



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**“ACCIONES PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA FRESCA
Y AUMENTAR EL USO DE AGUA TRATADA EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE HOVOMEX SA.DE.CV”**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
ESTEBAN GOMEZ SAUCEDO.**

**NOMBRE DEL ASESOR:
ING.JOSÉ AURELIANO HERNÁNDEZ TEMOLTZIN.
ASESOR INTERNO**



APIZACO, TLAX., MARZO 2026



Instituto Tecnológico de Apizaco
Ingeniería Industrial

Apizaco, Tlax. 05/marzo/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación integral

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	ESTEBAN GÓMEZ SAUCEDO
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	19370586
Nombre del proyecto:	"ACCIONES PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA FRESCA Y AUMENTAR EL USO DE AGUA TRATADA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE HOVOMEX S.A. DE C.V."
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

EXCELENCIA EN EDUCACION TECNOLOGICA. ®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL


ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DEL DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL


JOSÉ AURELIANO HERNÁNDEZ TEMOLTZIN
ASESOR INTERNO

c.c.p._ Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._ Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 144, e-mail: industrial@apizaco.tecnm.mx | tecnm.mx |
Apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **29/octubre/2025**

GOMEZ SAUCEDO ESTEBAN
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL
CON NÚMERO DE CONTROL 19370586.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **ACCIONES PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA FRESCA Y AUMENTAR EL USO DE AGUA TRATADA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE HOVOMEX S.A. DE C.V.**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuazhuatpec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de residencias profesionales.

Principalmente agradezco a mi familia especialmente a mis padres que me dieron sus palabras de aliento, su apoyo y su amor incondicional, a mi novia por su constante apoyo y amor, a amigos por su constante respaldo y confianza. Su apoyo incondicional me dio la motivación necesaria para concluir este proyecto con éxito.

Agradezco a la Ing Nadxheli Reyes López y al Ing José Aureliano Hernández Temoltzin, por su invaluable apoyo y orientación durante todo el proceso. Su experiencia, paciencia y sabiduría fueron fundamentales para que pudiera superar los retos que se presentaron y llevar a cabo este proyecto con éxito.

Doy gracias profundamente a Hovomex S.A. de C.V. y a todos sus colaboradores por brindarme la oportunidad de formar parte de su equipo y permitirme aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica. La experiencia adquirida en este entorno profesional ha sido crucial para mi crecimiento personal y profesional.

A mis compañeros de residencia, quienes compartieron ideas, conocimientos y momentos de aprendizaje, gracias por su colaboración y apoyo mutuo. Juntos logramos superar obstáculos y hacer de esta experiencia algo enriquecedor.

Finalmente, agradezco a la institución, el Tecnológico de Apizaco por haberme dado las herramientas para poder concluir mis estudios con éxito.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.



INDICE

GENERALIDADES DEL PROYECTO	8
1.1 INTRODUCCIÓN.....	8
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE.....	10
Ubicación de la empresa.....	10
Misión y visión	11
Política integral	12
Valores	12
Área de trabajo del estudiante y puesto.....	12
Problemas a resolver	13
Objetivos.....	14
Objetivos específicos	14
Justificación	15
MARCO TEÓRICO	15
Impacto ambiental	15
¿Qué es el agua ?	16
El agua virtual y la huella hídrica	17
¿Que es el agua virtual?	18
¿Qué es la huella hídrica?	19
Relación HH y el agua virtual	19
Componentes de la Huella Hídrica (HH)	20
¿Cómo se mide la HH?.....	21
Datos de porcentaje de agua a nivel mundial, nacional, estatal	22
Huella hídrica en el mundo	22
Huella hídrica a nivel nacional	24
Huella hídrica a nivel estatal.....	25
Legislación en materia de agua	26



Ley de aguas nacionales (normas aplicables)	29
Normas Oficiales Mexicanas vigentes en materia hídrica aplicables al proyecto	32
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS (PTAR)	33
¿Que es una planta de tratamiento de aguas (PTAR)?	33
Tipos de plantas de tratamiento	38
CONSIDERACIONES APLICADAS AL PROYECTO	38
El agua en Tlaxcala	39
Agua subterránea	39
¿QUE ES EL SISTEMA KROFTA?	41
DESARROLLO	42
Reducción de consumo de agua fresca y aumento de agua tratada	42
ESTABLECER INDICADORES DE CONTROL DE LAS ACCIONES A DESARROLLAR	45
PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA	47
Procedimiento	50
PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN	55
ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO DE LA PTAR	56
El principio de operación y uso de un equipo de clarificación (krofta-daf)	59
RESULTADOS	71
Busqueda de proveedores para el mantenimiento de sistema (KROFTA) ..	71
Guía de solución de problemas en base a una propuesta de un proveedor ..	74
TABLAS Y GRÁFICOS DINÁMICOS DE PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA ...77	
Tablas dinámicas y gráficos dinámicos	78
INDICADOR DEL CONTROL DE DESCARGA	81
COMPARACION DE DATOS DE EXTRACCIÓN Y DESCARGA (ANTES Y DESPUÉS)	84
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	86



GLOSARIO.....	88
FUENTES DE INFORMACION	89
ANEXOS.....	90

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de la empresa Hovomex S.A. de C.V. Apizaco, Tlaxcala.....	9
Ilustración 2. Mapa mundial de huella hidrica	21
Ilustración 3 huella hidrica de produccion en mexico	22
Ilustración 4 huella hidrica a nivel estatal	23
Ilustración 5 planta de tratamiento de agua.....	30



Ilustración 6 sistemas hídricos en Tlaxcala	35
Ilustración 7 planta de tratamiento (krofta) y lista de verificación de actividades de Hovomex SA.de.CV	38
Ilustración 8 planta de tratamiento (krofta) y colorímetro de Hovomex SA.de.CV	41
Ilustración 9 prueba de color de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	41
Ilustración 10 prueba de turbidez de agua tratada de Hovomex SA.de.CV ..	42
Ilustración 11 prueba de sólidos suspendidos totales de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	42
Ilustración 12 instrumentos para recolección de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	43
Ilustración 13 pruebas en bombas de vacío de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	44
Ilustración 14 pruebas en Recuperador de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	44
Ilustración 15 pruebas en rotámetro de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	45
Ilustración 16 pruebas en tanque hexagonal de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	45
Ilustración 17 pruebas en tanque techado de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	46
Ilustración 18 pruebas en laguna 1 de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	46
Ilustración 19 pruebas en laguna 3 de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	47
Ilustración 20 pruebas en parshall- descarga de agua tratada de Hovomex SA.de.CV	47



Ilustración 21 pruebas en cisterna de agua fresca del pozo de Hovomex SA.de.CV	48
Ilustración 22 imagen de configuracion de dosificacion aceptable de krofta.	50
Ilustración 23 imagen de configuracion de dosificacion rechazada de krofta.	51
Ilustración 24 Bomba dosificadora de coagulante de la planta de tratamiento.	52
Ilustración 25 microburbujas del sistema krofta.	54
Ilustración 26 ejemplo capa de lodo y microburbujas.....	55
Ilustración 27 presurizacion del flujo de aereacion	57
Ilustración 28 presurizacion del flujo parcial.....	58
Ilustración 29 presurizacion de todo el flujo	58
Ilustración 30 krofta adt funcionamiento.....	60
Ilustración 31 tubo krofta de dilusion de aire	61
Ilustración 32 tubo de krofta aereacion adt.....	61
Ilustración 33 krofta valvula de sangrado adt	62
Ilustración 34 Imágenes sobre las cotizaciones con proveedores externos.	65
Ilustración 35. Ilustracion ejemplo de inicio de tabla dinamicas y graficos de control de pruebas de agua	70
Ilustración 36. Ilustracion ejemplo de inicio de tabla dinamicas y graficos de barras de control de pruebas de agua.....	71
Ilustración 37. Tabla de extraccion y descarga de agua	73



INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 de configuracion de dosificacion aceptable de krofta</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 2 de configuracion de dosificacion aceptable de krofta</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3 de propuesta de solucion de problemas</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 4 ejemplo de inicio de tabla de control</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 5 ejemplo de medicion de descarga de agua</i>	<i>70</i>



RESUMEN.

El proyecto se realizó en la empresa Hovomex S.A. de C.V., ubicada en la colonia Morelos km 1.2 San Jose Tetel, Apizaco, Tlaxcala, con el objetivo de realizar un análisis detallado de los consumos de agua en la empresa e identificar oportunidades de mejora, considerando tanto el agua fresca como el agua tratada en la planta de tratamiento de aguas residuales de la misma empresa.

En el desarrollo del proyecto, se realizaron las siguientes acciones:

Análisis de calidad del agua tratada: Se realizó un monitoreo de parámetros clave como el color, turbidez, sólidos en suspensión y cloro libre, con el fin de evaluar la efectividad del proceso de tratamiento de agua en la planta.

Evaluación de eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): Se analizaron los datos de calidad del agua tratada para identificar oportunidades de mejora en el desempeño de la (PTAR) y garantizar su eficiencia operativa.

Comparación de datos históricos: Se llevó a cabo una comparación de los consumos de agua y los datos históricos de calidad del agua tratada para detectar tendencias, identificar posibles áreas de mejora y establecer patrones de consumo.

Propuesta de tecnologías para el tratamiento y reutilización de agua: Se investigó y se propusieron tecnologías innovadoras que puedan optimizar el tratamiento y la reutilización del agua, con el objetivo de aumentar la cantidad de agua tratada disponible para los procesos y reducir el consumo de agua fresca.

Estos análisis proporcionan una base sólida para tomar decisiones informadas que contribuyan a la sostenibilidad hídrica de la empresa y mejoren su eficiencia en el uso del agua.



GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, el uso eficiente de los recursos naturales se ha convertido en una prioridad para las empresas que buscan minimizar su impacto ambiental y optimizar sus procesos productivos. En este contexto, Hovomex S.A. de C.V., como parte de su compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, ha identificado la necesidad urgente de reducir el consumo de agua fresca en sus operaciones, a la vez que se busca incrementar el uso de agua tratada en su proceso productivo. El agua es un recurso esencial en la industria, pero también es un bien limitado, lo que hace necesario implementar estrategias que permitan aprovechar al máximo el agua disponible y minimizar su desperdicio. Reducir el consumo de agua fresca y promover el uso de agua tratada no solo contribuye a la conservación del medio ambiente, sino que también representa una oportunidad para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos a largo plazo.

En este documento, se presentan una serie de acciones estratégicas diseñadas para optimizar el uso del agua en Hovomex S.A. de C.V., alineándose con las mejores prácticas en gestión hídrica y respondiendo de manera efectiva a los desafíos ambientales del presente y del futuro.

Acciones:

1. Se analizaron los datos de la calidad de agua tratada con el fin de mantener y/o mejorar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR, todos los días de la semana, en base a eso obtener propuestas de mejora continua.



2. Se propusieron tecnologías en base a proveedores especializados en el tratamiento y la reutilización del agua, para aumentar la cantidad de agua tratada en proceso y disminuir el uso de agua fresca en el proceso productivo de la planta y dejar un impacto ecológico y económico positivos.

1.2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo el estudiante.

Nombre de la empresa

Hovomex S.A. de C.V.

1.2.1.Ubicación de la empresa

Km. 1.2 camino a col morelos Apizaco,Tlaxcala (véase ilustración 1).

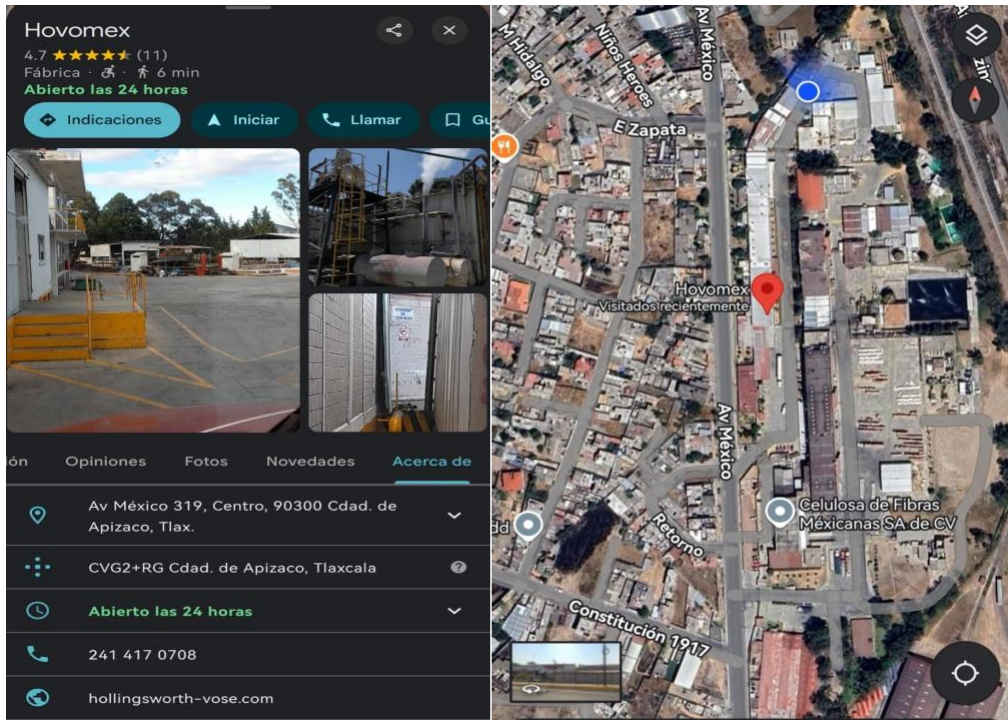


Ilustración 1. Ubicación de la empresa Hovomex S.A. de C.V. Apizaco, Tlaxcala.

1.2.2. Misión y visión

Visión: Ser líder mundial en nuestro campo.

Misión: Entregar calidad, servicio y valor de excelencia a nuestros clientes. Enfoque en innovación, excelencia operacional y crecimiento global. Proporcionar oportunidades y una vida laboral gratificante para nuestros colaboradores.

- **Cultura:** Vivimos nuestros valores a diario, en cada comunidad y en cada interacción, tratando a nuestros clientes, socios y a los demás con dignidad y respeto. Nuestro éxito depende de ello.

1.2.3. Política integral

En la actualidad, los materiales avanzados de H&V contribuyen a un mundo más limpio al proporcionar aire y líquidos limpios, impulsar vehículos híbridos, start-stop y eléctricos y permitir el almacenamiento de energía.

En Hollingsworth & Vose (Hovomex), queremos crear un mundo más limpio. Con productos producidos de manera sostenible y ética y cientos de empleados en docenas de comunidades de todo el mundo, estamos preparados para brindar soluciones avanzadas a los desafíos materiales de hoy y de mañana.

1.2.4. Valores

- Valores: Integridad, Compromiso e Innovación.

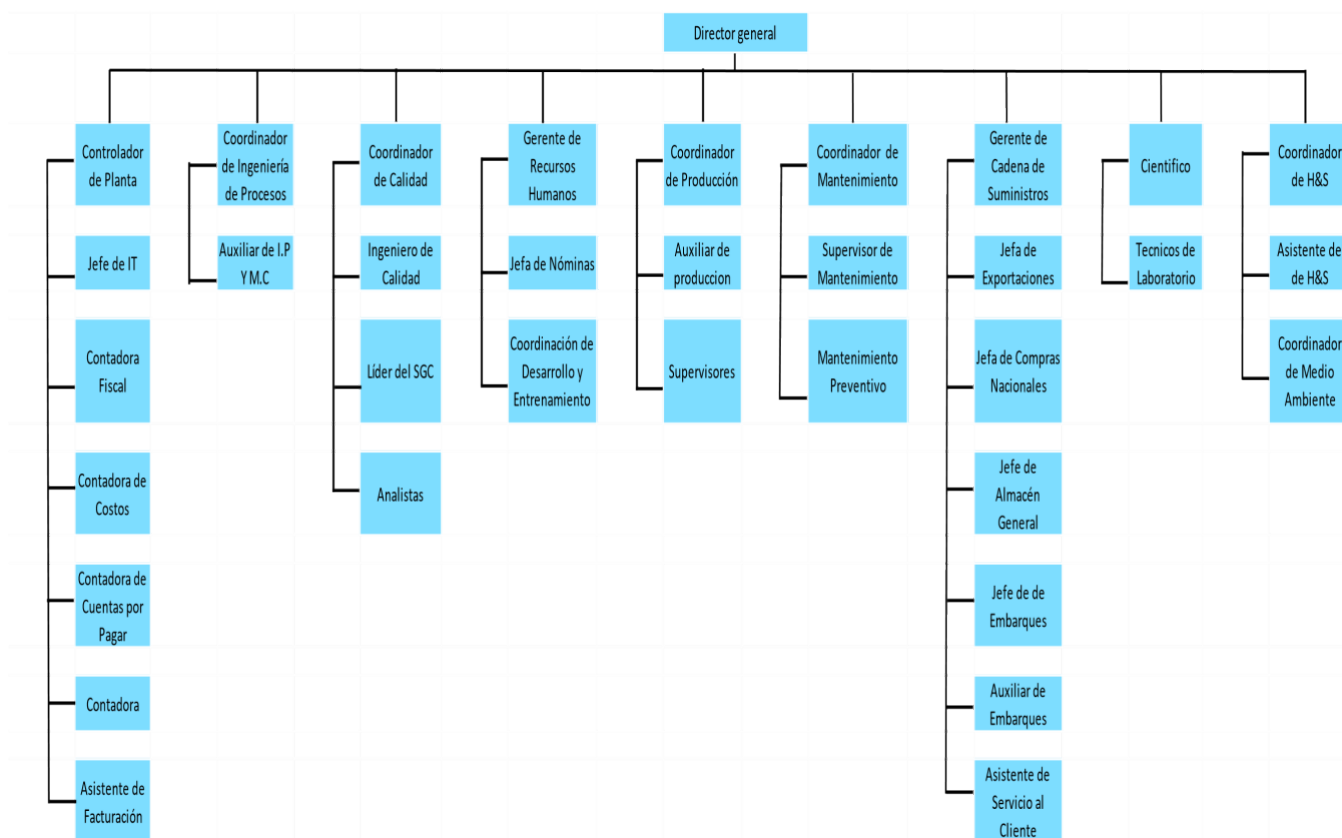
1.2.5. Área de trabajo del estudiante y puesto

Área de trabajo: Departamento de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente

Apoyo auxiliar de las actividades de la asistente de medio ambiente y manejo de energías.



Organigrama de Hollingsworth & Vose



1.3.Problemas a resolver

La organización no cuenta con un plan para reducir el consumo de agua fresca y hacer cambio por agua tratada.

No existe una cultura del cuidado del agua entre los colaboradores de Hovomex.

No hay coordinación entre el área de producción y la PTAR.

1.4. Objetivos

General

Establecer acciones para reducir el consumo de agua fresca y aumentar el uso de agua tratada en el proceso productivo de Hovomex S.A de C.V.

1.4.1 Objetivos específicos

Identificar áreas de oportunidad para la puesta en marcha de actividades que reduzcan el consumo de agua en Hovomex S.A de C.V.

Establecer indicadores de control para visualizar y realizar acciones preventivas y/o correctivas con el fin de mejorar la gestión de agua en Hovomex.

Identificar las áreas críticas y de mejora en la PTAR con proveedores externos para establecer un plan de mantenimiento correctivo y preventivo.

Realizar un análisis de los consumos de agua (agua fresca, agua tratada) en la empresa Hovomex S.A de C.V.

Realizar un análisis de calidad del agua tratada mediante el monitoreo de parámetros como: color, turbidez, sólidos en suspensión.

Realizar comparación de datos históricos de consumos de agua y calidad del agua tratada.

Proponer tecnologías de tratamiento y reutilización del agua para aumentar la cantidad de agua tratada en proceso y disminuir el agua fresca.



1.5. Justificación

La implementación de este proyecto es crucial para asegurar el cumplimiento de reducir el consumo de agua fresca en el proceso productivo de Hovomex S.A. de C.V. con el fin de evitar los problemas asociados, como costos elevados, impacto ambiental, y posibles problemas de suministro que afecta la sostenibilidad de la empresa, la relación con los recursos hídricos locales y el cumplimiento de normativas medioambientales.

2 MARCO TEÓRICO

2.1. Impacto ambiental

Definición

Se define impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. Un huracán o un sismo pueden provocar impactos ambientales, sin embargo el instrumento Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se orienta a los impactos ambientales que eventualmente podrían ser provocados por obras o actividades que se encuentran en etapa de proyecto (impactos potenciales), o sea que no han sido iniciadas. De aquí el carácter preventivo del instrumento.

Tipos de impactos ambientales

Existen diversos tipos de impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo con su origen, en los provocados por:



El aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón.

Contaminación. Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.

Ocupación del territorio. Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.

Asimismo, existen diversas clasificaciones de impactos ambientales de acuerdo con sus atributos tal y como se muestra en la tabla 1 del apartado A) de los anexos.

Fuentes: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Impacto ambiental y tipos de impacto ambiental. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>.

2.2. Gestión del consumo de agua

¿Qué es el agua ?

Es la única sustancia que se puede encontrar en los tres estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso) de forma natural en la Tierra .

No tiene color, sabor ni olor. Su punto de congelación es a cero grados Celsius (°C), mientras que el de ebullición es a 100 °C (a nivel del mar). El agua del planeta está cambiando constantemente y siempre está en movimiento.

El agua tiene un alto índice específico de calor, es decir que tiene la capacidad de absorber mucho calor antes de que suba su temperatura. Por este motivo, el agua adquiere un papel relevante como enfriador en las industrias y ayuda a regular el cambio de temperatura del aire durante las estaciones del año.

El agua posee una tensión superficial muy alta, lo que significa que es pegajosa y elástica. Se une en gotas en vez de separarse. Esta cualidad le



proporciona al agua la acción capilar, es decir, que se pueda desplazar por medio de las raíces de las plantas y los vasos sanguíneos y disolver sustancias.

Clasificación del agua

El Agua en función de sus características clasifica en 3 grandes grupos

- Sólido
- Líquido
- Gaseoso

Fuentes: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Comisión Nacional del Agua | 07 de octubre de 2017 <https://www.gob.mx/imta>

Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) Comisión Nacional del Agua | 07 de octubre de 2017 <https://water.usgs.gov/gotita/waterproperties.html>

El agua virtual y la huella hídrica

No solo el agua que vemos frente a nosotros cuando la usamos es toda la que consumimos. La mayor cantidad del agua que utilizamos se encuentra en los productos y servicios que a diario utilizamos punto y seguido en la medida de que las acciones que tomamos para cuidar el agua a través del uso indirecto que tenemos de ella, mayor será nuestro ahorro.



Ahorrar el agua y utilizarla de manera eficiente es algo que durante mucho tiempo se ha escuchado, por ejemplo cerrar la llave mientras nos enjabonamos, utilizar cubeta para lavar el coche o un vaso para lavarnos los dientes. Sin embargo esa agua que utilizamos para actividades domésticas lavarnos las manos, los platos, regar el jardín, lavar la ropa o limpiar la casa representa tan sólo el 4% del agua que utilizamos en nuestras actividades diarias.

Ya que la mayor parte de nuestro consumo de agua es indirecto, es necesario conocer las cantidades de agua que se encuentran detrás de la fabricación o elaboración de cada producto esa es la razón por la cual fue creado el concepto de huella hídrica entre (HH), Que toma en cuenta toda el agua que de alguna manera nos apropiamos para nuestras actividades, con lo que alteramos el ciclo del agua en el planeta. La (HH) puede aplicarse a productos, regiones, organizaciones o personas, y puede referirse a la producción o al consumo.

¿Que es el agua virtual?

El agua virtual (AV) representa el cálculo de la cantidad total del agua que se requiere para obtener un producto, lo cual incluye el agua utilizada durante el cultivo, el crecimiento, procesamiento, fabricación, transporte y venta de los productos. Para cada alimento y producto agrícola o industrial se puede calcular el contenido de agua virtual y se dice que es virtual porque no está presente en los productos finales.

Posiblemente nunca nos hemos preguntado cuánta agua se necesita para generar la carne que comemos o mantener limpia la ropa, lo cual, puede ser debido a la creencia de que vivimos en un país con gran abundancia de agua. Sin embargo,

debido al crecimiento y desarrollo tecnológico, industrial y de servicios, cada vez incrementa más la demanda de mayores volúmenes de recursos naturales, incluyendo el agua.

¿Qué es la huella hídrica?

La huella hídrica (HH) es un indicador de toda el agua que utilizamos en nuestra vida diaria; para producir nuestra comida como en procesos industriales y generación de energía, así como la que ensuciamos y contaminamos a través de esos mismos procesos.

Este indicador nos permite conocer la cantidad de agua que aprovecha una persona, un grupo de consumidores, una región, un país o toda la humanidad.

Relación HH y el agua virtual

el concepto de la huella hídrica (HH) se encuentra muy ligado al agua virtual, ya que la HH es un concepto que se refiere al agua utilizada en la creación de un producto. Por lo cual podemos hablar del contenido del agua virtual de un producto, en lugar de su huella hídrica. No obstante la HH tiene una aplicación todavía más amplia, ya que refiere al índice de consumo de agua a través del conjunto de productos o servicios que ésta consume.

Así pues, la HH no sólo se refiere al volumen contenido de agua de cada producto, sino un indicador multidimensional que hace explícito el lugar de origen, la fuente (color) y el momento en que el agua es utilizada y regresada (al lugar de origen o bien a otro lugar).

Componentes de la Huella Hídrica (HH):

La HH considera únicamente el agua dulce y se conforma de 4 componentes básicos:

- Volumen
- Color/clasificación del agua • Lugar de origen del agua • Momento de extracción del agua

Identificar estos datos permite analizar la huella hídrica, sin embargo es necesario tomar en cuenta aspectos locales para dar un contexto real y útil al concepto.

Por ejemplo:

- Impactos en tiempo y espacio de la extracción del agua y su retorno como agua residual o tratada,
- Nivel de productividad del agua en la zona,
- Condiciones de escasez o estrés hídrico,
- Usos locales del agua y el acceso de la población al recurso, • Impactos en la cuenca baja
- Demás factores que puedan incidir en el mantenimiento del equilibrio en cada cuenca hidrológica.

La HH considera el lugar de donde proviene el agua y, en función de ello, la clasifica en 3 tipos o colores: azul, verde y gris:



Agua azul

Se refiere a la que se encuentra en los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, esteros, etc.) y subterráneos; es decir la extracción de agua superficial y subterránea de determinada cuenca.

Es decir, si el agua utilizada regresa intacta al mismo lugar del que se tomó dentro de un tiempo breve, no se toma en cuenta como HH.

Agua verde

Es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad. Particularmente el uso de agua de lluvia ocupada durante el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal.

Agua gris

Es toda el agua contaminada durante un proceso. Sin embargo, esta no es un indicador de la cantidad de agua contaminada, sino de la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de éstos y los estándares locales de calidad del agua vigentes. La suma del agua verde, el agua azul y el agua gris que requiere un producto o servicio dentro de todo el proceso de elaboración será su huella hídrica.

¿Cómo se mide la HH?

La HH se calcula como el consumo doméstico de los recursos hídricos, menos las exportaciones de agua virtual, más las importaciones de agua virtual.

Para un producto, es el contenido total de agua azul, verde y gris involucrada en toda la cadena de procesos de elaboración del mismo.

- La HH de una persona se obtiene de sumar la HH de todos los productos, bienes y servicios que consume y utiliza.



- La HH de producción de un país se obtiene de sumar el agua verde, azul y gris en todos sus procesos productivos agropecuarios, así como el agua azul y gris de los industriales y domésticos.
- La HH de consumo de un país es lo que produce para consumir (quitando las exportaciones), y lo que importa para consumo.
- La HH externa es la proporción del consumo de un país que fue producido en otro país.
- Transferencias de Agua Virtual: El contenido de agua virtual transferido a otros países mediante el comercio de productos.

Fuentes:

ARREGUÍN-CORTÉS, F LÓPEZ-PÉREZ, M., MARENGO-MOGOLLÓN, H. & TEJEDA-GONZÁLEZ, C. *Agua virtual en México, Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XXII, no. 4, Octubre-Diciembre, 2007, pp.

Datos de porcentaje de agua a nivel mundial, nacional, estatal.

Huella hídrica en el mundo.

Para los países desarrollados, el nivel de consumo de bienes y servicios es alto, la huella hídrica por persona es grande debido al mayor nivel adquisitivo y alto consumo de carne y productos industrializados. En contraparte, los países en desarrollo, generalmente tienen huellas hídricas bajas, aunque en ocasiones tienen huellas hídricas por persona altas aunque sus niveles de consumo sean menores,



si tienen una baja eficiencia en el uso del agua o condiciones climáticas desfavorables para el cultivo.

Debido a que no todos los bienes consumidos en un país son producidos en el mismo, la huella hídrica se calcula tomando en cuenta el uso de los recursos hídricos domésticos y los procedentes del extranjero. Cuando se importan bienes, se está importando también la cantidad de agua que se usó en otros países para producirlos y transportarlos. Cuando se exportan, también se exporta agua. Al intercambio de agua relacionado con el comercio internacional se le llama mercado de agua virtual.

Nuestra HH de consumo se compone de lo que comemos, bebemos y utilizamos. A nivel mundial, la HH de consumo per cápita se estima en $1,385 \text{ m}^3/\text{año}$. Los tres países norteamericanos se encuentran por encima de este promedio: EUA ocupa el 8° lugar, Canadá el 20° y México el 49° para este indicador. El consumo de productos agropecuarios compone la mayor parte de nuestra HH como individuos. El agua virtual propia que usa una nación para producir los bienes que consume, más el agua virtual que importa, menos el agua virtual que exporta constituyen la huella hídrica de cada país. La huella hídrica promedio de México es de $1,978 \text{ m}^3$ por habitante por año, ligeramente superior al promedio mundial, que es de 1.385 m^3 .

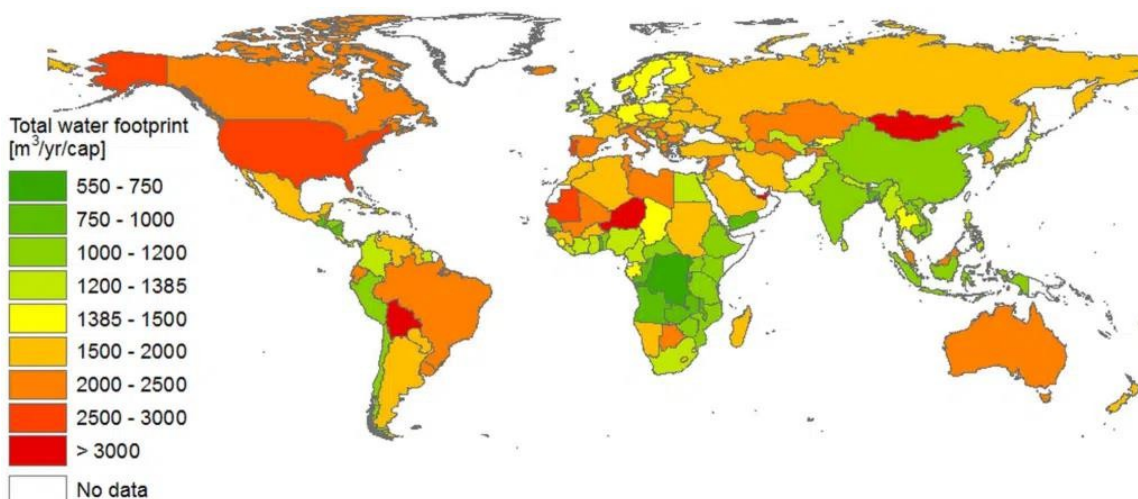


Ilustración 2. Mapa mundial de huella hídrica

Fuentes: ARREGUÍN-CORTÉS, F LÓPEZ-PÉREZ, M., MARENGO-MOGOLLÓN, H. & TEJEDA-GONZÁLEZ, C. Agua virtual en México, *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XXII, no. 4, Octubre-Diciembre, 2007, pp.

Huella hídrica a nivel nacional

Huella Hídrica de producción en México

México es el 11o país con mayor HH de producción en el mundo. La producción agrícola es el componente mayoritario, seguido del sector pecuario (pastoreo y producción), juntos representan el 91%. Los consumos doméstico e industrial son responsables del 9% de la HH restante, en su mayoría agua gris.

El indicador de HH de producción es dinámico, ya que cambia cada año en función de la variabilidad que tienen los usos: la producción agrícola no es igual cada año, en la industria aparecen nuevos usuarios y, varía la eficiencia de sus procesos, y en las ciudades aumenta la población con acceso a agua potable, drenaje y las plantas de tratamiento. En paralelo, cuando llueve en exceso o hay sequía, varía la disponibilidad de agua y con ello los usos que ésta tiene.



Ilustración 3 huella hídrica de producción en México.

Fuentes: ARREGUÍN-CORTÉS, F LÓPEZ-PÉREZ, M., MARENGO-MOGOLLÓN, H. & TEJEDA-GONZÁLEZ, C. Agua virtual en México, Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXII, no. 4, Octubre-Diciembre, 2007, pp.

Huella hídrica a nivel estatal

El volumen diario disponible de agua por persona del que tienen registro los investigadores tlaxcaltecas de acuerdo con información de CONAGUA, señala que en el 2000, cada habitante de Tlaxcala tenía 78 litros de agua para consumo diario; para 2020, esa cantidad bajó a 61.5 litros. Mientras que en 2030 se proyecta que caiga a 52.1, y en 2040 a 44.1.

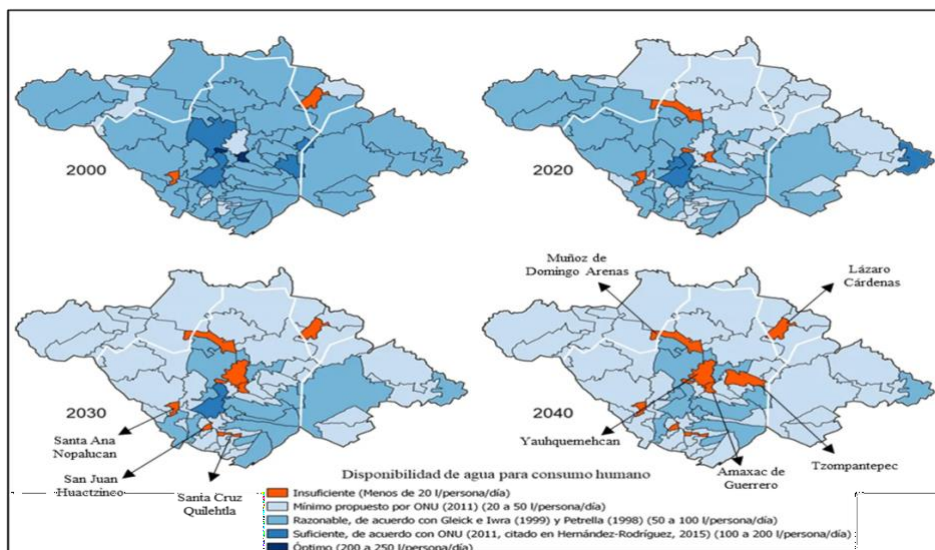


Ilustración 4 huella hídrica a nivel estatal

Fuentes: 31 marzo, 2022 Por *Diana Karen Jiménez Laguna* 2 min. lectura

<https://escenariotlx.com/2040-de-cuantos-litros-diarios-de-agua-dispondra/>

Legislación en materia de agua

El agua en la Constitución

La gestión jurídica del agua es puntualizada en los artículos 4, 27 y 115 de la Constitución, que sientan las bases para la legislación del vital líquido.

En el artículo 4, párrafo 6, se reconoce el derecho humano al agua:

“Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.



El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.

El artículo 27 establece que la propiedad de las aguas corresponde originalmente a la Nación y menciona los tipos de cuerpos de agua y las condiciones para que las aguas sean consideradas como federales; fuera de estos casos, podrán ser de jurisdicción estatal o privadas:

“La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; la de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de



los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten las entidades federativas”.

Por último, en el artículo 115, fracción III, inciso a, se establece la facultad que tienen los municipios para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

“Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:
Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales”.

Fuentes: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua | 23 de octubre de 2019

<https://www.gob.mx/imta/articulos/el-agua-en-la->

[constitucion#:~:text=En%20el%20artículo%204%2C%20párrafo,%2C%20salubre%2C%20aceptabl e%20y%20asequible.">constitucion#:~:text=En%20el%20artículo%204%2C%20párrafo,%2C%20salubre%2C%20aceptabl e%20y%20asequible.](#)

Ley de aguas nacionales (normas aplicables)

La Ley de Aguas Nacionales de México es el marco legal que regula la gestión, uso y conservación del agua en el país. Aunque esta ley no está específicamente dirigida a la industria del papel filtro, sus disposiciones son aplicables a cualquier sector que utilice agua en sus procesos, incluyendo esta industria. A continuación, se resumen las principales disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales que podrían aplicarse a la industria del papel filtro:

- Derechos de uso de agua (Títulos de concesión) **ARTÍCULO 3. Fracc XIII**
- La industria del papel filtro requiere agua para sus procesos de producción. Según la Ley de Aguas Nacionales, cualquier uso de agua debe estar amparado por un título de concesión o asignación otorgado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
- La concesión establece el volumen de agua autorizado, el plazo de vigencia y las condiciones específicas de uso.
- Descargas de aguas residuales **ARTÍCULO 3. Fracc XXII.**
- La industria del papel filtro genera aguas residuales durante su producción. La ley exige que estas descargas cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs).
- Es obligatorio obtener un permiso de descarga y monitorear la calidad del agua vertida.



- Zonas de veda y reserva **ARTÍCULO 3 Fracc LXIV Y LXV**

En áreas declaradas como zonas de veda (prohibición de extracción) o zonas de reserva (destinadas a usos específicos), la industria del papel filtro podría enfrentar restricciones para obtener agua. En estos casos, debe buscar alternativas como la recolección de agua pluvial o el reúso.

- Reúso y tratamiento de agua **ARTÍCULO 3 Fracc XLVI**

- La ley fomenta el reúso y tratamiento de aguas residuales. La industria del papel filtro debe implementar sistemas de tratamiento para reducir su impacto ambiental y, en algunos casos, reutilizar el agua en sus procesos.

- Uso industrial. **ARTICULO 3 Fraccion LVIII**

- "Uso industrial": La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.



- Uso eficiente del agua **ARTÍCULO 4.**

La ley promueve el uso eficiente del agua. La industria del papel filtro debe implementar tecnologías y prácticas que minimicen el consumo de agua y reduzcan el desperdicio.

- Participación en consejos de cuenca **ARTÍCULO 13**

- La ley promueve la participación de los usuarios de agua, incluyendo la industria, en los Consejos de Cuenca. Estos órganos toman decisiones sobre la gestión del agua en una región específica.

- Pago de derechos **ARTÍCULO 34.**

El uso de agua conlleva el pago de derechos (impuestos) por el uso y aprovechamiento del recurso. El monto depende del volumen de agua utilizado y de la región donde se encuentre la industria.

- Sanciones por incumplimiento **ARTÍCULO 88 BIS**

El incumplimiento de las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales puede resultar en sanciones económicas, suspensión de concesiones o incluso el cierre temporal o permanente de la industria.



- Impacto ambiental

Aunque no es parte directa de la Ley de Aguas Nacionales, la industria del papel filtro también debe cumplir con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que incluye disposiciones sobre el impacto ambiental de sus actividades relacionadas con el agua.

Fuentes: *Última Reforma DOF 08-05-2023*

<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>

Normas Oficiales Mexicanas vigentes en materia hídrica aplicables al proyecto:

1. NOM-001-SEMARNAT-2021

Título: "Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales".

Aplicación: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes que pueden contener las aguas residuales descargadas por la industria. La fábrica de papel filtro debe tratar sus aguas residuales para cumplir con estos límites antes de su descarga.

Parámetros clave: Sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), metales pesados, pH, grasas y aceites, entre otros.

La industria está obligada a monitorear y reportar su uso de agua y la calidad de sus descargas a CONAGUA. Esto incluye la presentación de informes trimestrales y la instalación de medidores de agua.

Fuentes:DOF:11/03/2022

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105139/Normas_Oficiales_Mexicanas.pdf

2.3 Planta de tratamiento de aguas (PTAR)

¿Que es una planta de tratamiento de aguas (PTAR)?

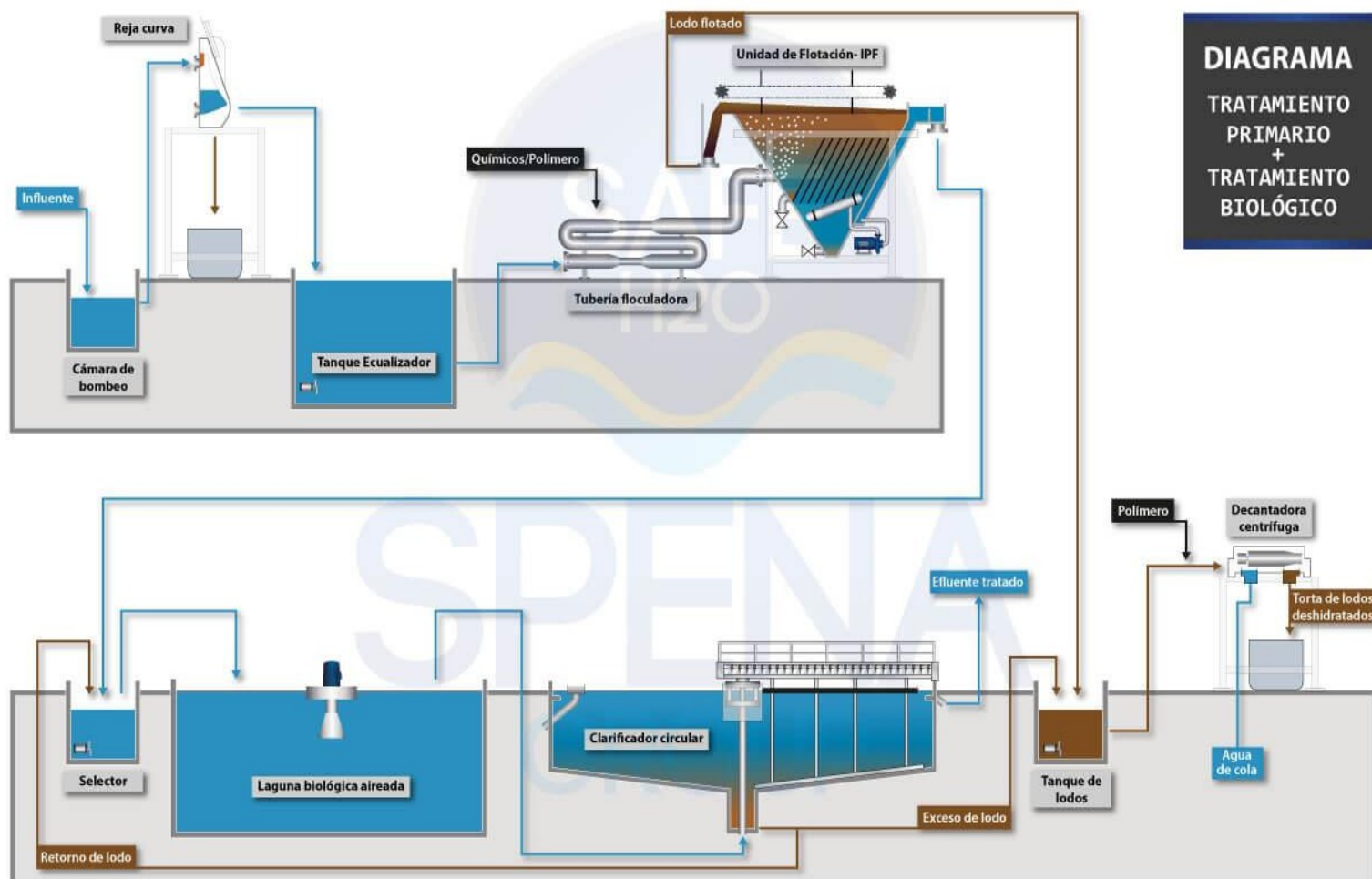


Ilustración 5 planta de tratamiento de agua



Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tanto Industrial (PTARI) como Doméstica (PTARD) es un requisito importante para la conservación de vida en el planeta y el cuidado del agua. Con el tiempo, se han mejorado los métodos y aplicaciones para el tratamiento de aguas residuales. Muchas de estas tecnologías para el tratamiento de aguas, permiten una recuperación de recursos y se dan un valor importante al residuo que se genera.

¿Cómo funciona una planta de tratamiento de aguas residuales?

El tratamiento de aguas residuales se realiza básicamente en tres etapas: Tratamiento preliminar y primario, que elimina 40-60% de los sólidos. Tratamiento secundario, que elimina aproximadamente el 90% de los contaminantes y completa el proceso para la parte líquida de las aguas residuales separadas.

Tratamiento Terciario y eliminación de lodos (biosólidos).

- **PROCESOS**

Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales pueden ser generadas por:

- Residencias.
- Instituciones.
- Locales comerciales e industriales.

Pasos para Tratamiento de Aguas Residuales:

1. Tratamiento primario (asentamiento de sólidos):



Consiste en la eliminación de sólidos gruesos, resultando en una reducción de la carga contaminante en sus aguas residuales. Dependiendo de la calidad requerida de sus efluentes finales usted puede necesitar ya sea un filtro, un sistema de flotación o un sistema de floculación y flotación. Si usted descarga su agua a un sistema de alcantarillado un tratamiento primario puede ser suficiente para lograr los requerimientos del efluente final.

- Remoción de sólidos.
- Remoción de arena.
- Tanque de sedimentación primaria en la planta de tratamiento rural.
- Sedimentación.

2. Tratamiento secundario:

Conocida también como tratamiento biológico requerida para aquellos que descargan residuos al medio ambiente, como ríos u otro cuerpo de agua natural. Este tipo de Tratamiento hace uso de Bacterias para remover materia Biodegradable Disuelta en su Agua Residual. En general estos sistemas se dividen en dos grupos. (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente).

- Fangos activos.
- Camas filtrantes (camas de oxidación).
- Sedimentación secundaria.

3. Tratamiento terciario:

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. De los tres tipos de tratamiento de aguas residuales este es más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

Muchas veces el tratamiento terciario se emplea para mejorar los efluentes del tratamiento biológico secundario. Se ha empleado la filtración rápida en arena para poder eliminar mejor los sólidos y nutrientes en suspensión y reducir la demanda bioquímica de oxígeno. (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección).

- Filtración.
- Lagunaje.
- Tierras húmedas construidas.
- Remoción de nutrientes.
- Desinfección.

4. Tratamiento químico:

Este paso es usualmente combinado con procedimientos para remover sólidos como la filtración.

- Eliminación del hierro del agua potable.
- Eliminación del oxígeno del agua de las centrales térmicas.
- Eliminación de los fosfatos de las aguas residuales domésticas.



- Eliminación de nitratos de las aguas residuales domesticas y procedentes de la industria.

5. Tratamiento biológico:

- Lechos oxidantes o sistemas aeróbicos.
- Post – precipitación.
- Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas de cada jurisdicción.

6. Tratamiento físico químico:

- Remoción de sólidos.
- Remoción de arena.
- Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes.
- Separación y filtración de sólidos, el agregado de cloruro férrico ayuda a precipitar en gran parte a la remoción de fósforo y ayuda a precipitar biosólidos.

Fuentes: 10 diciembre, 2016 <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-ptar/>



Tipos de plantas de tratamiento

Existen varios tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales, cada una con sus propios procesos y beneficios. A continuación, presentamos algunos de los más comunes:

Plantas de Tratamiento Físico: Utilizan procesos físicos como la sedimentación y la filtración para eliminar los sólidos y otros materiales de las aguas residuales.

Plantas de Tratamiento Biológico: Implementan microorganismos para descomponer la materia orgánica. Estos pueden ser de tipo aeróbico (requieren oxígeno) o anaeróbico (no requieren oxígeno).

Plantas de Tratamiento Químico: Utilizan procesos químicos, como la coagulación y la floculación, para eliminar contaminantes específicos.

Plantas de Tratamiento de Lodos Activados: Usan una mezcla de aire y lodo con las aguas residuales. Los microorganismos en el lodo descomponen la materia orgánica.

Plantas de Tratamiento de Lagunas de Estabilización: Utilizan lagunas o estanques y los microorganismos presentes para descomponer la materia orgánica.

Plantas de Tratamiento de Filtros Percoladores: Aplican un lecho de roca, escoria o grava cubierto de microorganismos para tratar las aguas residuales.

Plantas de Tratamiento de Membranas: Emplean membranas semipermeables para eliminar sólidos, bacterias y otros contaminantes.

La elección del tipo de planta de tratamiento depende de múltiples factores, como la cantidad y calidad de las aguas residuales a tratar, la ubicación de la planta y las regulaciones locales. En la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento (CEAS), nos comprometemos a utilizar los métodos más adecuados y eficientes para garantizar el tratamiento seguro de nuestras aguas residuales.

Fuentes: Cortesía de la Gaceta PUMAGUA. Agosto de 2010. www.pumagua.unam.mx Planta de tratamiento de aguas residuales de Cerro del Agua en la Ciudad Universitaria usada para el riego de sus áreas verdes. http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/gacetas/gaceta_Ags_2010_aguatratada.pdf

2.3.1 Consideraciones aplicadas al proyecto

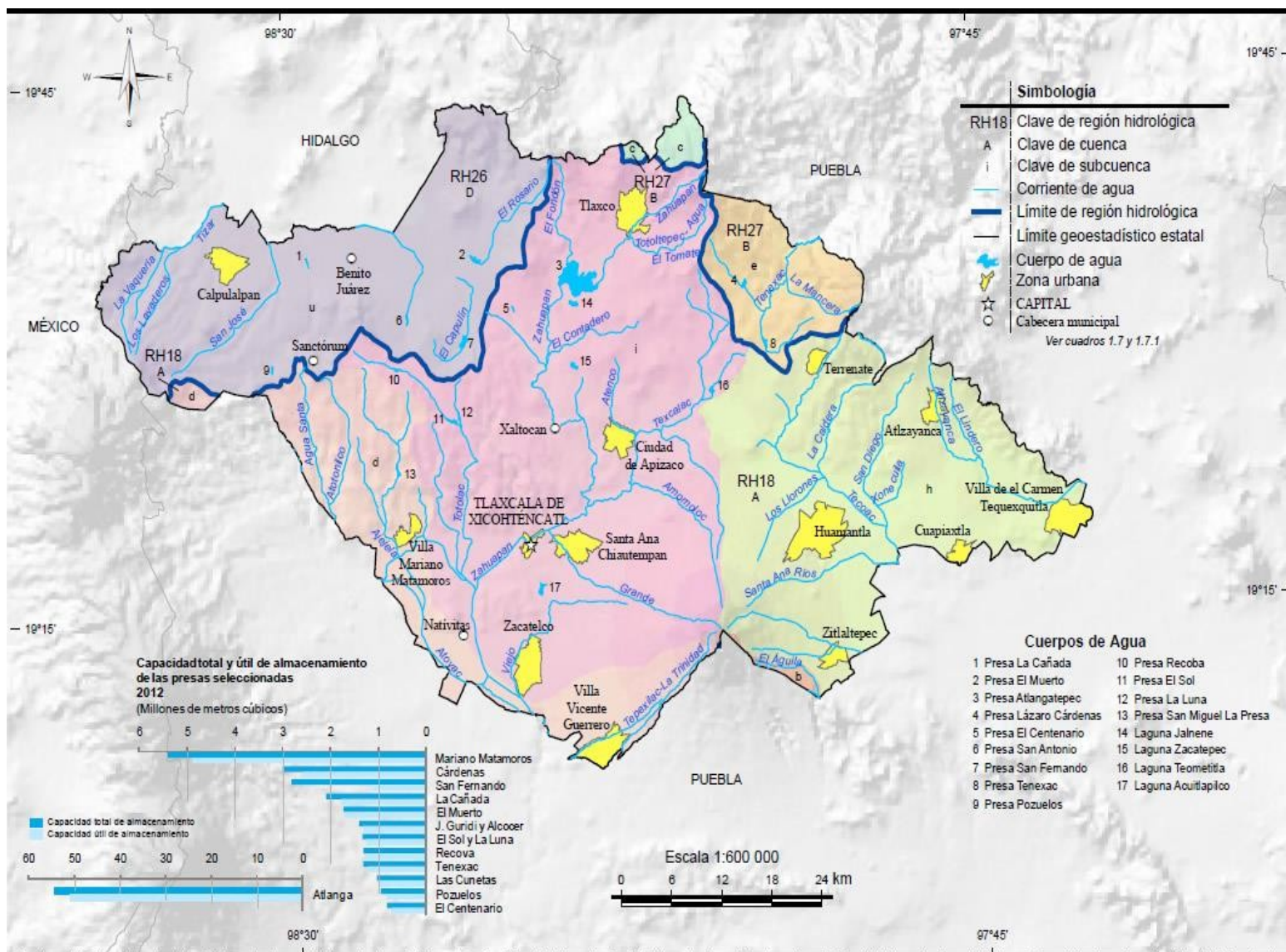
El agua en Tlaxcala

Un sistema hídrico son todos los recursos que son cuerpos de aguas que existen en nuestro planeta, desde los océanos hasta los ríos, lagos, arroyos y lagunas estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida

Agua subterránea

Las aguas subterráneas representan la principal fuente de abastecimiento de agua en la entidad, por lo que la forma en que se presenta su ocurrencia y disponibilidad en las diferentes regiones de Tlaxcala es estratégica para el desarrollo de nuestro estado en condiciones geológicas e hidrogeológicas del territorio estatal, junto con su régimen pluvial característico, conforman el marco natural en que se desarrolla la situación hidráulica de los recursos hídricos subterráneos de la entidad.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha establecido una denominación única para los acuíferos de la república mexicana. Para el estado de Tlaxcala, ha definido cuatro acuíferos dentro de su territorio observamos el mapa a continuación



Fuente: INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México escala 1:250 000.
INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales Escala 1:250 000, serie I.
INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000, serie II.
Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal. Distrito de Riego 056 "Atoyac-Zahuapan".

Ilustración 6 sistemas hídricos en Tlaxcala



De acuerdo a datos de la CONAGUA, Tlaxcala mantiene un balance positivo de aguas subterráneas para cada uno de sus acuíferos, sin embargo, dicha disponibilidad se va disminuyendo año con año, debido al incremento de la demanda de agua para diferentes usos, la recarga de agua natural no es suficiente para compensar el volumen extraído, lo que nos obliga a realizar acciones conjuntas de los 3 niveles de gobierno como son la reforestación, limpieza de barrancas, desolve de presas, tratamiento de aguas residuales entre otras acciones.

Primera edicion, abril de 2022

D.R 2022 Comision Estatal del Agua de Tlaxcala margen izquierdo del rio Zahuapan sin numero, San Hipolito Chimalpa cp 90112 Tlaxcala Tlaxcala.

<https://ceat.gob.mx/Administracion%20y%20Finanzas/EI%20Agua%20Es%20Tu%20Bienestar.pdf>

2.4 ¿Que es el sistema krofta?

Es una empresa ubicada en Suiza, considerada como una de las pioneras en la tecnología de flotación por aire disuelto (DAF) y la más antigua fabricante de equipos (DAF), existente en el mundo.

Profundamente arraigada en la industria del procesamiento, diseña y fabrica equipos de tratamiento de aguas residuales y sistemas para la mayoría de aplicaciones industriales y municipales.

Los clarificadores Krofta tienen un tiempo de retención de tan sólo 3 minutos, superando a otros sistemas de sedimentación que se caracterizan por tiempos de retención muy largos.



El tubo de dilución de aire Krofta (ADT)*, ofrece efluente saturado con aire en un tiempo de residencia de 10 segundos.

TUBO DE DILUSION ADT-KROFTA

El sistema de flotación KROFTA remueve las impurezas sólidas del agua flotándolas a la superficie. La razón de porque flotarán las impurezas, aún si son más pesadas que el agua, es que microscópicas burbujas de aire se adhieren a las impurezas o floculó haciéndolas flotar.

La Molina - Perú | Teléfono: 996-280853 / 998-267501

Derechos Reservados © Triton International Trading SA

<https://tritonperu.com/index.php/krofta>

3 DESARROLLO

3.1 Reducción de consumo de agua fresca y aumento de agua tratada.

La puesta en marcha de la propuesta contó principalmente con el apoyo del coordinador de seguridad higiene y medio ambiente, y con la asistente de medio ambiente y manejo de energías, quienes me compartieron sus visiones y aportes sobre cómo este proyecto contribuiría al éxito del mismo.

La reducción del consumo de agua fresca y el aumento de uso de agua tratada en una fábrica de papel filtro como en este caso la empresa Hovomex S.A. de C.V., no sólo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también generan ahorros económicos significativos. Mediante la implementación de tecnologías avanzadas, la estación de procesos y la concienciación del personal, la empresa puede lograr una gestión eficiente del agua, alineándose con los principios de la economía circular y la responsabilidad social corporativa.

Desde el inicio se buscó alternativas para reducir el consumo de agua fresca o agua bruta en base a a datos históricos recabados. Durante los primeros días se empiezan a hacer pruebas para determinar la calidad del agua, además de monitorear el alto consumo y las altas descargas en la planta, asociando las variables como meses, días, horas, grados de papel (tipo de papel). El área de trabajo será la (PTAR) llamado KROFTA.

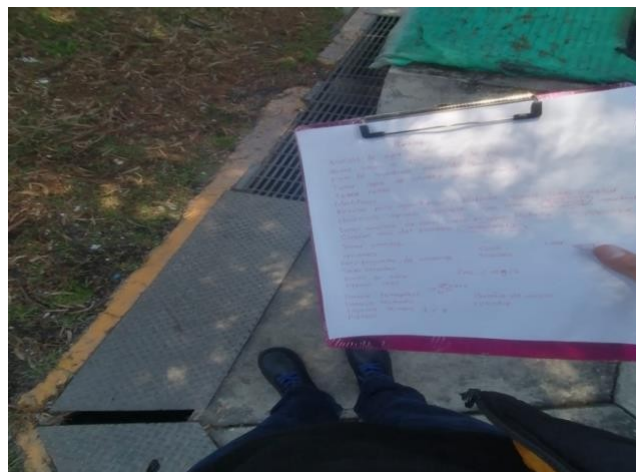
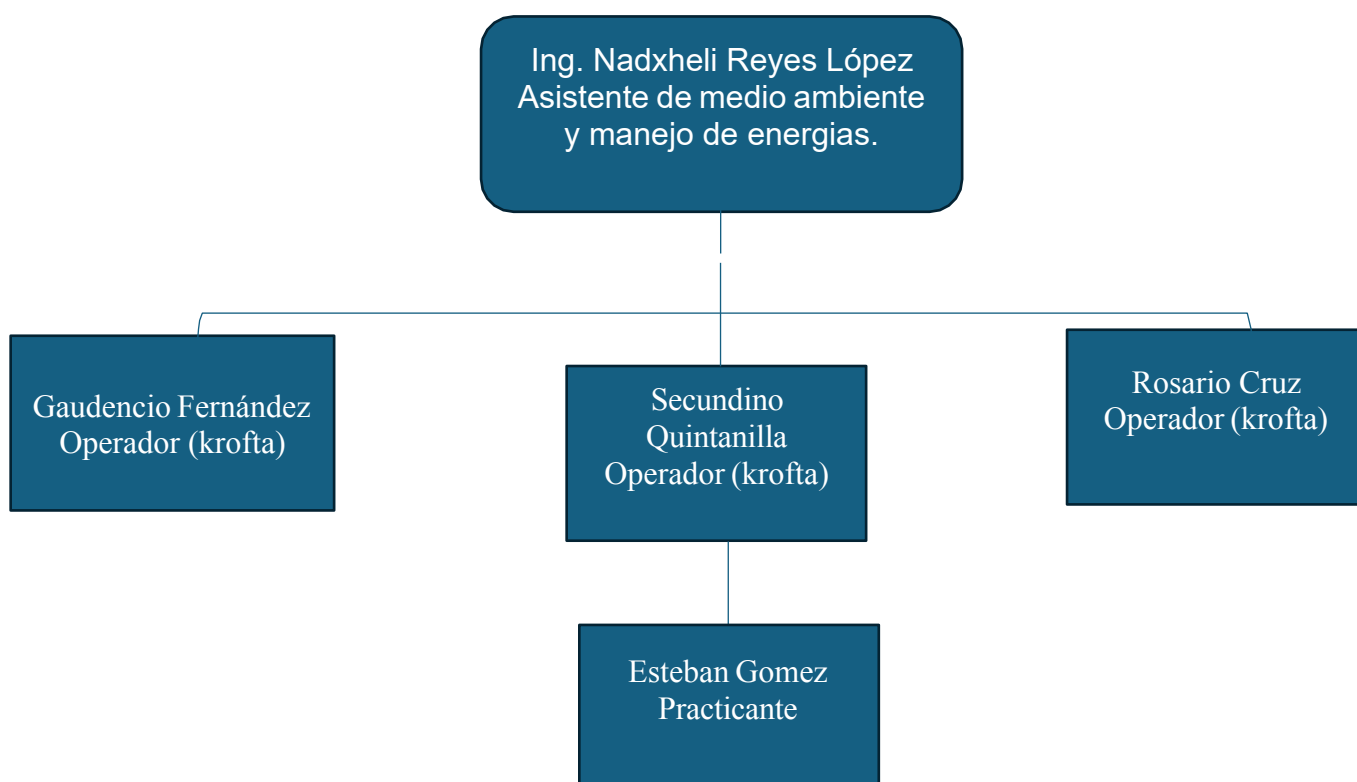


Ilustración 7 planta de tratamiento (krofta) y lista de verificación de actividades de Hovomex SA.de.CV.



ORGANIGRAMA AREA DE MEDIO AMBIENTE



Con ayuda de mi asesora y los operarios de la planta de tratamiento me fue posible recabar información para poder implementar acciones dentro del sistema hídrico, gracias a ellos tuve la oportunidad de aprender y experimentar cómo es el día a día de una planta de tratamiento de aguas de una fábrica de papel filtro.

3.2 Establecer indicadores de control de las acciones a desarrollar.

Para garantizar el éxito de las acciones orientadas a reducir el consumo de agua fresca y aumentar el uso de agua tratada en la empresa que fabrica papel filtro, es fundamental establecer indicadores de control que permitan monitorear, evaluar y ajustar las estrategias implementadas. Éstos indicadores deben ser claros, medibles y alineados con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia de la empresa. A continuación, se presentan los siguientes indicadores claves que se tomaron en cuenta.

Se propusieron unas tablas en excel con la cual se llevaba el control interno de pruebas de calidad agua con un equipo de medición llamado colorímetro para poder medir los niveles de color, turbidez, sólidos en suspensión para distintas zonas de Hovomex y justificar el uso de agua tratada en proceso.

1. Indicadores de consumo de agua

Dentro de la planta se monitorean de forma continua los consumos de agua, tanto la cantidad de agua que se extrae, como la cantidad de agua tratada que es enviada a proceso y la cantidad de agua descargada.



2. Indicadores de eficiencia hídrica

En este caso monitoreamos el consumo de agua de acuerdo con el tipo de papel (grado de papel) producido y se documentó en una tabla de Excel para su posterior análisis. También, se monitoreó la tasa de recirculación de agua en el proceso.

3. Indicadores de tratamiento y reutilización

Eficiencia del sistema de tratamiento (KROFTA): Visité la planta de tratamiento de aguas y verifiqué las deficiencias del sistema y las anoté en conjunto con los operadores.

4. Indicadores de reducción de descarga de agua

Monitoreamos el medidor de salida de descarga, el cual dice la cantidad de agua residual que se descarga una vez que es tratada en la PTAR. El objetivo fue reducir este volumen mediante la reutilización y el tratamiento.

5. Indicadores de cumplimiento y mejora continua.

Se midió el avance del cumplimiento para reducir el consumo de agua fresca. También el número de iniciativas implementadas para la mejora en la gestión hídrica, en el cual se propuso varias acciones o proyectos para implementar y para los próximos residentes que tomen el área.

3.2. Pruebas de calidad de agua

En Hovomex S.A de C.V, se usa el sistema (KROFTA) basado en la tecnología de flotación por aire disuelto (DAF), que juega que un papel muy importante en el tratamiento de aguas residuales generadas durante el proceso de producción.

Las pruebas de calidad de agua se realizaron todos los días a la 1 p.m para determinar los parámetros de color, turbidez y sólidos suspendidos. Lo anterior, es fundamental para monitorear que el sistema (KROFTA) funcione eficientemente y que el agua tratada cumpla con los estándares requeridos para su reutilización en proceso y la descarga a un cuerpo federal.



Ilustración 8 planta de tratamiento (krofta) y colorimetro de Hovomex SA.de.CV

A continuación presentaré cuáles son los parámetros de calidad de agua a evaluar.

Color: éste indica la presencia de sustancias disueltas o coloidales que pueden afectar la claridad del agua.



Ilustración 9 prueba de color de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

Turbidez: mide la cantidad de partículas suspendidas que dispersan la luz, afectando la claridad del agua.



Ilustración 10 prueba de turbidez de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

Sólidos suspendidos totales: es la cantidad de las partículas sólidas en suspensión en el agua tratada.



Ilustración 11 prueba de solidos suspendidos totales de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

Procedimiento

Todos los días se realizaron pruebas de agua, para lo cual se utilizaron vasos de precipitado para tomar las muestras y evitar la contaminación del agua. Posteriormente, se llenaban 2 celdas de muestras, en donde 1 frasco contenía el blanco (agua fresca) y el otro una muestra de agua tratada, y se procedía verificar los parámetros anteriormente mencionados. Con los resultados obtenidos se realizaron gráficas para analizar el comportamiento de la calidad del agua.



Ilustración 12 instrumentos para recolección de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

Áreas en donde se tomaron muestras para realizar los análisis de calidad de agua:



Ilustración 13 pruebas en bombas de vacío de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

- El Recuperador



Ilustración 14 pruebas en Recuperador de agua tratada de Hovomex SA.de.CV.

- El rotochip (regaderas)



Ilustración 15 pruebas en rotochip de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

- El tanque hexagonal



Ilustración 16 pruebas en tanque hexagonal de agua tratada de Hovomex S.A. de C.V.

- El tanque techado



Ilustración 17 pruebas en tanque techado de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

- Laguna 1



Ilustración 18 pruebas en laguna 1 de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

- Laguna 3



Ilustración 19 pruebas en laguna 3 de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

- Parshall o Descarga del agua



Ilustración 20 pruebas en parshall- descarga de agua tratada de Hovomex SA.de.CV

- Cisterna de agua fresca



Ilustración 21 pruebas en cisterna de agua fresca del pozo de Hovomex SA.de.CV

3.2.Pruebas de dosificación

Las pruebas de dosificación son un componente crítico en el tratamiento de aguas, especialmente en procesos como la coagulación o floculación, donde se añaden químicos para aglomerar partículas y facilitar su separación, estas pruebas son esenciales para optimizar el uso de coagulantes y floculante, garantizando la eficiencia del tratamiento de aguas residuales y la calidad del agua tratada. A continuación voy a describir el proceso y la importancia de estas pruebas.

Metcalf & Eddy, Inc. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education

Objetivo de las pruebas de dosificación.



Determinar la cantidad óptima de coagulante y floculante necesarios para lograr una separación eficiente de sólidos y contaminantes a través de el dispensador o bomba, el cual tiene la función de mandar el coagulante EJ PAC 203, encargado de compactar los finos en la en la tina del sistema krofta.

También fue nuestro objetivo asegurar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad requeridos para su reutilización.

Metodologías para las pruebas de dosificacion

Se realizaron las pruebas durante tres días por cada hora, desde la hora de entrada hasta la hora de salida, para tener un mayor rango de monitoreo.

También se analizaron las dosis para identificar qué dosis proporciona la mejor clarificación del agua con el menor consumo de químicos.

Implementación en el sistema krofta

Una vez que se determinó la dosis óptima en las pruebas de agua, se procedió a ajustar las dosificaciones en el sistema krofta. Y a monitorear continuamente el proceso para asegurar que la dosificación sea consistente y efectiva.

Beneficios de las pruebas de dosificación.

Mejora la eficiencia del sistema krofta

Cumplimiento de las normativas ambientales y de calidad de agua.

Fecha	Momento de toma de muestra	Ubicación	Color (Pt- Co)	Turbidez (FAU)	Sólidos suspendidos.	Tablero
-------	----------------------------------	-----------	-------------------	-------------------	-------------------------	---------

03/09/2024 10:46	Tanque hexagonal	26	7	5	50/30
03/09/2024 Mañana	Tanque techado	20	4	4	
03/09/2024 Mañana	Laguna 1	20	6	5	
03/09/2024 Mañana	Laguna 3	15	0	0	
03/09/2024 Mañana	Parshall	41	9	9	

Tabla 1 de configuracion de dosificacion aceptable de krofta.



Ilustración 22 imagen de configuracion de dosificacion aceptable de krofta.

Aquí se puede observar la prueba con un mejor resultado, que fue 50 de velocidad con un 30% de dosificación.

Fecha	Momento de toma de muestra	Ubicación	Color (Pt-Co)	Turbidez (FAU)	Sólidos suspendidos	Tablero
03/09/2024 12:30	Mañana	Tanque hexagonal	223	33	33	50/50
03/09/2024 Mañana		Tanque techado	19	5	5	
03/09/2024 Mañana		Laguna 1	32	8	8	
03/09/2024 Mañana		Laguna 3	27	5	6	
03/09/2024 Mañana		Parshall	147	24	25	

Tabla 2 de configuracion de dosificacion aceptable de krofta.



Ilustración 23 imagen de configuracion de dosificacion rechazada de krofta.

En la siguiente tabla podemos observar las pruebas que obtuvieron un resultado negativo e índices altos de finos. En base a estos datos podemos implementar acciones para corregir el sistema.



Ilustración 24 Bomba dosificadora de coagulante de la planta de tratamiento.

En esta imagen podemos observar la bomba dosificadora la cual se usa para regular la dosificación del agua y en el krofta.

3.3 Analisis del Mantenimiento de la PTAR

El principio de operación y uso de un equipo de clarificación (krofta-daf)

Esta basado físico-químicamente en el principio de aglomeración de sólidos y partículas coloidales, bajo el efecto de donación de iones (cargas catiónicas y aniónicas) por medio de polímeros de diferentes densidades de cargas y pesos moleculares, alcanzando un equilibrio en las partículas para lograr la sedimentación o flotación de las mismas por el efecto de coagulación y floculación.

A pesar de la eficiencia de las propias unidades de flotación por aire disuelto no se logra un beneficio pleno en la remoción de sólidos, sin la ayuda de un programa de polímeros los cuales en la mayoría de los casos nos ofrecen mayores beneficios como

- Tener una mayor capacidad de tratamiento de agua
- Mejorar la eficiencia en la remoción de sólidos



- Obtener agua de reciclado con menor contenido de sólidos y mas pureza

¿Qué es la clarificación?

Es el proceso de separación de un líquido, de uno o varios sólidos, del agua cruda o agua de desperdicio de arroyos y efluentes.

- Sedimentación: es la separación de sólidos suspendidos en el agua por gravedad.
- Filtración: es el paso de un fluido a través de un medio poroso.

dependiendo de la calidad del agua requerida o de las propiedades de los sólidos suspendidos, una o ambas técnicas pueden ser usadas. la eficiencia de ambos procesos puede ser incrementada con la aplicación apropiada de productos químicos.

Los sólidos suspendidos en la fase líquida pueden ser divididos en dos grupos: sólidos sedimentables y sólidos coloidales

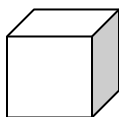
Los sólidos sedimentables: son materia que pueden caer por suspensión bajo condiciones de trabajo dentro de un periodo determinado de tiempo (normalmente en 1 hora).

Los sólidos coloidales: son materia que no caen en suspensión bajo condiciones de trabajo donde se requiere de tiempo.

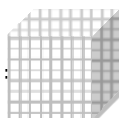
Las partículas coloidales normalmente son menores a 1 micrómetro ($1 \text{ micrómetro} = 0.001 \text{ mm}$) una característica que distingue a las partículas coloidales de los sólidos sedimentables es el promedio de su área superficial en masa. En las partículas de mayor masa, (el promedio en su masa superficial es bajo, por su mayor masa) y por condiciones predominantes de gravedad. Por efectos de masa predomina la sedimentación en las materias coloidales. El promedio es muy alto, (mayor superficie de área, baja masa); las propiedades asociadas con la superficie de las partículas, tales como cargas eléctricas y grupos funcionales iónicos se vuelven más importantes. Todas

las partículas coloidales, las cuales tienen la misma carga eléctrica, (normalmente negativa) se repelen una a otra de la misma manera que se repelen los polos magnéticos.

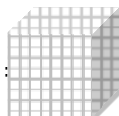
MICRO BURBUJAS



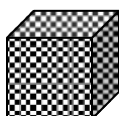
AREA SUPERFICIAL DE 1 m³ DE AIRE = 6 M²



AREA SUPERFICIAL DE 1 m³ DE AIRE
DIVIDIDO EN CUBOS DE UN CM³ = 600 M²



AREA SUPERFICIAL DE 1 m³ DE AIRE
DIVIDIDO EN CUBOS DE UN CM³ = 6000 M²



AREA SUPERFICIAL DE 1 m³ DE AIRE
DIVIDIDO EN CUBOS DE 100 μm³ = 600,000 M²

Ilustración 25 microburbujas del sistema krofta.

1. las micro burbujas están entre 10 a 100 micrones de diametro
2. el mejor rango de diametro esta entre 30 a 70 micrones para alcanzar el balance entre, la velocidad de ascenso y uso de energia
3. la mayoría de fabricantes de daf. diseñan con un rango de ascenso de 12 a 18 metros por hora o menor.

Las micro burbujas tambien permiten el tratamiento de concentraciones de solidos mas altas hasta 4000 ppm.

Por su gran area de superficial por unidad de volumen puede entrar en contacto con mas solidos.

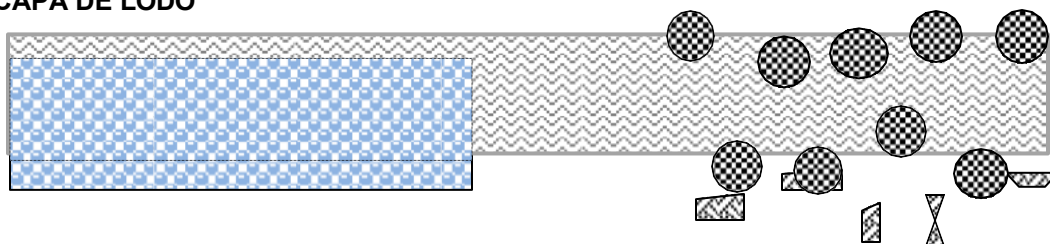
Las micro burbujas tambien se atrapan mas facilmente en la cadena del floc, formada en la superficie de los solidos.

Las micro burbujas tambien quedan atrapadas debajo de la capa de lodo.formado esto significa la formacion de una capa de lodo mas gruesa y mejor eficiencia en la remosion.

Burbujas grandes puden explotar a travez de la capa de lodos, rompiendolas y agregando solidos al agua efluente clarificada.

MICROBURBUJAS

CAPA DE LODO





MICROBURBUJAS ATRAPADAS BAJO LA CAPA
DE LODO TENDENCIA, PROMUEVE UNA CAPA
GRUESA DE LODOS Y BUEN DRENAJE DE AGUA
BURBUJAS GRANDES ROMPEN
LA CAPA DE LODOS, CAUSA EXCESO DE SÓLIDOS EN EFLUENTE.

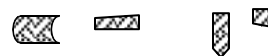


Ilustración 26 ejemplo capa de lodo y microburbujas

Las micro burbujas en el agua dan una apariencia blanca lechosa como nieve.
en la mirilla del **daf** se observa “niebla” levantándose el agua
clara abajo y los sólidos flotados en la superficie

- a) En la parte superior se observan los sólidos flotantes
- b) En la parte intermedia se observa la niebla de micro burbujas
- c) En la parte del fondo se observa agua clara

Formación de micro burbujas

Se forman por inyección de aire comprimido en una corriente de agua presurizada.
Las altas presiones se usan para intentar saturar el agua con aire disuelto.

El agua en el **daf** se descarga a presión atmosférica y el aire disuelto se libera como microburbujas.

A mayor presión más aire se disuelve, por volumen de agua a una temperatura constante.

La solubilidad del aire en el agua vs presión

1.- La mejor solubilidad del aire es a 20°C 2.-

La solubilidad del aire disminuye a 30°C

3.- A 40°C la solubilidad del aire baja considerablemente, el rango de operación ideal para una mejor solubilidad, del aire en el agua vs presión: la presión más ideal es entre 70 y 80 psi.

ft³/hr aire/gpm agua = 0.8 a 0.97 -- un valor de 0.6 se considera bajo rojo
volumen aire/volumen agua =entre 9 y 12 lts/min.

1.- Presurización de flujo reciclado

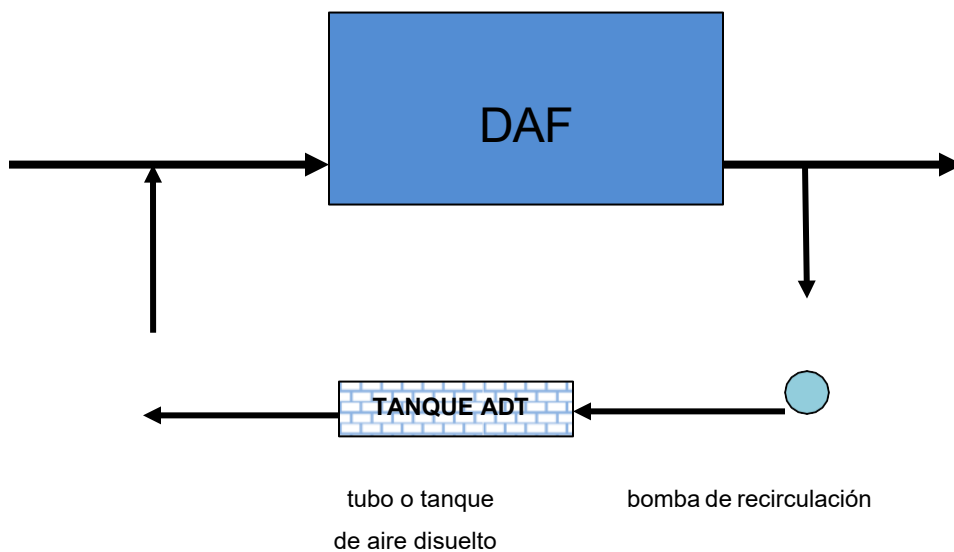


Ilustración 27 presurización del flujo de aereación

El método de aereación más común, el aire se disuelve en el clarificador para mayor eficiencia. Menor costo energético de bombeo. Más flujo requiere un tanque **daf** más grande.

2.- Presurización de flujo parcial

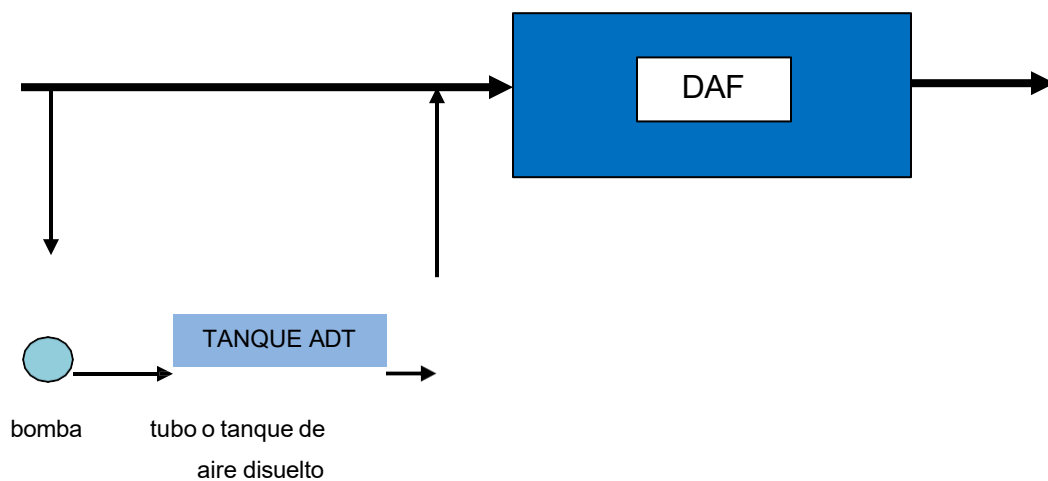


Ilustración 28 presurización del flujo parcial.

Aereacion del 25% del agua de entrada. Se usa unicamente con aguas bajas en solidos suspendidos (1000mg/lt). Ruptura del floc se espera en la bomba y el tanque de presion **adt**

3.- presurización de todo el flujo

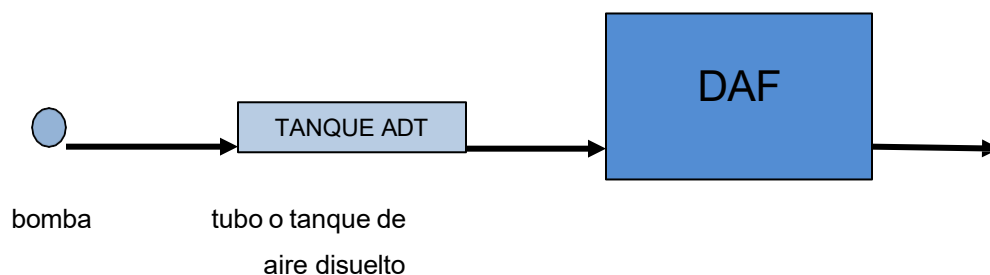


Ilustración 29 presurizacion de todo el flujo.raramente usado. Alto costo de energia y ruptura de floc.

Según la tecnica de dilucion de aire se ofrecen los diferentes metodos de aireacion.

- Krofta: presurizacion de flujo reciclado

- Meri: flujo parcial
- Poseidon: presurización de flujo reciclado
- Presurización de todo el flujo, rara vez se da.

Formación de micro burbujas.

diferentes técnicas—equipos para disolver el aire a presión

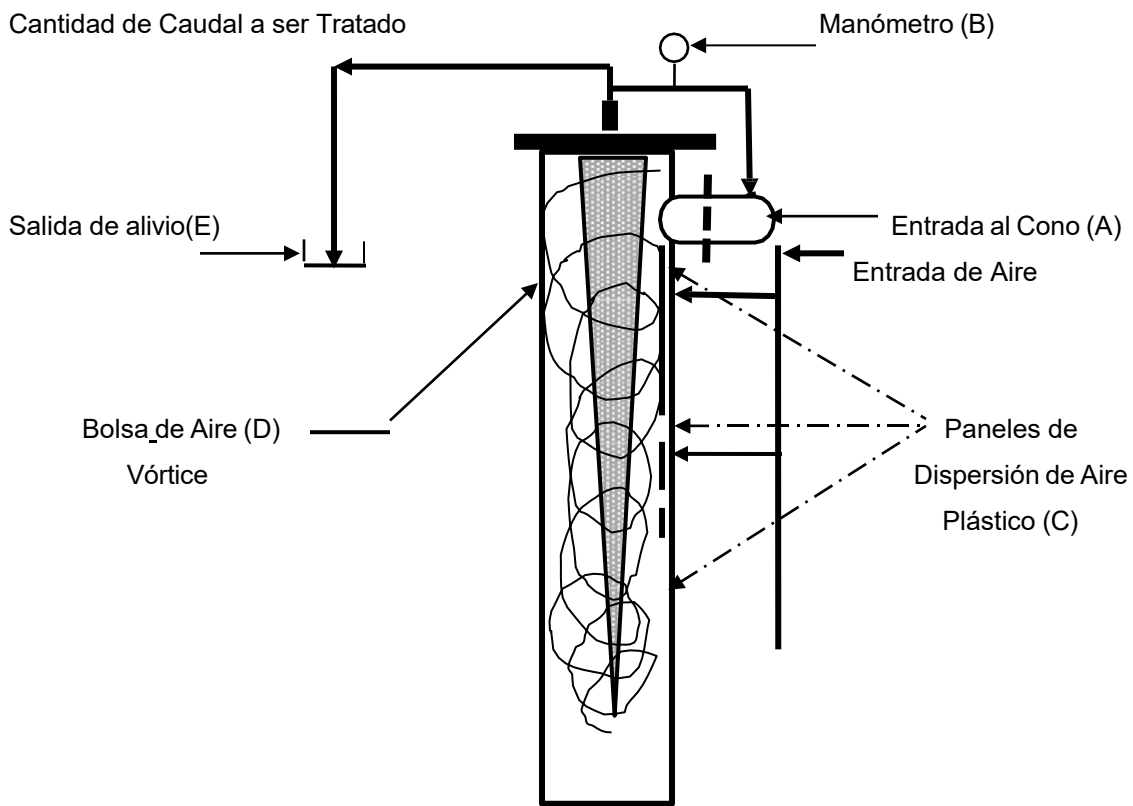
Krofta. y licencias Krofta usan el tubo de dilución ADT

Meri y otros usan el tanque de disolución.

Poseidon: usa una bomba Poseipump; con inyección de aire.

KROFTA ADT

Cantidad de Caudal a ser Tratado



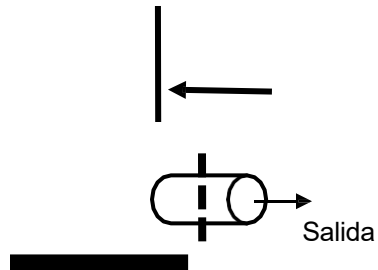


Ilustración 30 krofta adt funcionamiento

TUBO KROFTA DE DILUSION DE AIRE (DTA)

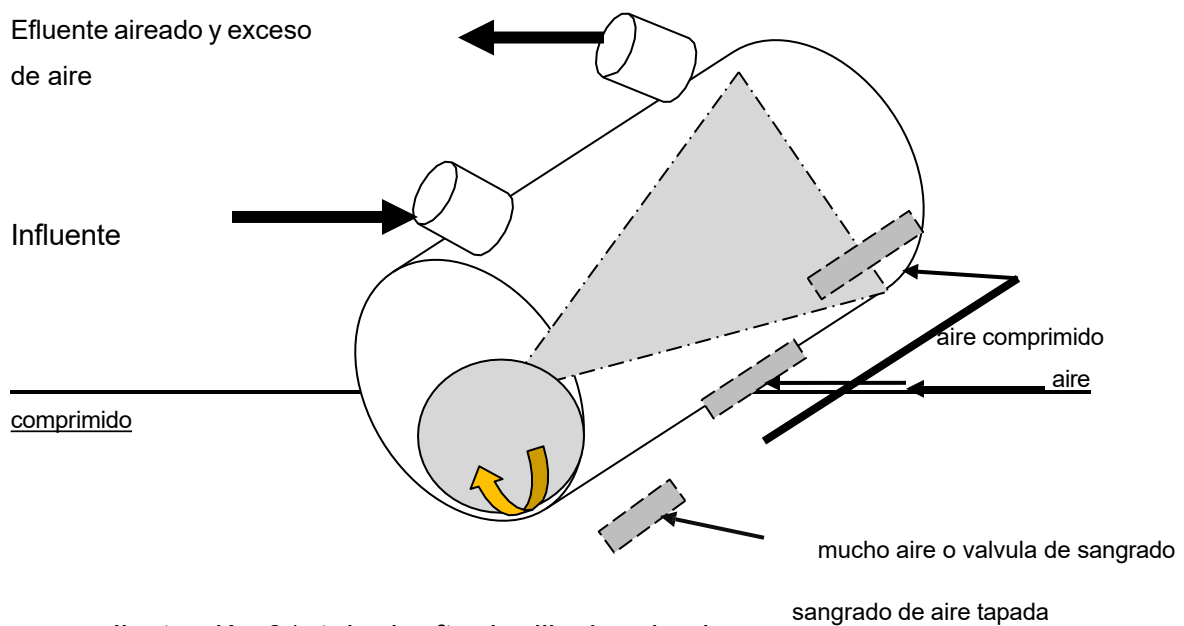


Ilustración 31 tubo krofta de dilusion de aire.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**Instituto Tecnológico de Apizaco
o cerrada.**

krofta tubo de aereacion (adt)

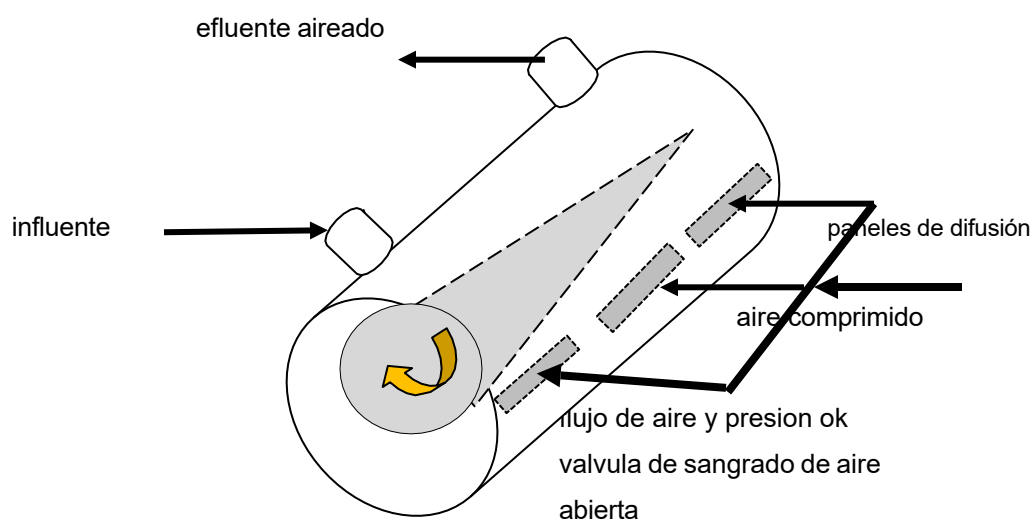


Ilustración 32 tubo de krofta aereacion adt.

Especificaciones de operación para krofta (adt)

- 1.-la presión del agua de recirculación al adt debe ser de 60 a 80 psi (preferible >70 psi).
- 2.-presión del aire inyectado al adt debe ser de 80 a 100 psi (preferible 85 psi)
- 3.-cuidado ¡de que no sobrepasar las 100 psi ¡
- 4.-la caída de presión a través del adt es de 5 a 8 psi
- 5.- el flujo de aire requerido depende de la capacidad del daf y la carga de sólidos presentes en la operación
- 6.- por ejemplo, el aire requerido para un krofta de 30 a 33 ft debe de ser de 1m³/hr , ajustable a tener una buena flotación sin exceso de aire y turbulencia.

krofta adt

diagrama **adt** simple. note la valvula de seguridad y la valvula de sangrado seteadas a 100 psi

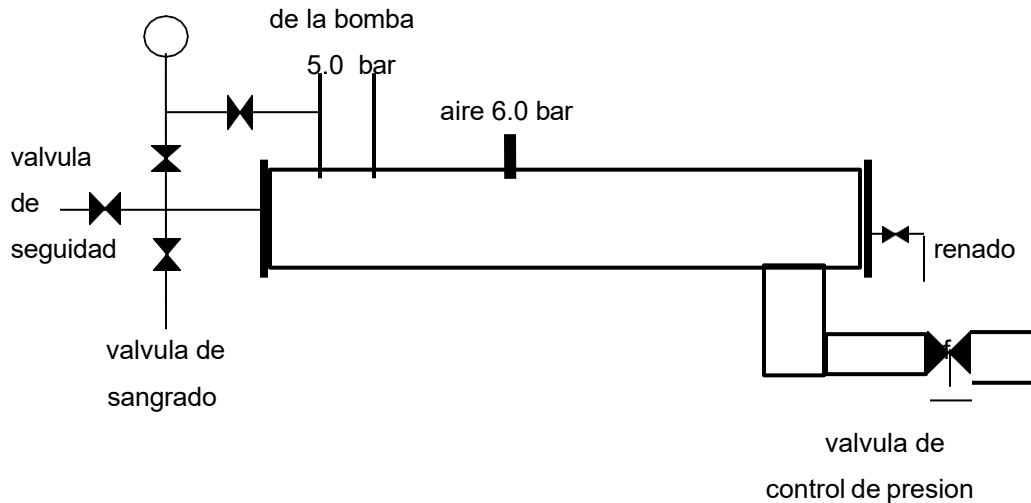


Ilustración 33 krofta valvula de sangrado adt.

Especificaciones operativas para krofta

procedimiento importante. krofta recomienda inyectar siempre el aire antes, de introducir el agua a tratar en el tubo de dilución el proposito es evitar que los paneles de dispersion se taponen con solidos.

Krofta tipo adt. procedimiento importante

1.- La valvula de sangrado se debe abrir totalmente una vez por turno para purgar la valvula y la tuberia.

Esto es indispensable para evitar taponamientos de la valvula y la linea que causan exceso de aire alimentando el **daf**.



2.- Si se nota exceso de flujo de aire o grandes burbujas en el puente del clarificador.

revise que la valvula de sangrado este abierta o no taponada

revise que la valvula de flujo de aire al **adt.**

3.-la valvula de sangrado de aire en exceso a la entrada del adt tiene que estar parcialmente abierta todo el tiempo.

- el flujo debe ser una mezcla de aire y agua
- si bota solo aire, el flujo de aire al a adt es muy alto
- si todo es agua el flujo de iare es muy bajo
- el flujo de la valvula de sangrado debe tener un sonido
- chasqueante mientras sale.

procedimiento importante. krofta recomienda inyectar siempre el aire antes, de introducir el agua a tratar en el tubo de dilusión
el proposito es evitar que los paneles de dispersion se taponen con solidos.

Autor: Ing Fernando Mercado Blanco, 2024, EXAQUIM

4.RESULTADOS

4.1 Búsqueda de proveedores para el mantenimiento de sistema (KROFTA)



Es un paso crucial para garantizar la operación eficiente, para reducir el consumo de agua fresca y aumentar el uso de agua tratada en la planta de fabricación de papel.

Me dí la tarea de contactar con diferentes empresas que se dedican al mantenimiento preventivo y correctivo de plantas de tratamiento o implementar tanques de almacenaje para poder tratar un mayor volumen de agua. A continuación, presentaré una guía para identificar y seleccionar los proveedores calificados.

1. Cómo primer paso definimos los requerimientos para el mantenimiento que necesitábamos ya que la planta de tratamiento tenía ya algunas deficiencias, como el paso del tiempo y por la falta de mantenimiento constante por parte de los antecesores del departamento de seguridad y higiene y medio ambiente.
2. Analice los suministros y repuestos tanto como la disponibilidad de piezas que tenían en el almacén de Hovomex, con apoyo de las áreas de almacen y mantenimiento.
3. Se solicitó la ayuda del departamento de mantenimiento para conocer los datos que me ayudarían a tener mejor conocimiento de las deficiencias y poder así proponer a los proveedores lo que necesitamos para solucionar las fallas.
4. Se trabajó con varios proveedores en propuestas y cotizaciones para el mantenimiento preventivo y correctivo de la PTAR.

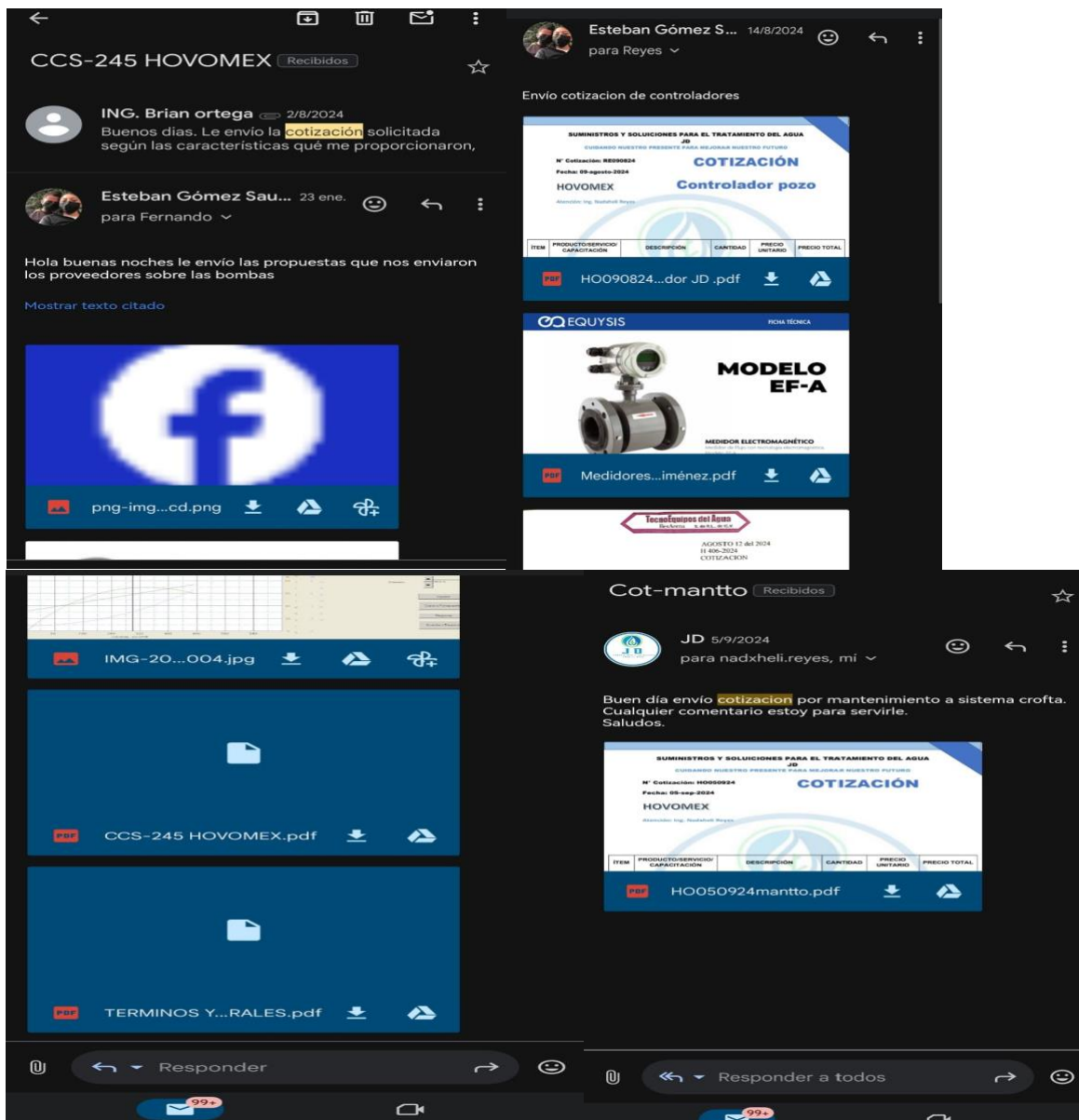


Ilustración 34 Imágenes sobre las cotizaciones con proveedores externos.



Guía de solución de problemas en base a una propuesta de un proveedor.

calidad pobre del efluente: altos (tss) o turbidez	
causa posible	Solución
mala operacion del sistema de dosificacion de polimeros	calibre las bombas dosificadoras hasta la dosis correcta
mayor flujo de entrada que la capacidad del daf	reduzca el flujo recirculado
carga de sólidos muy alta para la capacidad del daf	verifique el flujo y la concentracion de solidos en el agua de alimetacion y reduzca en lo posible. disminuya la de flujo reciclado si la carga y el suministros de aire lo permite

guia de solucion de problemas

agua clara pero exceso de arrastre de floc	
causa posible	solucion
mal funcionamiento del sistema de dosificacion de polimeros	calibre las bombas dosificadoras hasta la dosis correcta repare las bombas si es necesario
capa de lodos flotante muy gruesa	levante el nivel de agua aumente la velocidad de la cuchara o la desnatadora
aireacion insuficiente	verifique el sistema de dilusion de aire, tubo tanque o bomba. verifique la presion del aire. verifique el flujo de aire.



variaciones de las características del influente	verifique y actúe sobre el flujo y la carga del agua a tratar
---	---

guía de solución de problemas

sistema de aireación no trabaja bien: gran burbujeo o turbulencia	
causa posible	solución
aire en exceso—válvula de sangrado tapada o bloqueada	abra la válvula si está cerrada purga para destapar y limpiar y déjala parcialmente abierta todo el tiempo. ábrala al 100% una vez por turno
válvula de alivio no está bien ajustada	verifique la presión del aire en el tanque y la línea. verifique los manómetros de presión. ajuste la presión de operación de los niveles indicados por el fabricante del equipo
flujo en exceso de aire	reduzca el flujo en el rotámetro



guia de solucion de problemas

el sistema de aireacion no trabaja bien: no hay presencia de liquido lechoso en el tanque despues de aireado	
causa posible	solucion
suministro de aire cero	verifique la lectura del rotametro verifique que el rotametro no este pegado limpie los paneles de dispersion de aire (krofta)
carga excesiva de solidos en el influente absorbiendo mucho aire	encuentre la causa de la carga de solidos y reduzcala o divida el flujo.
insuficiente presion de agua en la tuberia o en el tanque	revise los manometros y las valvulas de la bomba y ajuste según necesidad. verifique el estado de los manometros
perdidad de vigor en la bomba de recirculacion cuando se adiciona aire al sistema	revise la presion del agua recirculada y ajuste si es necesario verifique el estado y lectura de los manometros

guia de solucion de problemas

baja consistencia del lodo	
causa posible	solucion
tiempo de retencion corto	baje el nivel del tanque reduzca la velocidad del rascador.
aereación insuficiente	evalúe opciones de incrementar flujo de aire



	verifique que las valvulas de inyeccion esten bien ajustadas.
baja velocidad de ascenso/ o formacion pobre de floc	revise la preparacion de los quimicos, dosis y puntos de inyeccion evalúe diferentes puntos de inyeccion

Tabla 3 de propuesta de solucion de problemas.

Autor: Ing Fernando Mercado Blanco, 2024, EXAQUIM

4.2. Tablas y gráficos dinámicos de pruebas de calidad de agua

Se creó una tabla excel que permitiera monitorear la calidad del agua mediante pruebas que se realizaban todos los días a la 1pm, esta tabla, nos permite observar la fecha en que se tomó la muestra, el momento de la muestra, la ubicación y el lugar en donde se estaba tomando la muestra, y los resultados de los parámetros medidos.

Para crear el dashboard tuve que aprender a realizar tablas dinámicas o fórmulas para contar cuantas muestras cumplen o no cumplen con el promedio establecido en base a los datos recabados, complementando los datos históricos. Con esto, se obtuvo un gráfico de barras, el cual muestra la evolución y la relación con los tipos



de grados de papel que se fabrican en Hovomex y así poder obtener el comportamiento y establecer un estándar de la calidad de agua requerida para el proceso.

Tabla de pruebas de calidad de agua

Fecha	Momento de toma de muestra	Ubicación	Color (Pt-Co)	Turbidez (FAU)	Sólidos suspendidos	Grado
16/07/24	Tarde	Bombas de vacío	46	8	3	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Tanque de sótano	3	0	0	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Regaderas de recuperador	0	1	4	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Tanque hexagonal	0	0	0	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Tanque techado	48	8	8	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Laguna 1	11	6	10	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Laguna 3	120	25	25	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Parshall	111	23	22	FA-6464NFA
16/07/24	Tarde	Cisterna	0	1	2	FA-6464NFA

Tabla 4 ejemplo de inicio de tabla de control

Autor: Esteban Gomez Saucedo residente profesional de la carrera de ingeniería industrial 2024 Apizaco Tlax.

Tablas dinámicas y gráficos dinámicos

En esta gráfica podemos observar el promedio de grados mas utilizados y menos utilizados.

Gráfica de grados de papel utilizados en proceso productivo.

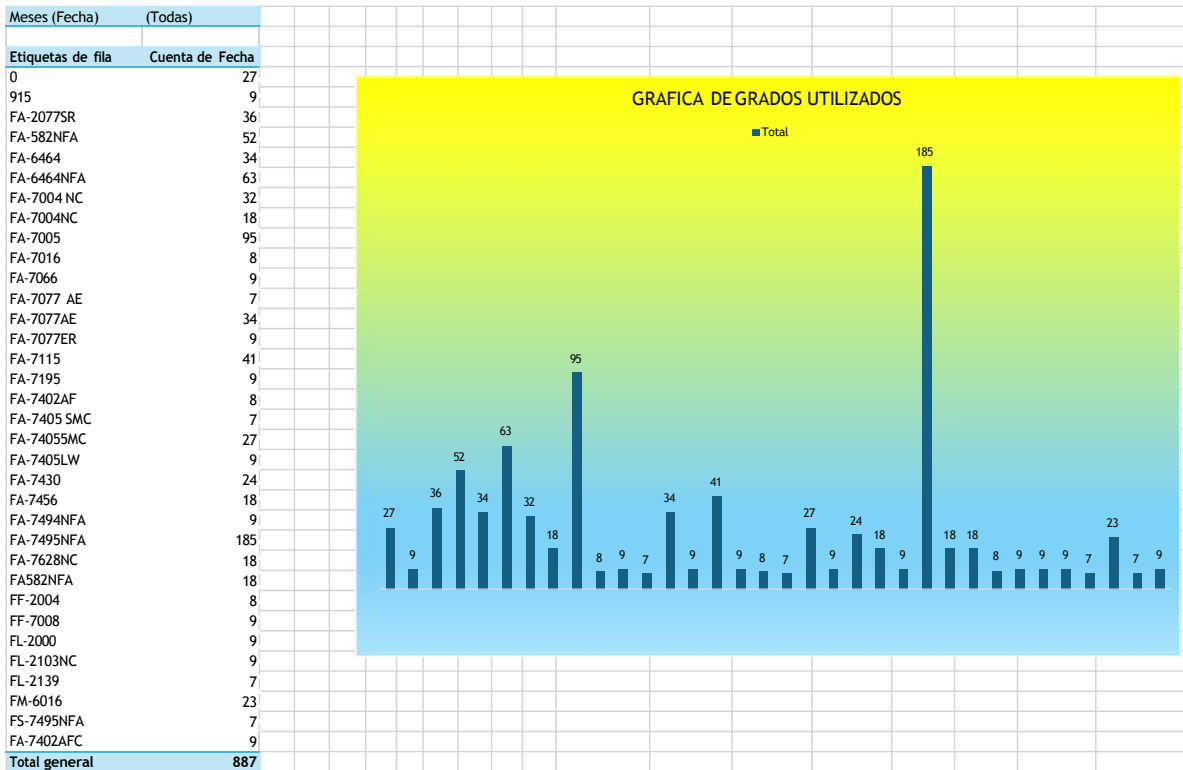


Ilustración 35. Ilustración ejemplo de inicio de tabla dinámicas y gráficos de control de pruebas de agua.

Autor: Esteban Gomez Saucedo residente profesional de la carrera de ingeniería industrial 2024 Apizaco Tlax

Gráfica de promedio de parámetros de agua con relación a grados de papel.

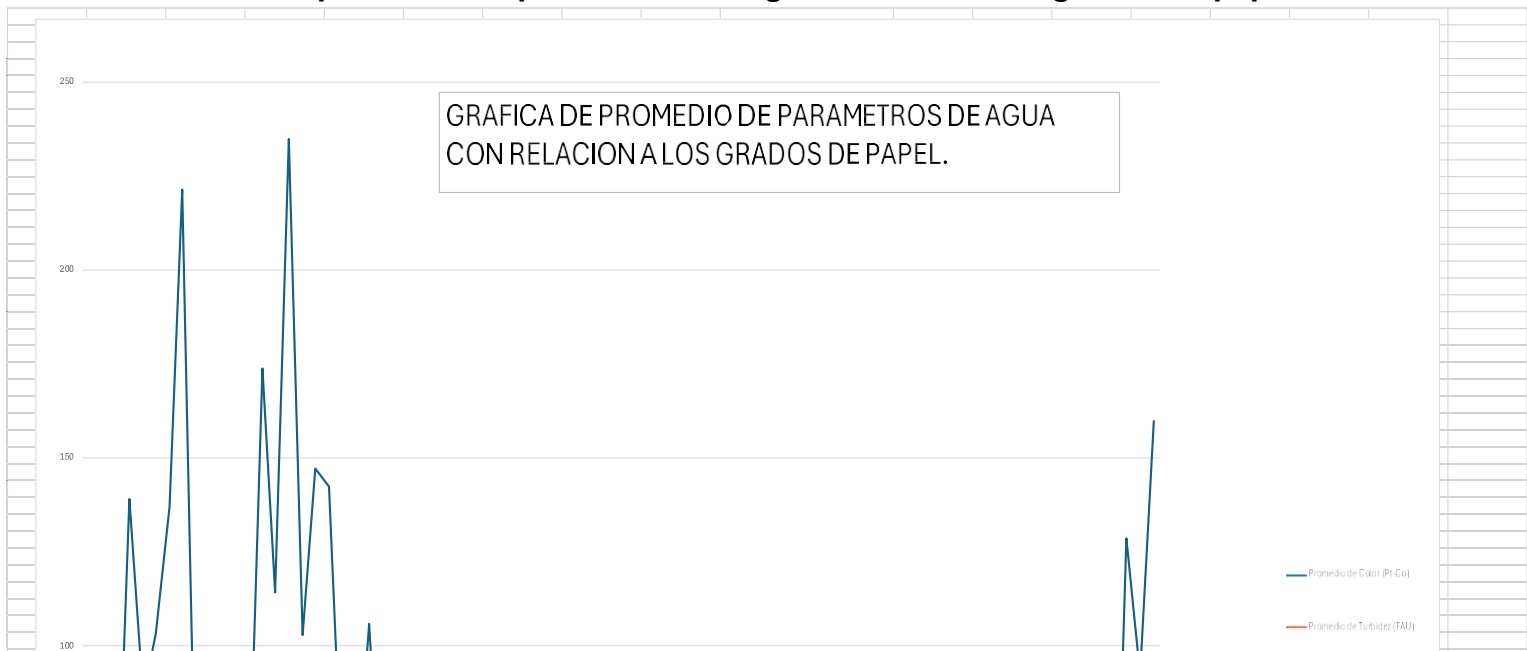




Ilustración 35. Ilustracion ejemplo de inicio de tabla dinamicas y graficos de control de pruebas de agua.

Autor: Esteban Gomez Saucedo residente profesional de la carrera de ingeniería industrial 2024 Apizaco Tlax.

Aquí podemos observar que los grados FA7495NFA,FA7005,FA6464NFA y el FA582NFA son los más frecuentes y esto tiene relación con las altas descargas, a su vez a los altos consumos de agua fresca y al menor uso de agua tratada.

Gráfica de control de color, turbidez y sólidos en suspensión

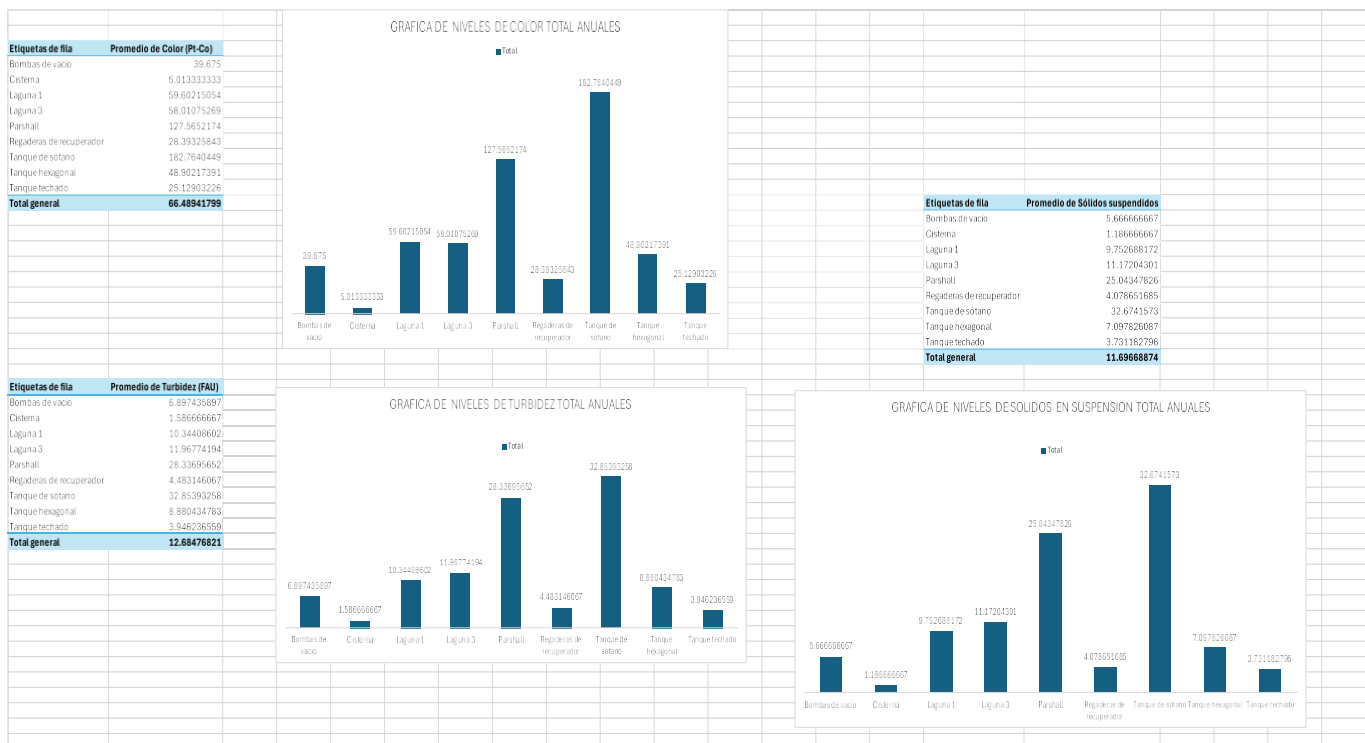


Ilustración 36. Ilustracion ejemplo de inicio de tabla dinamicas y graficos de barras de control de pruebas de agua.

Podemos observar un ejemplo de la tabla que se hizo desde el mes de febrero de 2024 hasta el mes de enero de 2025 y los promedios de color, turbidez y sólidos en suspension según el tipo de grado usado.

Autor: Esteban Gomez Saucedo residente profesional de la carrera de ingeniería industrial 2024 Apizaco Tlax.

4.3. Indicador del control de descarga

La tabla anterior es una herramienta fundamental para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad que se busca, antes de ser regresada



al medio ambiente. Este indicador permite evaluar y monitorear el desempeño del sistema de tratamiento (KROFTA) asegurando que se minimice su impacto ambiental y se cumpla con las normativas vigentes que exige la autoridad.

Es una herramienta esencial para monitorear que el agua tratada no lleve finos del papel y evitar multas por parte de la autoridad y denuncias por parte de la ciudadanía.

Por otra parte, en la siguiente tabla, se muestra el monitoreo de la descarga de agua que se realizó durante un mes completo con ayuda de los 3 turnos que laboran en la planta de tratamiento, los operadores tomaron las lecturas del medidor hora por hora para documentarlo y reportarlo a las diferentes áreas como a procesos y producción, para realizar los ajustes correspondientes a la hora de producir el papel y poder optimizar el uso del agua. Estas mediciones se realizaron desde el día 14 de octubre hasta el día 10 de noviembre.

Tabla de control de descarga de proceso productivo de Hovomex

Hora	Fecha	Nombre del operador	Turno	Extracción Diaria (1 a.m a 1 a.m) m3/día	Descarga Diaria (1 a.m a 1 a.m)	Lectura de descarga por hora	Descarga por hora (m3/h)	Observaciones	Grado
7:00:00 a. m.	14/10/24	Gaudencio	1	821		65797.14			
8:00:00 a. m.	14/10/24	Gaudencio	1			65819.14	22		FA-6464NFA
9:00:00 a. m.	14/10/24	Gaudencio	1			65871.17	52.03		
10:00:00 a. m.	14/10/24	Gaudencio	1			65916.02	44.85		FA-6464NFA
11:00:00 a. m.	14/10/24	Gaudencio	1			65940.75	24.73		
12:00:00 p. m.	14/10/24	Gaudencio	1			65976.95	36.2	se para la máquina problemas de señal cisterna (PRODUCCION)	FA-6464NFA
1:00:00 p. m.			1			66020.52			
2:00:00 p. m.	14/10/24	Gaudencio	1			66052.92	32.4		FA-6464NFA
3:00:00 p. m.			2			66082.950			
4:00:00 p. m.	14/10/24	Rosario	2			66117.64	34.69		FA-6464NFA
5:00:00 p. m.			2			66150.27			
6:00:00 p. m.	14/10/24	Rosario	2			66182.63	32.36	paro en producción por falta de tubo espesor (KROFTA)	FA-6464NFA
7:00:00 p. m.	14/10/24	Rosario	2			66207.26			
8:00:00 p. m.	14/10/24	Rosario	2			66245.55	38.29		FA-6464NFA
9:00:00 p. m.	14/10/24	Rosario	2			66274.44			
10:00:00 p. m.	14/10/24	Rosario	2			66306.53	32.09	cambio de grado (KROFTA)	FA-7495NFA
11:00:00 p. m.						66346.38	39.85		
12:00:00 a. m.	14/10/24	Secundino	3			66383.83	37.45		FA-7495NFA
1:00:00 a. m.						66418.12	34.29		
2:00:00 a. m.	14/10/24	Secundino	3			66453.97	35.85		FA-7495NFA
3:00:00 a. m.						66488.99	35.02		
4:00:00 a. m.	14/10/24	Secundino	3			66523.03	34.04		FA-7495NFA
5:00:00 a. m.						66550.1	27.07		
6:00:00 a. m.	14/10/24	Secundino	3			66575.58	25.48		FA-7495NFA
7:00:00 a. m.	15/10/24	Gaudencio	1			66607.11	31.53	empezo turno rosario por vacaciones de gaudencio todo normal (KROFTA)	FA-7495NFA

Tabla 5 ejemplo de medicion de descarga de agua

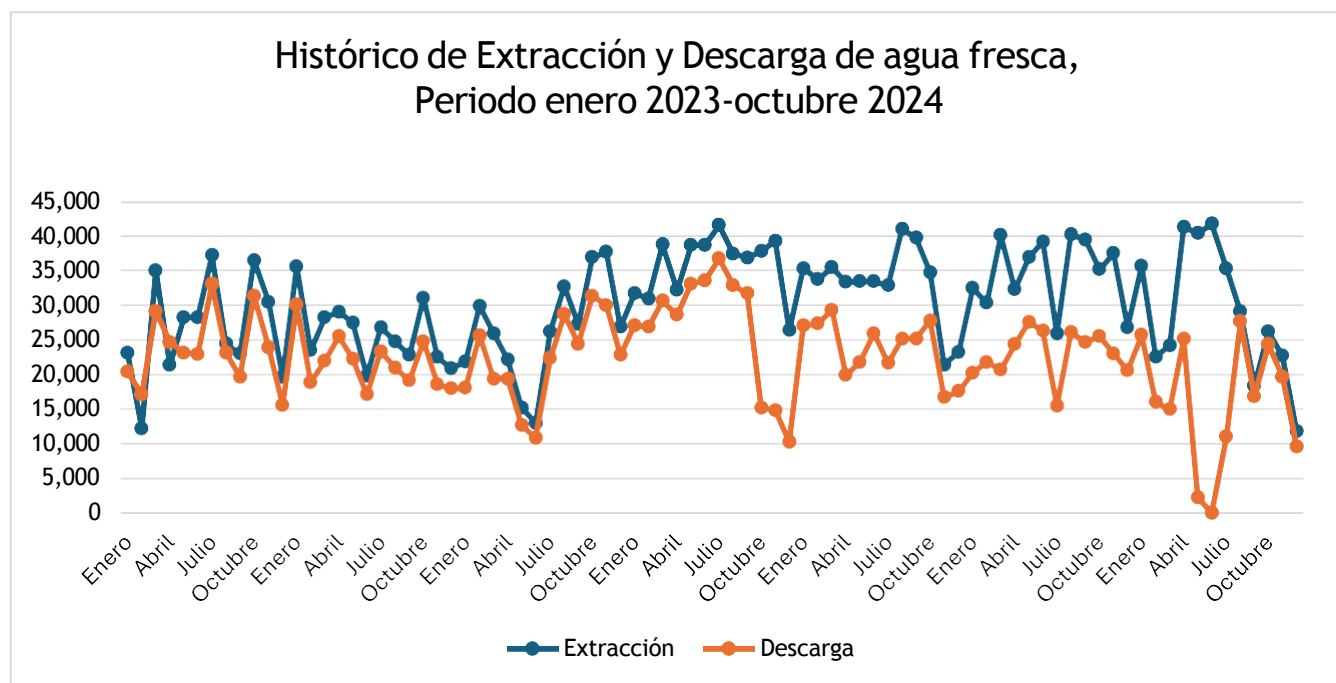
Aquí podemos identificar la hora, la fecha, el nombre de los operadores, los turnos, la extracción diaria, ya la descarga por hora, la lectura de descarga por hora, observaciones y el tipo de grado que se utilizó.

Autor: Esteban Gomez Saucedo residente profesional de la carrera de ingeniería industrial 2024 Apizaco Tlax.

4.4. Comparacion de datos de extracción y descarga (antes y después)

Gracias a estas acciones logramos optimizar la extracción de agua fresca de nuestro pozo, a su vez mejorar la eficiencia del proceso productivo reduciendo las pérdidas, así como, tener una distribución mas efectiva del agua disponible.

Es un paso importante y clave para la empresa y para la sostenibilidad ya que esto ayuda a reducir la demanda de agua.



CONCLUSIONES

Con la puesta en marcha del proyecto “Acciones para reducir el consumo de agua fresca y aumentar el uso de agua tratada” en la empresa Hovomex S.A de C.V se logró la implementación de importantes acciones, por un lado, incrementar la reutilización del agua tratada en el sistema productivo y mejorar la sostenibilidad para la empresa.

En resumen, la empresa ha logrado avanzar hacia una optimización más eficiente del agua, logrando una disminución de uso de agua fresca y aumentando el uso de agua tratada, también, por otro lado, seguir asegurando el cumplimiento normativo expedido por CONAGUA, PROFEPA y SEMARNAT.

Se crearon 2 tablas y 3 gráficas, la primera tabla llamada Tabla de pruebas de calidad de agua, Gráfica de grados de papel utilizados en proceso productivo, Gráfica de promedio de parámetros de agua con relación a grados de papel, Gráfica de control de color, turbidez y sólidos en suspensión, Tabla de control de descarga de proceso productivo de Hovomex. Serán utilizadas por la responsable de medio ambiente en la empresa para sus programas de mejora continua.

Las lecciones que me dejó este proyecto son: tener una mejor planeación estratégica y el compromiso de hacer las acciones para alcanzar el éxito de los proyectos, tanto en el ámbito estudiantil como en el profesional. Además, tuve una participación proactiva junto con el apoyo de los empleados.

Para seguir mejorando, aprendí que se necesita invertir en tecnologías eficientes, ya que, dejan un retorno económico a corto, mediano o largo plazo, tanto en términos económicos como sociales y ambientales.

RECOMENDACIONES

En mi opinión, para poder tener el sistema de Krofta en óptimas condiciones, se debe tener una cultura de sostenibilidad para garantizar el éxito a corto o largo plazo del proyecto, así como para minimizar impactos, además de tener una mejora continua de la infraestructura y la tecnología para poder así optimizar la planta de tratamiento, lo que implica realizar mantenimientos preventivos y correctivos periódicos para poder lograr una mayor eficiencia en la PTAR.

También, mi sugerencia sería instalar algún sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia y poder así reutilizar esa agua para el mismo proceso productivo.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

En el mundo laboral y profesional no basta con solo aprender lo que se enseña en la escuela sino que aprender todos los días y seguir adquiriendo conocimientos para ponerlas en práctica. En mi caso, el poder haber realizado mis residencias profesionales en Hovomex S.A de C.V, me ayudó a poder explotar y desarrollar competencias como:



Comunicación con el personal: He podido desenvolverme mejor con todo tipo de personas para poder aprender de su vida laboral y de las deficiencias que la planta tiene, todo esto, me ha abierto muchas puertas para poder tener una buena comunicación y respeto.

Liderazgo: Con dicho proyecto tuve la oportunidad de poder comunicarme con las personas y tener esa voz de mando que me faltaba, para cumplir con los lineamientos conforme a los requisitos específicos que se buscaban desarrollar en la planta de tratamiento.

Sistema de organización: Una de mi áreas de oportunidad que pude superar en la planta, fue mejorar mi organización para casi toda la información y también para mi uso personal con el fin de poder llevar las actividades con más tiempo y con mejor organización.

Áreas de oportunidad: Uno de los aprendizajes que más tuve fue aprender a ver las áreas de oportunidad que tiene nuestro entorno y mi vida laboral y poder así hacer algún cambio que nos pueda beneficiar y que pueda sacar lo máximo de dicha área a mejorar.

Responsabilidad: Con las personas, con la maquinaria y conmigo mismo para poder así evitar retrasos, accidentes y una mala eficiencia.



GLOSARIO

EHS: son las siglas en inglés para denominar Environmental Health & Safety. Qué se traduce como Seguridad higiene y medio ambiente.

PTAR: Por sus siglas en español esto nos quiere decir que significa planta de tratamiento de aguas residuales.

Pt-Co: es la escala platino cobalto que se utiliza para medir el color de los líquidos.

FAU: es la unidad de atenuación de formazina que se utiliza para medir la turbidez del agua

GRADO DE PAPEL: esto se refiere como le llaman aquí en la empresa al tipo de papel que solicita el cliente conforme a su código correspondiente.

DAF: Los sólidos suspendidos, grasas, aceites y otros contaminantes del agua en este caso los finos del papel.

FLOC: Es un conglomerado de partículas sólidas que se genera a través de los procesos de coagulación y floculación.

CONAGUA: Comisión nacional del agua



SEMARNAT: secretaria de medio ambiente y recursos naturales.

FUENTES DE INFORMACION

Fuentes: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Impacto ambiental y tipos de impacto ambiental. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

<https://www.gob.mx/imta>

Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés)

<https://water.usgs.gov/gotita/waterproperties.html>

<https://www.gob.mx/conagua/articulos/las-propiedades-del-agua?idiom=es>

ARREGUÍN-CORTÉS, F LÓPEZ-PÉREZ, M., MARENGO-MOGOLLÓN, H. & TEJEDA-GONZÁLEZ, C. Agua virtual en México, Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXII, no. 4, Octubre-Diciembre, 2007, pp.

<https://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/infografía%20huella%20hídrica.pdf>

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Autor: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Año de publicación: 2021

¿Sabes qué es la Huella Hídrica? La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales te cuentan que es en su glosario

<https://images.app.goo.gl/Ww8bbJf7EWDX2cRp9>

HidroJING 28 de mayo de 2013

<https://www.hidrojing.com/la-huella-hidrica-en-el-mundo/>

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/Libro-Huella-hidrica-en-Mexico.pdf>

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/Libro-Huella-hidrica-en-Mexico.pdf>

20 junio, 2019 Por Escenario Tlx 1 min. lectur



<https://images.app.goo.gl/xkzhHShhbSroZobd9>

Fuentes: 31 marzo, 2022 Por *Diana Karen Jiménez Laguna* 2 min. lectura
<https://escenariotlx.com/2040-de-cuantos-litros-diarios-de-agua-dispondra/>

1 proyecto Abastecimiento apizaco tlax instituto tecnologico de apizaco autor:
mario giovanni flores cervantes 2022
<https://www.studocu.com/es-mx/u/54066845?sid=01738948694>

Fuentes: *Última Reforma DOF 08-05-2023*
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>

Fuentes:DOF:11/03/2022
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105139/Normas_Oficiales_Mexicanas.pdf

Fuentes:DOF:11/03/2022
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105139/Normas_Oficiales_Mexicanas.pdf

Autor: Ing Fernando Mercado Blanco, 2024, EXAQUIM

ARREGUÍN-CORTÉS, F LÓPEZ-PÉREZ, M., MARENGO-MOGOLLÓN, H. &
TEJEDA-GONZÁLEZ, C. Agua virtual en México, *Ingeniería Hidráulica en México*.
Vol. XXII, no. 4, Octubre-Diciembre, 2007, pp.

Comisión Nacional del Agua | 23 de mayo de 2016
<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-nom-83264>

Fuentes: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Comisión Nacional del Agua | 07 de octubre de 2017 <https://www.gob.mx/imta>
Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) Comisión Nacional del Agua | 07 de octubre de 2017
<https://water.usgs.gov/gotita/waterproperties.html>

Fuentes: 10 diciembre, 2016 <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-ptar/>



Cortesía de la Gaceta PUMAGUA. Agosto de 2010. www.pumagua.unam.mx
Planta de tratamiento de aguas residuales de Cerro del Agua en la Ciudad
Universitaria usada para el riego de sus áreas verdes.
http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/gacetas/gaceta_Ags_2010_aguatratada.pdf

[https://ambiental.unam.mx/albunimagenes/Folletos/2022%20SomosAgua%2010%20PTAR%20MdCDDdB%20etal%20\(1\).pdf](https://ambiental.unam.mx/albunimagenes/Folletos/2022%20SomosAgua%2010%20PTAR%20MdCDDdB%20etal%20(1).pdf)

Autor: Esteban Gomez Saucedo residente profesional de la carrera de ingeniería industrial 2024 Apizaco Tlax.

ANEXOS

Positivo o Negativo	En términos del efecto resultante en el ambiente.	
Directo o Indirecto	Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.	
Acumulativo	Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	
Sinérgico	Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.	
Residual	El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.	
Temporal o Permanente	Si por un período determinado o es definitivo.	
Reversible o Irreversible	Dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.	
Continuo o Periódico	Dependiendo del período en que se manifieste.	

tabla 1 del apartado A)

Apoyo en la gestion de salida de residuos



Otra de las actividades dentro de la empresa fue la gestión de residuos de manejo especial y residuos peligrosos, para lo cual se contactaba con la recicladora Gutiérrez, junto con mi asesora tuvimos la tarea de crear una tabla para el control de residuos como lo son el plástico, cartón, alambre, agua resinosa, basura en general, baterías, trapo sucio de aceite, aceite, químicos varios.

MERMA DE PAPEL

Creating a Cleaner World™



2/12/2025

H&V Confidential

11



Ejemplos de residuos de manejo especial
TOTES (CONTENEDORES DE AGUA)

Creating a Cleaner World™



- Tanque de polietileno de alta densidad y acero galvanizado los cuales son ideales para almacenar resina u otros líquidos.



2/12/2025

H&V Confidential

6

CARTON

Creating a Cleaner World™



- Residuos de cartón como lo son cajas, tubos kraft.

2/12/2025

H&V Confidential

7



PLASTICOS

Creating a Cleaner World™



- Restos de hules o envoltorios de plástico, botellas etc...



2/12/2025

H&V Confidential

8

ALAMBRE

Creating a Cleaner World™



- Restos de alambre tipo hilo compuesto de hierro, latón, plata o aluminio.



2/12/2025

H&V Confidential

10



MADERA

Creating a Cleaner World™



- En su mayoría son desechos como tarimas o partes de muebles.

2/12/2025

H&V Confidential

9



Forma Correcta

Forma Incorrecta



2/12/2025

H&V Confidential

23

Residuos peligrosos (RP)

Creating a Cleaner World™



2/12/2025

H&V Confidential

Slide 20

Apoyo sobre ayudas visuales para rp y lagunas.

Se realizó ayudas visuales de residuos peligrosos junto a la ingeniero de medio ambiente, en la cual me di la tarea de recolectar fotografías y así poder mostrar a los empleados como deben estar colocados correctamente los residuos peligrosos y como deben estar limpias las lagunas del área de krofta.



R.P correcto- R.P inconforme

material de residuos peligrosos fuera de su almacén correspondiente.

PASA: MATERIAL PELIGROSO EN SU RESPECTIVO CONTENEDOR

NO PASA: MATERIAL FUERA DE SU RESPECTIVO ALMACÉN Y EN CONDICIONES AL INTERPERIE.



PASA:material peligroso conforme en su respectivo recipiente y en su contenedor lo que facilita a su mejor manejo a la hora de retirarlo de la empresa

NO PASA: desechos fuera de su contenedor o sin su respectivo almacenaje y atención inadecuada, y que ademas se encuentren al aire libre.



limpieza de lagunas- mala limpieza de las lagunas
forma inadecuada del mantenimiento de las lagunas de krofta.

PASA: LAGUNAS LIMPIAS SIN RESIDUOS DE FINOS O HONGOS EN SU INTERIOR EN BUEN ESTADO



NO PASA: FALTA DE MANTENIMIENTO EN LAGUNAS EXCESO DE RESIDUOS Y MAL ESTADO.



PASA: lagunas con su respectiva limpieza y mejoramiento del suministro de agua

NO PASA: falta de mantenimiento en las lagunas lo que puede provocar mal aspecto y mal olor, y mala calidad del agua.

AV-PRO-20

EMISION: 30/enero/2024

REVISION: 0

FECHER DE REVISION: 30/enero/2024

GENERO: ANALISTA CALIDAD

APROBO: M. CARRO

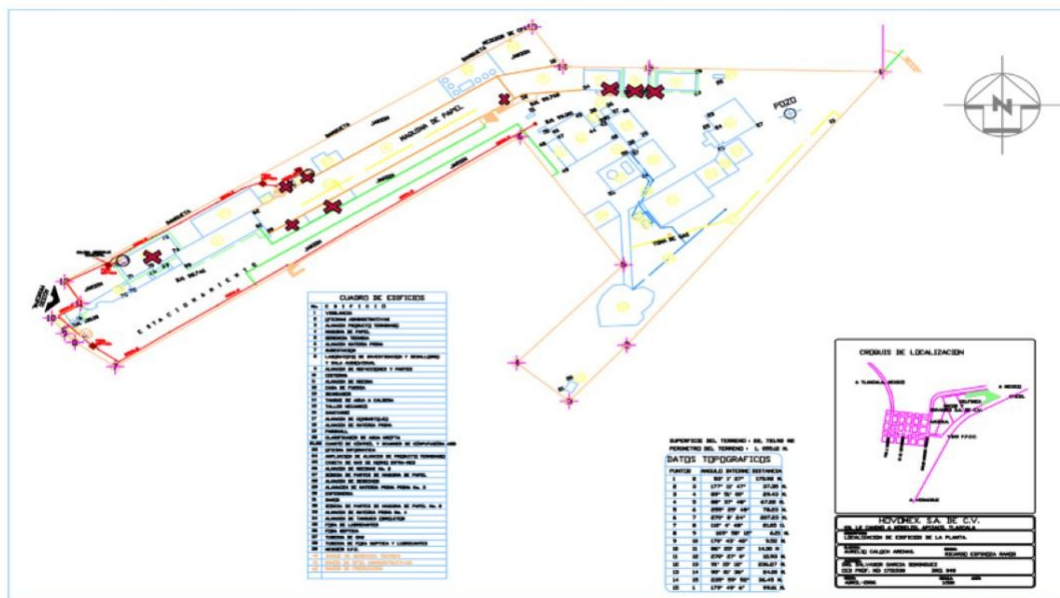


Recorrido diario de verificación de las áreas ambientales.

Se realizó un recorrido diario, día tras día de todas las áreas de la planta (Hovomex) en el cual se verificaba todos los niveles de aspectos ambientales, también el almacenamiento de los residuos y si era necesario contactar con los proveedores para su disposición final.

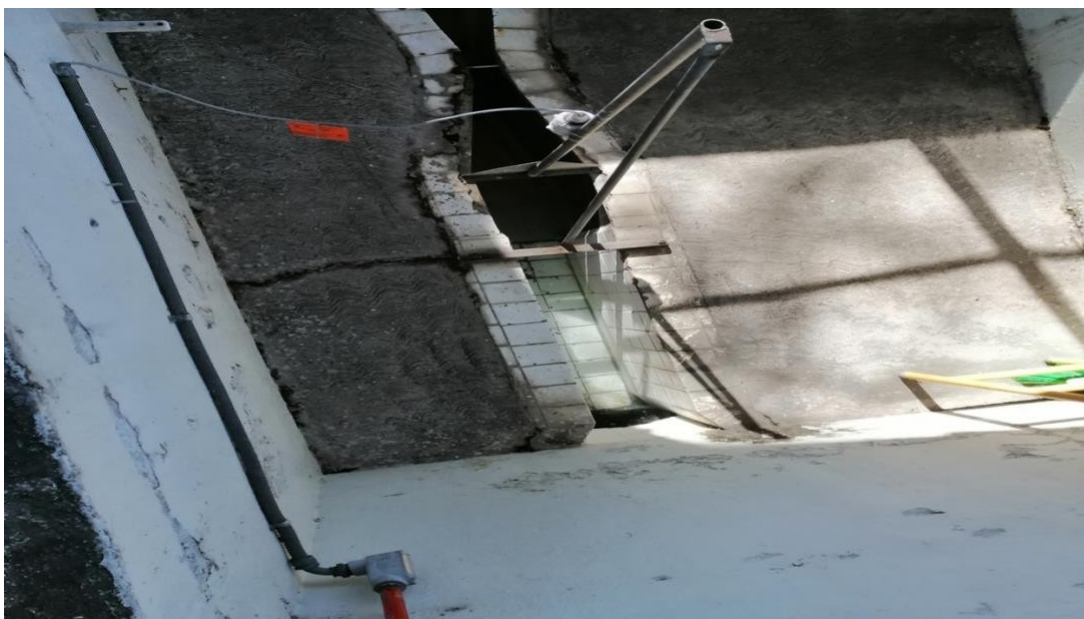
Croquis

Creating a Cleaner World™











Apoyo en la elaboración de presentación de (La correcta segregación de residuos).

Realice una presentación en PowerPoint junto a mi asesora sobre la correcta segregación de residuos en la planta la cual se utilizó para una conferencia con los tres diferentes turnos.

**Procedimientos para la Gestión de
Residuos En Hovomex SA.de.CV**

Creating a Cleaner World™



**Diagrama general de proceso
HOVOMEX**

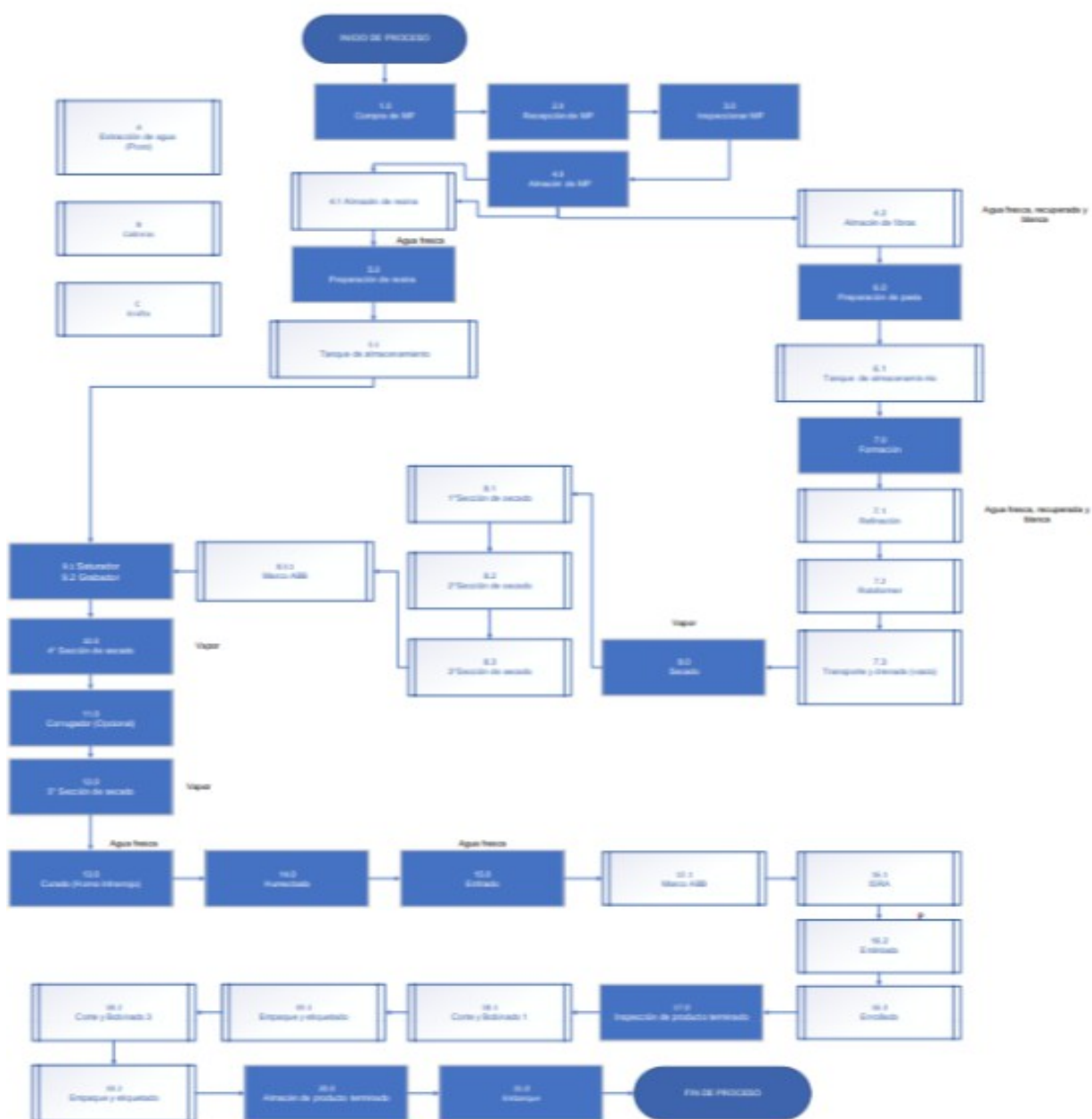




DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

