

NAS JOMÉ

UNICACH | INGENIERÍA AMBIENTAL

PRETRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES

DIAGNÓSTICOS OPERATIVOS

Lago Florecilla

Año 17 | Gaceta No. XXIX | 2024

Fotografía: Yuridia Seba Constantino



Fotografía: Yuliana Yesenia Pérez Gómez

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Carlos Manuel García Lara
M.I.M.A. Pedro Vera Toledo

COMITÉ REVISOR

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas
Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez
Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar
M. en C. Carlos Narcía López

MAQUETACIÓN

Mariana Sofía De La Cruz Coronel
Ulises De Jesús López Corzo

EDITORIAL

Esta nueva edición de la Gaceta Nas Jomé número XXVIX, presenta trabajos con temáticas en: , entre otros.

Este número fue realizado con aportaciones de estudiantes, docentes y técnicos académicos que con gran entusiasmo desarrollan investigación académica, con el apoyo del Cuerpo Académico Estudios Ambientales adscrito a la facultad de ingeniería y cuyos miembros forman parte del programa educativo de ingeniería ambiental el cual esta celebrando 20 años de trabajo continuo preparando jóvenes con alto desempeño ante los nuevos desafíos y tendencias en la región.

El comité Editorial agradece la constante participación de la comunidad y extiende su invitación permanente para contribuir y enriquecer con trabajos esta publicación y continuar inspirando a la comunidad a desafiar sus límites, a crecer como individuos y a contribuir positivamente a la sociedad.

SUMARIO

- Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para el jardín botánico Dr. Faustino Miranda. **Acero Jiménez Brayán Antonio, Castellanos Méndez José Dolores, Espinoza Espinoza Samuel, Santos Cruz Diana Kointa.** 1
- Diseño del pretratamiento para aguas residuales generadas en un establecimiento del sector cosmético. **Santini Reyes Abril Guadalupe, Roblero Santizo Karla Judith, López Villegas Diego Alexis, López Juárez Dulce Valeria, Caravantes Pérez José Alessandro.** 7
- Diseño del pretratamiento de las aguas residuales municipales. **Galdámez Vázquez Karen, García García Oscar, Ovando Pérez Amalia, Rios de la Cruz Ingri, Mendoza Pérez Ivan** 15

SUMARIO

-  Diseño del pretratamiento para la PTAR de la cabecera municipal de San Fernando, Chiapas. **Matus Fuentes Naomi Elisheba, Morales Márquez Francisco, Velásquez Guerrero Galo Antonio, Jiménez Vazquez Brenda** 21
-  Diagnóstico operativo a una empresa de Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos conforme a la Normatividad Mexicana. **Somer Hernández Kareem Yaxgemel** 28
-  Lago Florecilla. **Ana Estefanía Díaz Díaz** 34



¡ÚNETE A NUESTRO EQUIPO DEL PODCAST: AMBIENTA DATOS!

DESCUBRE LAS CURIOSIDADES MÁS SORPRENDENTES
DEL MEDIO AMBIENTE Y EXPLORA EL FASCINANTE
MUNDO DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL. ¡NO TE LO
PIERDAS, TE ESPERAMOS!



¡Escanee el código y
Escúchalo cada
viernes!

Si deseas participar
escribe a:
[roberto.moreno@unicach
.mx](mailto:roberto.moreno@unicach.mx) o preséntate
directamente a la sala de
computo.

¡SIGUENOS EN NUESTRAS REDES!



@INGENIERÍA AMBIENTAL SEDE TUXTLA

Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para el jardín botánico Dr. Faustino Miranda.

Acero Jiménez Brayan Antonio, Castellanos Méndez José Dolores, Espinoza Espinoza Samuel, Santos Cruz Diana Kointa.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

1. Introducción

El jardín botánico doctor Faustino Miranda fue fundado en 1949 ha sido distinguido por ser el primer jardín botánico tropical y actualmente el más antiguo de los jardines mexicanos, cuenta con un área de extensión de 43908 metros cuadrados y desempeñan un papel importante en la conservación de la flora nativa. [1]

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias [2]. De acuerdo a su origen resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua proveniente de residencias, oficinas, establecimientos comerciales e instituciones, industrias, de actividades agrícolas, aguas superficiales, subterráneas y de precipitación. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales en casi la totalidad de los países de América Latina incumplen a nivel general de lo requerido en materia ambiental por la cantidad de agua contaminada y la poca infraestructura e inversión en estas plantas. [3]

Para desarrollar el siguiente procedimiento de tratamiento de aguas residuales se tomó en cuenta el área delimitada al jardín botánico Dr. Faustino Miranda.

El agua problema es proveniente de diferentes puntos dentro del establecimiento designado al área correspondiente al jardín, de las cuales forman parte: 5 baños, 3 regaderas 10 lavamanos con desagües pertenecientes.

2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Los análisis de laboratorio se registraron concentraciones de DQO fuera del límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT2021, la cual es de 150 mg/L para un promedio diario. Los resultados obtenidos para el parámetro de la DQO fueron de 309 y 307 para las muestras A y B respectivamente.

Tabla 1. DQO, ST.

Parámetro (Unidad)	DQO (mg/L)	ST
Muestra A	309	>0.5
Muestra B	307	>0.5

Una vez obtenidos los diferentes rangos en distintos parámetros para el agua problema se procede a realizar el diseño de la plata de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

3. Pretratamiento:

Objetivo: Eliminar el material grueso que pueda dificultar la operación de las bombas y/o del sedimentador.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales, las rejillas (figura 1) remueven los contaminantes gruesos procedentes de la corriente para proteger de posibles daños la operación y al equipo de las unidades siguientes. [4]

Algunas de las instalaciones más modernas emplean rejillas (hasta 15 cm de paso), rejillas gruesas (de 6 mm a 2.5 cm de paso) y rejillas finas (1.5 a 6 mm de paso. [5]

El proceso de diseño está asociado a la determinación de las pérdidas de carga que se producen al circular agua residual a través de ellos.

Las pérdidas de carga que se producen al circular agua a través de las rejillas dependen de la velocidad de aproximación del agua y de la velocidad de circulación a través del elemento.

4- Metodología

4.1 Rejillas gruesas.

Para la correcta implementación de las rejillas en el agua problema se debe calcular la pérdida de carga correspondiente a los siguientes valores:

$$h_v = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \left(\frac{V^2}{2g} \right) \sin \alpha$$

Donde :

h_v = Pérdida de carga (m)

S = Ancho de las barras (m) (0.008 a 0.015 m)

b = Espacio libre entre barras

V = Velocidad aguas arriba de las rejillas (m/s)

α = Ángulo de inclinación de las rejillas respecto a la horizontal

β = Factor de forma de las barras

Obtener un valor entre el rango de 2.5 – 5 cm es lo que se busca para el correcto funcionamiento de las rejillas gruesas y para el desarrollo del pretratamiento.

$$h_v = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \left(\frac{V^2}{2g} \right) \sin \alpha$$

$$h_v = 2.42 \left(\frac{0.015m}{0.025m} \right)^{4/3} \left(\frac{(0.7m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2} \right) \sin 80^\circ$$

$$h_v = 2.42(0.6)^{1.33} \left(\frac{(0.49m^2/s^2)}{19.62m/s^2} \right) 0.984$$

$$h_v = 2.42 * 0.506m * 0.02497m * 0.984$$

$$h_v = 0.3008m$$

$$h_v = 3.008cm$$

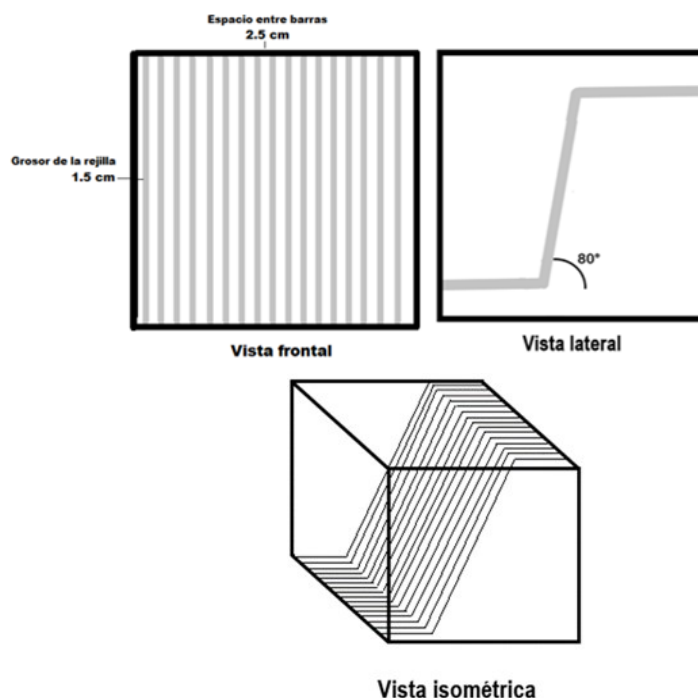


Fig. 1 Diseño rejillas gruesas, elaboración propia.

4.2 Cribado

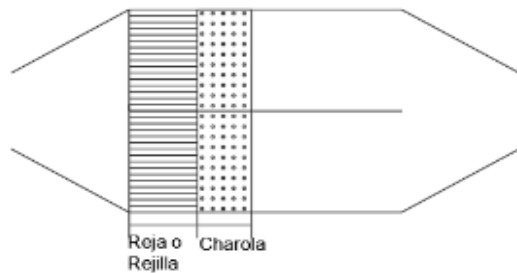


Figura 2. Cribado con reja o rejilla.

Desarenador:

Objetivo: Separar sólidos inorgánicos como arena y grava, para evitar daños en las tuberías y bombas por efecto abrasivo y/o azolvamiento de tolvas de almacenamiento de lodos.

El desarenado es una parte importante del tratamiento de aguas residuales, evita la abrasión innecesaria y el desgaste de los equipos mecánicos, la deposición de arena en tuberías y canales, y la acumulación de arena en digestores anaerobios y tanques de aireación. [6]

La instalación de un sistema de desarenado es ahora una práctica común para las plantas de tratamiento con equipos mecánicos y procesos del manejo de lodos, ya que la retención de las arenas evita que los equipos se deterioren. [7]

4.3 Parámetros de diseño

Para el diseño del desarenador debemos tener en cuenta el flujo del agua que se entiende como la velocidad del caudal, la cual es de 9 lt/min y se debe cuantificar la velocidad de sedimentación que se expresa de la siguiente manera:

$$V_s = \frac{d^2(g)}{0.18} \left(\frac{\delta a - \delta w}{\eta w} \right)$$

d = Diámetro de la arena (cm) = 0.03 cm

g = Constante gravitacional = 9.81 m/s

δw = Densidad del agua = 1 g/cm³

δa = Densidad de la arena = 1.7 g/cm³

ηw = Viscosidad del agua = 1.02 g/cm s

$$V_s = \frac{(0.03)^2(981)}{0.18} \left(\frac{1.7 - 1}{1.02} \right)$$

$$V_s = 3.36 \text{ cm/s} = 0.0036 \text{ m/s}$$

Obteniendo la velocidad de sedimentación podemos avanzar con el análisis de las medidas correspondientes al área de la sección transversal A_t , el tirante H, así como de la longitud del desarenador.

Estableciendo un ancho de plantilla (AP) de 0.7 m.

Tirante (H).

$$H = \frac{A_t}{A_p} = \frac{0.045 \text{ m}^2}{0.7 \text{ m}} = 0.06 \text{ m}$$

Longitud del Desarenador.

$$L = \frac{H(V_h)}{V_s} = \frac{0.06(0.2)}{0.0036} = 3.33 \text{ m}_{SS}$$

$$L \approx 3.5 \text{ m}$$

Altura total del canal $\approx 0.10 \text{ m}$

4.4 Diseño del sedimentador

$C_s = 35 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ y un TRH = 2.0 horas

Gasto de Diseño.

$$V_d = Q_d = 0.15(3600)(2) = 37800 \text{ litros} = 37.8 \text{ m}^3$$

V_d = Volumen de diseño

Área del círculo.

$$d^2 = \frac{16.66m^2 \cdot 4}{3.1416} \quad d = \sqrt{21.2121}$$

$$d = 4.6056m$$

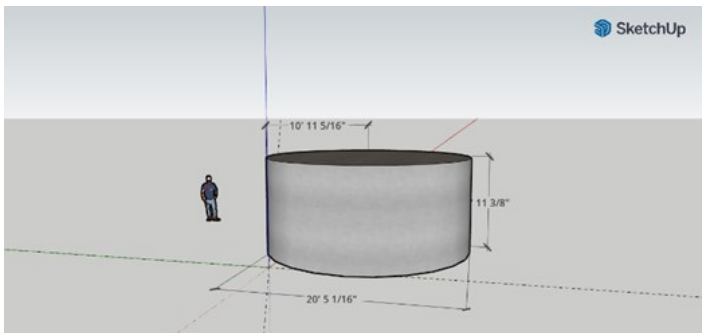


Fig. 2. Vista isométrica del sedimentador.

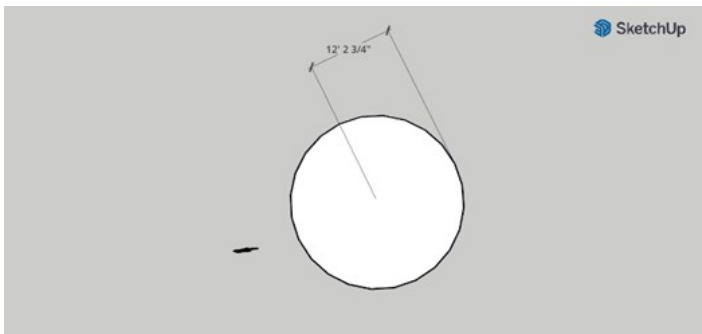


Fig. 3. Vista superior del sedimentador.

Altura de la periferia

$$hp = \frac{37m^3}{16.66m^2} \quad hp = 2.220$$

Altura del centro

$$h_{\text{centro}} = hp + 0.06 hp$$

$$= 2.22m + 0.06 \times 2.22$$

$$= 2.3532$$

5. Conclusiones

Como conclusión podemos mencionar que una vez aplicado el método para el sistema de tratamiento obtenemos las dimensiones resultantes para el caso de rejillas gruesas con valores de 2.5 cm para el grosor de las barras, 1.5 cm para el espaciado entre estas y con un ángulo de inclinación de 80° respecto a la horizontal, también se obtienen las dimensiones del desarena-
dor con un valor de 0.06 m para el caso del tirante, 3.5 m para la longitud

y una altura total de 0.10 m y para el caso del sedimentador primario con unas dimensiones de 16.66 m² que nos da un área de círculo de 4.6056 m de diámetro, una altura en la periferia de 2.22 m y una altura del centro de 2.35 m.

6. Referencias

INFORME TÉCNICO SOBRE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA. LÍNEA BASE 2010. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. República de Colombia. BOGOTÁ, D. C., Octubre de 2012

Miranda Trejo, C. (15 de 09 de 2010). *Sedimentacion primaria en el tratamiento de aguas residuales municipales*. Obtenido de UNAM: <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000253647>

NOM-001. (2021). *Diario oficial de la federacion*. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997#gsc.tab=0

ROJAS. (26 de 8 de 2002). *Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*,. Obtenido de ACADEMIA.EDU: https://d1wqtxts1xz-le7.cloudfront.net/57123734/GES-TION_INTEGRAL_DEL_TRATAMIENTO_AR-libre.pdf?1533264908=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso_Internacional_GETION_INTEGRAL_DE_T.pdf&Expires=1708542950&Signature=bcbzbG2uxFrgT8m46WhKmJmIEZn

SEMAHN. (28 de ENERO de 2019). *SEMAHN*. Obtenido de SEMAHN: https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/desarrollo_forestal/botanico

SEMAHN. (28 de ENERO de 2019). *SEMAHN*.
Obtenido de SEMAHN: https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/desarrollo_forestal/botanico

Vázquez, F. (28 de 03 de 2016). *Lagunas de estabilización*. Obtenido de EXITTEK: <https://doi.org/10.30972/eitt.303004>

Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., & Tomasini Ortiz, C. (2017). Dimensionamiento de lagunas de estabilización.

Rojas-Valencia, M. N., & Sahagún, C. (2012)..
Ciencia y Desarrollo, (Mayo-Junio 2012).
Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/265086599_Tiraderos_a_cielo_abierto

Centeno, H. A., Aguilar, H. A. N., Hilerio, F. D. M. G., & Silva, R. P. (2009). Estudio de caracterización de las aguas residuales. *Lacandonia*, 3(1), 85-92.

CIUDAD UNIVERSITARIA UNICACH

Libramiento Norte Poniente No. 1150

Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas





CICLO DE SEMINARIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL



XXXVI CICLO DE SEMINARIOS

FEBRERO - JUNIO 2024 / 09:00 - 11:00 HRS



- 🌱 **Los Reptiles: manejo y conservación "**
Ing. Erick Martín Álvarez Pérez / Biol. Maynor Jesús Madrid Frías / Ing. Jaime Humberto Zamora Pérez /
C. Luis Alejandro Cartagena López
21 de febrero
- 🌱 **"La apicultura en el contexto del cambio climático"**
Ing. Miguel Ángel Pérez Gómez
28 de febrero
- 🌱 **"Estudios de la generación y composición de residuos sólidos urbanos con un enfoque integral."**
Ing. David Santiago Cruz
06 de marzo
- 🌱 **"Programas Internos de Protección Civil."**
Ing. Luis David Pérez Rodríguez
13 de marzo
- 🌱 **"Análisis y evolución de las vulnerabilidades a procesos gravitacionales en el sur de Tuxtla Gtz. Casos de estudio lomas del oriente y cueva del jaguar."**
Ing. Lucero Jiménez Jiménez
20 de marzo
- 🌱 **"Interacciones químicas de Annona Purpurea Moc. & Sessé ex Dunal con hongos fitopatógenos."**
Dra. Karina Antonia Toledo González
10 de abril
- 🌱 **"Evaluación de Impacto Ambiental"**
M.C. Ulises González Vázquez
24 de abril
- 🌱 **"Presentación de líneas de investigación de docentes del programa educativo"**
Docentes del programa educativo de Ingeniería Ambiental
08 de mayo



www.ambiental.unicach.mx



Ingeniería Ambiental
Unicach, Sede Tuxtla

pacto Ambiental"
ez Vázquez

líneas de investigación de docentes del programa educativo"
ama educativo de Ingeniería Ambiental



Diseño del pretratamiento para aguas residuales generadas en un establecimiento del sector cosmético

Santini Reyes Abril Guadalupe, Roblero Santizo Karla Judith, López Villegas Diego Alexis, López Juárez Dulce Valeria, Caravantes Pérez José Alessandro

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

1. Introducción

El siguiente diseño de pretratamiento se dirige para aguas residuales de la industria cosmética cuyas características físico-químicas se asemejen con las que se reportan a continuación.

En México se conoce por medio del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) que el sector cosmético ha alcanzado alrededor de 223,484 unidades económicas durante el 2021[1]. Dichas unidades deben cumplir con la NMXR-085-SCFI-2016, la cual establece la clasificación de las unidades económicas (UE) acorde a las actividades realizadas.

NMX-R-085-SCFI-2016

Objetivo: Establecer los requisitos y especificaciones de calidad para clasificar los establecimientos denominados salones de belleza.

a) Servicios de corte de cabello, barbería, peinado, teñido, rizado de cabello y/o alaciado, colocación de extensiones o postizos, tratamientos capilares; Servicios de corte de cabello, barbería, peinado, teñido, rizado de cabello y/o alaciado, colocación de extensiones o postizos, tratamientos capilares;

b) Servicios adicionales como arreglo manos y/o pies, uñas postizas, decoración de uñas, depilación, aplicación de maquillaje profesional de forma unitaria o integral como el llamado ácambo de imagen-, micropigmentación, y

c) Otros servicios complementarios definidos en esta Norma Mexicana con finalidades de mejora estética y embellecimiento físico para dama, caballero y niños.

Fig. 1. NMX-R-085-SCFI-2016

Las UE del sector cosméticos ante la legislación mexicana están clasificadas en 3 categorías de acuerdo a las actividades que se realizan, estas siendo de tipo ‘a’, ‘b’ o ‘c’.

Sin embargo, INEGI no aplica este criterio para el censo que realiza, por lo cual se desconoce la cantidad de UE del sector cosmético por tipo, pero se conoce la cantidad general existente de estas unidades.

En un contexto estatal, Chiapas en el año 2019 presentó 6200 unidades económicas y Tuxtla Gutiérrez tuvo un conteo de 1668 UE del sector cosmético.

Para determinar el tratamiento al que se someterá este tipo de agua se realizó una búsqueda documental en bases de datos, plataformas de búsqueda y repositorios digitales.

Autores	Condiciones iniciales del agua (mg/L)	Porcentajes de remoción (%)	Método usado
Bryant y Tetteh-Narh, 2015	pH: 7.77 SDT: 891.37 ± 88.86 DQO: 2,925.00 ± 300.22 DBO: 29.32 ± 5.22 IB: 0.01 Turbiedad: 1,556.67 ± 253.13 NTU SST: 1,662.00 ± 273.25 Nitrato-nitrógeno: 24.02 ± 7.71 Fosfato-fósforo: 2.39 ± 0.93 Amonio-Nitrógeno: 13.90 ± 1.50	pH: 9.877 ± 1.107 SDT: 5.81 ± 0.629 DQO: 84.487 ± 2.823 DBO: 21.780 ± 1.578 Turbiedad: 93.798 ± 6.073 SST: 94.043 ± 0.948 Nitrato-nitrógeno: 67.727 ± 5.759 Fosfato-fósforo: 67.614 ± 3.264 Amonio-Nitrógeno: 79.249 ± 8.311	Filtro lento de arenas
Ramos y Torre, 2022	pH: 8.37 SST: 1,480.00 DQO: 7,385.60 DBO: 1,041.30 IB: 0.14 Grasas y aceites: 614.60	DQO: 92.5	POA foto-fenton
Bogacki et al., 2020	pH: 8.70 SST: 7.00 DQO: 904.00 DBO: 345.00 IB: 0.38 COT: 306.30 Conductividad: 13.8 µS/cm Surfactantes: 7	COT: 56.2	Procesos de tratamiento H ₂ O ₂ /Fe ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃ /Fe ₀ y UV/H ₂ O ₂ /Fe ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃ /Fe ₀
Naumczyk et al., 2014	pH: 7.9;9.1;7.4 DQO: 1507.00;758.00;2124.00 DBO: 150.00;48.00;168.00 IB: 0.09; 0.06; 0.07 Turbiedad: 150;70;800 NTU SST: 811.00;129.00;584.00 Nitrato-nitrógeno: 2.50;2.00;3.00 Fosfato-fósforo: 2.00; 4.00; 5.00 Amonio-Nitrógeno: 12.50; 2.00; 2.50 Surfactantes: 20;15;20	DQO: 92.4	1- Coagulación 2- POA fenton

Tabla 1. Comparativa entre métodos aplicados al tratamiento de aguas residuales de unidades económicas del sector cosmético.

Como se observa en la tabla 1, las características fisicoquímicas del agua residual de una UE del sector cosmético le generan un índice de biodegradabilidad (IB) no apto para seleccionar sistemas de tratamiento biológico sino métodos químicos o mecánicos de tratamiento, sin embargo, como a [2] se presentan casos en las que este tipo de agua es biodegradable, aun así, este tipo de agua, debido a la presencia de contaminantes emergentes, se recomienda la aplicación de métodos químicos de tratamiento [7].

Según Perojo et al. [9] el índice de biodegradabilidad se calcula por la relación DBO_5/DQO , dependiendo del resultado obtenido se entiende lo siguiente.

RESULTADO DE LA RELACIÓN	EXPRESIÓN
> 0.4	Agua residual muy biodegradable
$0.2 \leq DBO_5/DQO < 0.4$	Agua residual medianamente biodegradable
> 0.2	Agua residual poco biodegradable o no biodegradable

Tabla 2. Índice de biodegradabilidad

Con base en lo anterior se seleccionó el pretratamiento químico de coagulación-floculación, ya que presenta buenos porcentajes de remoción para la DQO. Es por ello que se ejecutarán pruebas de laboratorio para el proceso de coagulación-floculación con el objetivo de recopilar información necesaria para el uso óptimo de estos métodos en una planta de tratamiento, como lo son las dosis de reactivos, el pH adecuado, el tiempo de mezcla rápida y lenta, y el tiempo de sedimentación.

2. Metodología

La siguiente descripción metodológica está dirigida a pruebas de laboratorio aplicadas para la identificación del comportamiento de los porcentajes de remoción en variables de respuesta.

rápida (color y turbidez) con la finalidad de determinar dosis de reactivos y tiempos de espera óptimos para su funcionamiento con base en las características fisicoquímicas del agua residual. Posteriormente se elaborará el diseño del sistema de coagulación – floculación.

Parámetro	Resultado	Norma técnica aplicable
DQO	1558.33 mg/L	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Sólidos suspendidos totales (SST)	93.33 mg/L	NMX-AA-034-SCFI-2015
Sólidos sedimentables	0 mg/L	NMX-AA-004-SCFI-2013
pH	6.58	NMX-AA-008-SCFI-2016

Tabla 3. Caracterización del agua residual

Coagulación

El método de coagulación es un método fisicoquímico para el tratamiento de aguas residuales el cual es aplicado para la remoción de material coloidal que provoca el color y turbidez. Los coloides están separados por las fuerzas de repulsión existentes entre ellas debido al medio acuoso en el que se encuentran y la carga negativa con la que en su mayoría se presentan, es por ello que no se aglomeran y precipitan. Es mediante el proceso de coagulación que las cargas de los coloides se neutralizan, lo que provoca la neutralización de las fuerzas de repulsión existentes, lo anterior generalmente se logra con la aplicación de sales de aluminio o hierro, llamados coagulantes, capaces de neutralizar las cargas negativas. Finalmente, los coloides se desestabilizan hasta formar microfloculos que próximamente se convertirán en floculos. Dicho de otra manera, la coagulación se entiende como el proceso por el cual se obtiene una masa formada de la unión de las partículas presentes en el agua de tal manera que se separan por diferencia de densidades [8].

Este proceso es simulado en la técnica llamada prueba de jarras, la cual tiene por objetivo analizar diversas variables de influencia a nivel laboratorio para determinar el estado óptimo de este método. Las variables de influencia son las siguientes: pH, temperatura, concentración de coagulante, secuencias de aplicación de las sustancias químicas, grado de agitación y tiempo de sedimentación [8].

Tratamientos a nivel laboratorio

A continuación, se explican los tratamientos a los que será sometida el agua problema para obtener los mejores porcentajes de remoción de cada método.

Coagulación

A partir de los estudios reportados por los autores [5] y [6] se determinaron los rangos de operación de las pruebas preliminares a realizar en el proceso de coagulación. Con base en los resultados más destacados se elaboraron los tratamientos a nivel laboratorio con los cual se realizarán los ensayos.

Autor	pH	Dosis y coagulante	Velocidad de mezcla rápida	Velocidad de mezcla lenta	Tiempo de sedimentación
Naumczyk et al. 2014	6.00 – 9.00	100 mg/L de FeCl ₃ 50 mg/L de Al ₂ (SO ₄) ₃	5 min.	10 min	60 min.
Naumczyk et al. 2017	6 - 9	500 - 1500 mg/L de Al ₂ (SO ₄) ₃	5 min. - 500 rpm	10 min. - 50 rpm	30 min.

Tabla 4. Rangos óptimos hallados para el pre-tratamiento por coagulación-floculación

De acuerdo a la tabla 4 se elaboró el diseño experimental a seguir estableciendo dos variables de influencia con tres valores a probar por cada una y tres variables de influencia fijas, es decir, con un solo valor a probar por cada una.

El diseño consiste en la aplicación de sulfato de aluminio y cloruro férrico a distintas concentraciones como coagulantes (100 mg/L, 500mg/L y 1000 mg/L), además de variaciones en los valores de pH (6, 8 y 10). Por otra parte, el tiempo de mezcla rápida se determinó a 250 rpm por 5 minutos, la mezcla lenta a 40 rpm por 10 minutos y el tiempo de sedimentación por 60 minutos.

		Mezcla rápida y lenta; Tiempo de sedimentación		
		M. rápida: 5 min. – 250 rpm		
		M. lenta: 10 min. – 40 rpm		
		T. sedimentación: 60 min.		
		Dosis de coagulante		
		100 mg/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 mg/L de FeCl ₃	500 mg/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ 500 mg/L de FeCl ₃	1000 mg/L de Al ₂ (SO ₄) ₃ 1000 mg/L de FeCl ₃
pH	6	T1	T2	T3
	8	T4	T5	T6
	10	T7	T8	T9

Tabla 4. Diseño a nivel laboratorio del proceso de coagulación.

El diseño a nivel laboratorio consta de nueve pruebas de tratamiento, las cuales evaluarán el desempeño para la remoción de carga contaminante a partir de la prueba de jarras y de las variables de respuesta rápida (color y turbidez).

3. Resultados

Pruebas de laboratorio

Durante el proceso de coagulación-floculación, los mejores resultados se obtuvieron bajo las siguientes condiciones.

Variable	Valor
pH	7
Coagulante	Al ₂ (SO ₄) ₃
Dosis de coagulante	1,000 mg/L

Tabla 5. Mejores condiciones para variables no fijas.

Bajo estas condiciones se obtuvieron remociones del 96.48 % de color y 99.16 % de turbidez.

Cálculos del diseño para el tanque de coagulación

Para realizar el diseño del tanque de coagulación se siguió la metodología de [10], los cuales describen el diseño típico de un agitador tipo turbina de la siguiente manera.

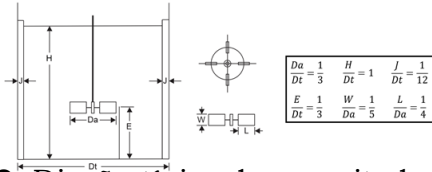


Figura 2. Diseño típico de un agitador tipo turbina.

Donde;

Dt: diámetro del tanque

H: altura del líquido en el tanque

Da: Diámetro del agitador

W: altura del agitador

E: altura de la base al tanque

J: ancho del deflector

En la figura 2 se observan las variables necesarias de un tanque de coagulación y la manera en la que se relaciona cada una de estas.

Partiendo de un diámetro establecido, se calcularon las dimensiones del reactor para tratar 80 L de agua residual, el cual es el volumen máximo que genera la UE a la semana.

$$Dt = 0.51 \text{ m}$$

Para determinar la longitud del reactor se necesita de la siguiente fórmula.

$$Lc = \frac{4 * Vc}{\pi * Di^2}$$

Donde:

Lc = Longitud de cilindro

Vc = Volumen de cilindro

Di = Diámetro del cilindro

Por lo que, la longitud del cilindro es de:

$$Lc = \frac{4 * 80,000 \text{ cm}^3}{\pi * (51 \text{ cm})^2}$$

$$Lc = \frac{320,000 \text{ cm}^3}{8,171.28 \text{ cm}^2}$$

$$Lc = 39.16 \approx 40 \text{ cm}$$

$$Lc = 40 \text{ cm}$$

Sin embargo, de acuerdo a [11] los tanques o reactores deben contar con un volumen de seguridad; este volumen se requiere, ya que el reactor debe trabajar a un volumen menor al volumen máximo del tanque. De acuerdo a la norma API 2350 "Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities" el volumen de seguridad que se debe agregar es del 20% del volumen total, el cual en este caso es de 80 L.

$$\text{Volumen de seguridad} = 80 \text{ L} * 0.20$$

$$\text{Volumen de seguridad} = 16 \text{ L}$$

Por lo que la longitud debe aumentar en:

$$Lc \text{ extra} = \frac{4 * 16,000 \text{ cm}^3}{\pi * (51 \text{ cm})^2}$$

$$Lc \text{ extra} = \frac{64,000 \text{ cm}^3}{8,171.28 \text{ cm}^2}$$

$$Lc \text{ extra} = 7.83 \approx 8 \text{ cm}$$

$$Lc \text{ extra} = 8 \text{ cm}$$

Obteniendo así una *longitud total de 48 cm*

Para dimensionar el reactor se utilizó la tabla de la figura 2, el cual explica las relaciones entre las variables.

$$\text{Donde: } \frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3}; Da = \frac{0.51}{3} = 0.17 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro de agitador (Da)} = 0.17 \text{ m}$$

$$\frac{E}{Da} = 1; E = 0.17 \text{ m}$$

Diámetro de agitador (Da) = 0.17 m

$$\frac{E}{Da} = 1; E = 0.17 \text{ m}$$

Altura de la base al tanque (E) = 0.17 m

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}; J = \frac{0.51}{12} = 0.042 \text{ m}$$

Ancho del deflector (J) = 0.042 m

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}; L = \frac{0.17}{4} = 0.042 \text{ m}$$

Ancho del agitador (L) = 0.042 m

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}; W = \frac{0.17}{5} = 0.034 \text{ m}$$

Altura del agitador (W) = 0.034 m

$$\frac{H}{Dt} = 1; H = 0.51 \text{ m}$$

Altura óptima del líquido en el tanque (H)

Sin embargo, debido a que la altura sobre pasa la altura máxima del reactor, esta no se tomará en cuenta para el diseño y se establecerá una altura del reactor de 40 cm, el cual se refiere a la altura que llegarán los 80 L.

Una vez obtenidos los cálculos, el reactor se dimensionó.

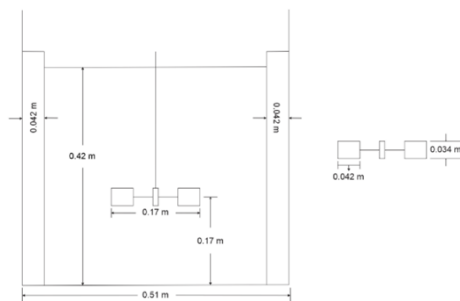


Figura 2. Corte horizontal del tanque de coagulación.

Potencia requerida del motor

Para realizar el cálculo de la potencia requerida del motor para el agitador se deben conocer las características del fluido a ser mezclado, como son principalmente la densidad y viscosidad [11].

Un aspecto importante a considerar es que los procesos que ocurren dentro del reactor son capaces de alterar la densidad y viscosidad debido a las reacciones que ahí se producen, por lo que la potencia deberá abarcar un espectro de densidades y viscosidades para que el proceso de mezclado siga operando en buenas condiciones.

Para el cálculo de la potencia requerida se deben emplear las siguientes fórmulas.

$$NRe = \frac{Da^2 * N * \rho}{\mu}$$

Número de Reynolds

Donde:

Da: Diámetro del agitador

N: Velocidad de rotación

ρ : Densidad del fluido

μ : Viscosidad del fluido

Número de potencia

$$Np = \frac{P}{\rho * N^3 * Da^5}$$

Donde:

Da: Diámetro de agitador

N: Velocidad de rotación

ρ : Densidad del fluido

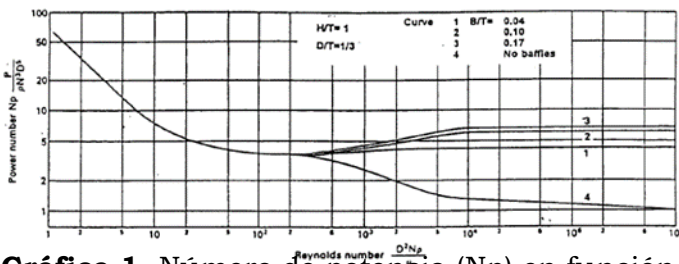
P: Potencia

Para el cálculo del número de Reynolds se tomó en cuenta la velocidad de agitación, la viscosidad y densidad del fluido, debido a que se desconocen las propiedades que adoptará el agua residual, se tomó un rango de velocidades de agitación desde 0.1 revoluciones por segundo o lo que es igual a 6 revoluciones por minuto hasta 100 revoluciones por segundo o lo que es igual a 6,000 revoluciones por minuto, se tomó como referencia la densidad y viscosidad del agua común a 20 °C.

Variable	Valor	Unidad
Da	0.17	m
ρ	1,000	(Kg, m ³)
μ	0.000891	(Kg/m*s)

Tabla 5. Valores de densidad y viscosidad del agua común y el diámetro del agitador.

El siguiente paso es determinar el número de potencia (Np) en función del número de Reynolds (Re), para ello [11] comparte que el flujo laminar es equivalente a un número de Reynolds (Re) ≤ 2000 y este a su vez es sugiere un valor de 0.5 como velocidad de rotación (N = 0.5); a su vez el flujo de transición sugiere que $2,000 < \text{Re} \leq 4,000$ teniendo como valor N = 1 y el flujo turbulento sugiere que $\text{Re} > 4,000$.



Gráfica 1. Número de potencia (Np) en función de Reynolds (Re) para una turbina de 4 asas con varias estructuras de deflectores.

Cada curva hace referencia a un reactor con baffles o sin estos, por medio de esta gráfica se obtiene el número de potencia para cada flujo considerando un reactor sin estos.

Para un número de Reynolds de 2,000 se obtiene un número de potencia (Np) de 2, para un Reynolds de 4,000, $Np = 1.6$ y para un Reynolds de 40,000, $Np = 1.4$.

Con estos datos obtenemos la potencia requerida, despejando P de la fórmula de número de potencia.

$$Np = \frac{P}{\rho * N^3 * Da^5}$$

$$P = Np * \rho * N^3 * Da^5$$

Por lo tanto, para un número de Reynolds de 2,000.

$$P = 2 * 1,000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (0.5 \text{ s}^{-1})^3 * (0.17 \text{ m})^5$$

$$= 0.0354964 \frac{\text{Kg m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P = 0.0354964 \text{ W}$$

Para un Reynolds de 4,000.

$$P = 1.6 * 1,000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (1 \text{ s}^{-1})^3 * (0.17 \text{ m})^5$$

$$= 0.2271771 \frac{\text{Kg m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P = 0.2271771 \text{ W}$$

Para un Reynolds de 40,000

$$P = 1.4 * 1,000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (10 \text{ s}^{-1})^3 * (0.17 \text{ m})^5$$

$$= 198.77998 \frac{\text{Kg m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P = 198.77998 \text{ W}$$

De acuerdo a los resultados, si se plantea alcanzar un flujo turbulento, se recomienda emplear un motor de 200 W, sin embargo y debido a que el proceso requiere menor esfuerzo para ejecutar los procesos de coagulación y floculación, se recomienda hacer uso de un motor de 100 W, el cual tiene la capacidad de rotación de 6 hasta 6,000 revoluciones por minuto, lo que es suficiente debido a que el proceso requiere un máximo de 250 revoluciones por minuto.

4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en las variables de respuesta rápida (color y turbidez), se demuestra que posee una alta efectividad en la remoción de estos parámetros, sin embargo, debido a la falta de un análisis fisicoquímico final, se desconoce el impacto en otras variables como son la DQO, DBO5, sólidos suspendidos totales, etc. Por lo que se vuelve importante realizar un estudio con mayor alcance en el análisis complementario.

Se diseñó el equipo necesario para realizar el proceso de coagulación-floculación para 80 L de agua residual a la semana, sin embargo requiere de infraestructura adicional como un espacio de almacenamiento del agua residual, además de determinar el material de construcción del tanque y el costo de operación del sistema.

5. Referencias

Secretaría de economía. (s. f.). Salones y clínicas de belleza, baños públicos y boleras: Salarios, producción, inversión, oportunidades y complejidad | Data México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/personal-care-services?redirect=true>.

M, I., & Tetteh. (2015). Using Slow Sand Filtration System with Activated Charcoal Layer to Treat Salon Waste Water in a Selected Community in Cape Coast, Ghana. *Journal Of Advanced Chemical Engineering/Journal Of Advanced Chemical Engineering*, 5, 1-8. <https://doi.org/10.4172/2090-4568.1000135>.

RAMOS HUARI, J. K., & TORRE VITOR, D. (2022). Degradación de la carga orgánica en aguas residuales de un salón de belleza mediante el POA foto-fenton [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Del Centro del Perú.

Bogacki, J., Marcinowski, P., Bury, D., Krupa, M., Ścieżyńska, D., & Prabhu, P. (2020). Magnetite, hematite and Zero-Valent iron as Co-Catalysts in advanced oxidation processes application for cosmetic wastewater treatment. *Catalysts*, 11(1), 9. <https://doi.org/10.3390/catal11010009>.

Jeremi Naumczyk, Jan Bogacki, Piotr Marcinowski & Paweł Kowalik (2014) Cosmetic wastewater treatment by coagulation and advanced oxidation processes, *Environmental Technology*, 35:5, 541-548, DOI: 10.1080/09593330.2013.808245.

Naumczyk, J., Marcinowski, P., & Bogacki, J. (2017). Treatment of highly polluted cosmetic wastewater. *Environment Protection Engineering*, 43, 25-40.

Maifadi, S., Mhlanga, S. D., Nxumalo, E. N., Motsa, M. M., & Kuvarega, A. T. (2020). Analysis and pretreatment of beauty hair salon wastewater using a rapid granular multimedia filtration system. *Journal Of Water Process Engineering*, 33, 101050. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101050>

Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XL (2), 10-17.

Perojo, A., Aguilera, Y., Villar, A., & De la Caridad, Y. (2022). Caracterización de las aguas residuales generadas en la producción de conjugados monovalentes en el Instituto Finlay de Vacunas. <https://www.redalyc.org/journal/2034/203471465003/movil/>

Sánchez, J., & Román, S. (2020). Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil. Universidad

Politécnica SALESIANA Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19149/4/UPS-GT002985.pdf>

Rodríguez, A. (2014). Diseño y construcción de un reactor tipo batch para el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1006>



DÍA DEL INGENIERO AMBIENTAL

31 de enero

Diseño del pretratamiento de las aguas residuales municipales

Galdámez Vázquez Karen, García García Oscar, Ovando Pérez Amalia, Rios de la Cruz Ingri, Mendoza Pérez Ivan

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

1. Introducción

Los recursos hídricos en México, al igual que en el resto del mundo, se encuentran bajo una creciente presión. El crecimiento demográfico, la urbanización y el incremento en el consumo de agua en los hogares, la agricultura y la industria, han aumentado significativamente el uso global del agua [1] por lo que se ha incrementado la generación de aguas residuales que pueden ser diluidas con las aguas subterráneas y superficiales.

No tratar las aguas residuales antes de su descarga en los cuerpos receptores tiene como consecuencia efectos dañinos sobre la salud humana y el ambiente, como la generación de olores, el agotamiento del oxígeno disuelto y la liberación de nutrientes, contaminantes tóxicos y patógenos [2] por lo que la demanda de sistemas de tratamiento de aguas residuales aumenta continuamente. [3]

La contaminación del agua ha provocado riesgos a la salud pública, y a los ecosistemas, no solo en las grandes urbes sino también en zonas rurales, la generalizada práctica de arrojar el agua residual a los cuerpos de agua cercanos, convirtiéndolos en pozos negros implica que el agua este contaminada y

represente un riesgo para la salud ya que la mayor parte del agua potable se toma de los mismos cuerpos de agua contaminados. [3]

Para eliminar los contaminantes se han diseñado diversos equipos que se ubican en un tren de tratamiento por etapas, la primera de las importante en términos de eliminar la mayor cantidad de sólidos y basuras para proteger de posibles daños.

Pretratamiento:

El manual para el tratamiento de las aguas residuales publicado por CONAGUA en 2015, indica que:

El tratamiento preliminar prepara el afluente de aguas residuales para su posterior tratamiento, mediante la reducción o eliminación de características específicas del agua residual.

Las características típicas del agua residual podrían provocar problemas comunes por la inclusión de sólidos grandes, trapos, granos abrasivos, olores y en algunos casos, altas cargas hidráulicas u orgánicas inaceptables. Se considera un caudal de 29.96 l/s para el diseño del pretratamiento.

Las instalaciones para el diseño de pretratamiento incluyen:

Cribado:

- Las rejas (hasta 15 cm de paso).
- Las rejillas gruesas (6 mm a 2.5 cm de apertura).
- Las rejillas finas (1.5 a 6 mm de apertura).
- Las rejillas muy finas (con aperturas de 0.2 a 1.5 mm).

Desarenado:

- De flujo horizontal
- Desarenador aireado
- Desarenador de vórtice

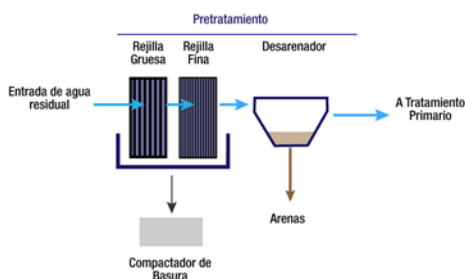


Fig. 1 esquema de pretratamiento

2. Metodología

Siguiendo los criterios establecidos por CONAGUA (2015) se establecen los diseños para el tratamiento de las aguas residuales municipales.

Diseño de cribas

Los factores de diseño de rejas y rejillas son:

- El ángulo de inclinación
- Forma de las barras

Diseño de barras	
2.42	Rect. con cara recta
1.67	Cara semicircular
1.79	Circulares

Tomado de CONAGUA, 2015

- Tamaño de apertura y la altura o la energía de velocidad del flujo entre las barras.

Para determinar el uso de unidades de rejillas se involucra el cálculo de pérdida de carga.

Rejillas:

Cálculos

$$hv = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen}$$

Donde:

hv= pérdida de carga (m)

v= velocidad del agua

s= ancho de barras (cm)

b= espacio libre entre barras (cm)

sen= ángulo de inclinación

β = factor de forma de las barras

Rejillas gruesas de barra rectangular instalada con una inclinación de 60° respecto a la horizontal. La limpieza es de forma manual.

Características:

1.5 cm de grosor

2.5 cm de espacio libre entre barras

0.60 m/s de velocidad del agua

60° ángulo de inclinación

2.42 barras rectangulares

$$2.42 * \left(\frac{1.5}{2.5} \right)^{\frac{4}{3}} (0.01834) \text{sen } 60$$

$$hv = 1.94 \text{cm}$$

Rejillas finas: Barras redondas con una inclinación de 70° respecto a la horizontal.

Características:

1.5 cm de grosor

1.8 cm de espacio libre entre barras

0.60 m/s de velocidad del agua

1.79 barras redondas

Desarenado

Los desarenadores de flujo horizontal se han diseñado para mantener una velocidad

del orden de 0.3 m/s que proporciona tiempo suficiente para que las partículas de arena puedan asentarse en el fondo del canal.

Para las dimensiones del desarenador se considera que la velocidad de sedimentación de 2.5 cm/s y una velocidad horizontal de flujo de 0.30 m/s.

Cálculos:

$$A_t = \frac{Q}{Vh}$$

Donde:

At= área de la sección transversal

Q = caudal

Vh = velocidad de flujo horizontal

$$H = \frac{A_t}{A_p}$$

H = Tirante

Ap = ancho de plantilla

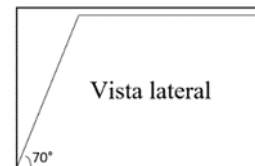
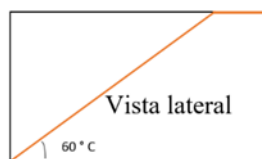
$$L = \frac{H(Vh)}{V_s}$$

L = longitud del desarenador

Resultados

Rejillas

Para el diseño de las rejillas gruesas se tiene una pérdida de carga de 1.94 cm y el criterio a cumplir para determinar las especificaciones de las rejillas dice que la pérdida de carga tiene que ser mayor que 1.5 cm, pero menor que 5 cm por lo que, el diseño de la rejilla que se estableció cumple con este criterio. En el diseño de las rejillas finas la pérdida de carga deberá ser menor que 1.5 cm, del cual se tiene 1.40 cm, por lo que cumple con el criterio.



Qmáx	29.96 l/s	
Rejillas gruesas		
Número de módulos	2	Unidades por módulo
Gasto por módulo	29.96 l	14.98 l/s
Ancho de canal	0.60 m	0.30 m
Tirante hidráulico	0.142 m	0.142 m
Bordo libre	0.336 m	0.336 m
Número de espacios	14	7
Inclinación de la reja	60°	60°
Pérdida hidráulica	0.0116 m	0.0116 m
Velocidad de acercamiento	0.37 m/s	0.37 m/s
Velocidad a través de las rejillas	0.53 m/s	0.53 m/s
Rejillas finas		
Número de barras	18	9
Inclinación de la reja	70°	70°

Tabla 1. Dimensionamiento y características de las rejillas.

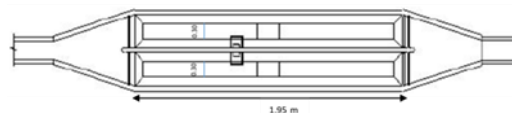
Desarenado

Considerando el caudal y aspectos para su funcionamiento se determinó:

Área de la sección transversal: 0.0228 m

Longitud: 1.95 m

Tirante: 0.163 m



Qmáx	29.96 l/s
Número de módulos	2
Gasto por módulo	14.98 l
Diámetro mínimo de partícula	0.2 mm
Gravedad específica de arena	2.65 g/cm³
Velocidad de sedimentación	0.025 m/s
Longitud	1.95 m
Ancho	0.33 m
Área de la sección transversal	0.049 m³

Tabla 2. Dimensionamiento y características del desarenador.

3. Conclusión

A pesar de que con el pretratamiento no se tiene cierta remoción de contaminantes ha demostrado ser eficaz para eliminar los contaminantes gruesos y grandes presentes en el agua residual cruda,

lo que ha contribuido significativamente a mejorar la calidad del agua antes de someterla a tratamientos posteriores, como la filtración y la desinfección. El pretratamiento adecuado ha ayudado a proteger los equipos y procesos posteriores en la planta de tratamiento de aguas residuales, evitando obstrucciones, daños y desgastes prematuros. Esto ha permitido una operación más estable y confiable de la planta en su conjunto, reduciendo los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento.

El diseño varía de acuerdo a las características del agua y del caudal, sin embargo, se consideran los criterios que todo pretratamiento deberá cumplir.

4. Referencias

De la Peña, M. E., Ducci, J., & Plascencia, V. Z. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México.

A Hernández García, H., Buitrón Méndez, G., M Lopez-Vazquez, C., & J Cervantes Carrillo, F. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño. IWA publishing.

De la Vega, M. (2012). Eficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales. Contribución a la gestión y desarrollo social. (Primera ed.). México: REFUGIA. Obtenido de <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Agua%20y,20>.

CONAGUA (2015): Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento primario. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y

Saneamiento (MAPAS), libro 26. México D.F. (México): Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA AMBIENTAL



XXXVII CICLO DE SEMINARIOS

AGOSTO - NOVIEMBRE 2024 / 9:00 A 11:00 A.M

"Retribución Social en Programas de Grado y Posgrado"

Dra. María Luisa
Ballinas Aquino

21 de Agosto

"Piroceno y cambio climático: evaluación de impactos por incendios de primer, segundo y tercer"

Dra. Laura Patricia
Ponce Calderón

28 de Agosto

"Estrategias para la conservación ecosistémica y biocultural, mediante el manejo sostenible y la acción climática"

Ing. Nancy Gabriela
Franco Guillén

04 de
Septiembre

"Ingeniería ecosistémica y biología evolutiva y de la conservación: ¿son campos inclusivos o excluyentes, habrá un punto de convergencia?"

Mtra. Yessenia
Sarmiento Marina

11 de
Septiembre

"Impacto del cambio de uso en el suelo en la conectividad de especies indicadoras de conservación"

Dra. María Consuelo
Escobar Ocampo

18 de
Septiembre

"Experiencias y desafíos en la realización de una manifestación de impacto ambiental del sector acuícola."

Ing. Francisco Enrique
Morales Tovilla

25 de
Septiembre

"Evaluación de impacto ambiental"

Mtro. Ulises González
Vázquez

09 de
Octubre

"Sistema de reproducción acuícola de tilapia (oreochromis niloticus) en estanques de geomembrana"

Ing. Jordán Antonio
Jiménez Reyes

16 de
Octubre

"Sensores de pesticidas utilizando sol - gel y fibra óptica"

Ing. Verónica Yazmín
Juárez López

23 de
Octubre

"Especies exóticas, invasoras y su papel en la sociedad y el medio ambiente."

C. Luis Alejandro Cartagena López
Ing. Erick Martín Álvarez Pérez

30 de
Octubre

"Los reptiles: Conservación y manejo"

C. Luis Alejandro Cartagena López
Ing. Erick Martín Álvarez Pérez

06 de
Noviembre

"Caracterización de material particulado (PM10 y PM2.5) en la zona noreste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas)"

Dra. Rebeca Isabel
Martínez Salinas

13 de
Noviembre



Auditorio Dr. Raúl Gonzáles Herrera
Edificio 15 de CU



INGENIERÍA AMBIENTAL



UNICACH, SEDE TUXTLA



www.ambiental.unicach.mx

 ESTUDIA CON NOSOTROS

INGENIERÍA AMBIENTAL

¡ÚNETE A
ESTA GRAN
COMUNIDAD!



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y ARTES DE CHIAPAS

 Ingeniería Ambiental Unicach
Sede Tuxtla

www.ambiental.unicach.mx

TU CAMPO DE ACCIÓN

- Empresas de diseños y construcción de equipamientos ambientales
 - Industria química inorgánica y orgánica, petrolera y petroquímica
- Industria de seguridad y protección ambiental

Diseño del pretratamiento para la PTAR de la cabecera municipal de San Fernando, Chiapas.

Matus Fuentes Naomi Elisheba, Morales Márquez Francisco, Velásquez Guerrero Galo Antonio, Jiménez Vazquez Brenda Yureni, Guasti del Toro Daniella.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

1. Introducción

Las aguas residuales contienen contaminantes que pueden ser un riesgo para el ser humano, para el uso en que se pretenda utilizar y para el medio ambiente, en México es ilegal verter aguas residuales sin tratamiento al medio ambiente (Rodríguez & Fernández, 2021).

Las PTAR como comúnmente se conocen son las iniciales de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y se refiere a un espacio físico, equipado y destinado para la realización de procesos químicos, físicos y biológicos que eliminan los contaminantes presentes en el agua residual (García & López, 2019). El agua residual que entra en las plantas se somete a procesos que abarcan y se distribuyen en 4 etapas: tratamiento preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.

El agua residual que sale de estas 4 etapas de tratamiento deben ser aptas para el reúso o para la reincorporación a los cuerpos de agua superficiales (Martínez & Pérez, 2020), sin embargo, para implementar una PTAR con una infraestructura de calidad, es necesario el diseño de tecnologías de bajo costo que desarrollen

en procesos que permitan reutilizar los caudales y/o regresarlos a la naturaleza con buena calidad, sin hacer un uso intensivo de energía (Lahera-Ramón, 2010).

El pretratamiento, es la etapa que da comienzo al tratamiento de las aguas residuales y sirve para prepararlas para su depuración durante las siguientes etapas, así, el agua se libera de objetos que puedan dañar la instalación o los equipos que se usarán a lo largo del proceso de tratamiento (Jiménez-Maya, 2010).

Pallarés (2016) señala que el pretratamiento consta de los siguientes procesos:

- a) aliviadero de agua en exceso
- b) separación de grandes sólidos
- c) desbaste para la eliminación de sustancias con un determinado tamaño,
- d) desarenado, para la eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión;

sin embargo, una planta de tratamiento puede incluir una o varias de estas operaciones, según su importancia y la calidad del agua que debe ser tratada,

el siguiente caso de estudio tiene como objetivo diseñar la etapa de pretratamiento para la PTAR de la cabecera municipal de San Fernando, considerando 4 fases a implementar en el proyecto (cribas gruesas, zona de desbaste, cribas finas y desarenador).

2. Metodología

Cribas gruesas, finas y zona de desbaste.

Se espera trabajar con un caudal de: 100.26 / hora las plantas de tratamiento se utilizan las cribas gruesas y finas para impedir que sólidos como piedras, troncos, pedazos de madera, trapos, botellas de plástico y en general toda clase de basura voluminosa acarreada por el sistema de alcantarillado, entre al sistema de tratamiento y dañe las rejillas subsecuentes (CONAGUA, 2015), el diseño seleccionado y el cálculo de las cribas gruesas y finas aplicado para la PTAR se basa en rejillas gruesas manuales, especificado por la Comisión Nacional del Agua (2015) en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

Desarenador

La fase de desarenado consiste en Solo separa arenas del agua en especial material orgánico, de tal manera que la arena retenida no arrastre otras materias, la arena que se extrae contiene siempre una cierta proporción de materia orgánica que sedimenta al mismo tiempo (Gutiérrez-Hernández, 2018); el diseño aplicado a la PTAR para la fase de desarenado se tomará en cuenta del modelo teórico de Hazel y Camp descrito en (Castillo y Díaz, 2022) el cual consiste en un desarenador tipo 1, de flujo horizontal, en este modelo de desarenador se determinan 3 zonas independientes: entrada, sedimentación y salida.

3. Resultados

Cálculos para el diseño del cribado grueso (CONAGUA, 2015)

Longitud de la reja (L)

$$L = \frac{h+h_b}{\text{Sen}\theta}$$

Donde:

hb= bordo libre

h= tirante

$\text{Sen}\theta$ = ángulo de las rejas (propuesto)

El ángulo de inclinación seleccionado para la criba es de 50° con respecto a lo mencionado en (Metcalf & Eddy, 2016).

$$L = \frac{0.80m + 0.20m}{\text{Sen}50^\circ} = 1.410m.$$

Número de barras (n)

$$C = \frac{W-n*d_b}{n+1} = n = \frac{W-C}{C+d_b}$$

Donde:

C= espacio libre entre barras

W= ancho

n= número de barras

db= espesor de la barra

$$n = \frac{1.0m - 0.03m}{0.03m + 0.02m} = 19 \text{ barras}$$

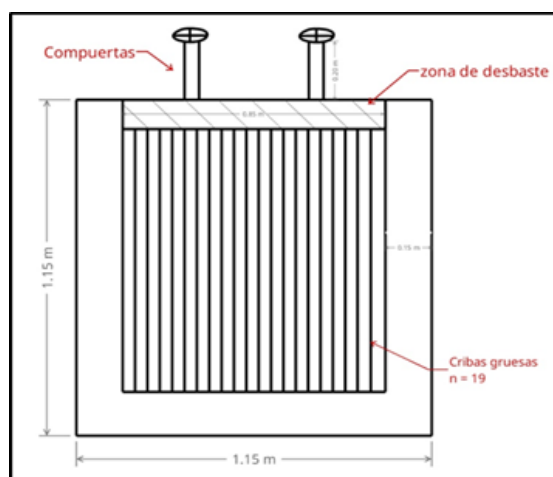


Figura 1. Diseño del cribado grueso.

Perdida Hidráulica (h_L)

$$h_L = \frac{1}{0.7} = \left(\frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

Donde:

V_r = velocidad a través de la reja

V_a = velocidad de acercamiento aguas arriba

g = gravedad

$$h_L = \frac{1}{0.7} = \left[\frac{(0.561 \text{ m/s})^2 - (0.0355 \text{ m/s})^2}{2(9.81) \text{ m/s}^2} \right]$$

$$h_L = 0.000000289 \text{ m}$$

$$h_L = 0.000000289 \text{ m} = 0.000298 \text{ mm}$$

La pérdida hidráulica (h_L) en la criba, no deben exceder los 0.05 mm para asegurar un rendimiento eficiente del sistema de pretratamiento (López et al., 2018).

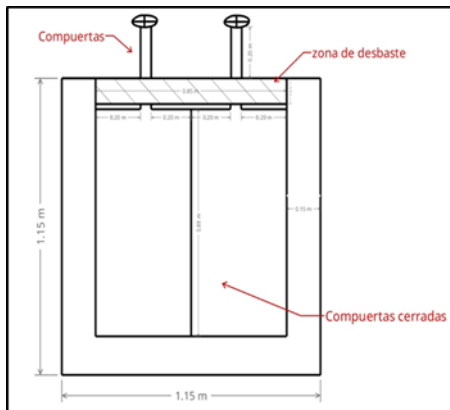


Figura 2. Diseño del cribado grueso área de compuertas.

Cálculos para el diseño del cribado fino
(CONAGUA, 2015)

Barras circulares

Espesor = 0.020 m

$$A = 0.80 \text{ m}^2$$

$$\Theta = 50^\circ$$

$$V = \frac{0.02785 \text{ m}^3/\text{s}}{0.80 \text{ m}^2} = 0.0348 \text{ m/s}$$

$$C = 0.01 \text{ m}$$

Longitud de la rejilla (L)

$$L = \frac{h + h_b}{\text{Sen} \Theta}$$

Donde:

h = tirante

h_b = bordo libre

$\text{Sen} \Theta$ = ángulo de la reja

$$L = \frac{0.80 \text{ m} + 0.20 \text{ m}}{\text{Sen} 50^\circ} = 1.410 \text{ m}$$

Número de barras (n)

C =

$$\frac{W - ndb}{n + 1} = \eta = \frac{W - C}{C + d_b}$$

Donde:

C = espacio libre entre barras

W = ancho

n = número de barras

db = espesor de la barra

$$N = \frac{1.00 \text{ m} - 0.01 \text{ m}}{0.01 \text{ m} + 0.02 \text{ m}} = 33 \text{ Espacios}$$

$$n - 1 = 32 \text{ Barras}$$

Perdida Hidráulica (h_L)

$$h_L = \beta \left(\frac{d_b}{c} \right) \frac{3}{4} h_v \text{Sen} \Theta$$

Donde:

d_b = espesor de la barra

$\text{Sen} \Theta$ = ángulo de la reja

$\beta = \text{constante}(\text{tipoderejilla} = 1.79)$

h_v = velocidad de aproximación

$$h_L = 1.79 \left(\frac{0.02}{0.01} \right) \frac{4}{3} (0.000160) (\text{sen} 50^\circ)$$

$$h_L = 5.10 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.51 \text{ mm}$$

La pérdida hidráulica (h_L) en la criba fina, no deben exceder los 0.6 mm (CONAGUA, 2015).

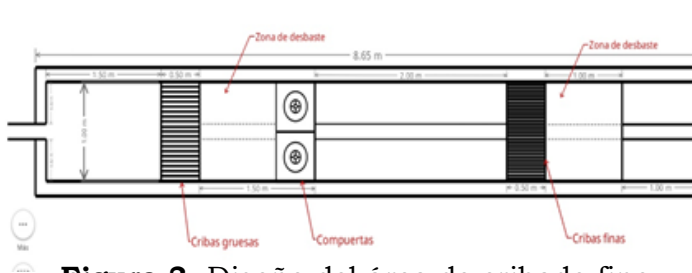


Figura 3. Diseño del área de cribado fino



Figura 4. Planos del proceso de pretratamiento área de cribado y desbaste (Vista lateral y superior).

Cálculos para el diseño del desarenador (Castillo y Díaz, 2022)

Velocidad de sedimentación vertical de una partícula sedimentable (V_s)

Según la ecuación de Stokes mostrada a continuación:

$$V_s = \frac{\frac{g}{18} * (P_s - p)}{\mu} d^2 = K * d^2$$

En donde:

V_s = velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

g = aceleración de la gravedad (981 cm/s²)

P_s = peso específico de la partícula (arena=2.65 gr)

p = peso específico del fluido (agua=1.00 gr/cm³)

μ = viscosidad cinemática del fluido (0.0112 cm²/s)

d = diámetro de partículas (0.05 mm)

$$V_s = \frac{\frac{981 \frac{cm}{s^2}}{18} * (2.65 \frac{g}{cm^3} - 1 \frac{g}{cm^3})}{0.0112 \frac{cm^2}{s}} * 0.005 \text{ cm} =$$

$$V_s = \frac{54.5 \frac{cm}{s^2} * 1.65 \frac{cm^3}{cm^3}}{0.0112 \frac{cm^2}{s}} (0.005 \text{ cm})$$

$$V_s = \frac{89.925 \frac{cm}{s^2}}{0.0112 \frac{cm^2}{s}}$$

$$V_s = 8029.017 * 0.005 \text{ s}^2 = 0.2021 \text{ cm/s}$$

Retención (T)

Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo.

$$T = \frac{H}{V_s}$$

La profundidad recomendada para un desarenador en las plantas de tratamiento de aguas residuales es de 1.5 a 2.5 metros (Gómez & Torres, 2017).

En donde:

H = Profundidad del desarenador (2.00 m propuesto)

V_s = Velocidad de sedimentación vertical de una partícula sedimentable (cm/s)

$$T = \frac{200 \text{ cm}}{0.2021 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}} = 989.609 \text{ seg} =$$

16:30 (dieciséis minutos con treinta segundos).

Capacidad del desarenador

-Vol. Tanque (V)

$$V = \theta * Q_{\text{diseño}}$$

$$V = 865.9078 \text{ seg} * (0.02785 \frac{m^3}{s})$$

$$V = 24.11 \text{ m}^3 \approx 25 \text{ m}^3$$

-Área superficial del tanque (A_s)

$$A_s = \frac{V}{H} = \frac{25 \text{ m}^3}{2.00 \text{ m}} = 12.5 \text{ m}^2$$

-Vol del tanque recalculado (V_r)

$$V_r = B * L * H = 2 * 6.5 * 2.00 = 26 \text{ m}^3$$

En donde:

B = ancho

L = largo

H = profundidad

-Dimensiones del tanque

Relación largo-ancho

Largo (L)= 6.5.00mts

Ancho (B)= 2.00mts

Altura (Ha)=2.00mts

-Área superficial recalculada

$$A_s = \frac{V}{H} = \frac{26m^3}{2.00m} = 13m^2$$

-Carga hidráulica superficial del tanque

$$q = \frac{Qd}{A_s}$$

Donde:

Qd=Capacidad hidráulica del desarenador (m³/s)

A_s= Área superficial recalculada (m²)

$$q = \frac{\left(\frac{0.02785m^3}{seg}\right) * 86400seg}{13m^2} = 185.09 \frac{m^3}{m^2 * d}$$

-Velocidad vertical (Vo)

$$V_o = \frac{Qd}{A_s}$$

En donde:

Qd=Capacidad hidráulica del desarenador (m³/s)

A_s= Área superficial recalculada (m²)

V_o= 0.002142 m/s à (*100) = 0.2142 cm/s

$$V_o = \frac{0.02785m^3/s}{13m^2} = 0.002142 m/s$$

$$V_o = \sqrt{\frac{V_o + 18\mu}{g(p_s - p)}} = \sqrt{\frac{(0.2142 \frac{cm}{s}) * 18 * 0.0112 \frac{cm^2}{s}}{981 \frac{cm}{s^2} * [2.65g - 1g/cm^3]}}$$

$$V_o = 0.00310 cm$$

Se removerán partículas de hasta un diámetro igual a 0.51 cm y el diámetro máximo de ser removido aumenta a 0.02 cm.

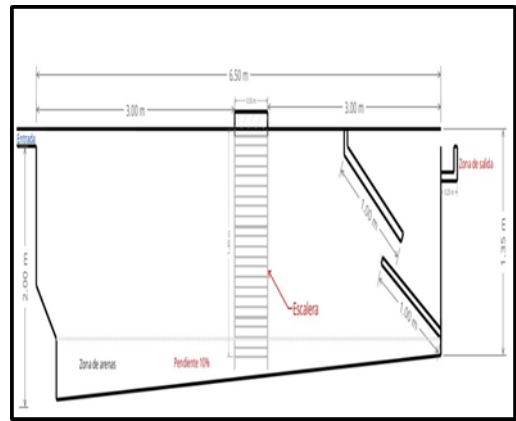


Figura 5. Diseño del área de desarenador (vista lateral de 1 módulo).

Se señala que el número de desarenadores es característico de cada diseño, para la implementación de esta PTAR se recomienda un mínimo de dos unidades con la capacidad para operar con los caudales de diseño establecidos cuando la otra unidad está en limpieza (figura 6).

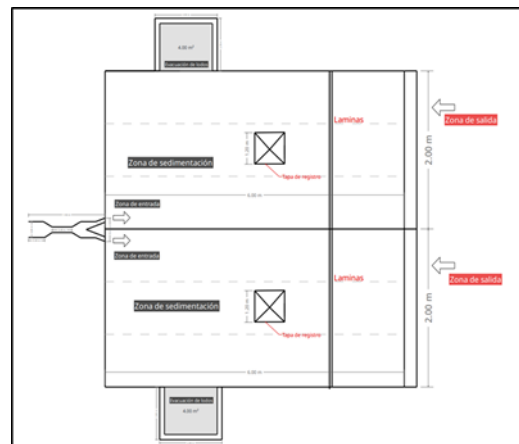


Figura 6. Planos generales del área de desarenado (vista superior 2 módulos).

4. Conclusiones

La fase de pretratamiento desarrollada en este caso de estudio para la PTAR de la cabecera municipal de San Fernando se especifica viable para la implementación de los diseños en la planta ya que el proyecto destaca la importancia de implementar procesos de pretratamiento eficientes y de bajo costo que eliminen residuos y sólidos que reduzcan la eficiencia de la planta, contribuyendo así a la conservación de la infraestructura.

tura y el desarrollo de la depuración óptima de las aguas residuales con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la normatividad mexicana ambiental vigente. El tipo de cribas seleccionado tanto gruesas como finas se debe a las condiciones del caudal que se va a tratar, así como la cantidad de basura que se espera.

En el caso de las cribas tanto finas como gruesas deben de tener un ángulo de inclinación entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal por lo que en nuestros resultados se obtuvo un ángulo de 50° por lo que se encuentra dentro del rango, esto es con la finalidad de facilitar la extracción de la basura y así reducir la posibilidad de que haya obstrucciones.

De acuerdo a la literatura, la pérdida hidráulica no debe exceder 0.05 mm en cribas gruesas y 0.06 mm para cribas finas, por lo que en la pérdida hidráulica obtenida no excede de los límites establecidos, esto con el fin de asegurar que tenga un rendimiento eficiente del sistema de pretratamiento.

El desarenador diseñado se consideró de tal manera que el caudal se pueda controlar, así como también se considera que se tenga dos unidades de cribas y/o desarenadores en cualquiera de los niveles de complejidad, esto con el fin de tener la capacidad de operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad se le está dando mantenimiento.

El diseño implementado requiere de un monitoreo continuo de los residuos y arenas retenidas en estas fases y de su mantenimiento, por ello, es esencial establecer un programa riguroso de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos e infraestructuras establecidos para

evitar fallos operativos y prolongar la vida útil de la planta.

5. Referencias

- 1- Rodríguez, M. A., & Fernández, L. J. (2021). Caracterización y tratamiento de aguas residuales. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 34(2), 50-60.
- 2- García, P. M., & López, R. A. (2019). Función y eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Revista de Tecnología y Medio Ambiente*, 27(3), 75-84.
- 3- Lahera-Ramón, V., (2010). Infraestructura sostenible: las plantas de tratamiento de aguas residuales. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, 12 (2), 58-69
- 4- Martínez, J. L., & Pérez, S. M. (2020). Fases y procesos en plantas de tratamiento de aguas residuales. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 32 (1), 45-56.
- 5- Jiménez-Maya, C. (2010). El manejo de los sólidos en el pretratamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingeniería del Agua*, 17(3), 247-259.
- 6- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- 6- Gutiérrez-Hernández, R. (2018). Importancia del desarenado en el tratamiento de aguas residuales. *Revista de Ingeniería y Gestión Ambiental*, 24(2), 102-112.
- 8- Metcalf. A. & Eddy. T. (2016). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento y recuperación de recursos* (5ª ed.). McGraw-Hill Education.

- 9- López, J. M., García, P. R., & Sánchez, F. A. (2018). Evaluación de la eficiencia en el pretratamiento de aguas residuales utilizando rejillas gruesas. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 35(2), 120-130.
- 10- Gómez, R. E., & Torres, M. L. (2017). Diseño y eficiencia de desarenadores en plantas de tratamiento de aguas residuales. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 19(4), 88-95.
- 11- Castillo, F. K., & Díaz, H. E. (2022). Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales y validarlo mediante un software de simulación y optimización [Trabajo de titulación para la obtención del título de ingeniero ambiental]. Universidad Politécnica Salesiana.
- 12- Pallarés, C. (2016). Diseño y dimensionamiento de la línea de agua de una PTAR procedente de un matadero porcino. [Trabajo final de grado]. Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales en Ingeniería Química.

Diagnóstico operativo a una empresa de Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos conforme a la Normatividad Mexicana.

Somer Hernández Kareem Yaxgemel

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

1. Introducción

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en el artículo 5, fracción XXXII se consideran Residuos Peligrosos:

“aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio” (DOF, 2023)

Los Residuos Peligrosos en México, son generados a partir de una amplia gama de actividades industriales, de la agricultura, así como de las actividades domésticas. Los procesos industriales generan una variedad de residuos con naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa, que puede contar con alguna de las siguientes características: corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, y pueden presentar riesgos a la salud humana y al ambiente, asimismo, existen otras fuentes que generan residuos peligrosos, como son los hospitales, el comercio y la minería (PROFEPA, 2014).

El manejo inadecuado de residuos genera una fuerte presión sobre el ambiente, su gran volumen de generación también se ve ligado a la discusión sobre la fabricación y el consumo sostenible, específicamente cuando se aborda el uso de los recursos naturales y energéticos necesarios para producir todos los materiales y bienes que terminarán por convertirse en residuos (SEMARNAT, 2015).

En México como en muchos otros países, la experiencia ha demostrado que para lograr un manejo adecuado de los Residuos Peligrosos, es necesario contar con una infraestructura que permita realizar acciones concretas para la minimización del problema; por lo que resulta importante entender que mediante una adecuada gestión de Residuos Peligrosos, en la que se contemplen los procesos de generación, manipulación, acondicionamiento, almacenamiento, transporte, y destino o tratamiento final, se considere que en cada uno de estos pueden existir impactos negativos al medio ambiente o a los seres vivos, y en la mayoría de los casos a un costo alto por una incorrecta gestión de los Residuos Peligrosos.

Los Residuos Peligrosos como parte de un manejo integral, requieren necesariamente ser transportados por medios bajo

condiciones seguras y ambientalmente responsables antes de su disposición final. Por lo cual es de vital importancia asegurar que estos residuos lleguen a su destino sin ningún inconveniente, minimizando la posibilidad de ocurrencia de accidentes, que pudieran afectar a la población y al medio ambiente (SEMARNAT, 2012).

El transporte de materiales y residuos peligrosos en México es una actividad muy importante en el sector industrial.

Su importancia no solo radica tanto en el uso de productos químicos como materia prima, sino en los protocolos de seguridad para evitar accidentes que afecten a las personas que manejan las sustancias y al medio ambiente (Pochteca, 2023).

Una empresa de recolección y transporte de residuos peligrosos se encarga de (LDH, 2020):

- Se encargan de recoger y realizar el transporte de residuos o materiales peligrosos de manera totalmente higiénica y respetando el medio ambiente. Además de seguir las leyes.
- Serán los encargados de transportar estos residuos tan peligrosos, por lo que se necesitan grandes profesionales especializados y con el mejor conocimiento y equipamiento.
- Facilitarán el proceso de reciclaje, algo que es muy importante para las generaciones futuras.
- Son una garantía de seguridad para todos los ciudadanos.
- Son una gran garantía de salubridad.

Para el transporte de sustancias y residuos peligrosos es necesario tomar medidas de prevención y control para evitar efectos adversos sobre la salud del personal e impactos negativos al ambiente. Para la adecuada gestión en el manejo y transporte de sustancias químicas y residuos peligrosos, es fundamental definir y tener clara la responsabilidad de cada una de las personas involucradas en esta actividad, porque su puesta en práctica contribuirá a minimizar los impactos ambientales y a prevenir accidentes. Es conveniente que la responsabilidad y autoridad sea definida, documentada y comunicada a todo el personal, asegurando que antes de manipular y transportar este tipo de sustancias se tenga claro el alcance de las responsabilidades de cada cargo y su interacción con las demás labores (Ávila, 2012).

2. Metodología

Para la aplicación de las encuestas se realizó con base a Anguita et. al., (2002). adaptándolas al tema de Residuos Peligrosos. Las preguntas se dividieron en dos sectores: sector administrativo y operativo.

Para la aplicación y captura de información se hizo uso de los Formularios de Google (Fig. 1).



TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS (OPERADOR)

El fin de la presente encuesta, será para proporcionar información para la realización de los avances de mi tema de titulación de la carrera de Ingeniería Ambiental.

* Indica que la pregunta es obligatoria

¿Conoce la definición de residuo? *

☐ Totalmente de acuerdo

☐ Totalmente en desacuerdo

Figura 1. Estructura de la encuesta.

Para conocer el marco normativo aplicable en la empresa, se realizó una búsqueda de informa-

ción siguiendo la estructura de Moncada (2014) adecuándolo con base el orden de Pirámide de Kelsen (1982) el cual representa la idea de sistema jurídico de forma escalonada.

En la estructura de la lista de verificación se utilizó la Guía Ambiental de Almacenamiento y Transporte por Carretera de Sustancias Químicas Peligrosas y Residuos Peligrosos establecida por el Ministerio de Ambiente (MAVDT, 2022) adaptándola al sistema jurídico mexicano.

Los sectores establecidos fueron:

- i) Responsabilidad
- ii) Vehículo
- iii) Conductor

DESCRIPCIÓN	FUNDAMENTO NORMATIVO	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
RESPONSABILIDAD					
Se cuenta con autorización por parte de SEMARNAT	Artículo 50, VI, LGPGIR				
Se cuenta con autorización por parte de SCT	Artículo 5 - RPTTMRP				
Cuenta con póliza de seguro individual o conjunto del autotransportista y del expedidor del material o residuo peligroso	Artículo 77- RLGPGR y Artículo 52, fracción IV, RPTTMRP.				

Figura 2. Lista de Verificación.

Para llevar a cabo la verificación, se realizó visita a la empresa prestadora de servicios, y se empleó la lista en 2 vehículos.

Con la finalidad de conocer el porcentaje de cumplimiento se sometió a Excel, dando un valor de 1 a cada punto establecido en la lista de verificación, sin importar el grado de complejidad de cada aspecto normativo.

3. Resultados

Con respecto al diagnóstico realizado mediante la lista de verificación se obtuvo que en el apartado “Responsabilidad”, obtuvo el 100% del cumplimiento conforme a la normatividad.

Ahora en el caso del apartado denominado “Vehículo” los porcentajes obtenidos en sus

diferentes puntos requeridos, fueron los siguientes (Tabla I):

Vehículo	Porcentaje obtenido
Pipa de 10, 000 L	73%
For Ranger de 1 Tonelada	74%

Tabla I. Resultados obtenidos del apartado vehículo.

Con lo obtenido en este apartado en los dos vehículos destacaron ciertos porcentajes bajos como en el caso de que no cuentan con la suficiente información de emergencia para el vehículo, también con el documento que acredite la limpieza y control de remanentes de la unidad y que no cuentan con la placa técnica, estas tres situaciones se repiten en ambos vehículos. Otro porcentaje particular se suma a la For Ranger, se encontró que los recipientes y contenedores no se encontraron debidamente etiquetados.

Con respecto al apartado de “conductor” se obtuvo los siguientes porcentajes (Fig. 3)

Conductor	
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO
Cuenta con la Licencia Federal Tipo E.	100%
Cuenta con la Bitácora de horas de servicio del conductor.	85%
Cuenta con Bitácora del operador relativa a la inspección ocular diaria de la unidad.	100%
El conductor cuenta con la capacitación adecuada y aprobada por la SCT.	100%

Figura 3. Resultados del apartado “Conductor”.

Destacando únicamente con porcentaje bajo la bitácora de horas de servicio del conductor, esto debido a que no contaba el formato con datos del expedidor y datos del destino final.

4. Conclusiones

Mediante el diagnóstico realizado la empresa encargada de transporte de residuos peligrosos, cumple en un 82% con respecto al marco legislativo de jurisdicción federal y con énfasis en transporte de líquidos inflamables y sustancias

sólidas potencialmente peligrosas para el medio ambiente, durante la obtención de resultados fue evidente que hicieron falta puntos por cumplir, los cuales se deberán de informar a la empresa y darles seguimiento, para mejorar en ciertos aspectos como: el correcto etiquetado de los envases, manejar la correcta información de emergencia, destacando también el llevar la información de la placa técnica, así como también optar por buscar opciones para obtener el documento de limpieza.

La empresa que se tomó como objeto de estudio, tendrá que mejorar sus estándares de seguridad y reforzar los puntos detectados, con la finalidad de evitar riesgos, accidentes o daño a sus trabajadores, entorno y por supuesto, al medio ambiente, ya que como se presentó con anterioridad el tipo de residuos peligrosos causan según la característica de peligrosidad, daños severos al ambiente, es por eso la importancia de llevar todo tipo de medidas y controles de seguridad en la empresa.

5. Recomendaciones

En primera instancia, se le informará al titular de la empresa en cuestión para después informarle a los conductores de las anomalías detectadas para presentar las siguientes recomendaciones:

- Información de emergencia: Se le recomendará el llevar las hojas de seguridad con los datos requeridos por la NOM-005-SCT/2008, además únicamente para proporcionar más información de lo transportado, llevar consigo la prueba CRETIB.

- Documento de limpieza y control de remanentes: Buscar empresas aprobadas y acreditadas por la SEMARNAT y SCT que puedan realizar esta actividad, o en caso de no existir en Chiapas o que no se acomode a las necesidades del vehículo, sugerir que la empresa promueva por sí mismos la autorización para poder realizarlo ellos mismos, cuando sea necesario.
- Placa Técnica: Sugerir que realicen esta documentación en base a lo establecido en la NOM-023-SCT2/2011, con la finalidad de tener conocimiento del vehículo en caso de un accidente.
- Etiquetas y carteles de envases: Sugerir e informar cómo deben de ser realizadas las etiquetas con base a la NOM-003-SCT/2008, y con fines de esclarecer más la elaboración del etiquetado, se recomienda seguir la Guía para el Transporte de Residuos Peligrosos emitido por la SEMARNAT dado seguimiento con la norma anteriormente mencionada.
- Documento de embarque: Se sugiere verificar las especificaciones que solicita la NOM-043-SCT/2003, ya que no se encontró los datos de expedidor en el documento y en caso de los conductores, no contenían las firmas de estos mismos.
- Por último, se aconseja a los trabajadores informar siempre las anomalías que puedan llegar a detectar en esta área laboral, para así evitar infracciones administrativas o algún accidente.

Para finalizar es relevante mencionar que el titular de la empresa comprenda la responsabilidad e importancia de las anomalías detectadas, y que estas se tomen en cuenta debido a que son fallas por parte de ellos y no de los conductores y asumir estas obligaciones con la finalidad de minimizar un riesgo económico, administrativo, a la salud de la población y por supuesto al medio ambiente.

6. Referencias

- [1] Anguita, J., Repullo, J., & Campos, J. (2002). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadísticos de los datos. Centro Nacional de Epidemiología., 12
- [2] Ávila (2012). "La logística en el transporte de materiales y residuos peligrosos". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/312688>.
- [3] DOF (2023). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos. Reforma publicada en mayo 08, 2023. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>
- [4] Kelsen, Hans (1982). Teoría pura del derecho. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/5026432>
- [5] LDH. (13 de Agosto de 2020). LDHSA. Obtenido de LDH CHEMICALOGISTICS: <https://ldhsa.com/transporte-residuos-peligrosos/>
- [6] MAVDT (2022). Guías Ambientales de Almacenamiento y Transporte por Carretera de Sustancias Químicas Peligrosas y Residuos Peligrosos. Colombia Potencia de la Vida; Cecilia Rodríguez González-Rubio. Recuperado 8 de mayo de 2024, de <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/guias-ambientales-de-almacenamiento-y-transporte-por-carretera-de-sustancias-quimicas-peligrosas-y-residuos-peligrosos/>
- [7] Moncada-Hernández, Sandra Guillermina. (2014). Cómo realizar una búsqueda de información eficiente: Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa. Investigación en educación médica, 3(10), 106-115. Recuperado en 09 de mayo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572014000200007&lng=es&tlng=es.
- [8] Pochteca. (23 de Agosto de 2023). Pochteca. Obtenido de sociación Nacional de Distribuidores de Productos Químicos. : <https://mexico.pochteca.net/transporte-de-materiales-peligrosos-en-mexico-como-ejecutarlo-de-forma-correcta/>
- [9] PROFEPA (2014). Control de Residuos Peligrosos. Gobierno de México. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/1370/1/mx/control_de_residuos_peligrosos.html
- [10] SEMARNAT (2012). Guía para el transporte de residuos peligrosos: Prestadores de servicio, generadores y para los sistemas de recolección para microgeneradores del RPBI. México: SEMARNAT.
- [11] SEMARNAT. (2015). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.: Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. En Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inecc/documentos/informe-de-la-situacion-del-medio-ambiente-en-mexico-compendio-de-estadisticas-ambientales-indicadores-clave-de-desempeno-ambiental-y-de-crecimiento-verde-edicion-2015>

Li l'oil ta chi'ch chapel tale ja sventa li sat vo' ti ayan tey ta steklumal sbi "La Florecilla" ti ta jovel (San Cristóbal de las Casas, Chiapas), j'ao k'alal ayanoe xchiuk k'u yelan xvinaj ti tana ta horae.

Ti vo'ne xae, julik ta naklej lij ba'yej naklejetik ta jun b'anomil tey oy ta jun vitz ti tey ta jovel. Ja'tolae yilojik la k'otel ti solel la noj ta ju tos momoletic xch'iuk t'etik, xch'ak la 'ontetic, toje-tic, cipresetic, xch'iuk la jun mu'k ta n'ab ti solel la sak ti y'alelé. Jech no'ox tok ti tey laj yilik ti ta t'etik ep la ch'iem ech'al, van'e tij a'ch jna-keletik laj snopik ta ya'kbe sbi "nichimaltik" skoj taj ti k'uyelan laj yilik ti b'anobil taje y mas ts'akal laj sjelbik sbi ti b'anomil ta "La Florecilla".

Va'ine, mas la ts'akal ne, ti agente-tik ti ta lumal laj la ya'ki'k ta venta ti na'be ch'io la v'atel y chko't la ta malel ta jun ch'en, ja la jech laj yilik ti solel la ep la ti vo' sventa no ox la xu spik lij naklejetik. Ja' la jech laj la snopik ti agentetik ti ta smakik li na'b sventa xa la mu b'uchu' yan tal stam la ti vo'e, y jech laj la smakik ta jun mok li na'be, laj la sts'etik lok'el ti t'etik xch'iuk la slok'esik ti momoletic ti tey ch'iem ti ta ti'ti vo'e sventa la xu saku'm la ti y'alel li na'be, y jech noox tok laj la smeltsanik jun mu'k ta yab vo' sventa la xu stsobik la li ya'lel ni na'be y jech la ch'akik la ta jujun nae-tik ti tey ta lumale.



Ij likel noox la jech ti k'ot ta pasel ti oy xa vo' ta juju be'j naetik, i skoj la ti k'uyelan la spasik ti agentetik ti ta sk'oplal li na'be xchi'uk ti ta b'anomile (ja'o k'alal laj slomesik skotol li te'tik ti tey ch'iem), i lik la takijuk ta k'unk'un ti vo'e, i ja la jech laj la ya'ki'k venta ti k'usi laj spasik xch'iuk ti laj smakik ti na'be, ja la skoj ti jech la li ch'ul banomile laj la ya'k jun tsitsel i spoj la lo'kel ti ch'ul vo'e.

Ja'o k'alal i jech k'ot ta pasel, lij naklejetik lik la stuki'b li stalelik y lik la spasik jutos ab'tel sventa la xu' cha' ayan la li jun yutsil xchi'uk mu'k na'be xcha'k la ku' yelan ti vo'ne. I lik la xcha' ts'unik ach'ikil t'etik, ts'obik la lo'kel li k'aep ta juju koj, y ja la jech no'ox ta la tsob'aik li naklejetik sventa la sk'oponik li cajvaltik y jech la xu' sk'anik la ti perdon skoj la li k'usitik chopol laj spasb'ik li b'anomile ti vo'one.

Ti tana ta horae, li jnakelejik xch'unojik a ti yakan li vo'e tey oy, ja no'ox ti yan sbe' ti stsa-koj ba'tele, yu'un ja jech ti n'ab tanae tey oy, mas xa ch'in xch'uk ch'abal xa sak ti ya'lele, yu'un ja svinajesel ti k'uyelan li vinik tol xutilan li b'anomil ti b'uy nakale.



Tzotzil

Lago Florecilla

Ana Estefanía Díaz Díaz

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Escuela de Ingeniería Ambiental

Li l'oil ta chi'ch chapel tale ja sventa li sat vo' ti ayan tey ta steklumal sbi "La Florecilla" ti ta jovel (San Cristóbal de las Casas, Chiapas), j'ao k'alal ayanoé xchiuk k'u yelan xvinaj ti tana ta horae. Ti vo'ne xae, julik ta naklej lij ba'yej naklejetik ta jun b'anomil tey oy ta jun vitz ti tey ta jovel. Ja'tolae yilojik la k'otel ti solel la noj ta ju tos momoletic xch'iuk t'etik, xch'ak la 'ontetic, tojetic, cipresetic, xch'iuk la jun mu'k ta n'ab ti solel la sak ti y'alelé. Jech no'ox tok ti tey laj yilik ti ta t'etik ep la ch'iem ech'al, van'e tij a'ch jnakeletik laj snopik ta ya'kbe sbi "nichimaltik" skoj taj ti k'uyelan laj yilik ti b'anobil taje y mas ts'akal laj sjelbik sbi ti b'anomil ta "La Florecilla". Ti l'oil ti ta xchapiktale xi ta xale: oy la jun k'akal ti la jun vinik ti vachinajé. Ti tas vaich laj la yil ti b'aj la tal jun mu'k ta chauk y solel la tsots k'ot ta t'omel ta jun la jamal yaxaltik, y laj la sjam ti lumé y k'ot la ta ayanel jun sat vo'. Muyuk la tsakik ta m'uk ti vaichil tajé, lajne mas la ts'akale, jun k'ak'al ti solel la jun yutsil lek xk'epelan i ta ora la ik'um la ta anil xch'uk la noj ta tok ti vinajele, laj la né i t'om la jun mu'k ta chauk i e'ch la xchi'k jun mu'k ta te' tey la oj ta jun jamal yaxaltik, xcha'k k'u yelan laj yil ti vinik ti ta xvaich. Lajné i yal la tal ti tsatal vo' y van'e laj la tsobsba' ti vo'e y jech la tey kom la ti na'be. A

la tij nakjetik ti tey oyik ti ta b'anomil solel la jun yutsil laj yilik ti na'b taje, skoj la ti y'alel ti na'be solel la sak taj yalel, va'ine tij naklejetik xch'iuk ti nopol gente ta yantik b'anomiletik chk'otik la ba' slupik ti vo'e ti jujun k'ak'al ta so'be.

Va'ine, mas la ts'akal ne, ti agentetik ti ta lumal laj la ya'ki'k ta venta ti na'be ch'io la v'atel y chko't la ta malel ta jun ch'en, ja la jech laj yilik ti solel la ep la ti vo' sventa no ox la xu spik lij naklejetik. Ja' la jech laj la snopik ti agentetik ti ta smakik li na'b sventa xa la mu b'uchu' yan tal stam la ti vo'e, y jech laj la smakik ta jun mok li na'be, laj la sts'etik lok'el ti t'etik xch'iuk la slok'esik ti momoletic ti tey ch'iem ti ta ti'ti vo'e sventa la xu saku'm la ti y'alel li na'be, y jech noox tok laj la smeltsanik jun mu'k ta yab vo' sventa la xu stsobik la li ya'lel ni na'be y jech la ch'akik la ta jujun naetik ti tey ta luma-le. Ij likel noox la jech ti k'ot ta pasel ti oy xa vo' ta juju be'j naetik, i skoj la ti k'uyelan la spasik ti agentetik ti ta sk'oplal li na'be xchi'uk ti ta b'anomile (ja'o k'alal laj slomesik skotol li te'tik ti tey ch'iem), i lik la takijuk ta k'unk'un ti vo'e, i ja la jech laj la ya'ki'k venta ti k'usi laj spasik xch'iuk ti laj smakik ti na'be, ja la skoj ti jech la li ch'ul banomile laj la ya'k jun tsitsel i spoj la lo'kel ti ch'ul vo'e.

Ja'o k'alal i jech k'ot ta pasel, lij naklejetik lik la stuki'b li stalelik y lik la spasik jutos ab'tel sventa la xu' cha' ayan la li jun yutsil xchi'uk mu'k na'be xcha'k la ku' yelan ti vo'ne. I lik la xcha' ts'unik ach'ikil t'etik, ts'obik la lo'kel li k'aep ta juju koj, y ja la jech no'ox ta la tsob'aik li naklejetik sventa la sk'oponik li cajvaltik y jech la xu' sk'anik la ti perdon skoj la li k'usitik chopol laj spasb'ik li b'anomile ti vo'one.

Ti tana ta horae, li jnakelejik xch'unojik a ti yakan li vo'e tey oy, ja no'ox ti yan sbe' ti stsakoj ba'tele, yu'un ja jech ti n'ab tanae tey oy, mas xa ch'in xch'uk ch'abal xa sak ti ya'lele, yu'un ja svinajesel ti k'uyelan li vi-nik tol xutilan li b'anomil ti b'uy nakale.



Código QR



Artículo en Español

Gaceta realizada por el cuerpo
académico

ESTUDIOS AMBIENTALES

Facultad de ingeniería Ambiental
Escuela Ingeniería ambiental



Fotografía: José Armando Carrasco Orozco