las unidades del sistema de tratamiento de agua potable

En la tabla 2, se presentan los resultados de la evaluación del sistema de tratamiento de agua potable (STAP) en el área de producción de huevos de consumo, según el Método de Factores Determinantes, que para Montiel (2022) se considera una herramienta utilizada en el estudio de sistemas de tratamiento de agua potable para identificar y evaluar los elementos críticos.

En base a estos resultados se determina que los planos del STAP cumplen con los requisitos establecidos, lo que indica una buena planificación y documentación del sistema. Este cumplimiento asegura que el diseño y la implementación sean adecuados, facilitando el mantenimiento y posibles mejoras futuras (Castillo, 2019). Esto sugiere que el tipo de STAP implementado es apropiado para las necesidades del área.

Tabla 2. Resultados de la evaluación inicial según factores determinantes para el sistema de tratamiento de agua potable (STAP).

Factor	Importancia (%)	Cualitativo	Cuantitativo	Ponderado
Planos STAP	15	Cumple	3	0,45
Clase de STAP	5	Cumple	3	0,15
Caudal de diseño	10	No cumple	1	0,1
Caudal de captación	10	Cumple	5	0,5
Tanque de almacenamiento	5	No cumple	2	0,1
Año de construcción	5	Cumple	5	0,25
Caudal mínimo de fuente de abastecimiento	10	Sin información	1	0,1
Concesión del recurso hídrico	10	Información aceptable	4	0,4
Caudal concesionado	5	Información Aceptable	4	0,2
Calidad del efluente STAP	25	No cumple	4	1
Total Ponderado				3,25

Calificación 5: Excelente, 4: Muy bueno, 3: Bueno, 2: Regular, 1: Deficiente.

Descripción del sistema de tratamiento del agua potable

Se realizó un reconocimiento inicial del STAP de la empresa estudiada, identificando estructuras, equipos y procesos existentes mediante listas de verificación, para diagnosticar el estado físico de sus componentes y parámetros de diseño. El sistema de tratamiento de agua potable de Empresa Avícola Zuliana es por intercambio iónico y consta de procesos organizados en unidades de funcionamiento para facilitar la identificación de fases de potabilización. La planta, con capacidad de 94,8 m³/d, cuenta con medidas de seguridad, sistemas de medición de caudal, aireación, floculación y desinfección, garantizando un tratamiento eficaz (Crittenden et al., 2022).

El agua proviene de un pozo subterráneo y es bombeada hacia la aireación mediante flotadores eléctricos y un macromedidor para el control de volumen. El pozo tiene una profundidad de ≈ 10 m y su caudal concesionado es de 4,75 L/s. El mantenimiento del STAP de septiembre de 2022 reveló disminución de caudal y aumento de turbiedad por colmatación y contaminación del acuífero superficial.

La unidad de aireación por Venturi facilita la oxidación del hierro disuelto para su eliminación, el deterioro de la tubería por falta de mantenimiento es evidente. Varias unidades presentaron fallas operativas en septiembre de 2023: la bomba dosificadora de hipoclorito de calcio no funcionaba por falta de sensores y repuestos; el filtro de carbón activado estaba desinstalado; el suavizador carecía de cambios regulares de sal; el tanque de agua clorada no tenía plan de limpieza; y el filtro de turbidez carecía de zeolita suficiente. Además, el sensor de retrolavado fallaba ocasionalmente, requiriendo activación manual.

Identificación de las inconformidades derivadas de la gestión del STAP.

Es importante destacar que visualmente el agua destinada al consumo y al aseo de equipos y maquinaria no cumple con los rangos aceptables (Figura 3). Esteves (2019) señala que evaluar la calidad del agua es un proceso complejo que depende de la definición utilizada y de los objetivos de medición, lo que influye en la estructura de monitoreo.



Figura 3. Resultados cualitativos. A) Falta de equipos y filtros en el sistema de tratamiento; B) Sólidos en suspensión; C) Agua utilizada para el mantenimiento y consumo/producto terminado. D) Clasificadora. Fuente: Empresa / Fotos de inspección.

La EAZ presenta deficiencias en la infraestructura destinada al tratamiento de agua potable, lo que limita la eficiencia operativa del sistema (González, 2023). Aunque se dispone de algunos puntos de muestreo, estos no se encuentran normalizados ni integrados a un programa sistemático de control y seguimiento. La implementación adecuada de puntos de control permite evaluar la eficacia de los procesos de potabilización, detectar desviaciones en los parámetros críticos de calidad y establecer acciones correctivas oportunas para optimizar la operación del sistema.

Inspección de mantenimiento

El mantenimiento es proactivo y no preventivo. Urdaneta (2021), destaca la importancia del mantenimiento proactivo para la eficiencia y longevidad del sistema. Sánchez et al. (2021) advierten que la acumulación de sólidos en las unidades de tratamiento afecta la eficiencia del aireado y eleva los costos operativos, lo que resalta la necesidad de procedimientos de limpieza regulares. La asignación de estas tareas al supervisor y su auxiliar es coherente con las recomendaciones de Sánchez et al. (2020), quienes enfatizan que estas actividades deben ser ejecutadas por personal capacitado y supervisado. En general, la literatura sugiere implementar mantenimiento preventivo y programas de limpieza regulares desde los tanques de almacenamiento hasta los filtros, para optimizar la operación y garantizar la calidad del agua tratada.

Prevención de la contaminación

La conservación del agua potable debe basarse en la prevención, evitando su contaminación mediante normativas y controles (Plata, 2020). Una vez contaminado un acuífero, su recuperación es costosa y compleja, por lo que se requieren estudios hidrogeológicos para evaluar vertidos (Nalco, 2020). Esta investigación propone identificar fuentes de contaminación y mejorar la vigilancia de la calidad del agua. Según Hayman (2021), estos sistemas deben anticipar variaciones y detectar contaminación a tiempo. Figueroa et al. (2022) sugieren la zonificación hidrogeológica para regular vertidos y prevenir impactos, permitiendo establecer medidas concretas para la gestión de residuos y la protección de los acuíferos.

Caracterización del agua cruda

La calidad del agua utilizada para el uso y consumo en EAZ se ve afectada por la contaminación de los suelos, especialmente debido al manejo inadecuado de pollinaza y agroquímicos provenientes de actividades avícolas (Borges et al., 2021). Este riesgo es latente, ya que el sistema de tratamiento de agua potable se encuentra adyacente a los galpones de crianza de aves. El agua cruda en EAZ proviene de fuentes subterráneas. Cadenas (2019) indica que el flujo es relativamente estable, con velocidades que varían según la porosidad y permeabilidad del material geológico. En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda del pozo.

Los parámetros microbiológicos indican que el agua cruda no es apta para el consumo, ya que presenta una cantidad elevada de aerobios mesófilos (350 UFC/mL), superando el límite de 100 UFC/mL establecido por la normativa ambiental (GORBV N°36.395,1998).

Tabla 3. Caracterización del agua cruda procedente del pozo.

Parámetros	Unidad de medida	Resultados (Valor medio)	Desviación Estándar (\pm margen)	Valor Deseable (menor a)
Calidad microbiológica				
Aerobios mesófilos	UFC/mL	350	1,15 (± 2)	100
Coliformes totales	NMP/100mL	< 2,2	0,58 (± 1)	0
Coliformes fecales	NMP/100mL	< 2,2	0,58 (± 1)	0
Calidad fisicoquímica				
Aluminio Total	mg/L	0,12	0,58 (± 1)	0,20
Cloruros	mg/L	195,70	1,15 (± 2)	300
Cobre Total	mg/L	< 0,01	0,58 (± 1)	2
Color real	Pt-Co	15,00	0,58 (± 1)	15
Cloro residual	mg/L	0,00	0,58 (± 1)	1
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	204,00	1,15 (± 2)	500
Hierro total	mg/L	3,03	0,58 (± 1)	0,3
Manganeso	mg/L	0,18	0,58 (± 1)	0,5
pH	mg/L	6,07	0,58 (± 1)	8,5
Sílice	mg/L	11,60	1,15 (± 2)	50
Sodio	mg/L	129,16	1,15 (± 2)	200
Sólidos totales	mg/L	600,00	1,15 (± 2)	1000
Sulfato	mg/L	51,60	1,15 (± 2)	500
Turbidez	UNT	13,00	1,15 (± 2)	5
Zinc Total	mg/L	0,01	0,58 (± 1)	5

La presencia de estos microorganismos puede deberse a la falta de protección de las fuentes de abastecimiento, infiltración de aguas residuales y deficiencias en el tratamiento del agua. Mientras que los coliformes totales y fecales no fueron detectados (<2,2 NMP/100 mL). De acuerdo con la investigación de Sánchez et al. (2021), estos resultados en el agua sugieren una carga bacteriana significativa, posiblemente relacionada con la falta de protección en las fuentes de captación, la infiltración de aguas residuales o deficiencias en el sistema de tratamiento. Aunque los coliformes totales y fecales se encuentran por debajo del límite de detección, la elevada presencia de aerobios mesófilos representa un riesgo microbiológico que compromete tanto la calidad del agua como la salud del personal y de las aves en la planta avícola. Esta condición podría interferir en los procesos productivos y sanitarios, por lo que se recomienda reforzar las medidas de control, mantenimiento y monitoreo del sistema de tratamiento de agua para garantizar su inocuidad.

Los parámetros fisicoquímicos mostraron que el color real, la turbidez y el hierro superan los límites permisibles. El color real se reportó en 15 Pt-Co, el límite superior permitido, mientras que la turbidez alcanzó 13 UNT, muy por encima del máximo de 5 UNT. La turbidez suele interferir en la medición del color del agua, por lo que es necesario eliminarla para garantizar precisión en los análisis (GORBV N°36.395,1998). El hierro presentó una concentración de 3,03 mg/L, excediendo el límite de 0,3 mg/L lo que genera incrustaciones en tuberías y accesorios.

Otros parámetros fisicoquímicos, como cloruros (195,70 mg/L), sodio (129,16 mg/L), dureza total (204 mgCaCO₃/L), sólidos totales (600 mg/L) y pH (6,07), presentaron resultados cercanos al valor límite. La dureza total clasifica al agua como intermedia, ya que su concentración de carbonato de calcio oscila entre 75 y 200 mg/L. Las aguas duras pueden generar incrustaciones en tuberías y afectar la eficiencia de los sistemas de distribución.

En cuanto a los sólidos totales, la concentración de 600 mg/L indica que, aunque los acuíferos subterráneos suelen presentar buena calidad, pueden verse afectados por infiltraciones de agua contaminada (Cortijo, 2018). La

cantidad de sólidos disueltos puede originarse por factores naturales o antropogénicos, como la composición de las rocas en la región.

El pH del agua cruda fue de 6,07, clasificándola como ligeramente ácida. Un pH bajo puede deberse a contaminantes o aditivos, ya que, en una granja de ponedoras, a veces se usan aditivos o el agua puede estar en contacto con materiales que afectan su pH, como fertilizantes, desinfectantes o materia orgánica.

Descripción de la calidad del agua tratada en los puntos de captación restantes.

Se evidenció densidades superiores a los límites permisibles de aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales en todas las muestras (duchas, comedor y clasificadora), valores que se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis de las muestras al final del STAP.

Parámetros	Unidades	Duchas	Comedor	Clasificadora	Norma 36.395 (máx. deseable)
Aerobios mesófilos	UFC/mL	326	133	341	100
Coliformes totales	NMP/100mL	16	2,2	2,2	Ausente
Coliformes fecales	NMP/100mL	16	2,2	2,2	Ausente
Aluminio Total	mg/L	175	102	120	0,2
Cloruros	mg/L	36,37	39,73	38,29	300
Cobre Total	mg/L	< 0,01	< 0,03	< 0,04	2
Color real	Pt-Co	13	9	11	15
Cloro residual	ppm	0,2	0,1	0,19	1
Dureza total	mg/L CaCO ₃	52	56	48	500
Hierro total	mg/L	0,22	1,06	0,48	0,3
pH	mg/L	6,99	7,31	7,05	8,5
Sílice	mg/L	31,5	33,5	22,5	50
Sodio	mg/L	80,72	87,81	85,53	200
Sólidos totales	mg/L	212	256	220	1000
Sulfato	mg/L	20,73	20,73	15,41	500
Turbidez	UNT	11	8	9	5
Zinc Total	mg/L	0,02	0,02	0,01	5

Para aerobios mesófilos, la densidad media osciló entre 133-341 UFC/mL, superando el límite de 100 UFC/mL establecido en la normativa, en cuanto a coliformes totales y fecales, se encontraron valores entre 2,2-16 NMP/100 mL, cuando según la normativa deben estar ausentes. Asimismo, el remanente de cloro residual en las muestras fue menor (0,1-0,2 mg/L) al mínimo exigido (1 mg/L), es posible que la dosificación inicial de cloro haya sido insuficiente o que el tiempo de contacto no haya sido adecuado para mantener un nivel residual alto. Por otra parte, se estima además que, si el sistema de cloración no está correctamente calibrado o presenta fallas, puede estar suministrando menos cloro del requerido para mantener un remanente adecuado.

Los análisis fisicoquímicos revelaron que las concentraciones de hierro, aluminio y turbidez estaban por encima del valor máximo deseable en todas las muestras. El hierro superó al valor establecidos (<0,3 mg/L) en el comedor (1,06 mg/L) y en la clasificadora (0,48 mg/L). El aluminio presentó valores elevados en todas las muestras (102–175 mg/L), excediendo ampliamente el valor normativo (<0,2 mg/L). Este incremento podría atribuirse a la posible presencia de unidades de tratamiento que utilicen sales de aluminio, como el sulfato de aluminio, empleado comúnmente en los procesos de coagulación y floculación (Figuroa et al. 2022). Asimismo, la acumulación de residuos de coagulante, la liberación de aluminio desde tuberías metálicas o tanques con recubrimientos deteriorados, y la falta de enjuagues adecuados durante la operación y mantenimiento del sistema podrían contribuir a dichas concentraciones. La turbidez también estuvo fuera de norma (8–11 UNT frente a un valor deseable de <5 UNT), lo que sugiere deficiencias en las etapas de clarificación y desinfección del agua.

Comparación de los resultados obtenidos en el agua tratada con la Norma 36.395.

Se analizaron coliformes totales, coliformes fecales, aerobios mesófilos, dureza, cloruros, sílice y pH como indicadores de calidad del agua, según lo establecido en la normativa venezolana 36.395. Los resultados microbiológicos (Figura 4) revelaron que todas las muestras analizadas superaron el límite permitido de aerobios mesófilos, con valores entre 133 y 350 UFC/mL, lo que sugiere una contaminación microbiana significativa con posibles riesgos para la salud.

En cuanto a los coliformes totales, las muestras de duchas, comedor y clasificadora excedieron los límites permitidos, lo que indica una posible contaminación bacteriana debida a una mala gestión del agua o contaminación de las fuentes, además podría explicarse por varias causas: una es la recontaminación del agua tratada debido a deficiencias en la limpieza o mantenimiento de los tanques de almacenamiento, tuberías o conexiones posteriores al tratamiento.

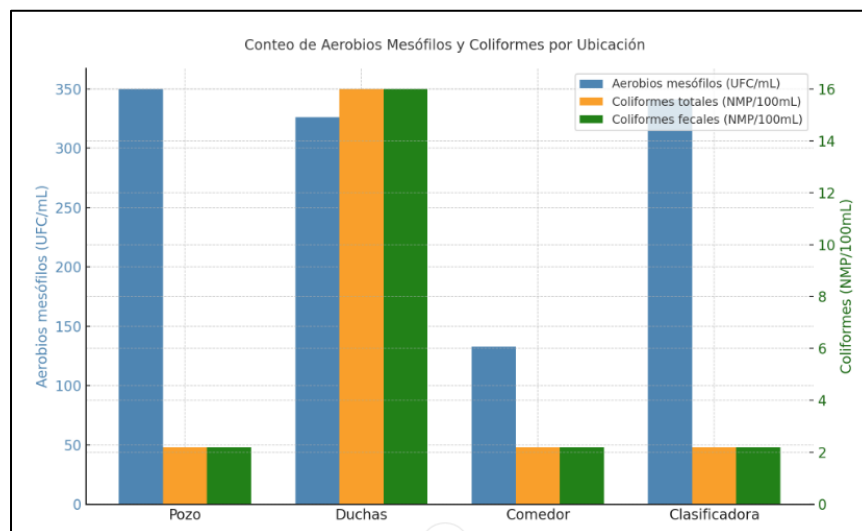


Figura 4. Comparación de resultados de los análisis microbiológicos según las muestras analizadas en los puntos de muestreo.

Otra causa podría ser la proliferación bacteriana dentro del propio sistema de distribución si no se garantiza una desinfección adecuada (por ejemplo, ausencia de cloro residual, como se evidenció con un valor de 0,00 mg/L).

Asimismo, la presencia de coliformes fecales en las mismas muestras sugiere contaminación reciente por fuentes específicas, como fugas de aguas residuales o manejo inadecuado de desechos. También se debe considerar que el sistema de tratamiento por intercambio iónico está diseñado principalmente para la remoción de minerales, no para la desinfección microbiológica, por lo que no sustituye procesos como la cloración o la irradiación UV (Angulo et al, 2023; Angulo et al, 2018), fundamentales para garantizar la inocuidad del agua.

Entre tanto, desde el punto de vista fisicoquímico, los análisis mostraron que los niveles de aluminio en las muestras de duchas, comedor y clasificadora superaron el límite máximo permitido, lo que representa un riesgo potencial para la salud al estar asociado con enfermedades neurodegenerativas (Chávez et al., 2021). Además, los niveles de hierro en varias muestras excedieron los valores aceptables, lo que podría afectar la calidad organoléptica del agua.

A pesar de que el color del agua se encontraba dentro de los parámetros normativos, la turbidez en todas las muestras superó el límite permitido, lo que indica la posible presencia de microorganismos patógenos y partículas suspendidas. Mientras que, el cloro residual en todas las muestras se encontró por debajo del mínimo requerido, lo que compromete la desinfección continua del agua y favorece la proliferación de microorganismos patógenos.

Los resultados reflejaron que el agua suministrada en las áreas evaluadas no es apta para consumo humano debido a la alta carga bacteriana. Aunque podría utilizarse para otros fines, es recomendable implementar un proceso de

desinfección más efectivo para minimizar riesgos en la salud del personal y en la inocuidad de los productos fabricados con esta agua.

Los análisis también evidenciaron que el agua tratada en la planta de la empresa no cumple con los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos establecidos, lo que plantea la interrogante de si el problema radica en el sistema de tratamiento o en los componentes de almacenamiento y distribución. La toma de muestras directas de la ducha, sin almacenamiento intermedio, mostró que el agua aún presentaba niveles fuera de norma, lo que sugiere fallas en el proceso de potabilización.

Para garantizar la calidad del agua, se recomienda optimizar el sistema de tratamiento existente, fortaleciendo las operaciones de mantenimiento preventivo. En particular, el filtro de zeolita, actualmente presente en el sistema y destinado a la remoción de turbidez y dureza, requiere un proceso periódico de regeneración, a fin de evitar la saturación del medio filtrante y mantener su eficiencia operativa. Asimismo, se sugiere incorporar un suavizador para mejorar la remoción de dureza residual y realizar la limpieza programada del tanque de almacenamiento. Estas acciones contribuirán al cumplimiento de las normativas sanitarias y ambientales vigentes, reduciendo los riesgos asociados al uso del agua en las operaciones de la empresa.

Propuesta de mejoramiento para el STAP

La propuesta plantea la adecuación integral del Sistema de Tratamiento de Agua Potable (STAP) de la EAZ, orientada a corregir las deficiencias detectadas en los análisis de calidad del agua y en la evaluación operativa de la planta. Los resultados evidenciaron concentraciones elevadas de aluminio, hierro, turbidez y aerobios mesófilos, junto con la ausencia de cloro residual y un pH ligeramente ácido, condiciones que comprometen tanto la inocuidad del agua como la estabilidad de los procesos productivos. Como resultado, además del diagnóstico y caracterización, se diseñó una propuesta técnica que contempla acciones de mantenimiento preventivo, redistribución de las unidades críticas del sistema, monitoreo periódico de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y estrategias para optimizar el uso de los recursos operativos y energéticos. En la Figura 5 se ilustra la distribución óptima y secuencia de los componentes del sistema de tratamiento, incorporando ajustes en las unidades operativas, flujos hidráulicos y puntos de control, con el propósito de mejorar la eficiencia global del STAP y garantizar el cumplimiento de las normativas sanitarias y ambientales vigentes. Esta propuesta se presenta de forma estructurada en la Tabla 5, donde se detallan las áreas de mejora, hallazgos, causas, objetivos, acciones correctivas y beneficios esperados.

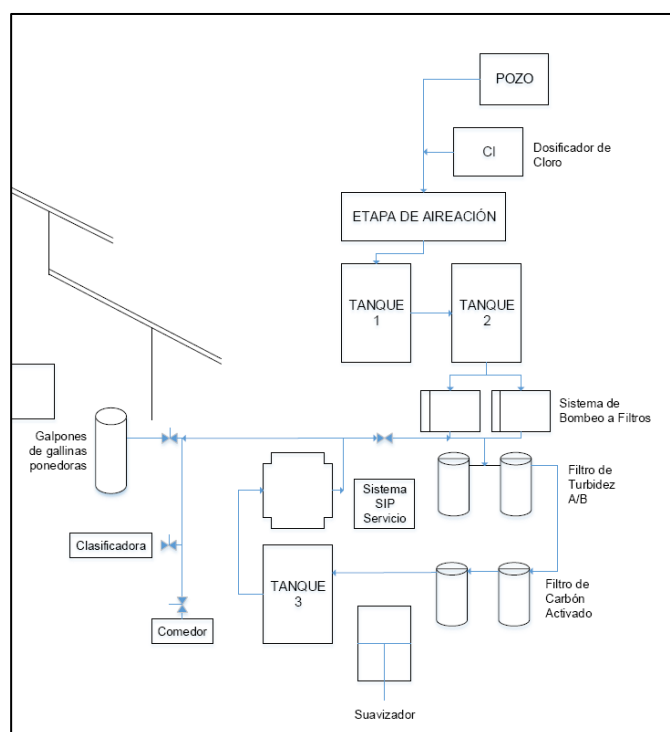


Figura 5. Propuesta para la adecuación de los equipos en el STAP.

Tabla 5. Propuesta descriptiva para la adecuación del STA P en Empresa Avícola Zuliana (EAZ).

Área de mejora	Hallazgos	Causas	Objetivo	Acciones de mejora	Beneficios esperados
Documentación	Indisponibilidad de manuales de equipos existentes.	No se identificaba la necesidad pues los técnicos poseen la experticia para la realización de labores.	Actualizar la documentación de STAP.	Actualizar los detallados de la planta en AutoCad, basados en la información recopilada en las inspecciones.	Fortalecimiento de documentación y disponibilidad de información técnica para caso de consulta o toma de decisiones.
	Inexistencia de manual de operación y mantenimiento detallado.	Los archivos digitales de planos detallados están dañados.		Obtener los documentos correspondientes a la información técnica y relevante de STAP para consulta en medio digital.	
	La documentación existente está desorganizada y desactualizada.	La plataforma de diseño de planos existentes no reporta mediciones.		Obtener la información referente a los manuales de equipos de bombas de succión/impulsión, bombas dosificadoras, filtro anaerobio de flujo ascendente, entre otros. Integrar toda la documentación existente desde las diferentes áreas que maneja la planta.	
		Hay información del STAP dispersa en las diferentes áreas que la manejan.			
Reconocimiento	Inexistencia de especificación de procesos de manera ordenada	En el informe de optimización anterior se presentan los cambios de manera general sin especificar unidades de proceso.	Identificar las unidades de proceso del STAP.	Dividir por unidades los procesos de la planta, incluyendo de manera detallada características físicas y de mantenimiento.	Mayor comprensión del funcionamiento y operación del STAP.
Funcionamiento	Inexistencia de especificación de procesos de manera ordenada.	En el informe de optimización anterior se presentan los cambios de manera general sin especificar unidades de proceso.	Presentar los procedimientos adecuados para la operación y el mantenimiento del STAP.	Elaborar un Manual de Operación y Mantenimiento para el STAP.	Aumento de la eficiencia en el seguimiento y control de los procesos del STAP.
	Se evidencia desuso de EPP por parte de operarios.	Inexistencia de claridad acerca de cuáles son los EPP necesarios.		Especificar los EPP necesarios para operación del STAP en el manual.	
	Lavado inadecuado de los componentes de la planta.	Inexistencia de claridad acerca de cuál debe ser el proceso de lavado.		Especificar el procedimiento para limpieza de las unidades según su criticidad.	
	Falta de inspección en las unidades.	Desconocimiento del operario acerca de la necesidad de limpieza y desinfección.			

Tabla 5. Propuesta descriptiva para la adecuación del STAP en Empresa Avícola Zuliana (EAZ). (Continuación).

Área de mejora	Hallazgos	Causas	Objetivo	Acciones de mejora	Beneficios esperados
Funcionamiento	Disminución de disponibilidad de caudal de pozo subterráneo.	Obstrucción de material filtrante natural.	Presentar los procedimientos adecuados para la operación y el mantenimiento del STAP.	Realizar mantenimiento preventivo al pozo subterráneo cada 2 años (incluir frecuencia en el manual).	Aumento de la eficiencia en el seguimiento y control de los procesos del STAP.
	Fuga en unión de Tanque N°1.	Encendido y apagado constante de la bomba.		Realizar mantenimiento de la bomba.	
	Formatos de registro desactualizados.	Inexistencia de equipos para determinación de parámetros.		Crear formatos de registro para el seguimiento y control de procesos (anexarlos al manual).	
Estimación de Riesgo	Ausencia de señalización de flujo hidráulico, equipos, estructuras, ni EPP.	Priorización de presupuesto para otros fines.	Producir agua potable sin riesgo.	Señalizar las estructuras, flujo hidráulico, uso de EPP y equipos del STAP.	Monitorear los resultados de la calidad del agua para la implementación de las mejoras.
	Alto riesgo de contaminación cruzada.	Parámetros monitoreados previamente a última optimización.		Generación de valor agregado al agua tratada.	
Monitoreo de Calidad de Agua	Periodicidad inadecuada en el seguimiento a la calidad del agua.	Inexistencia de laboratorio con dotación de equipos para realizar test.	Realizar seguimiento frecuente a la calidad del agua tratada del STAP.	Instalar en la Unidad de Operación un laboratorio para la medición de los parámetros básicos requeridos según la normativa vigente.	Aumento de la eficiencia en el seguimiento, operación y control de los procesos del STAP.
	Concentración de rangos microbiológicos y fisicoquímicos en el efluente del STAP fuera del rango permisible.	Inexistencia de laboratorio con dotación de equipos.		Capacitar a los técnicos del STAP en el manejo de los equipos de medición.	

Conclusiones

La calidad del agua cruda y tratada, no cumplen con las normativas vigentes, evidenciando incumplimientos en el proceso de tratamiento. Se diseñó una propuesta que incluye mantenimiento preventivo, redistribución de unidades críticas, monitoreo periódico y estrategias para optimizar recursos, y la necesidad de inspección y mantenimiento continuo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Esta investigación proporciona un aporte significativo para mejorar el sistema de tratamiento de agua potable en la empresa avícola, promoviendo prácticas responsables y eficaces que impactan positivamente en la producción y en la calidad del recurso hídrico.

Referencias Bibliográficas

- Angulo, N., Dávila, Y., Araujo, I., Marín, J. (2023). Eficiencia de la Cloración como Proceso de Desinfección de Aguas Municipales Tratadas en un Sistema Biológico Combinado Anaeróbico-Aeróbico. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería*. Universidad del Zulia, 46. p. e234617.
- Angulo, N.; Dávila, Y.; Bravo, R.; García, F.; Toncel, E.; Rincón, N.; Morillo, G. Radiación UV como proceso de desinfección para el post tratamiento de aguas residuales municipales. 82018. *Avances y Retos de la Ciencia e Ingeniería*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, 82: 766-772. ISBN: 978-980-11-1858-9.
- Borges, L. A.; Neto, E. V.; Simões, F. (2021). Remoción de metales pesados del agua utilizando resinas de intercambio iónico funcionalizadas. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(6), 106232.
- Cadenas, L. (2019). Beneficios socio ambientales por potabilización del agua en los pueblos palafíticos de la ciénaga grande. *Revista U.D.C.A.* Ecuador, 36.
- Castillo, C. (2019). Propuesta de mejoramiento para el tratamiento de agua potable y residual en la empresa Palmas del Cesar, S.A. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Ambiental. Bucaramanga, Colombia, 23-24.
- Cáceres, R.; Flotats, X.; López, I. (2021). Contaminación por residuos avícolas y su impacto en el medio ambiente. *Revista de Ciencias Ambientales*, 42(2): 128-145.
- Cortijo D. (2018). Desalcalinización del Agua Mediante Intercambio Iónico. *Ingeniería Industrial*. Perú. 31, 8.
- Cortijo, D. (2022). Desalcalinización del agua. Fundamentos. *Revista CENIC Ciencias Químicas*.
- Chávez, C., Castillo, L., Dendooven, L., y Escamilla, E. (2021). Poultry slaughter wastewater treatment with an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. *Bioresource Technology*, EE. UU, 5-6.
- Crittenden, J.; Trussell, R.; Hand, D.; Howe, K.; Tchobanoglous, G. (2022). *MWH's Water Treatment: Principles and Design*. John Wiley & Sons.
- Esteves, J. (2019). Análisis de aguas. Caracteres organolépticos de investigación científica. Universidad de los Andes, Ingeniería Ambiental, Venezuela, 35-37.
- Figueroa, A., Muñoz, L., y Torres, J. (2022). Membranas de intercambio iónico para la recuperación de metales valiosos de aguas residuales industriales en Colombia. *Separation and Purification Technology*, 295.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela [GORBV] (1998). Normas sanitarias de calidad del agua potable. N.º 36.395, 13 de febrero de 1998, Caracas, Venezuela.
- Gómez, E. (2021). Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para tres centros poblados del distrito de Ignacio Escudero. Universidad de Piura. Facultad de ingeniería, 36-38.

- Gómez, A.; Díaz, P.; Castillo, M. (2022). Desarrollo de un proceso de intercambio iónico novedoso para la remoción de contaminantes farmacéuticos del agua en México. *Water Research*, 232, 117123.
- González, D. (2023). Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable: Caso de Estudio en la Ciudad de Villavicencio. Universidad Piloto de Colombia.
- Mutlu, E.; Demirci, C. (2022). Assessment of Water Hardness and Its Impact on Water Quality in Urban Areas. *Journal of Environmental Management*, 305, 11434.
- Nalco C, Co. (2020). Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, McGraw-Hill. México. 16-18.
- Pérez, F.; González, A. (2023). Estudio de eliminación de arsénico con resinas de intercambio iónico en agua potable de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*.
- Plata, M. (2020). Manejo y tratamiento de planta de agua en granja avícola. Trabajo de práctica social, empresarial y solidaria. Ingeniería en zootecnia. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Sánchez, F., Jara, M., y Acevedo, A. (2021). Evaluación de membranas de intercambio iónico para el tratamiento de aguas residuales industriales en operaciones mineras chilenas. *Journal of Membrane Science*, 620.
- Sánchez, R.; Morales, P. (2022). Gestión y supervisión en plantas de tratamiento de agua. Editorial Ingeniería.
- Sánchez Quispe, H. R., Sarango Guamán, D. E. y Cucuri Pushug, M. I. (2020) Evaluación de un sistema de alimentación avícola basado en lógica difusa. / Evaluation of a feeding system based on fuzzy logic., *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, 43(1): 3-10. Disponible en: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/31070>.
- Urdaneta, K. (2021). Propuesta de mejora para la gestión de la Planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-extensión Guayana. Trabajo de Grado, Maestría en Ingeniería, Venezuela, 29-31.

Editor Asociado: Dr. Nicolino Antonio Bracho Pirela
Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería
Escuela de Ing. Química, Departamento de Hidrocarburos
nicolino.bracho@fing.luz.edu.ve
Venezuela



REVISTA TECNICA

DE LA
FACULTAD DE
INGENIERIA
UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Volumen 48. Año 2025, Edición continua_____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en enero 2025, por el **Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia.** Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org