

COMPARACIÓN TÉCNICA DE LOS PROCESOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL JUAN DIAZ (PANAMÁ) Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE TUNJA

Carlos Fernando Salazar Mesa - Carlos.salazarm@usanto to.edu.co - Especialización en Ingeniería Hidroambiental
Juan Camilo Matamoros Camargo- Juan.matamoros@usanto to.edu.co - Especialización en Ingeniería Hidroambiental

- Introducción:** El tratamiento de aguas residuales urbanas constituye un componente esencial para la protección de la salud pública y los ecosistemas. En Latinoamérica, su fortalecimiento ha avanzado mediante infraestructuras de gran escala que buscan mejorar la calidad del efluente y cumplir normativas cada vez más estrictas. En este contexto, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Juan Díaz, en Panamá, forma parte del programa de saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, destacando por su capacidad y por los desafíos operativos asociados a la inestabilidad estacional de caudales y cargas afluentes (CAF, 2025; Soto & Saavedra, 2015). Por su parte, la PTAR de Tunja, en Colombia, ha sido objeto de diagnósticos y propuestas de modernización orientadas a mejorar la eficiencia del proceso biológico, mitigar impactos como los olores y avanzar hacia tecnologías de mayor rendimiento, incluida la transición a esquemas de membranas en escenarios de reúso (Pineda Buitrago, 2017; Valderrama Botía, 2021). Aunque ambas plantas operan bajo realidades urbanas distintas, comparten problemáticas técnicas comunes: variabilidad hidráulica y orgánica, requerimientos de estabilización de procesos biológicos, gestión integral de lodos y control de externalidades. Estas condiciones afectan directamente el cumplimiento normativo y la estabilidad, justifican la necesidad de comparar sus configuraciones, estrategias de operación y resultados documentados. El propósito de este estudio es contrastar técnica y operativamente las PTAR de Juan Díaz y Tunja, describiendo sus trenes de tratamiento, analizando sus indicadores de desempeño y derivando lecciones de mejora aplicables a sitios urbanos latinoamericanos. A través de esta comparación se busca aportar una base técnica que facilite la toma de decisiones para modernización, optimización y transferencia de aprendizajes entre ambas realidades.



UBICACIÓN GEOGRAFICA COLOMBIA Y PANAMA

Metodología se estructura por métodos orientados a cada objetivo, no como una secuencia cronológica. Integra: i) revisión técnica y normativa para caracterizar procesos y límites de vertimiento; ii) trabajo de campo (visitas técnicas) para observar operación y control; iii) levantamiento de información experta (entrevistas breves y talleres); y iv) análisis comparativo con indicadores normalizados (m^3 tratado, habitante-equivalente, kg DBO_5 removido), resguardando trazabilidad y control de calidad de datos.

- **Revisión documental y normativa (para los objetivos de caracterización y comparación regulatoria)**
- **Visitas técnicas a plantas y laboratorios (para validar configuración, operación y control de proceso)**

APLICACIÓN EN COLOMBIA: La comparación técnica entre la PTAR Juan Díaz y la PTAR Tunja permite identificar aprendizajes directamente transferibles al ambiente colombiano, particularmente en sistemas con variabilidad hidráulica y de carga que condicionan la estabilidad de los procesos. En este sentido, la experiencia de Juan Díaz evidencia la necesidad de implementar estrategias de control avanzado en tiempo real, especialmente en la gestión de aireación y recirculaciones internas, orientadas a mantener condiciones óptimas de operación (oxígeno disuelto, SRT, cargas volumétricas) frente a fenómenos de estacionalidad, infiltración y aportes no controlados.

En segundo lugar, la configuración observada en Tunja pone de manifiesto la importancia de incorporar etapas de tratamiento terciario o de pulimento que permitan cerrar brechas frente a los límites establecidos en la Resolución 0631 de 2015, particularmente en términos de DBO_5 , SST y nutrientes. En este texto, la evidencia comparada respalda la adopción progresiva de tecnologías como filtración terciaria, desinfección avanzada (UV/cloración) y soluciones híbridas tipo IFAS/MBBR, las cuales incrementan la resiliencia del sistema y la estabilidad de procesos como la nitrificación, sin requerir ampliaciones sustanciales de infraestructura.

Asimismo, el análisis evidencia que la línea de lodos constituye un eje crítico de desempeño técnico, económico y social. Las prácticas implementadas en Juan Díaz incluyendo estabilización (anaerobia/aerobia), deshidratación y control de emisiones odoríferas se alinean con los lineamientos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y representan referentes aplicables para optimizar la gestión integral de biosólidos en PTAR colombianas, particularmente en escenarios con restricciones de disposición final y conflictos socioambientales.

Referencias

- CAF. (2025). *Programa de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá: Segundo módulo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz* [Informe técnico]. CAF – Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe.
- Pineda Buitrago, L. L. (2017). *Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) de Tunja – Boyacá* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia].
- Soto, E., & Saavedra, C. (2015). Influencia de la variación estacional de la calidad y cantidad de agua residual en la eficiencia de tratamiento: Caso PTAR Juan Díaz, Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 1(2), 7–10.
- Valderrama Botía, Y. T. (2021). *Plan para la reducción del impacto por olores ofensivos generados en la PTAR para la empresa Veolia Aguas de Tunja S.A. E.S.P.* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES JUAN DIAZ (PANAMA)



Objetivo general

Comparar técnica y operativamente las plantas de tratamiento de aguas residuales de Juan Díaz (Panamá) y Tunja (Colombia), con el fin de evaluar su desempeño en términos de calidad del efluente, operación y manejo de lodos, e identificar oportunidades de mejora aplicables a sitios urbanos latinoamericanos.

Objetivos específicos

- Caracterizar y contrastar los trenes de proceso de ambas plantas, considerando línea de agua y línea de lodos, así como sus principales unidades y configuraciones.
- Analizar los indicadores de desempeño reportados (remoción de DBO_5 , DQO , SST y nutrientes, consumo específico de energía, producción de lodos, entre otros) para cada planta.
- Evaluar el grado de cumplimiento de los parámetros de vertimiento frente a la normativa vigente en Panamá y Colombia, destacando brechas y fortalezas en cada caso.
- Identificar acciones de mejora técnica y operativa de baja, media y alta inversión que contribuyan a optimizar el desempeño de las plantas, con énfasis en el contexto colombiano.
- Proponer lineamientos generales que puedan orientar procesos de modernización y toma de decisiones en otras PTAR de la región con condiciones similares.



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE TUNJA



CONCLUSIONES:

- La comparación técnica entre las PTAR Juan Díaz (Panamá) y Tunja (Colombia) evidencia que, aunque operan bajo contextos urbanos y regulatorios distintos, comparten un conjunto de desafíos que afectan la estabilidad del tratamiento biológico, la calidad del efluente y la gestión de lodos. Los análisis muestran que la variabilidad de caudales y cargas constituye un factor crítico en ambos casos, requiriendo estrategias operativas robustas y sistemas de control capaces de responder con flexibilidad a condiciones cambiantes.
- Los hallazgos señalan que las plantas basadas en procesos aeróbicos con remoción biológica de nutrientes, como Juan Díaz, demandan un control fino de oxígeno disuelto, recirculaciones y edad del fango para mantener la eficiencia de remoción; mientras que instalaciones con trenes anaerobios más simples, como Tunja, requieren etapas de pulimento y acciones específicas para mitigar olores y asegurar un cumplimiento estable de los límites de vertimiento. Esta diferencia tecnológica constituye un punto clave para orientar decisiones de modernización y priorizar intervenciones según el contexto.
- Asimismo, el ejercicio comparativo permite identificar oportunidades de mejora aplicables al entorno colombiano, destacando la relevancia de fortalecer unidades de pulimento, mejorar la gestión de lodos y avanzar en esquemas de automatización que optimicen la eficiencia energética y reduzcan la variación. La sistematización de indicadores y criterios de evaluación también constituye un aporte metodológico que puede ser replicado en otras PTAR de la región.