

Análisis de sales anhidras para el tratamiento de aguas residuales urbanas en Martínez de la Torre, Veracruz

Miguel Ángel López Ramírez¹, Mario Rafael Aguilar Rodríguez¹,
Olaya Pirene Castellanos Oronio², Fabiola Lango Reynoso³, Cinthya Alejandra Sosa Villalobos³,
Guadalupe Rodríguez Martínez³

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río

Resumen

El tratamiento de las aguas residuales es prioritario, ya que la mayoría de estas son descargadas en ríos, lagos, mares y suelos. En Martínez de la Torre, Veracruz estas aguas son descargadas directamente al río Filobobos sin un tratamiento previo, debido a esto, se evaluó el efecto de las sales anhidras como tratamientos. Se utilizaron aguas residuales provenientes de una descarga directa y se determinaron parámetros de pH, turbidez, sólidos suspendidos totales (SST) y conductividad. Los tratamientos se realizaron empleando distintas cantidades de Sulfato de Aluminio y Hierro en el test de jarras, empezando la agitación a 120 rpm durante 5 minutos y reduciendo a 60 rpm a 10 minutos; se manejó un tiempo de reposo de 1 hora y se analizaron los parámetros de calidad obteniendo una reducción máxima promedio de 27.67% y 86.60% utilizando sulfato de hierro en parámetro de turbidez y SST respectivamente.

Abstract

Wastewater treatment is a priority, as most of this is discharged into rivers, lakes, seas and soils. In Martínez de la Torre, Veracruz these waters are directly discharged to the Filobobos river without prior treatment, due to this, the effect of anhydrous salts was evaluated as treatments. Wastewater from a direct discharge was used and parameters of pH, turbidity, total suspended solids (TSS) and conductivity were determined. The treatments were carried out using different amounts of Aluminum and Iron Sulfate in the jar test, starting the stirring at 120 rpm for 5 minutes and reducing to 60 rpm for 10 minutes; a rest time of 1 hour was managed and the quality parameters were analyzed obtaining an average maximum reduction of 27.67% and 86.60% using iron sulfate as turbidity parameter and TSS respectively.

Palabras claves: sales anhidras, aguas residuales, turbidez

Keywords: anhydrous salts, residual waters, turbidity

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta e indispensable para la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social (Esponda, 2001).

Uno de los grandes problemas afrontados por el mundo es la disponibilidad de agua dulce, ya que esta es vital para la supervivencia de los seres humanos. En el planeta existe una limitación de la disponibilidad de agua dulce. Del 0,8% del agua dulce existente, el 97% son aguas subterráneas y solamente el 3% es agua superficial. Aun así, no siempre esta es apropiada para el consumo humano, haciéndose necesario realizar la remoción de las impurezas presentes para adecuarla a los patrones de potabilidad. El color y la turbiedad son los principales

parámetros que se consideran en la evaluación de la calidad de efluentes tratados, siendo indicadores sanitarios y patrones de aceptación del agua para consumo humano (FUNASA, 2006).

Se considera que el agua está contaminada cuando se ven alteradas sus características químicas, físicas, biológicas o su composición, por lo que pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Rodríguez–Monroy y Duran de Bazúa, 2006), además del crecimiento demográfico, el desarrollo de las ciudades y la falta de medidas y programas para dar respuesta a dichos cambios, genera un ambiente que favorece al avance de la contaminación.

Debido a esto las medidas que se deben tomar para descontaminar los efluentes debe ser cada vez más urgente, para mejorar la calidad y una protección adecuada de los recursos hídricos (Sánchez et al, 2011). Como se puede observar en la tabla 1 se muestran los contaminantes típicos en las aguas residuales.

Tabla 1. Contaminantes del agua

Clase	Ejemplos
Sólidos suspendidos	Materiales coloidales, polvo, óxidos de metales.
Orgánicos disueltos	Químicos orgánicos sintéticos, ácidos húmicos.
Iónicos disueltos (sales)	Metales pesados, nitrato, cloruros, carbonatos.
Microorganismos	Algas, Bacterias, hongos, virus, protozoarios
Gases	Sulfuro de hidrógeno, metano, dióxido de carbono.

Fuente: (Cartwright, 2009)

2. Metodología

Se realizaron 12 muestreos de agua residual urbana provenientes de una descarga directa *ubicadas en las coordenadas Longitud: -97.0528, Latitud: 20.0615 como se puede ver en la figura 1, durante los meses de Febrero y Mayo. A cada muestra se le determino, potencial de hidrógeno (pH), conductividad, turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Grasas y Aceites, Coliformes Fecales y Coliformes Totales, Nitrógeno total y Nitrógeno Amoniacal de acuerdo con las Técnicas Establecidas en el Standard Methods (APHA-AWWA-WPCF, 1998)*



Figura 1. Punto de descarga del agua residual

Se determinaron en un equipo de agitación múltiple la dosis de coagulantes 300, 600 y 900 mg L⁻¹ durante 5 minutos a una revolución de 120 rpm y posteriormente 10 minutos a 60 rpm en la prueba de jarras; dejando reposar y sedimentar una hora para obtener una coagulación y una mejor lectura de datos, debido a que después del proceso en la prueba de jarras, presen-taba el agua residual partículas sedimentables. Para dicho proceso se ocupó el pH sin amortiguar del agua, debido a que datos reportados como los de Solís-Silvan et al., en el 2012 reportan que los coagulantes químicos como sulfato de hierro y sulfato de aluminio tienen una formación óptima de flóculos en un intervalo de 6.0-8.0.

Para determinar las dosis óptimas del proceso coagulación-floculación, se probaron 3 dosis por cada coagulante (300, 600 y 900 mg L⁻¹) evaluados por triplicado. Se realizaron ensayos al agua residual, en pruebas de jarras, sometidos al proceso de coagulación. Los resultados fueron evaluados con base en la remoción de turbidez medida como NTU. Los resultados se compararon para determinar el más eficaz.

La reducción de la Turbidez se determinó mediante del equipo HACH 2100AN realizando 18 ensayos: 9 utilizando sulfato de aluminio grado industrial y 9 con sulfato de hierro heptahidratado grado reactivo; con dosis de 300, 600 y 900 mg L⁻¹ de cada coagulante.

Los resultados de la dosis óptima se sometieron a un análisis de pruebas de medias estadísticas con un nivel de confianza del 95% así mismo, se realizó el mismo.

3.- Resultados y discusiones

En la tabla 2 se presentan los resultados de la caracterización del agua residual, y en la tabla 4 se especifican los tratamientos ensayados para determinar las dosis óptimas de coagulante.

Mientras que en la Tabla 5 se muestran las eficiencias de remoción de Turbidez y Sólidos Suspendedos Totales obtenidas para determinar la dosis óptima de coagulante.

Tabla 2. Caracterización del agua residual generada en Martínez de la Torre, Veracruz.

Parámetro	Unidad	Promedio	Mínimo	Máximo
pH	Unidades de pH	7.77	7.65	7.9
Conductividad	mS cm ⁻¹	638.67	636.00	642.00
Turbidez	NTU	25.00	36.70	16.90
DBO ₅	mg L ⁻¹	56.60	54.50	58.00
SST	mg L ⁻¹	49.70	20.00	112.00
Grasas y Aceites	mg L ⁻¹	13.31	13.10	13.45
Nitrógeno Total	mg L ⁻¹	10.89	10.72	11.00
Nitrógeno Amoniacal	mg L ⁻¹	9.76	9.67	9.85
Coliformes Fecales	NMP / 100mL	4 600.00	4 600.00	4600.00
Coliformes Totales	NMP / 100mL	24 000.00	24 000.00	24 000.00

Fuente: Autores

Como podemos observar de acuerdo a las características de las aguas residuales obtenidas y comparadas con la clasificación de Metcalf y Eddy (1998) se clasifican como agua residual domestica bruta de concentración débil, sin embargo, dicha agua residual presenta 3 parámetros los cuales sobre pasan a las normas nacionales mexicana e internacionales, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles Nacionales de Internacionales

Parámetro	Unidad	Valor Promedio	LMP 1	LMP 2
Turbidez	NTU	25.00	-	2
Coliformes Fecales	NMP / 100mL	4 600.00	1 000	1 000
Coliformes Totales	NMP / 100mL	24 000.00	-	1 000

Fuente: Autores

*LMP: Límite Máximo Permissible

**LMP 1: Límite Máximo Permissible NOM-001-SEMARNAT-1996;

**LMP 2: Límite Máximo Permissible Environmental Protection Agency, 1998

De acuerdo a los resultados obtenidos la USEPA (1998) recomienda que la turbidez del agua residual a la salida de los procesos de clarificación (coagulación-floculación) debe ser menor a 2 NTU, debido a que los procesos de filtración pueden presentar elevación de presión y ocasionar un tratamiento inadecuado; mientras que la AWWA (1998) presenta para el agua clarificada 1 NTU como valor promedio y 5 NTU como valor máximo permisible; en cambio Colombia el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2007) y la Unión Europea (1998) establecen 2 y 1 NTU respectivamente y aunque la Organización Mundial de la Salud no determina un valor admisible de turbiedad basado en criterios de salud, sugiere que la mediana de la turbiedad del agua tratada sea idealmente menor de 0.1 UNT para una desinfección efectiva (WHO, 2006; Montoya, C. et al., 2011).

Sin embargo, se puede considerar la turbidez del agua como un parámetro tanto en las fuentes de abastecimiento como en los procesos y sistemas de distribución (Burlingame, G. A. et al., 1998; Lusardi, P. J. y Consonery, P.J., 1999; Letterman, R. D., et al., 2004), ya que es una interpretación rápida y económica para interpretar la calidad del agua (Burlingame, G. A. et al., 1998).

Además, que la turbidez se asocia con el riesgo microbiológico potencial en el agua para consumo humano; Di Bernardo, L. y Di Bernardo A. (2005) recomiendan que este parámetro nunca sea mayor de 5 NTU.

Tabla 4. Tratamientos para determinar los valores óptimos de concentración por coagulante

Tratamiento	pH	Coagulante (mg)			Muestra (1000 mL)
Sulfato de Aluminio	7.0	300	600	900	1 000
Sulfato de Hierro	7.0	300	600	900	1 000

Fuente: Autores

Tabla 5. Porcentaje de remoción de turbidez y sólidos suspendidos totales

Tratamiento	Concen- tración	Porcentaje de remoción de Turbidez			Porcentaje de remoción de SST		
Sulfato de Aluminio	300	-25.75	-24.74	-20.54	33.93	36.36	36.93
	600	17.03	25.82	27.52	85.18	86.41	87.50
	900	2.02	2.50	2.56	50.00	50.72	57.25
Sulfato de Hierro	300	1.87	1.89	3.79	54.27	56.25	57.89
	600	14.53	23.44	31.90	85.69	87.50	89.47
	900	-38.18	-36.75	-29.88	28.15	30,71	30,89

Fuente: Autores

En la Figura 2 puede apreciarse que hay una relación estrecha entre la remoción de los Sólidos Suspendidos Totales y la Turbidez, esto debido a que los SST al estar presentes de manera homogénea en las muestras ocasionan el color característico de las aguas domésticas conocidas como aguas grises y posteriormente al ser tratadas los sólidos se aglomeran y estas partículas tienden a decantar por efecto de la gravedad.

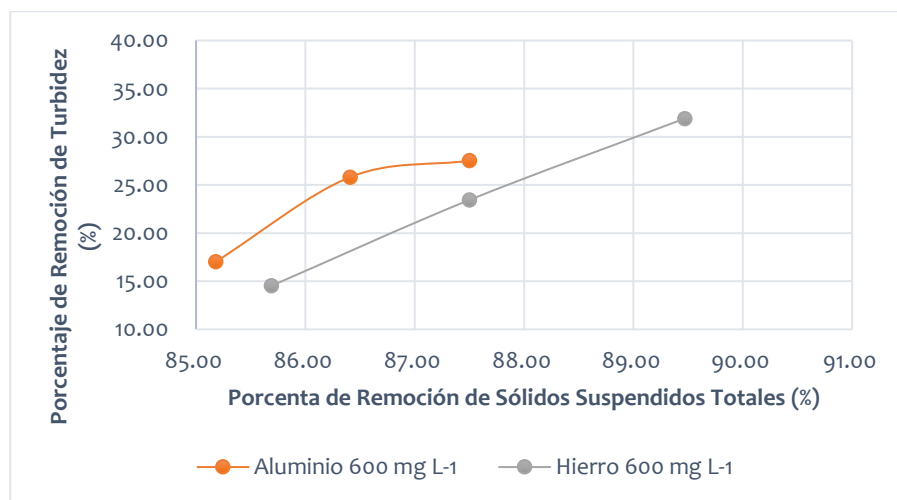


Figura 2. Porcentajes óptimos de Remoción de contaminantes.

Figura: autores

Estudios como los de Tomanivic y Maksimovic en 1996 y Henckes, et al., en el 2002, demuestran que hay una buena correlación entre los SST y la turbidez en cuerpos de agua, mientras que Bertrand-Karakewski, J. L. (2004) encontró una relación lineal entre estos parámetros analizando redes unitarias en condiciones de tiempo seco y concluyó que la turbidez es un buen indicador de SST en aguas residuales, lo cual podemos corroborar en la figura 2, ya que al aumentar el porcentaje de remoción de turbidez es directamente proporcional a la reducción de sólidos sus-pendidos totales.

Para establecer las diferencias significativas se realizó primero una prueba ANOVA (ver figura 3) en la que se observa que los datos tienden a la normalidad mientras que en el análisis de medias al 95% respecto a la remoción de Turbidez y de SST se puede observar en la figura 4 dando como resultado que los coagulantes químicos (Sulfato de Aluminio Industrial y Sulfato de Hierro Heptahidratado grado reactivo) ambas a una concentración de 600 mg L-1 tuvieron el mismo porcentaje de remoción de turbidez y sólidos suspendidos totales de manera estadística.

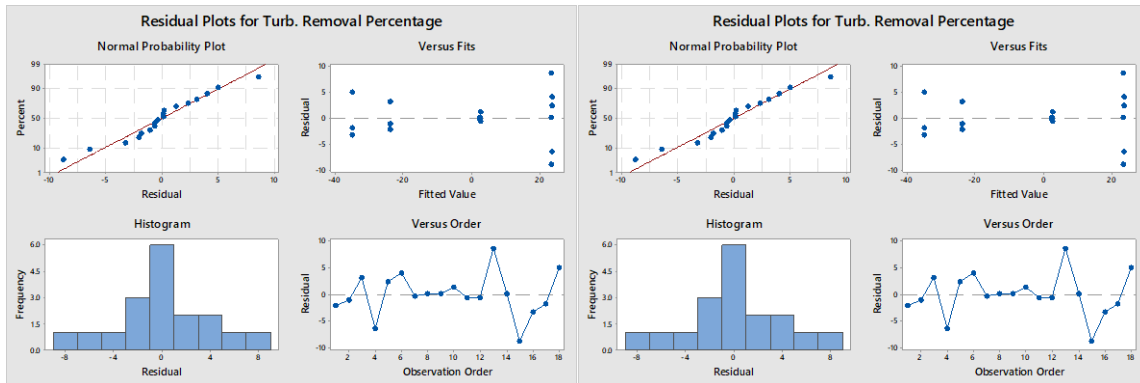


Figura 3. Análisis ANOVA
Fuente: Autores

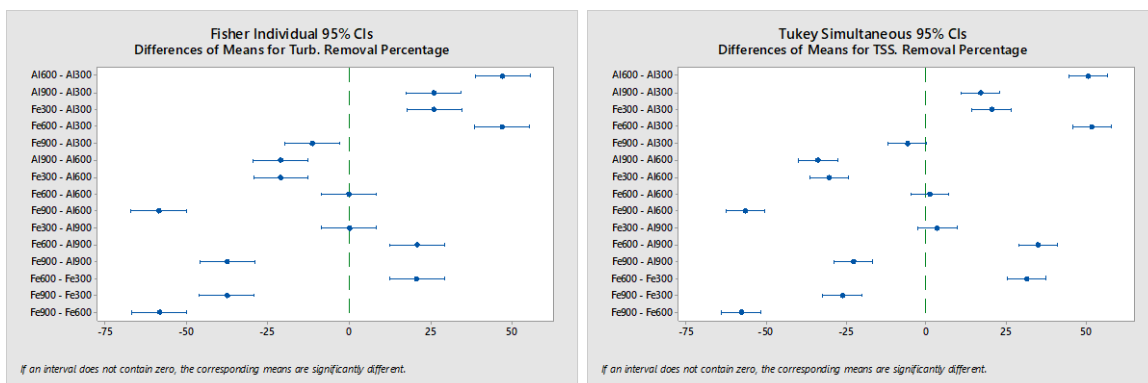


Figura 4. Análisis de Medias al 95%.
Fuente: Autores

4. CONCLUSIONES

La dosis apropiada de sales anhidras para el tratamiento de aguas residuales urbanas provenientes de Martínez de la Torre, Veracruz es de 600 mg L-1 reportado con el uso de ambas sales (Sulfato de Aluminio y Sulfato de Hierro). La disminución de los sólidos suspendidos totales a partir de ambos coagulantes fue estadísticamente similar. No hubo diferencia estadística en la remoción de turbidez a partir de ambos coagulantes. Ambos coagulantes son eficientes para el tratamiento de las aguas residuales urbanas Generadas en Martínez de la Torre, Veracruz.

REFERENCIAS

- [1] APHA-AWWA-WPCF. (1998). Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, USA.
- [2] Bertrand-Krajewski, J. L. (2004). TSS concentration in sewers estimated from turbidity measurements by means of linear regression accounting for uncertainties in both variables, *Water Science and Technology*, 50(11), 81-88
- [3] Burlingame, G. A., Pickel, M.I. J. and Roman, J. T. (1998). Practical application of turbidity monitoring, *Journal AWWA*, 90(8), 57-69.
- [4] Cartwright, P. (2009). Tratamiento y Reuso del Agua en Aplicaciones Comerciales/Industriales, *Agua Latinoamérica*, 9(1), 20-24.
- [5] Esponda, A. (2001). Arranque de un sistema experimental de flujo vertical a escala piloto de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- [6] FUNASA. (2006) Manual práctico de análisis de agua, 2 edición. Fundación Nacional de Saúde, Brasília.
- [7] Henckens, G. J. R., Veldkamp, R. G. y Schuit, T. D. (2002). On monitoring of turbidity in sewers. *Amerian Society of Civil Engineers, Porceedings of the Ninth International Coference on Urban Drainage*, Portland.
- [8] Letterman, R. D., Johnson, C. E. y Viswanathan, S. (2004). Low-level turbidity measurements: A comparison of instruments, *Journal AWWA*, 96(8), 125-137.
- [9] Lusardi, P. J. y Consonery, P. J. (1999). Factors affecting filtered water turbidity, *Journal AWWA*, 91(12), 28-40.
- [10] Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115, Colombia.
- [11] Metcalf y Eddy, Inc. (1998). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Editorial Mc Graw Hill, México.
- [12] Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Hernán-Cruz, C. y Escobar, J. C. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización, *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 16, 137-148.
- [13] Rodríguez-Monroy J. y Durán de Bazúa C. (2006). Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a es-cala de banco, *Tecnol. Ciencia* 21, 25-33.
- [14] Romero, J. 2000. Calidad del Agua. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- [15] Sánchez, J., Beltran, J., Carmona, C. y Gibello, P. (2011). Absorbentes naturales a partir de taninos. Una propuesta de reutilización de residuos forestales para la purificación de aguas, *Cuides*, Universidad de Extremadura, 7, 125-139.
- [16] Solís-Silvan, R., Laines-Canepa, L. C., Hernández-Barajas, J. R. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales, *Rev. Inv. Cont. Amb.*, 28(3), 229-236
- [17] Tomanovic, A. y Maksimovic, C. (1996). Improved modelling of suspended solids discharge from asphalt surface during storm evento. *Water Science and Technology*, 33(4-5), 363-369.
- [18] Unión Europea. (1998) Directiva 98/83/CE del Consejo. Relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- [19] United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1998) Optimizing water treatment plant performance using the composite correction program. EPA/625/6-91/027. Washing-ton, D.C.
- [20] World Health Organization (WHO). (2006). Guidelines for drinkingwater quality. Third edition. Volume 1. Recommendations.

Correo electrónico autor: malopez@tecmartinez.edu.mx