



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Propuesta de automatización en los tanques clarificadores
AF-210 y AF-220 de aguas crudas de captación en la industria
Tereftalatos Mexicanos en Cosoleacaque, Ver.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

LUIS DANIEL ALFONSO SANTOS

ASESOR DE TESIS:

ING. SUSANA ELVIRA GONZÁLEZ CARRASCO

COATZACOALCOS, VER.

MAYO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dios gracias por darme la oportunidad de nacer y tener una familia, por darme esperanza y fortaleza para seguir, por darme sabiduría y razonamiento para realizar mis metas de vida y mi tesis, agradezco a todas las personas que me rodean para darme la motivación por terminar mi carrera profesional.

Gracias Madre por tener la fortaleza, por quererme tanto, por darme consejos positivos, por cada palabra de entusiasmo y motivación a mi persona, por creer en mí, por tus enseñanzas que son muy importantes para mí, por querer y buscar lo mejor para mi persona y para toda la familia a pesar de la adversidad.

Gracias Padre por permitir darme un hogar, por darme una educación inigualable, por enseñarme cada valor desde el hogar, por darme la oportunidad y los medios para concluir mis estudios como profesional, por confiar en mí, por siempre estar junto a mí en todos los ámbitos posibles.

Hermano por ser incondicional, por quererme, apoyarme, por brindarme tu apoyo siempre. Gracias.

Le agradezco a mi asesor de tesis quien es parte importante de la culminación de mi carrera profesional, por darme su apoyo y compartir sus conocimientos conmigo, quien me inspiro y guio para realizar este trabajo dándome las palabras idóneas y sabios consejos.

Gracias al ingeniero Virginia por su apoyo incondicional de inicio de la carrera hasta el final, por sus palabras de aliento, motivación a continuar estudiando y terminar mi tesis.

TÍTULO

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LOS TANQUES CLARIFICADORES
AF-210 Y AF-220 DE AGUAS CRUDAS DE CAPTACIÓN EN LA INDUSTRIA
TEREFTALATOS MEXICANOS EN COSOLEACAQUE, VER.**

HIPÓTESIS

La automatización con sensores de nivel de lodos controlará el consumo de agua en los tanques clarificadores AF-210 y AF-220 en la empresa Tereftalatos Mexicanos, generando el mínimo costo en el consumo de aguas crudas por el río de Cosoleacaque.

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo propone una opción de un sistema de automatización en los tanques clarificadores ya que el área de servicios auxiliares en Tereftalatos Mexicanos genera un gran consumo de agua.

La automatización en los equipos tanques ayudará a mejorar el control en el proceso, con medición de lecturas actuales de los equipos en el cuarto de control, reducirá los costos elevados de consumo de agua y ayudará a prevenir futuras fallas en los equipos.

Con el proceso automatizado ayudará a la empresa a evitar accidentes en los trabajadores, ya que al tener lecturas directas al cuarto de control el operario no se expondrá a posibles accidentes al subir a tomar muestras y lecturas del proceso, la seguridad es muy importante para la empresa, ya que unos de los objetivos de la empresa es evitar todo tiempo de accidentes posibles.

Con la tecnología en los sistemas implementados en los tanques clarificadores se propiciarán oportunidades de mejoras en la instrumentación en los procesos de control en el área industrial, así como también ayudará en el desempeño de los ingenieros como una experiencia de proceso para apoyarse en problemas a futuro.

Esta mejora brindará una nueva imagen como empresa socialmente responsable (ESR). La importancia de la empresa socialmente responsable es que el reconocimiento es a nivel mundial, esto beneficia a la empresa a tener mejores relaciones institucionales, mayores oportunidades de negocios con otras empresas, mayor oportunidad para las entidades financieras, etc.

Objetivo General:

Minimizar costos y consumo de agua, mediante un sistema de automatización en los tanques clarificadores AF-210 y AF-220 en Tereftalatos Mexicanos, con el propósito de mejorar el proceso en los tanques.

Objetivo Específicos:

- Medición del sistema actual en los tanques clarificadores.
- Selección del sensor adecuado a la necesidad del clarificador.
- Instalación de un sistema de automatización en los tanques clarificadores.
- Verificación de costos del sistema automatizado en los tanques clarificadores.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I GENERALIDADES.....	2
1.1 ANTECEDENTES DE TEREFTALATOS MEXICANOS S.A DE C.V.....	3
1.2 IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA.....	4
1.3 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA CRUDA.....	5
1.4 ETAPAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA.....	17
1.5 CLARIFICADORES Y SU CLASIFICACIÓN	18
CAPITULO II MARCO TEÓRICO Y NORMATIVAS.....	22
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
2.2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS.....	24
2.3 IMPORTANCIA DE LOS COAGULADORES.....	27
2.4 SENSORES DE MEDICIÓN DE LODOS.....	30
CAPITULO III SISTEMA PROPUESTO.....	39
3.1 SELECCIÓN DEL SENSOR.....	40
3.2 SENSOR SONATAX HACH.....	42
3.3 CONTROLADOR SC1000.....	48
3.4 ESTUDIOS DE COSTOS.....	60
CONCLUSIÓN	65
BIBLIOGRAFÍA	66
GLOSARIO	67

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que cada día se vuelve más escaso, debido a que su demanda es mayor por el incremento poblacional e industrial de los últimos años, lo cual a su vez ha causado su deterioro por el mal uso, así mismo cada día es más difícil la recarga de los mantos freáticos debido a la deforestación y la aparición de grandes complejos habitacionales como industriales.

Por lo que la presente propuesta es un sistema de automatización para control de nivel de lodos mediante sensores ultrasónicos, implementado en los clarificadores de una industria química, a su vez permitirá ayudar a disminuir la captación de agua del río del municipio de Cosoleacaque, Ver., ayudando de manera directa a la ecología de la región y a su vez logrará de manera potencial el ahorro de consumo de este vital líquido para la industria Tereftalatos Mexicanos S.A de C.V.

En el primer capítulo, se explican las generalidades de la industria Tereftalatos Mexicanos S.A. de C.V., la ubicación geográfica y productos principales del proceso.

El agua es un servicio auxiliar para todos los procesos que existen en la planta, por lo cual se explican las características y propiedades que existen al captar el agua de río, y la importancia del pretratamiento de las aguas crudas antes de ingresar al proceso del tanque.

En el siguiente capítulo se menciona el tema de marco teórico y normativas, así como la problemática existente de la industria en los clarificadores AF-210 y AF-220 del área de servicios auxiliares.

El tratamiento usado en este proceso está apegado a las Normas Oficiales Mexicanas (NMX) vigentes, por lo que se mencionan las normas que rigen cada procedimiento de medición de sólidos disueltos y totales, que aseguran la calidad de los análisis que permiten que sean los más exactos y seguros posibles.

Para la selección de los equipos, se realizó una investigación de 3 tipos de sensores de lodos de marcas diferentes realizando una comparación de las características de cada sensor, su funcionamiento y las partes técnicas, para realizar la elección del sensor más adecuado a las necesidades de la industria.

Posteriormente en el capítulo tres, se detalla el sistema propuesto, y la selección del sensor y controlador más adecuado. Se muestra el análisis de los costos aproximados, así como sus beneficios y conclusión.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES DE TEREFTALATOS

Las operaciones de Tereftalatos se iniciaron en 1974 en Altamira, fortaleciendo la inversión para (ácido tereftálico purificado) pta en 1995 mediante la instalación de una planta con tecnología de punta que actualmente produce 1 millón de toneladas al año.

Se tienen plantas de manufactura en México (Altamira y Cosoleacaque), en Estados Unidos (carolina del norte, carolina del sur y Mississippi) y Sudamérica (argentina). Es el más grande productor de pta en américa y uno de los mayores en el mundo.

Tereftalatos mexicanos (petrotemex), es una empresa de clase mundial, inicio operaciones en Cosoleacaque en 1978 y productora de Tereftalatos en Altamira en septiembre de 1997, con una capacidad actual de 600 y 900 ktons de pta respectivamente. El pta es la materia prima básica para la fabricación de Tereftalato de polietileno (polietileno tereftalato purificado) pet, fibras, películas.

Micro localización de Tereftalatos



Latitud: 18.0376

Longitud: -94.5981

En la figura 1 se muestra la micro localización de Tereftalatos que está en las calles colindantes a la ubicación como son: Héroes de Nacozari, carretera a Mapachapan.

1.2 IMPORTANCIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS

El propósito de tratar el agua es acondicionar y modificar para eliminar características indeseables, impurezas y agentes patógenos a fin de proporcionar agua segura, agradable y aceptable para los equipos industriales de la planta.

Se deberá tomar en cuenta las normas sobre niveles máximos para los distintos tipos de contaminantes. Si estos contaminantes están presentes en el agua y en límites mayores a los establecidos, el agua se debe tratar para reducir los niveles de contaminación.

Algunas impurezas que afectan las cualidades del agua se especifican en las normas. Se recomienda el tratamiento o modificación del agua para que cumpla con el nivel mínimo de contaminantes para prevenir futura fallas en los equipos.

AGUAS CRUDAS

El agua cruda es el agua tal como se encuentra en las fuentes, en estado natural, sin tratamiento. Se pueden identificar como fuentes de "agua cruda" a los cursos superficiales o subterráneos, entre ellos, los ríos, arroyos, lagos, lagunas y acuíferos.

1.3 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS CRUDAS.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la institución de gobierno que tiene como propósito fundamental, constituir una política de Estado de protección ambiental, que revierta las tendencias del deterioro ecológico y sienta las bases para un desarrollo sustentable en el país.

Ante la necesidad SEMARNAT encontró un método uniforme y consistente para dar a conocer la calidad del agua de manera accesible a la población, se desarrolló un sistema estimativo de calidad del agua que requirió la medición física de los parámetros de contaminación del agua y el uso de una escala estandarizada de medición para expresar la relación entre la existencia de varios contaminantes en el agua y el grado de impacto en los diferentes usos de esta.

Este sistema se denominó Índice de Calidad del Agua (ica) y es un sistema cualitativo que permite hacer comparaciones de niveles de contaminación en diferentes áreas. El ica se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ica cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones.

Se consideró 14 parámetros para su cálculo con distintos pesos relativos (W), según la importancia que se le concedía a cada uno de ellos en la evaluación total:

Parámetro	unidades	Parámetro	unidades
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3.0	Nitrógeno en nitratos	2.0
Oxígeno disuelto	5.0	Alcalinidad	1.0
Coliformes fecales	4.0	Color	1.0
Coliformes totales	3.0	Dureza total	1.0
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes)	3.0	Potencial de Hidrógeno (pH)	1.0
Conductividad eléctrica	2.0	Sólidos suspendidos	1.0
Fosfatos totales	2.0	Cloruros	0.5
Tabla 1	Parámetros de calidad de agua cruda		
	Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, octubre 2005.		

En la tabla 1 se interpretan los parámetros medibles que permiten reconocer los estándares que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana; hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales, no municipal e industriales.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)		
Criterio mg/l	Clasificación	Color
DBO ₅ ≤ 3	Excelente	Azul
	No contaminada	
3 < DBO ₅ ≤ 6	Buena calidad	Verde
	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	
6 < DBO ₅ ≤ 30	Aceptable	Amarillo
	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	
30 < DBO ₅ ≤ 120	Contaminada	Naranja
	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	
DBO ₅ > 120	Fuertemente contaminada	Rojo
	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
DQO ≤ 10	Excelente	Azul
	No contaminada	
10 < DQO ≤ 20	Buena calidad	Verde
	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	
20 < DQO ≤ 40	Aceptable	Amarillo
	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	
40 < DQO ≤ 200	Contaminada	Naranja
	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	
DQO > 200	Fuertemente contaminada	Rojo
	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	
Sólidos Suspendedos Totales (SST)		
SST ≤ 25	Excelente	Azul
	Clase de excepción, muy buena calidad	
25 < SST ≤ 75	Buena calidad	Verde
	Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto	
75 < SST ≤ 150	Aceptable	Amarillo
	Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido	
150 < SST ≤ 400	Contaminada	Naranja
	Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido	
SST > 400	Fuertemente contaminada	Rojo
	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces	
Tabla 2	Escalas de clasificación de la calidad del agua	
	Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Estadísticas del Agua en México, 1a edición, CNA, México, 2007.	

En la tabla 2 se explica como evaluar la calidad del agua, se muestran los parámetros indicadores, que indica la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable.

PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA

Los parámetros físicos pueden considerarse como testigos de la variación de la calidad del agua, ya que estos parámetros están relacionados a características que definen la calidad del agua. La conductividad y la turbidez destacan la presencia de sólidos disueltos y de sólidos en suspensión respectivamente, a medida que estos aumentan, la calidad del agua disminuye.

Sabor y olor:

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano.

Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de $\text{SO}_4^{=}$. El CO_2 libre le da un gusto picante, trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables.

Color:

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, no se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes. El agua pura solo es azulada en grandes espesores, en general presenta colores inducidos por metales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro, el color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial colorante de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso, y un potencial espumante en un uso en calderas.

Turbidez:

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloides o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de los procesos a que se puede destinar agua.

Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas, las aguas con 1 ppm son muy transparentes y permiten ver a su través hasta profundidades de 4 o 5 m. Con 10 ppm, que sería el máximo deseable para una buena operación de los filtros, la

transparencia se acerca al metro de profundidad. Por encima de 100 ppm la transparencia está por debajo de los 10 cm y los filtros se obstruyen rápidamente.

La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

Conductividad y resistividad:

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad, es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes.

La resistividad es la medida recíproca de la conductividad, la medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de agua, siempre que:

- ✓ No se trate de contaminación orgánica por sus sustancias ionizables.
- ✓ Las mediciones se realizan a la misma temperatura.
- ✓ La composición del agua se mantenga relativamente constante.

PARAMETROS QUÍMICOS

Los parámetros químicos constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua, entre los contaminantes químicos que generan especial atención en las propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y no pesados.

Se debe considerar que los químicos en los desinfectantes químicos para tratar el agua producen formaciones secundarias que podrían ser potencialmente peligrosas para los procesos industriales.

Existen sustancias químicas cuya presencia puede producir quejas en los procesos por diversas razones, entre ellas están, el cloruro, cobre, manganeso, y el total de sólidos disueltos.

PH:

El pH es una medida de la concentración de iones hidrogeno, y se define como $pH = -\log(1/[H^+])$. Es una medida de la naturaleza acida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua, la mayoría de las aguas tienen un pH entre 6 y 8.

Su medición se realiza fácilmente con un pH metro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indica el pH. Los valores del pH han de ser referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella.

El pH se corrige por neutralización.

Dureza:

La dureza, debida a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domesticas como las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. Por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo.

Existen distintas formas de dureza:

- **Dureza total o título hidrotimétrico, TH:** Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} . Se puede distinguir entre la dureza de calcio $THCa$, y la dureza de magnesio, $THMg$.
- **Dureza permanente o no carbonatada:** Mide el contenido en iones Ca^{++} y Mg^{++} después de someter el agua a ebullición durante media hora, filtración y recuperación del volumen inicial con agua destilada. El método es de poca exactitud y depende de las condiciones de ebullición.
- **Dureza temporal o carbonatada:** Mide la dureza asociada a iones CO_3H , eliminable por ebullición, y es la diferencia entre la dureza total y la permanente.

Alcalinidad:

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos, contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonato, carbonatos y oxhidrilo, pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil.

Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO₂ en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas.

La alcalinidad se corrige por des carbonatación con cal; tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico.

Coloides:

Es una medida del material en suspensión en el agua que se comporta como una solución verdadera y, por ejemplo, atraviesa el papel de filtro.

Los coloides pueden ser de origen orgánico (ejemplo macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (ejemplo óxidos de hierro y manganeso). En las aguas potables puede ser una molestia solo de tipo estético.

La dificultad de sedimentación se salva con un proceso de coagulación- floculación previo. Si se debe a DBO en aguas residuales se puede tratar biológicamente. La filtración es insuficiente y requiere un proceso de ultrafiltración.

Acidez mineral:

La acidez es la capacidad para neutralizar bases, es raro que las aguas naturales presenten acidez, sin embargo, las aguas superficiales pueden estar contaminadas por ácidos de drenajes mineros o industriales. Pueden afectar a tuberías o calderas por corrosión, se mide con las mismas unidades de la alcalinidad, y se determina mediante adición de base, se corrige por neutralización con álcalis.

Sólidos disueltos:

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada, corresponde al residuo seco con filtración previa.

El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales, aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por sí solo suficiente para determinar la bondad del agua. En los usos industriales la concentración elevada de sólidos disueltos puede ser objeccionable por la posible interferencia en procesos de fabricación, o como causa de espuma en calderas.

Los procesos de tratamientos son múltiples en función de la composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y osmosis inversa.

Sólidos en suspensión:

Los sólidos en suspensión, es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después de secado. Son indeseables en las aguas de proceso porque pueden causar depósitos en las conducciones, calderas, equipos, etc. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en las superficies varían mucho en función del origen y las circunstancias de la captación.

Residuo seco:

El residuo seco es el peso de los materiales después de evaporar un litro de agua. Si esta ha sido previamente filtrada, corresponderá al peso total de sustancias disueltas, sean volátiles o no.

Conviene fijar la temperatura a que se ha realizado la evaporación. Si se ha hecho a 105°C puede haber bicarbonatos, agua de hidratación y materias orgánicas.

A 180°C los bicarbonatos han pasado a carbonatos, se ha desprendido el agua de cristalización y se habrá desprendido o quemado la materia volátil. El residuo a calcinación es menor que los anteriores ya que los carbonatos se destruyen perdiendo CO₂.

Cloruros:

El ion cloruro forma sales en general muy solubles. Suelen ir asociado al ion Na⁺, especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores, las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. El agua de mar contiene alrededor de 20,000 ppm.

El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial, a partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño de ion que puede penetrar la capa protectora en la interface oxido-metal y reaccionar con el hierro estructural, se valora con nitratos de plata usando cromato potásico como indicador.

Se separa por intercambio iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un pulido final.

Sulfatos:

El ion sulfato corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles, las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm, y el agua de mar cerca de 3000 ppm. Aunque en agua pura se satura a unos 1500 ppm, como $\text{SO}_4 \text{CA}$, la presencia de otras sales aumenta su solubilidad.

La determinación analítica por gravimetría con cloruro de bario es la más segura, si se emplean métodos complexométricos hay que estar seguro de evitar las interferencias.

No afecta especialmente al agua en cantidades moderadas. Algunos centenares de ppm perjudican la resistencia del hormigón. Industrialmente es importante porque, en presencia de iones calcio, se combina para formar incrustaciones de sulfato cálcico.

Nitratos:

El ion nitrato forma sales muy solubles y bastante estables, aunque en medio reductor puede pasar a nitrito, nitrógeno, o amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm, pero las aguas contaminadas, principalmente por fertilizantes, pueden llegar a varios centenarios de ppm.

Concentraciones elevadas en las aguas de bebida pueden ser la causa de cianosis infantil. Industrialmente no tiene efectos muy significativos, e incluso es útil para controlar la fragilidad del metal de las calderas.

Su determinación en el laboratorio es complicada y se realiza en general por espectrofotometría, resultante de la absorción de la radiación UV por el ion nitrato.

Se elimina por intercambio iónico, pero no es un método económico en los procesos de potabilización en graves volúmenes, están en desarrollo procesos de eliminación biológicos.

Su presencia en las aguas superficiales, conjuntamente con fosfatos, determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas.

Fosfatos:

El ion fosfato en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Al corresponder a un ácido débil, contribuye a la alcalinidad de las aguas.

En general no se encuentra en el agua más de 1 ppm, pero puede llegar a algunas decenas debido al uso de fertilizantes, puede ser crítico en la eutrofización de las aguas superficiales, no suele determinarse en los análisis de rutina, pero puede hacerse colorimétricamente.

Fluoruros:

El ion fluoruro corresponde a sales de solubilidad en general, muy limitada, no suele hallarse en proporciones superiores a 1 ppm.

Tiene un efecto beneficioso sobre la dentadura si se mantiene su contenido alrededor de 1 ppm, y por este motivo se añade a veces al agua potable, su análisis suele hacerse por métodos colorimétricos.

Sílice:

La sílice se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico y como materia coloidal, contribuye ligeramente a la alcalinidad del agua, las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a 100 ppm, especialmente si son aguas bicarbonatadas sódicas. Se determina analíticamente por colorimetría.

La sílice tiene mucha importancia en los usos industriales porque forma incrustaciones en las calderas y sistemas de refrigeración, y forma depósitos insolubles sobre los alabes de las turbinas. Su eliminación se consigue parcialmente por precipitación, pero fundamentalmente mediante resinas de intercambio iónico fuertemente básicas.

Bicarbonatos y carbonatos:

Existe una estrecha relación entre los iones bicarbonato, carbonato, y el CO_2 disuelto. A su vez el equilibrio está afectado por el pH, estos iones contribuyen fundamentalmente a la alcalinidad del agua, los carbonatos precipitan fácilmente en presencia de iones calcio, las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ion bicarbonato. El agua de mar tiene unos 100 ppm de ion bicarbonato.

Sodio:

El ion sodio corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Suele estar asociado al ion cloruro. El contenido en aguas dulces suele estar entre 1 y 150 ppm, pero es fácil encontrar valores muy superiores, de hasta varios miles de ppm. El agua de mar contiene cerca de 11,000 ppm, es un indicador potencial de corrosión.

La determinación analítica se hace por fotometría de llama, en los análisis rutinarios el ion sodio no se determina, sino que se calcula como diferencia entre el balance de aniones y cationes.

El sodio se elimina por intercambio iónico, pero como ion monovalente es una de las primeras sustancias que fugan de la columna catiónica o del lecho mixto.

Potasio:

El ion potasio corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difícil de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm y el agua de mar contiene alrededor de 400 ppm, por lo cual es un catión mucho menos significativo que el sodio.

Su determinación se hace por fotometría de llama, en los análisis rutinarios se asimila al sodio. Se elimina por intercambio iónico.

Calcio:

El ion calcio forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles, contribuye de forma muy especial a la dureza del agua y a la formación de incrustaciones.

Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, o incluso 600 ppm, el agua de mar contiene unos 400 ppm.

Magnesio:

El ion magnesio tiene propiedades muy similares a las del ion calcio, pero sus sales son, en general, más solubles y difíciles de precipitar; por el contrario, su hidróxido es menos soluble, las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm, y el agua de mar contiene unos 1,300 ppm.

Cuando el contenido en agua alcanza varios centenares le da un sabor amargo y propiedades laxantes, que pueden afectar su potabilidad, contribuye a la dureza del agua y a pH alcalino puede formar incrustaciones de hidróxido.

Hierro:

El ion hierro se pueden presentar como ion ferroso, o en la forma más oxidada de ion férrico, la estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solución, presencia de materias orgánicas acomplejantes, etc.

Las presencias de hierro pueden afectar a la potabilidad del agua y, general, es inconveniente en las aguas industriales por dar lugar a depósitos e incrustaciones, las condiciones de estabilidad hacen que las aguas subterráneas normalmente solo contengan hierro disuelto.

La concentración suele estar entre 0 y 10 ppm de hierro, pero al airear el agua precipitada, de color rojizo y el contenido en ion disuelto se reduce a menos de 0,5 ppm. Solo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de ppm.

Manganeso:

El ion manganeso se comporta en muchos aspectos de forma similar al hierro, además de actuar con 2 y 3 cargas positivas, rara vez el agua contiene más de 1 ppm, y entonces requiere un pH ácido.

La forma más general la aeración oxidativa da un precipitado negrozco de MnO_2 , igual que el hierro, forma compuestos orgánicos estables. Se determina por oxidación a permanganato y colorimetría de la solución oxidada y espectrometría de absorción atómica.

Metales tóxicos:

Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio, todos ellos deben ser estrictamente controlados en el origen de la contaminación. Las mediciones analíticas se realizan en general por espectrofotómetros de absorción atómica.

Gases disueltos:

El dióxido de carbono es un gas relativamente soluble que se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua, las aguas subterráneas profundas pueden contener hasta 1,500 ppm, pero en las aguas superficiales se sitúa entre 1 y 300 ppm. Un exceso de CO_2 hace el agua corrosiva, factor importante en las líneas de vapor y condensados.

Se elimina por aeración, desgasificación o des carbonatación.

El oxígeno por su carácter oxidante juega un papel importante en la solubilización o precipitación de iones que presentan una forma insoluble, su presencia es vital para todas las formas de vida superior y para la mayoría de los microorganismos.

Es el parámetro más importante en el control de la calidad de las aguas superficiales en cauces naturales, provoca la corrosión de los materiales, en líneas y equipos; pero su ausencia puede representar la presencia de otros gases objeccionables tales como metano, sulfhídrico, etc. Existen sondas específicas para medir el oxígeno disuelto en el agua, se elimina por desgasificación por desgasificación, o mediante reductores como el sulfito sódico y la hidracina.

El amoníaco es un indicador de contaminación del agua, y en forma no iónica es tóxico para los peces, al clorar el agua a partir del amoníaco se forman cloraminas, y también tóxicas, provoca la corrosión de las aleaciones de cobre y zinc, formando un complejo soluble.

Se puede medir con electrodos específicos o por colorimetría con reactivo, se elimina por desgasificación o intercambio catiónico.

1.4 ETAPAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS.

- **Pretratamiento:**

Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

- **Tratamiento primario o tratamiento fisicoquímico:**

Busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.

- **Tratamiento secundario o tratamiento biológico:**

Se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos fisicoquímicos. Suele aplicarse tras los anteriores.

Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

- **Tratamiento terciario, de carácter fisicoquímico o biológico:**

Desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características.

Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

1.5 CLARIFICADORES Y SU CLASIFICACIÓN

El mejoramiento de la calidad del agua en las plantas generalmente integra una serie de procesos u operaciones que gradualmente permiten convertir un agua cruda de un río, lago, mar o pozo de agua subterránea en agua que cumpla ciertos parámetros de calidad de agua establecidos en las normas de mexicanas.

En las plantas que utilizan coagulación química y filtración rápida se considera que el agua clarificada es aquella que ha sido sometida a procesos de coagulación, floculación y sedimentación.

En el proceso convencional de coagulación-floculación-sedimentación, se añade un coagulante al agua fuente para crear una atracción entre las partículas en suspensión. La mezcla se agita lentamente para inducir la agrupación de partículas entre sí para formar "flóculos". El agua se traslada entonces a un depósito tranquilo de sedimentación para sedimentar los sólidos.

Un clarificador de agua está destinado a realizar un mejor aprovechamiento del agua utilizada en el proceso de floculación. Mediante la clarificación del agua conseguimos eliminarle todos los lodos disueltos que existan para poder utilizar el agua limpia en el proceso.

Se considera un sistema con clarificadores de contacto aquel sistema que maneja unidades de tratamiento generalmente de flujo vertical en el cual uno o los dos procesos de floculación y sedimentación se realizan reteniendo para su utilización posterior una parte del floculo previamente formado.

Esto se logra por la configuración de los procesos ya sea en una sola estructura integrada o en dos estructuras separadas.

Se han aplicado en Tereftalatos Mexicanos estas unidades al tratamiento de aguas bajas y altas en partículas en suspensión y con grandes o pocas cantidades de material coloidal, se considera que pueden presentar limitaciones cuando la calidad del agua y las condiciones de carga (caudal tratado) puede variar fuertemente en tiempos reducidos.

TIPOS DE CLARIFICADORES

Existen diferentes tipos de diseños de clarificadores industriales en la actualidad, se utilizan comúnmente al inicio de todo el proceso y al final (efluente). Su principal función es eliminar los sólidos pesados del agua para un mejor control en el proceso.

Se mostrará los diseños más utilizados en la industria en la actualidad como son:

· Clarificadores rectangulares:

La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Este tipo de sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas no varían sus propiedades físicas a lo largo del desplazamiento hacia el fondo del sedimentador. Suelen ser equipos poco profundos, dado que, al menos teóricamente, este parámetro no influye en la eficacia de la separación, siendo el principal parámetro el área horizontal del mismo. Que se muestra en la figura 2.

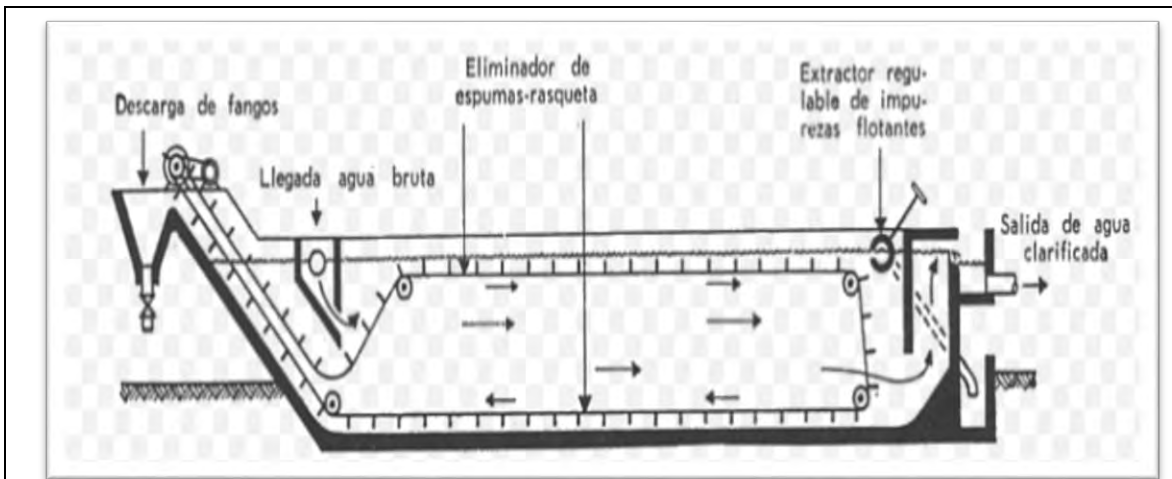


Figura 2	Clarificador rectangular y sus componentes
	http://www.acsmedioambiente.com/clarificadordaf.html

· **Clarificadores circulares:**

Son más habituales, en ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de flóculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación. Como en la (figura 3).

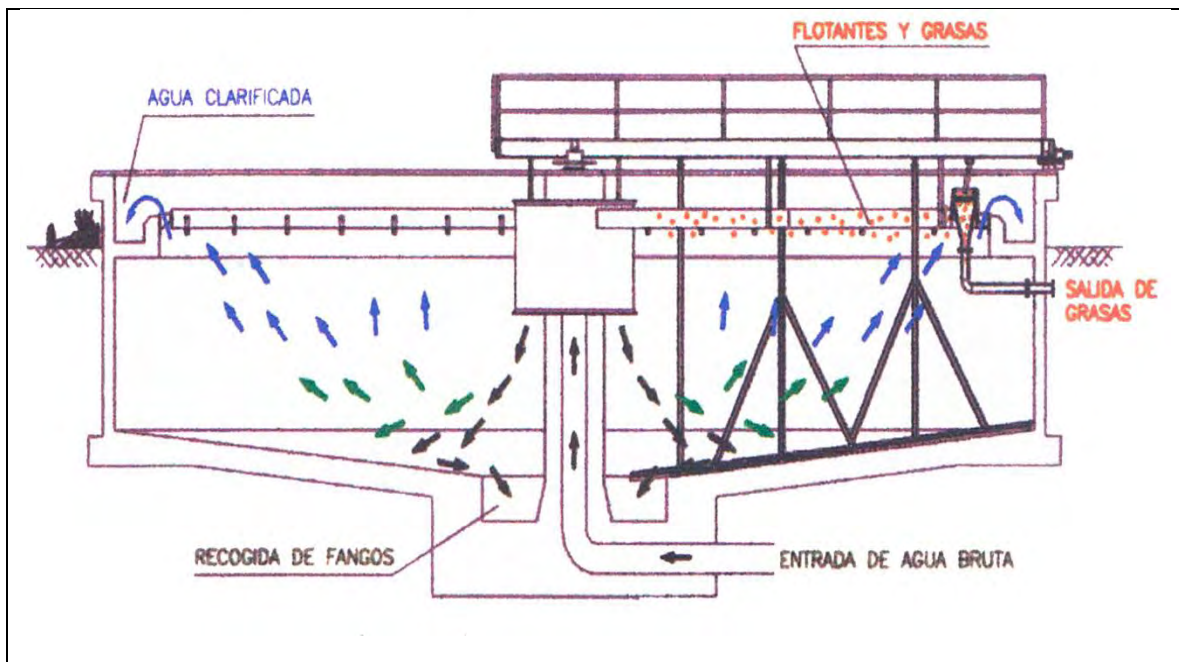


Figura 3

Clarificador circular

<http://tybsa.com/sedimentadores-y-clarificadores/>

· **Clarificadores lamelares:**

Han surgido como alternativa a los clarificadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio, consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior de las placas se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogiendo en el fondo del sedimentador.

En la figura 4 se muestran las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se “empujan” hacia la salida. Estos fangos, en muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

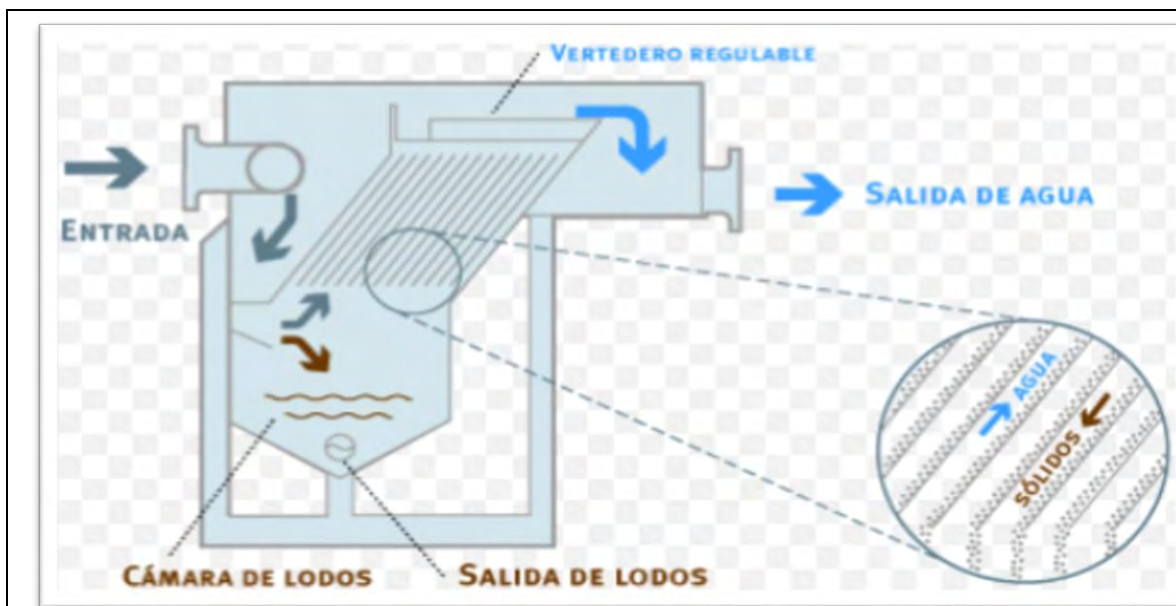


Figura 4	Clarificador lamelar
	http://www.acsmedioambiente.com/clarificadorplacas.html

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y

NORMATIVAS

2.1 Planteamiento del problema

En el área de servicios auxiliares de la industria Tereftalatos Mexicanos, en el proceso de coagulación en el agua cruda de los tanques clarificadores AF-210 y AF-220, se presenta una variación en el nivel de lodos, este proceso de medición se hace de manera manual por un operario en área que reditúa en un mal manejo de los análisis de los niveles del tanque obteniendo lecturas erróneas y no precisas.

Las malas operaciones de los clarificadores producen un consumo excesivo de agua cruda que genera un costo elevado por la obtención de este recurso natural que perjudica gravemente a la economía de la empresa.

Ya que con la implementación de una propuesta de automatización en el proceso de coagulación reducirá las horas de trabajo excesivas en el operario a ir a los tanques a un determinado tiempo indicado y aumentará la seguridad, al controlar el nivel de los tanques clarificadores disminuirá los errores de lecturas existentes en el proceso.

Al no estar automatizado el proceso implica riesgos de accidentes que pueda sufrir el operario al subir a tomar las lecturas pertinentes, ya que el área donde se toman los muestreos se encuentra considerablemente alta.

La deficiencia en la organización del área perjudica a la empresa y al trabajador, ya que se generan tiempos muertos en los operarios, riesgos que involucra la integridad física del trabajador y riesgos en lecturas erróneas del proceso.

El incremento de costos mencionado, originado de la falta de un controlador de nivel, provoca también una generación de mal tratamiento por volumen de lodo, y a su vez costos consecuentes en la añadidura de tratamiento.

Por lo cual se requiere una nueva alternativa que reduzca la generación de problemas subsecuentes y cíclicos, que genere disminución de costo y aumente la seguridad.

2.2 Normas oficiales mexicanas.

En México existen dos tipos de Normas que regulan la calidad de los productos y servicios; por un lado, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas cuyos lineamientos son de observancia obligatoria, y las Normas Mexicanas (NMX) que sólo expresan una recomendación de parámetros o procedimientos; cabe mencionar que, si una NOM expresa la obligatoriedad de una NMX, ésta tendrá que cumplirse.

Las NMX, como las NOM, son documentos técnicos en los que se especifican las características que los productos deberán cumplir en función de sus cualidades y los métodos de prueba que determinan esas características, permitiendo definir diferentes grados de calidad.

Se mostrará las más importantes que aplican para el tratamiento de aguas:

NMX-AA-115-SCFI-2015

Esta norma mexicana establece los criterios generales para el control de calidad analítico, en línea, dentro y entre laboratorios, para asegurar la producción de resultados con un nivel conocido de exactitud, en el análisis de agua.

Es aplicable al análisis químico y fisicoquímico de todos los tipos de agua, no aplica para el análisis biológico o microbiológico del agua. Aunque el muestreo es un aspecto importante, sólo se menciona brevemente.

Esta norma es un lineamiento para usarse en todos los métodos analíticos dentro de su campo de aplicación. Para ciertos tipos de análisis las recomendaciones detalladas pueden requerir de interpretación y adaptación específica. En caso de cualquier diferencia entre las recomendaciones de esta norma mexicana y los requisitos específicos de un método de análisis normalizado, éstos últimos deben prevalecer.

NMX-AA-089/2-SCFI-2010	Protección al ambiente	Calidad del agua
NMX-CH-161-IMNC-2006	Materiales de referencia	Contenido de certificados y etiquetas
NMX-CH-164-IMNC-2012	Materiales de referencia	Requisitos generales para la competencia de productores de materiales de referencia (cancela a la NMX-CH164-IMNC-2006), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de marzo de 2013
NMX-CH-165-IMNC-2008	Materiales de referencia	Principios generales y estadísticos para certificación.
NMX-CH-5725/1-IMNC-2006	Exactitud	Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición - Parte 1: Principios generales y definiciones.
NMX-CH-5725/2-IMNC-2006	Exactitud	Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición - Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y la reproducibilidad de un método de medición normalizado.
NMX-EC-17025-IMNC-2006	Laboratorio	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
Tabla 3	Referencia de NMX-AA-115-SCFI-2015	
	https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166150/nmx-aa-115-scfi-2015.pdf	

NMX-AA-020-1980 y NOM-AA-34-1981

Las aguas naturales o residuales con altos contenidos de sólidos suspendidos o sales disueltas no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o por las plantas potabilizadoras. De ello se deriva el interés por determinar en forma cuantitativa estos parámetros.

La presente Norma establece los métodos para la determinación del contenido de sólido totales, sólidos totales volátiles, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles, sólidos disueltos totales y sólidos disueltos volátiles, en aguas naturales y residuales. En la tabla 4 se refleja las referencias utilizadas en las normas mexicanas utilizadas para aguas.

NORMA MEXICANA	ENFOQUE	DESCRIPCIÓN
NMX-AA-006	Aguas	Determinación de materia flotante
NMX-AA-007	Aguas	Determinación de la temperatura
NMX-AA-008	Aguas	Determinación de pH
NMX-AA-026	Aguas	Determinación de nitrógeno total
NMX-AA-029	Aguas	Determinación de fósforo total
NMX-AA-034	Aguas	Determinación de sólidos en agua
NMX-AA-046	Aguas	Determinación de arsénico en agua
NMX-AA-051	Aguas	Determinación de metales
NMX-AA-057	Aguas	Determinación de plomo
NMX-AA-058	Aguas	Determinación de cianuros
NMX-AA-060	Aguas	Determinación de cadmio
NMX-AA-064	Aguas	Determinación de mercurio
NMX-AA-066	Aguas	Determinación de cobre
NMX-AA-078	Aguas	Determinación de zinc
Tabla 4	Referencia de NMX-AA-020-1980 y NOM-AA-34-1981	
	http://www.inesa.com.mx/NORMAS/NORMAS%20AGUA/NMX-AA-034-SCFI-2001.pdf	

2.3 IMPORTANCIA DE LOS COAGULADORES

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto, que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

Las aguas naturales o residuales, en distintas cantidades, contienen material suspendido, sólidos que pueden sedimentar en reposo, o sólidos dispersados que no sedimentan con facilidad.

Una parte considerable de estos sólidos que no sedimentan pueden ser coloides. En los coloides, cada partícula se encuentra estabilizada por una serie de cargas de igual signo sobre su superficie, haciendo que se repelan dos partículas vecinas como se repelen dos polos magnéticos.

Puesto que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores, llamadas flóculos, las partículas no sedimentan. Las operaciones de coagulación y floculación desestabilizan los coloides y consiguen su sedimentación. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado.

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floculante son:

- a) Sulfato de Aluminio.
- b) Aluminato de Sodio.
- c) Cloruro de Aluminio.
- d) Cloruro Férrico.
- e) Sulfato Férrico.
- f) Sulfato Ferroso.
- g) Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación).

SULFATO DE ALUMINIO (Al₂ SO₄)₃

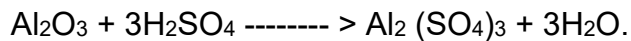
Es una sal sólida y de color blanco, que por sus propiedades fisicoquímicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas crudas y aguas residuales.

Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor.

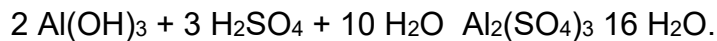
OBTENCIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO

El sulfato de aluminio se obtiene al reaccionar un mineral alumínico (caolín, bauxita, hidrato de aluminio) con ácido sulfúrico a temperaturas elevadas; las reacciones que se llevan a cabo en dependencia del mineral de aluminio utilizado son las siguientes:

Con la bauxita:



A través del hidróxido de aluminio:



PROPIEDAD FLOCULANTE

Cuando el pH del agua es alto (mayor de 7), como se logra ver en la figura 5 el aluminio se precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales para evitar formación de gérmenes y algas. Como se ve en la figura 5.

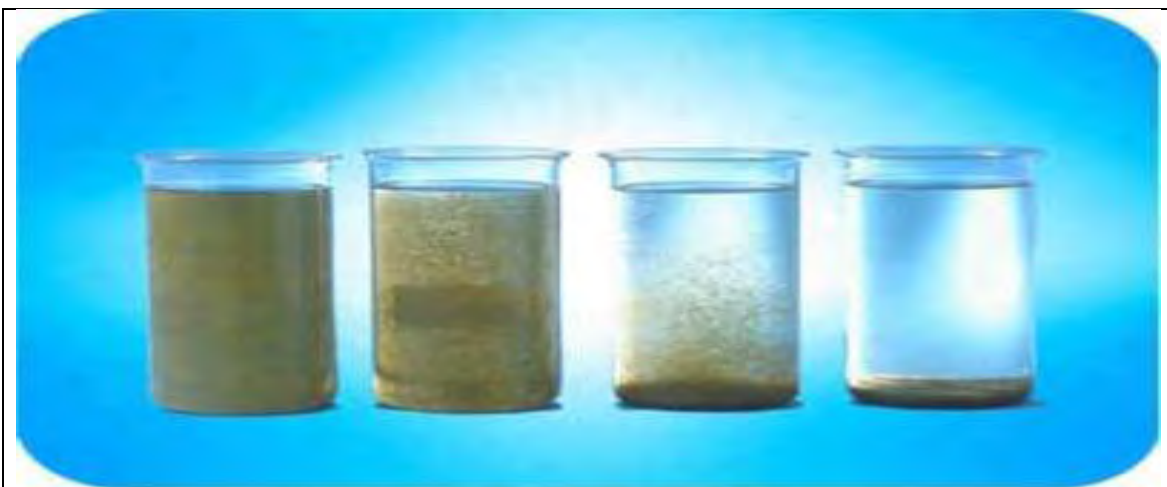


Figura 5

Función del sulfato de aluminio

<http://ar.melinterest.com/articulo/MLA614054188-sulfato-de-aluminio-x-25-kg-clarificador-floculante/>

PRINCIPALES APLICACIONES

- Sulfato de aluminio en la industria de la pulpa y Papel: Ajuste de pH, encolado (brea o cera) y ajuste de retención (fino, carga, pigmentos, etc.) además de servir en el tratamiento de sus efluentes.
- Sulfato de aluminio para el Tratamiento de aguas residuales: El sulfato de aluminio es un producto económico y efectivo en la eliminación del fósforo en las plantas de tratamiento de agua residual, tanto para el uso de humano e industrial y clarifica el agua al precipitar los sólidos suspendidos.
- Sulfato de aluminio para el Tratamiento de agua potable: El sulfato de aluminio permite clarificar el agua potable ya que es un coagulante y por ello sedimenta los sólidos en suspensión, los cuales por su tamaño requerirán un tiempo muy largo para sedimentar.
- Sulfato de aluminio en la Manufactura química: Se emplea en producción de otras sales de aluminio.
- Sulfato de aluminio en la industria de jabones y grasas: Se emplea en la producción de jabones de aluminio y grasas para usos industriales.
- Sulfato de aluminio en la industria del Petróleo: Manufactura de catalizadores sintéticos.

2.4 SENSORES DE MEDICIÓN DE LODOS

Los sensores son importantes, ya que todas las empresas que se dedican a la fabricación o elaboración de diferentes productos tienen la necesidad de hacer uso e implementar esta tecnología en sus procesos, con el fin de adquirir algún tipo de detección y control de las variables en sus sistemas de producción.

La instrumentación industrial es el grupo de equipamientos y dispositivos que sirven a los ingenieros o técnicos, justamente, para medir, convertir y registrar variables de un proceso y, luego, transmitir las, evaluarlas y controlarlas con tales fines.

Sensor de SONATAX

La sonda ultrasónica digital SONATAX SC de HACH mide continuamente el nivel o altura de lodo, para garantizar la mayor exactitud posible en todo momento, la sonda ajusta su sensibilidad a las concentraciones de sólidos y perfiles de lodos variables en el tanque de sedimentación.

Las señales que reflejan las estructuras del tanque (tubos, varillas, etc.) no afectan a la medición; el software las puede anular, la sonda viene calibrada de fábrica y la calibración se mantiene estable a largo plazo. El elemento de limpieza acoplado magnéticamente permite reducir el mantenimiento. Ver figura 5.

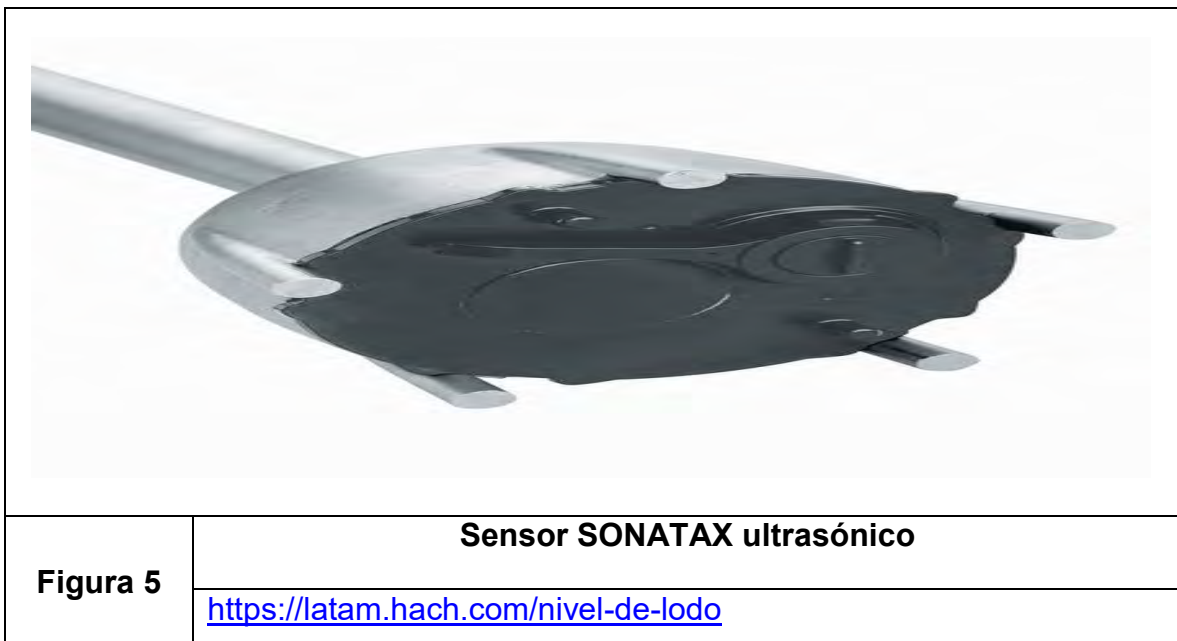


Figura 5

Sensor SONATAX ultrasónico

<https://latam.hach.com/nivel-de-lodo>

Ventajas

- **Para una medición ultrasónica continua del nivel del manto de lodo.**
 - Las aspas limpiadoras funcionan con una conexión magnética y sin eje, para que no haya juntas tóricas que deban cambiarse ni haya la necesidad de abrir la caja de la sonda. No se necesitan herramientas para cambiar las aspas limpiadoras.
- **Menos mantenimiento con el innovador diseño de aspas limpiadoras:**
 - La sonda SONATAX sc escanea automáticamente un rango de frecuencias para encontrar la configuración ideal para la concentración de sustancias sólidas correspondiente a la aplicación. El software incorporado descarta las señales reflejadas de las estructuras.
- **Exactitud superior con ajuste de frecuencia automático:**
 - La sonda íntegramente digital SONATAX sc implica la ausencia de interferencias electromagnéticas. Reanuda instantáneamente las mediciones después del paso del separador de espuma con el sensor de posición incorporado que también compensa el ángulo cuando
- **La sonda digital, la compensación de temperatura y el sensor de posición garantizan la confiabilidad.**
 - La compensación automática de la temperatura garantiza que las mediciones ultrasónicas no resulten afectadas por los cambios estacionales en la temperatura del agua, de manera que la calibración estacional se hace innecesaria.

Datos técnicos

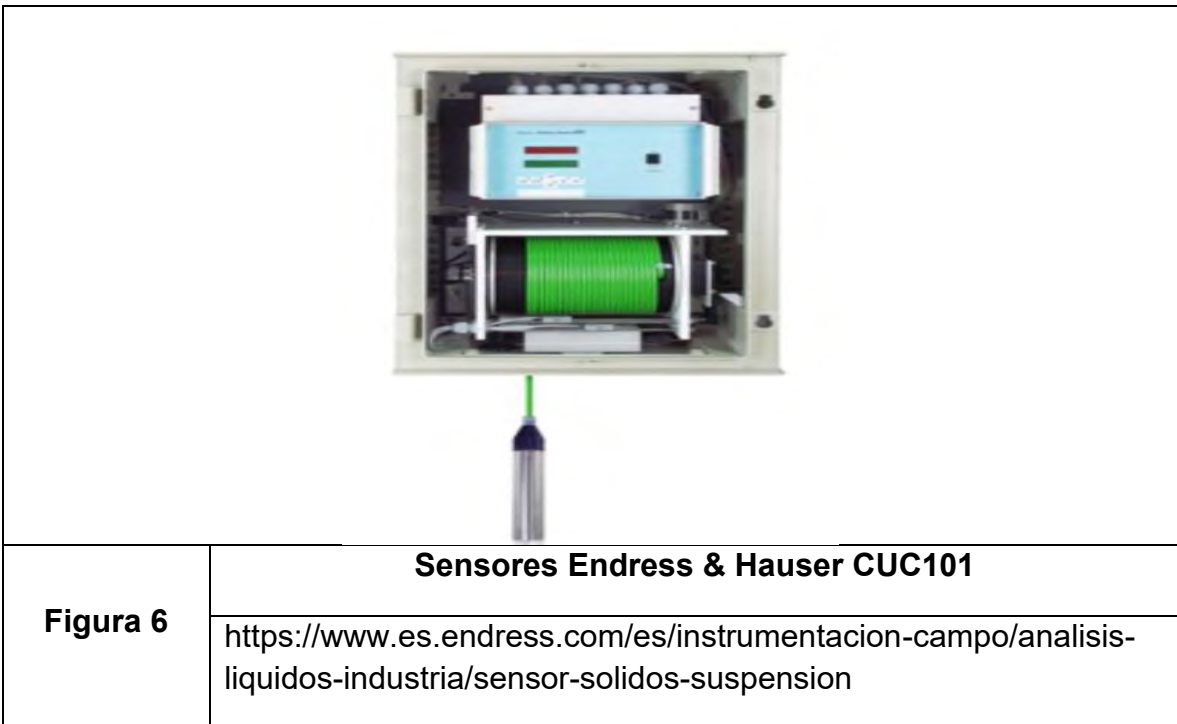
Configuraciones de montaje	Pivot
Controlador	Sensor
Diámetro	185 mm
Diámetro del sensor	185 mm
Dimensiones (AxL)	185 mm x 130 mm
Exactitud	0,1 m
Flujo	Max. 3 m/s
Garantía	2 años
Intervalo de mantenimiento	6 meses
Longitud	130 mm
Límite de presión	<0,3 bar
Longitud de cable	10 m (cables de extensión opcionales disponibles)
Material	Acero inoxidable
Peso del sensor	3,5 kg
Principio de medición	Medición ultrasónica
Rango	0,2 – 12 m nivel de lodo
Rango de temperatura de operación	0 – 50°C
Tiempo de respuesta (ajustable)	10 – 600 s
Tabla 6	Datos técnicos del sensor de lodos SONATAX
	https://latam.hach.com/nivel-de-lodo/sensor-sonatax-sc/family?productCategoryId=222174

Sensor de Endress & hauser

Sensor CUC101

CUC101 es un sensor inteligente que funciona sin necesidad de supervisión en una amplia variedad de condiciones de proceso. El diseño único del sensor es muy robusto y requiere poco mantenimiento gracias a su función de auto limpieza, entre los diferentes modelos de analítica integrada para adaptar el sensor a su aplicación específica.

Gracias a la tecnología digital Memosens, el equipo CUC101 combina una máxima integridad de procesos y datos con un manejo sencillo, es resistente a la corrosión y a la humedad y permite la calibración en el laboratorio. Ver figura 6.



Ámbito de aplicación

CUC101 mide la presencia de sólidos en suspensión y la turbidez en:

- Plantas de tratamiento de aguas residuales:
 - Medición de contenido en sólidos en procesos de aireación, recirculación y tratamiento de fangos.
 - Dosificación de floculante.
 - Medición de la turbidez en los tramos de salida.
- Aplicaciones de agua potable y de proceso:
 - Medición de contenido en sólidos en procesos de tratamiento de fangos.
 - Dosificación de floculante.
- Aplicaciones auxiliares para todos los sectores industriales:
 - Medición de contenido en sólidos en procesos de aireación, recirculación y tratamiento de fangos.
 - Dosificación de floculante.

Datos técnicos

Measuring principle	Sensor óptico
Aplicación	Tratamiento de aguas residuales y purificación de agua: Pileta de sedimentación después de la dosificación de floculante, altura de lodos en contacto proceso de lodos.
Instalación	Tanques y canales abiertos
Característica	Sistema de medición optoelectrónica para la zona de separación y detección de nivel de lodos.
Rango de medición	Concentración de residuos: 0-12 g/l Altura de residuos: 0-11,4m.
Principio de medición	Medición directa y continua de los niveles de concentración utilizando un sensor de inmersión de seguimiento de zonas. Sensor con tecnología de luz pulsada de 4 haces. Medición paralela de concentración y altura para evaluar el perfil de los lodos.
Diseño	Transmisor y tambor de cable con motor paso a paso juntos en una cubierta plástica cerrada. Sensor de turbiedad en movimiento con cable fijo.
Material	Sensor: acero inoxidable
Dimensión	647x436x250 mm. 24.45x17.00x9.75 psi
Temperatura del proceso	-5°C... 50°C
Conexión	Conexión de cable fijo
Entrada	Valor de medición de turbiedad y altura, sincronización para el movimiento re rack y perfil de residuos.
Salida	0/4-20mA para altura y concentración, así como salidas de conmutación.
Tabla 7	Datos técnicos del sensor de lodos Endress & Hauser CUC101
	https://www.mx.endress.com/es/industrias/aguas-residuales/tratamiento-eliminaci%C3%B3n-lodos

Sensor de Endress & Hauser

Sensor CUS71D

Turbimax CUS71D monitoriza en continuo las zonas de separación y transición en depósitos de clarificación y decantación, y garantiza unos procesos de sedimentación seguros, económicos y eficientes.

Le proporciona unos valores medidos fiables en tiempo real para un control rápido de las válvulas y accionadores. Turbimax CUS71D es el sensor ideal para todo tipo de aplicaciones de medición, desde la protección del agua corriente abajo en plantas de tratamiento de aguas residuales hasta la optimización de los tiempos de limpieza del filtro en instalaciones hidráulicas. Como se ve en la figura 7.



Ventajas

- Fiable: el sensor proporciona medición en continuo precisa del rango o nivel de la interfase.
- Seguro: la información sobre la interfase en tiempo real asegura un control rápido de las válvulas y actuadores.
- Sencillo: puesta en marcha fácil gracias a los modelos matemáticos predefinidos.
- Económico: la función automática de limpieza con cepillo permite un funcionamiento a largo plazo libre de mantenimiento.
- Inteligente: todos los datos de calibración y específicos del sensor almacenados en el sensor.
- Flexible: la porta sondas se adapta a todos los diseños del clarificador para un ajuste óptimo a la tarea de medición.

Measuring principle	Sensor ultrasónico
Aplicación	Medición continua de las capas de separación en depósitos de sedimentación
Instalación	Sensor sumergido con cable fijo
Rango de medición	0.3 – 10 m
Principio de medición	Medición de tiempo de retorno ultrasónico
Materiales	ABS Epoxi
Dimensión	Diámetro 73.3 mm, longitud del sensor estándar 68.8 mm, longitud de sensor con limpiador de membrana 135.5 mm
Temperatura del proceso	0 – 50°C
Presión de proceso	0 – 6 bar
Sensor de temperatura	0 – 50°C
Certificaciones Ex	No
Conexión	Cable fijo 15m
Protección contra ingreso	IP68
Salida	Salida digital para conectarse a CM44x
Tabla 8	Datos técnicos de sensor de lodos Endress & Hauser CUS71D
	https://www.mx.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-liquidos-industria/medicion-interfase-ultrasonidos?highlight=cus71d

Sensor de lodos WTW

Sensor IFL 700 IQ

Principio confiable de medición ultrasónica.

El IFL 700 IQ se basa en el principio de medición ultrasónica. Para ello se determina el nivel de lodo con la duración del hecho. A diferencia de los sistemas de medición ópticos del nivel de lodo, este principio de medición continua ofrece ventajas importantes. Entre otras cosas, se caracteriza por sus bajos costos de inversión y operación, baja necesidad de mantenimiento, así como una alta disponibilidad de datos.

Único en el mercado: sistema de limpieza sin mantenimiento.

El IFL 700 IQ cuenta con un sistema de limpieza de materiales de alta calidad como el titanio. Gracias a su diseño técnico, este sistema no requiere mantenimiento. El sensor cuenta con función automática de reconocimiento, que determina el intervalo de limpieza de forma autónoma.

Datos técnicos

Método de medición	de	Medición ultrasónica del eco
Rango de medición	de	0,4 m – 15 m
Precisión		0,1 m
Profundidad de inmersión	de	Min. 5 cm Max. 3 m
Valores eléctricos		Voltaje nominal 24 VDC, alimentación a través del IQ sensor net
Tabla 9	Datos técnicos del sensor WTW IFL 700 IQ	
	https://www.wtw.com/es/productos/categorias-de-productos/tecnologia-de-sensores/sensores-digitales-iq-en-linea/sensores-para-nivel-de-lodos-residuales-por-ultrasonido-iq.html	

CAPITULO III

SISTEMA PROPUESTO

3.1 SELECCIÓN DEL SENSOR

Mediante este proceso de un sistema de sensor que se adapte a las especificaciones del sistema de monitoreo y control en los clarificadores AF-210 y AF-220 se seleccionará el sensor que mejor se acople a las características del agua, medidas de medición necesarias y a los clarificadores. La empresa Tereftalatos Mexicanos necesita tener automatizada la parte del proceso de tratamiento de aguas ya que se generan demasiados gastos en no tener un control adecuado en su sistema.

Tabla de comparación





beneficios	HACH LANGE	E+H	E+H	WTW
sensor	SONATAX SC	CUC101	CUS71D	IFL 700 IQ
controlador	sc200 / sc1000		LIQUILINE CM44X	DIQ 182/2020
				
link en internet	www.hach-lange.com	www.endress.com	www.endress.com	www.wtw.com
Alto nivel de experiencia en aplicaciones en Ventas	14 años de experiencia (lanzamiento de SONATAX / Multiunit 1998).	Sin desarrollo apropiado (adquisición)	Sin desarrollo adecuado (OEM de sensores Entech Design)	Desarrollo Xylem, NO experiencia (lanzamiento 2012)
Resultados de medición con alta precisión sin impactos estacionales (temperatura)	Compensación de temperatura.	Sin compensación de temperatura.	Sin compensación de temperatura.	Sin compensación de temperatura.
Mediciones con alta precisión y precisión	El limpiador mecánico protege el sistema óptico contra las burbujas de aire.	Se requiere aire comprimido externo opcional.	Limpieza del limpiador opcional.	Estándar de limpieza del limpiador
Transferencia de datos segura y estable incluso para largas distancias	Comunicación digital entre el sensor y el controlador.	Sin comunicación digital, comunicación analógica entre el sensor y el controlador.	comunicación digital.	comunicador digital.
Toda la información relevante del proceso disponible en una pantalla	Gran pantalla gráfica claramente organizada en combinación con sc1000.	El transmisor tiene una pantalla gráfica muy pequeña.	Gran pantalla gráfica no se ve claramente organizada.	Gran pantalla gráfica claramente organizada con visualización en PC, no en el controlador.
Ciclo de vida larga del sensor	La construcción del sensor permite la reparación.	Sonda reparable.	No es posible reparar el sensor sin limpiaparabrisas debido a la falta de tornillos.	no es posible reparar el equipo.

Tabla 10

Tabla de comparación de los sensores propuestos

En la tabla 10 se hace un análisis de las características de los sensores de lodos de diferentes marcas del mercado industrial, donde las especificaciones de cada uno de los sensores y se demuestra que la mejor opción de elección de un sensor es SONATAX de la marca HACH.

Tabla de comparación de precios

Beneficios	HACH LANGE	E+H	E+H	WTW
Sensor	SONATAX SC	CUC101	CUS71D	IFL 700 IQ
Controlador	sc1000		LIQUILINE CM44X	DIQ 182/2020
				
precios				
Sensor	\$ 3,100.00	\$ 13,500.00	\$ 6,200.00	\$ 2,200.00
Controlador	\$ 4,630.00	\$ -	\$ 4,680.00	\$ 8,000.00
Total USD	\$ 7,730.00	\$ 13,500.00	\$ 10,880.00	\$ 10,200.00
Total pesos	\$ 146,870.00	\$ 256,500.00	\$ 206,720.00	\$ 193,800.00
Tabla 11	Tabla de comparación de precios de los sensores			

En la tabla 11 se muestran los precios de todos los sensores de lodos propuestos de diferentes marcas del mercado industrial. Se toma la decisión por la diferencia de precios entre sensores que el más adecuado a la problemática en los clarificadores a base al presupuesto de la empresa Tereftalatos Mexicanos por seleccionar el sensor SONATAX de la marca HACH.

3.2 SENSOR SONATAX HACH

Área de aplicación

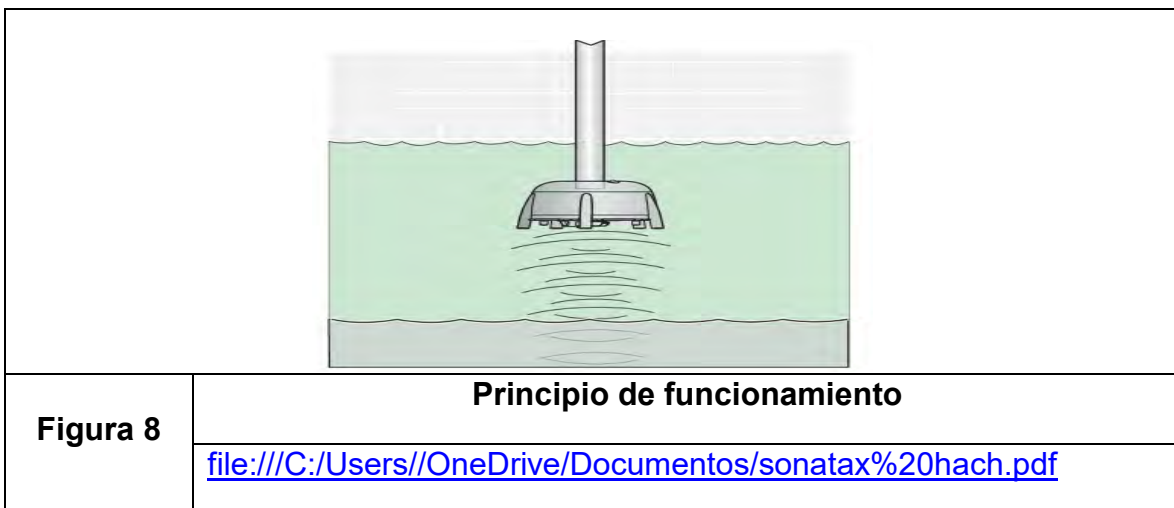
SONATAX sc se puede usar en cualquier sitio donde se deba monitorear la capa de separación entre líquido y sólido. Por ejemplo, en el área de sedimentación final o en el tratamiento de lodo (espesadores).

Principio de funcionamiento

En un tanque donde sustancias sólidas en el agua (o en otro tipo de fluido) pueden depositarse en el fondo, se genera una separación entre las sustancias sólidas sedimentadas y la fase sin impurezas más arriba. La distancia entre la superficie del agua y el fondo constituye el nivel de lodo.

La altura de lodo es la distancia desde el fondo del tanque. Más precisamente, el nivel de lodo (o la altura de lodo) indica el lugar en un tanque donde (desde la superficie del agua) las sustancias sólidas sobrepasan en primer lugar un límite definido. Este valor límite depende de la aplicación. Por ejemplo, será mayor en un espesador previo de una planta de depuración que en una sedimentación final, donde el líquido ubicado más arriba debería tener menos impurezas.

SONATAX sc mide el nivel de lodo mediante una señal de eco de un impulso ultrasónico. Los ecos que se emiten a partir de capas más alejadas son más débiles que los emitidos desde capas más cercanas. SONATAX sc equilibra esta atenuación. El resultado se indica en SONATAX sc como un perfil. Como se expresa en la figura 8.



Conexión de un sensor a un controlador

Es muy fácil conectar el cable del sensor al controlador mediante una conexión rápida (Figura 9). Guarde la cubierta de protección de la toma de conexión en caso de que deba quitar el sensor más adelante y deba cerrar la toma. Para obtener mayor longitud de cable, hay cables de extensión opcionales disponibles.

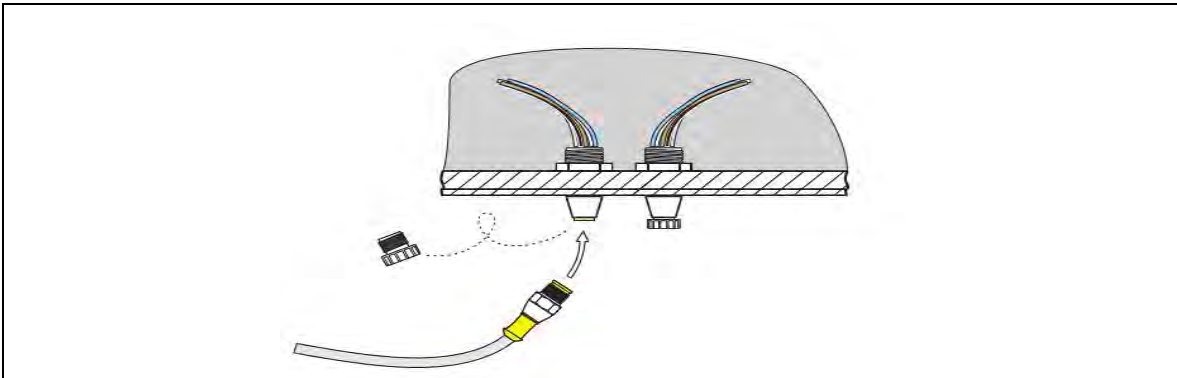
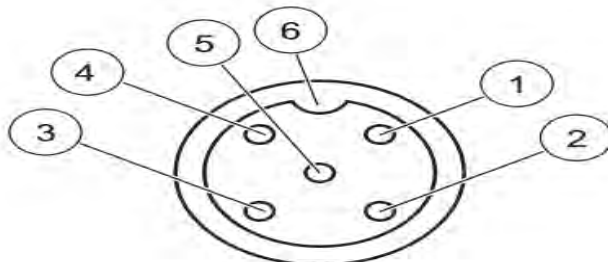


Figura 9	Conexión rápida a un controlador
	file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf

En la figura 10 se muestra la conexión con los pines del cable del sensor al controlador vía digital.



Número	Asignación	Color del cable
1	+12 V=	Marrón
2	Tierra	Negro
3	Datos (+)	Azul
4	Datos (-)	Blanco
5	Blindaje	Blindaje (cable gris para la conexión rápida existente)
6	Muesca del aislante	

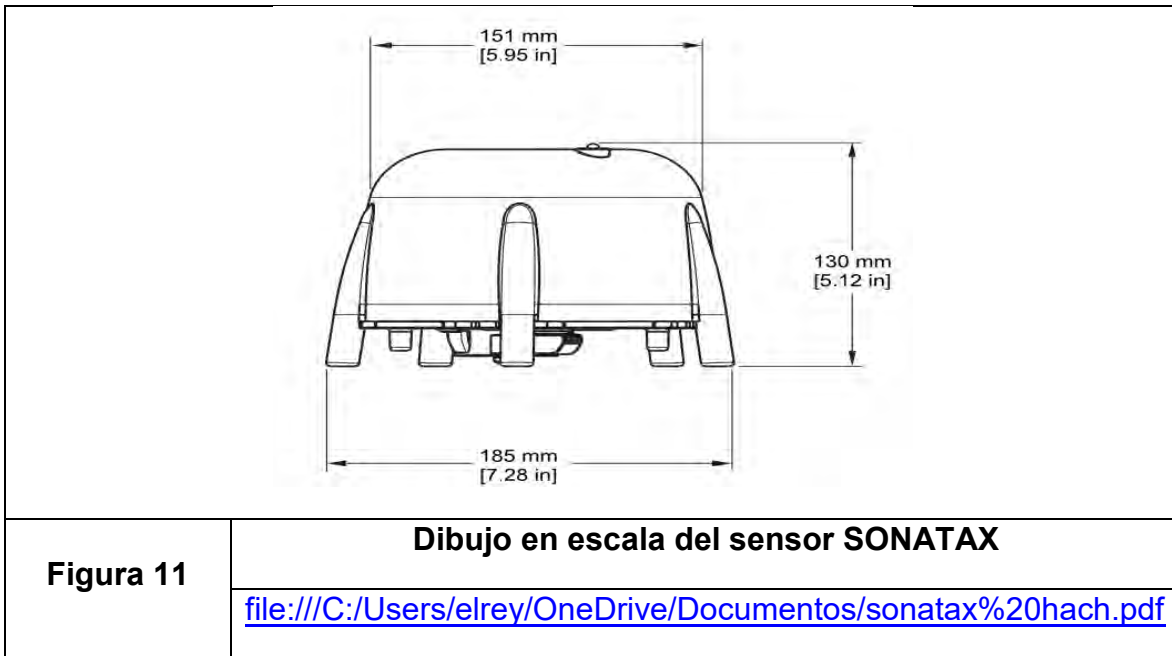
Figura 10

Asignación de pin de la conexión rápida

<file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf>

Instalación del sensor

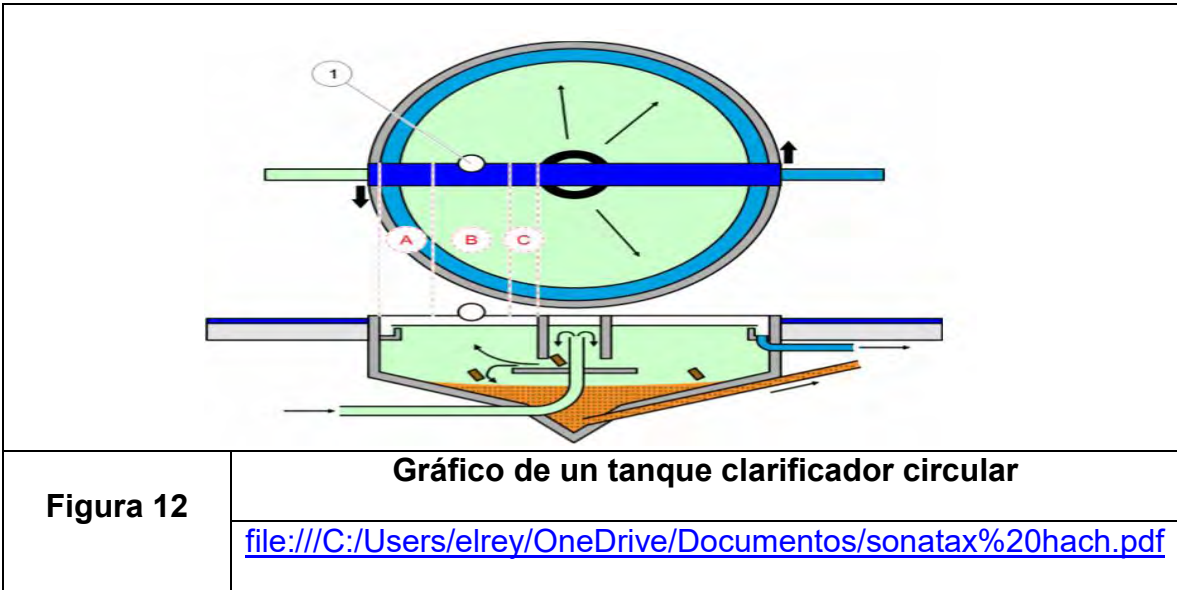
SONATAX sc está diseñado para instalarse con una fijación al borde del tanque. las instrucciones de instalación de la fijación al borde del tanque deberán ser evaluadas para la colocación del sensor. La figura 11 representa el sensor y sus dimensiones diseñadas.



Selección de la ubicación de medición y configuración previa del dispositivo

En el proceso de determinación del nivel de lodo durante un eco ultrasónico, el espacio completo entre la sonda en la superficie del agua y el fondo del tanque para realizar la medición debe estar libre. Debido a que las partículas sólidas en esta área interfieren con las mediciones, se debe prestar especial atención al seleccionar la ubicación de medición.

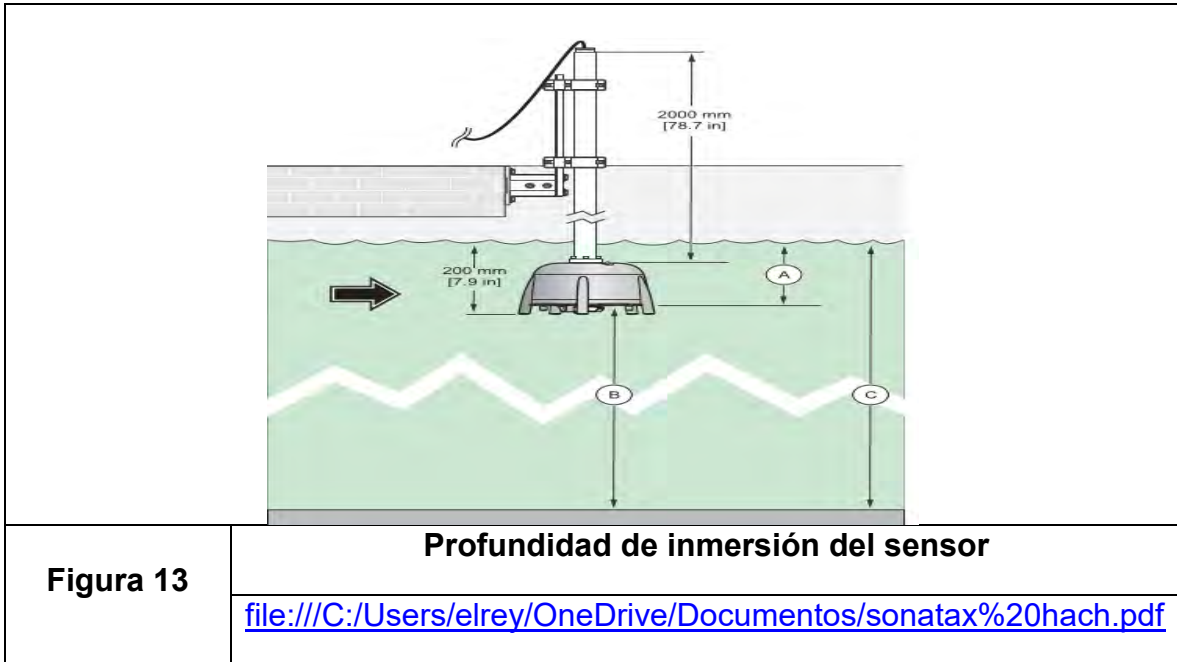
En la figura 12 se explica cómo se puede comprobar si un lugar de medición es apto. Para ello, es necesario conocer la profundidad del tanque. Se debe seleccionar una ubicación de medición adecuada de acuerdo con el tipo de tanque.



En una ubicación de medición adecuada, debe haber:

- suficiente cantidad de lodo para realizar la medición y una fase clara y sin impurezas sobre el nivel de lodo.

En la figura 12 que se muestra, el área (A) muestra poca cantidad de lodo o nada, mientras que en el área (C) la presencia de nubes de lodo sobre la capa de lodo puede alterar las mediciones. Los puntos de medición (A) y (C) no son aptos para realizar la instalación. Es posible encontrar puntos de medición adecuados entre ambas áreas.



En la figura 13 se determina la ubicación adecuada de medición, es posible emplear el software de diagnóstico. El software permite representar y guardar todos los perfiles gráficos de SONATAX sc en un intervalo de tiempo definido (entre 5 minutos y 2 horas).

Además, el software muestra y guarda todas las mediciones importantes y los parámetros de configuración, como la lista de reflejos, los valores medidos, los valores límite y las opciones avanzadas de configuración, como el tiempo de respuesta, la frecuencia, la amplitud, el ángulo y la temperatura.

Mantenimiento del sensor

Dentro de la sonda no hay componentes que puedan ser reparados por el usuario, la abertura de la sonda por parte del usuario revoca la garantía del fabricante, además de poder causar problemas de funcionamiento. La limpieza del transductor de ultrasonido es fundamental para obtener resultados de medición precisos.

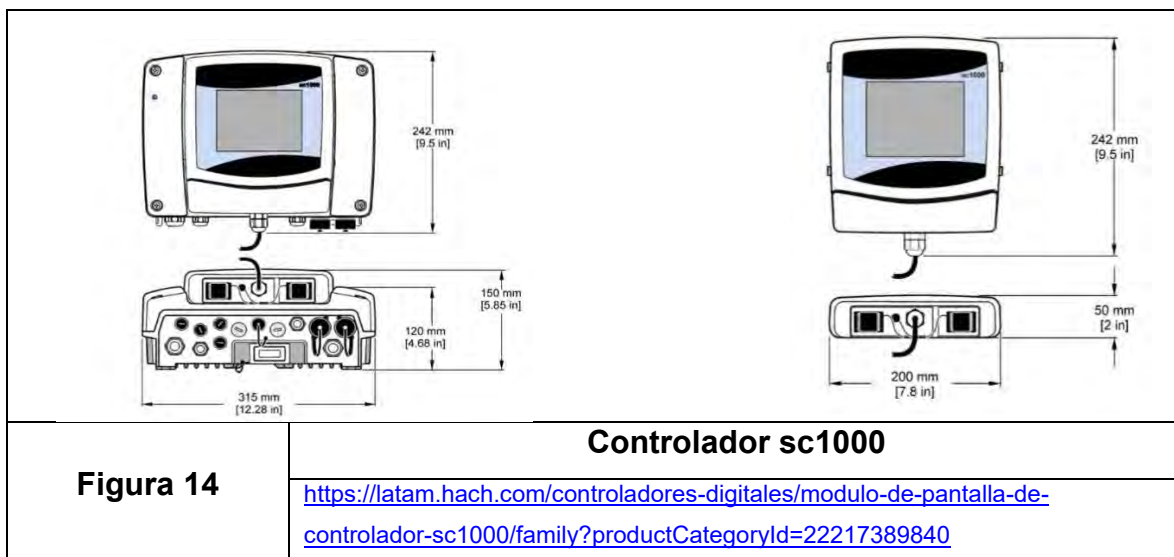
La rasqueta instalada puede quitar todas las impurezas bajo circunstancias normales y si la selección del intervalo de la rasqueta no es demasiado extensa (30 minutos). Si la verificación periódica del cabezal de la sonda y de la rasqueta indica la presencia de suciedad, desgaste de la goma de rasqueta o defecto, se debe limpiar el cabezal de la sonda, o bien, cambiar el perfil de la rasqueta o la pieza defectuosa.

3.3 CONTROLADOR SC1000

El controlador multiparámetro SC1000 universal de HACH es un novedoso sistema de controlador modular. Se utiliza directamente con un máximo de 8 sensores o instálelo en red para incluir muchos más sensores y parámetros.

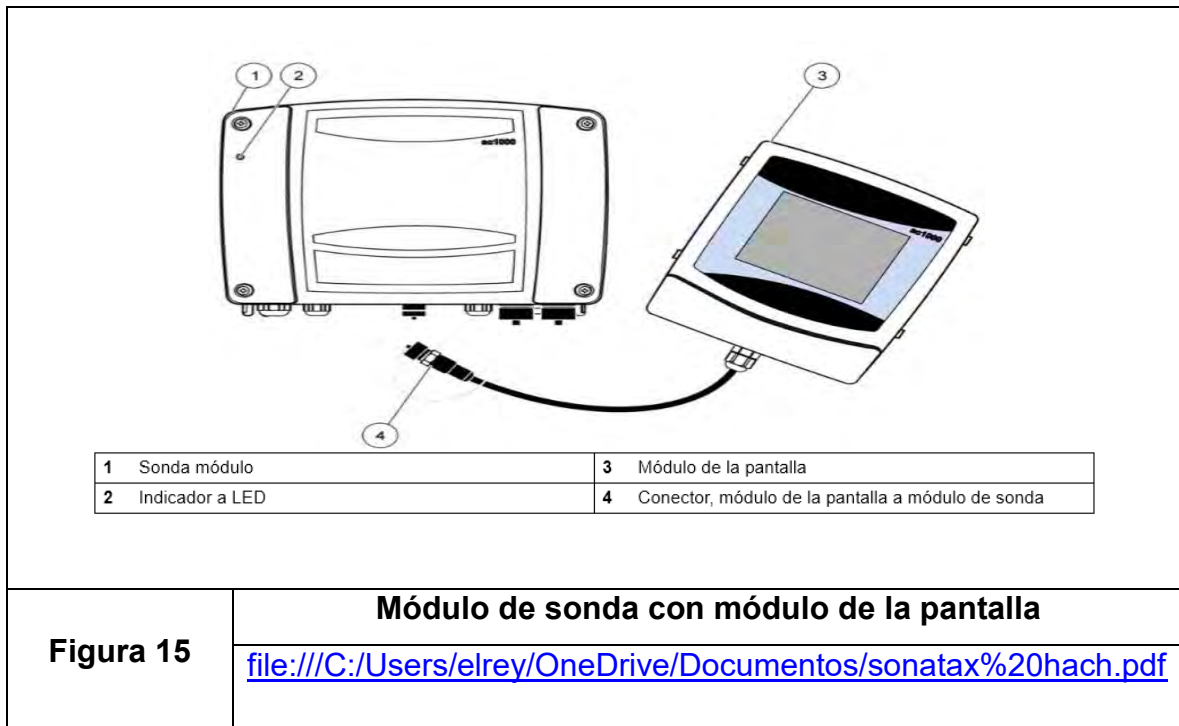
El controlador SC1000 consta de un módulo de pantalla y uno o varios módulos de sonda. El módulo de pantalla es intuitivo, con una interfaz fácil de usar y una gran pantalla táctil a color que se puede usar para cualquier número de parámetros. Un módulo de pantalla controla uno o varios módulos de sonda conectados por una red digital.

Cada módulo de sonda SC1000 como la figura 14 proporciona energía al sistema y admite hasta 8 placas de expansión o sensores digitales. Los módulos de sonda se pueden conectar en red para instalar hasta 32 placas de expansión o sensores digitales en la misma red.

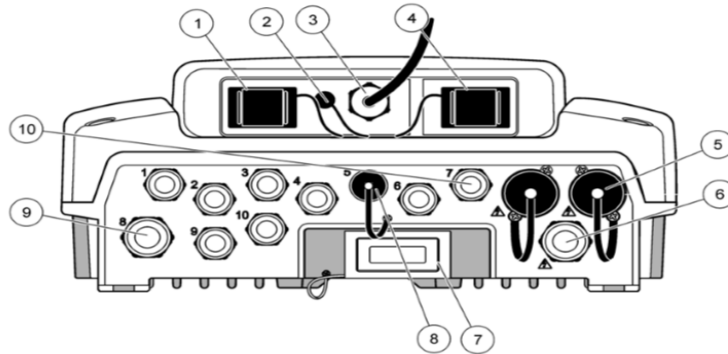


Instalación

En la figura 15 se muestran las partes del controlador y los nombres que conforman el sistema de medición del sensor de lodos.



En la figura 16 se muestra las conexiones del sistema de control del sensor SONATAX y la ubicación de cada una de ellas.



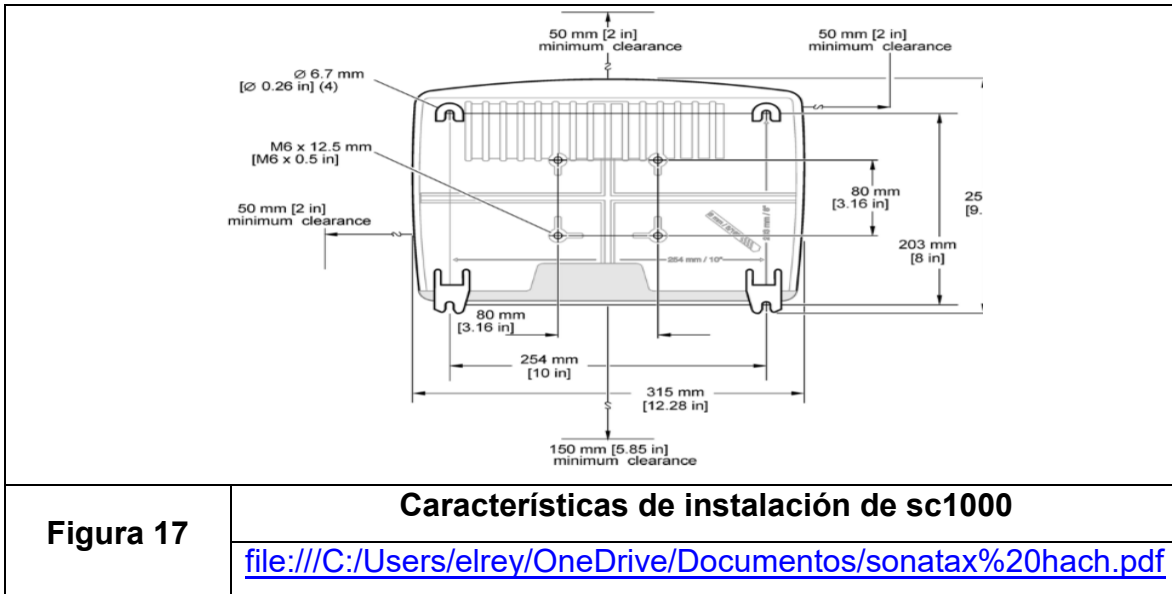
1	Ranura para tarjeta memoria	6	Conexión de energía CA (PS1), liberador de tensión M20 × 1,4 mm (diámetro de cable de 4–8 mm), conducto, versión diferente de cable de alimentación (opcional)
2	Conexión de antena GSM (opcional)	7	Interfaz de la red
3	Ensamble de cable para conexión al módulo de sonda	8	Ensamble de cable para conexión al módulo de la pantalla
4	Puerto de servicio	9	Conexión de relé: 2,19 mm para conducto o liberador de tensión M20 × 1,5 con soporte de unión (diámetro de cable de 9–13,5 mm)
5	Salida de energía para sondas sc de 100 a 240 V CA	10	Configurados como conectores de sonda sc o liberadores de tensión, M16 × 1,5 (diámetro de cable de 5–6 mm)
Aviso			
<p>Observe la corriente de salida en el enchufe. La tensión de salida suministrada por el controlador sc a las tomas de corriente corresponde a la tensión de red específico del país a la cual que está conectado el controlador. Nunca conecte los consumidores con una tensión de entrada inferior al controlador sc si el controlador sc funciona con una tensión de red superior.</p>			

Figura 16 **Conexión en la cubierta del sc1000**
<file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf>

Montaje en la pared

Deje un mínimo de 5 cm de espacio en la parte superior como se muestran en la figura 17 y en los lados para propósitos de enfriamiento e instalación del módulo de la pantalla. Deje un mínimo de 15 cm de espacio por debajo para las conexiones de cables.

1. Instale cuatro pernos en la pared.
2. Cuelgue el controlador sc1000 sobre los pernos y adjunte las arandelas suministradas. Ajuste a mano los dos pernos inferiores.



Determinación de ubicación de medición

La ubicación del sensor se asignará en un sitio del clarificador donde las lecturas sean las más precisas, exactas y constantes para mejorar el control del manto de lodos. Para lograr que el sensor tenga lecturas certeras se deberá llevar una serie de pasos a seguir, son los siguientes:

1. Conecte la sonda al controlador sc y sumerja con cuidado la sonda en el agua (aproximadamente 20 cm) por el cable de la sonda en la ubicación de medición seleccionada.
2. Seleccione el menú de la sonda CONFIG SENSOR \> CALIBRAR y realice una medición en el elemento de menú LISTA REFLEJOS.

Luego de unos segundos, aparece la lista de reflejos. Generalmente, esta lista contiene el fondo del tanque como la señal más fuerte. Si existen fuertes reflejos entre la superficie del agua y el fondo del tanque (por ejemplo, debido a tuberías, placas, etc.), se debe seleccionar otra ubicación de medición. En ocasiones, solo se debe mover la sonda unos centímetros. La presencia de dos reflejos altera la

medición en una profundidad de 0,87 m y 2,15 m, y el fondo del tanque está a una profundidad de 3,30 m.

Mediciones	Intensidad
0.87	25 %
2.15	2 %
3.30	100 %

Tabla 12	Lista de reflejos
	file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf

En una ubicación de medición ideal, no debería haber reflejos que alteren la medición por sobre el fondo en la lista de reflejos después de realizar varias mediciones.

Si no es posible encontrar una ubicación de medición sin la presencia de reflejos, seleccione el menú de la sonda CONFIG SENSOR \> CALIBRAR y comience una medición en el elemento de menú LISTA DE PERFILES. Se deben considerar los siguientes puntos:

1. Si hay valores aumentados en la profundidad donde se producen los reflejos en la LISTA DE PERFILES que afectan al valor de medición, se debe seleccionar otra ubicación de medición. En ocasiones, solo se debe mover la sonda unos centímetros.
2. Si los reflejos no alteran el valor de medición, es posible que esta ubicación sea adecuada para realizar la medición.
3. A continuación, monte la fijación al borde del tanque e instale la sonda.

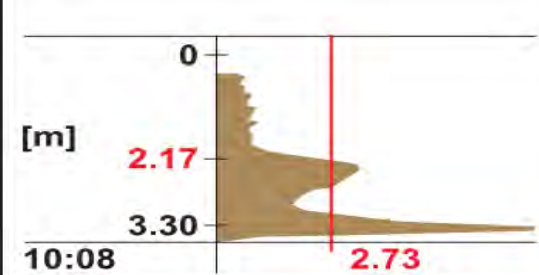
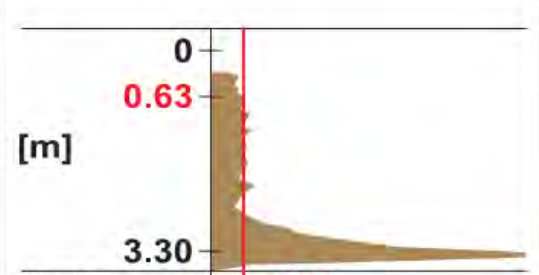
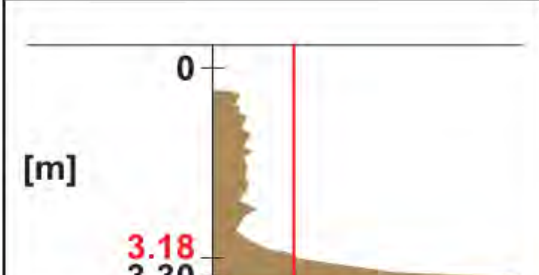
Nota: Se debe instalar la sonda aproximadamente a 20 cm (7,9 pulgadas) de profundidad en el lugar de instalación (algo más que el cabezal de la sonda completo) para garantizar que permanezca sumergida durante toda la operación de medición.

4. En el menú de la sonda CALIBRAR, ingrese la profundidad real de inmersión en el elemento de menú PROFUNDIDAD DE INMERSIÓN.
5. Luego de aproximadamente 2 minutos, inicie otra medición de la lista de reflejos, para ajustar el sensor de temperatura a la temperatura del agua.
6. En el menú de la sonda CALIBRAR, ingrese el valor registrado de la profundidad del tanque, en el elemento de menú PROFUNDIDAD DE TANQUE.

Configuración del controlador

En el menú CONFIG SENSOR \> CALIBRAR \> Menú CONFIG AVZ., se encuentran los parámetros especiales de la sonda. Se seleccionan los valores de configuración predeterminados de estos parámetros de modo que no se deban realizar correcciones en la mayoría de las aplicaciones.

En casos excepcionales, estos parámetros se deben adaptar de acuerdo con la aplicación. Los ejemplos a continuación muestran perfiles de lodo típicos en las tablas 13-14.

 <p>Gráfico de perfil de lodo. El eje vertical muestra la profundidad en metros [m] con marcas en 0 y 3.30. El eje horizontal muestra el tiempo 10:08. Una línea roja vertical indica un nivel de medición de 2.17 m. Una línea roja horizontal indica un nivel de referencia de 2.73 m. El perfil del lodo muestra una capa superior y una base que se extiende hasta 3.30 m.</p>	<p>Espesador previo con capa de separación sin impurezas, pero esporádicamente vacío. La imagen muestra un espesador con un perfil sin impurezas. Las señales por encima del nivel de lodo provocadas por el agua turbia no alteran la medición.</p>
 <p>Gráfico de perfil de lodo. El eje vertical muestra la profundidad en metros [m] con marcas en 0 y 3.30. El eje horizontal muestra el tiempo 10:08. Una línea roja vertical indica un nivel de medición de 0.63 m. Una línea roja horizontal indica un nivel de referencia de 0.41 m. El perfil del lodo muestra una capa superior y una base que se extiende hasta 3.30 m.</p>	<p>El mismo espesador está vacío en esta imagen. El umbral se ajusta automáticamente a las señales del agua turbia. El valor de medición registrado a 0,63 metros es incorrecto. Medición registrada: Aumente los ajustes de configuración de CONFIG AVZ.\> UMBRAL LL AUTO de 0,3 a 1,0.</p>
 <p>Gráfico de perfil de lodo. El eje vertical muestra la profundidad en metros [m] con marcas en 0 y 3.30. El eje horizontal muestra el tiempo 10:08. Una línea roja vertical indica un nivel de medición de 3.18 m. Una línea roja horizontal indica un nivel de referencia de 1.00 m. El perfil del lodo muestra una capa superior y una base que se extiende hasta 3.30 m.</p>	<p>La imagen muestra el espesador vacío luego de haber realizado los ajustes. El resultado 3,18 m es correcto.</p>
<p>Tabla 13</p>	<p align="center">Ejemplo de configuración</p> <p align="center">file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf</p>

	<p>Aplicación con una capa de separación sin impurezas, pero con señal de interferencia por sobre la capa de separación (por ejemplo, un sumergidor). Perfil ideal, valor de medición correcto.</p>
	<p>El mismo punto de medición con interferencia esporádica del eco a una profundidad de tanque de 0,67 m. El valor de medición es incorrecto.</p>
	<p>Evite la interferencia en CONFIG SENSOR \> CALIBRAR \> CONFIG \> OCULTAR en el rango de 0,5–0,8 m. El sensor ignora todas las señales en este rango y encuentra el valor de medición correcto en 2,13 m.</p>
<p>Tabla 14</p>	<p align="center">Ejemplo de configuración</p> <p>file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf</p>

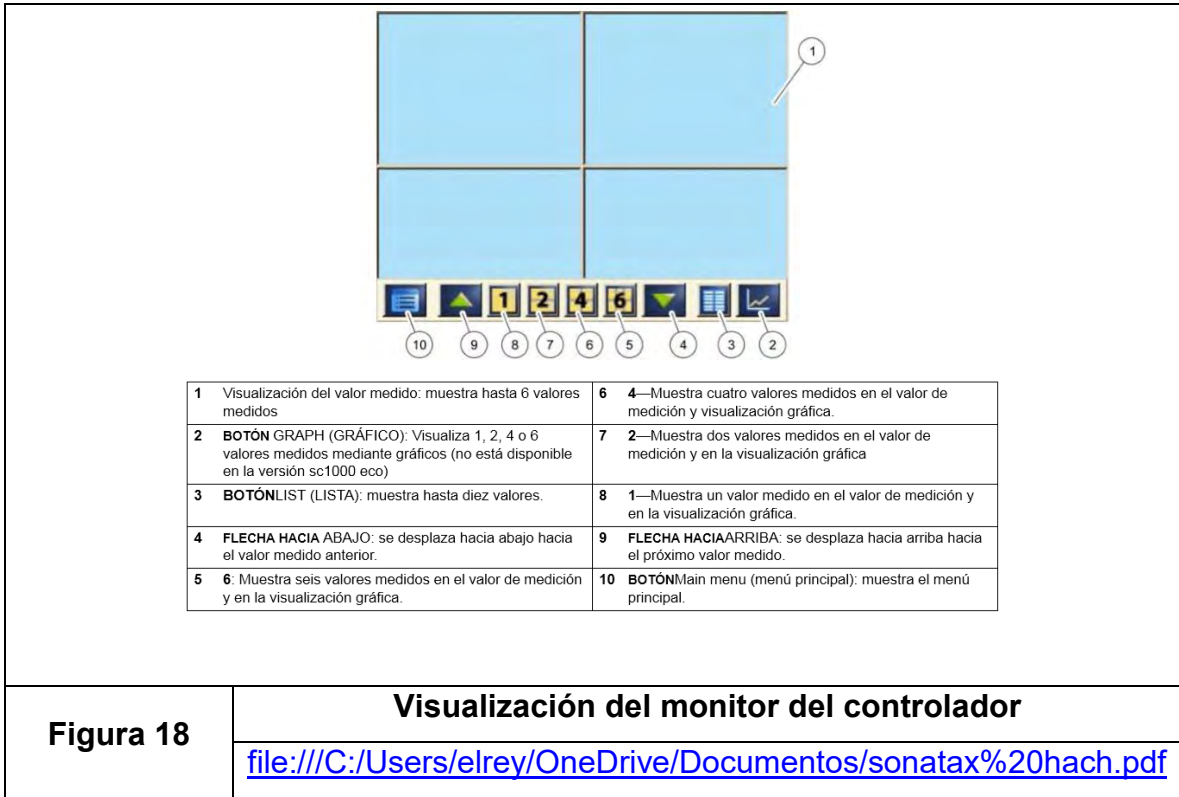
Uso del controlador sc1000

Antes de utilizar el sensor con un controlador sc1000, se deberá conocer el método operativo del controlador. El usuario se apoyará con la navegación a través del menú y con las funciones de menú, es posible encontrar información adicional en el manual de usuario del controlador.

Modo de visualización

El modo de la pantalla ofrece diferentes modos de visualización y una barra de herramientas emergente:

- **Visualización del valor medido:** Visualización predeterminada cuando una sonda está conectada y el controlador sc1000 se encuentra en el modo de medición. El controlador sc1000 identifica de manera automática las sondas conectadas y visualiza las mediciones asociadas.
- **Visualización gráfica:** Opción en la visualización del valor medido. Muestra los valores medidos en forma de gráficos. A la visualización gráfica se accede a través de la barra de herramientas emergente.
- **Visualización del menú principal:** Interfaz de software para configurar parámetros y ajustes de un dispositivo, sonda y módulo de la pantalla. Al menú principal se accede a través de la barra de herramientas emergente.
- **Barra de herramientas emergente:** La barra de herramientas emergente brinda acceso al controlador sc1000 y a las configuraciones de la sonda y por lo general no se ve. Para ver la barra de herramientas, toque la parte inferior izquierda de la pantalla. La barra de herramientas contiene los botones descritos en la Figura 19.



Registro de los datos enviados por el sensor

El controlador sc1000 ofrece un registro de datos y de eventos para cada sensor, el registro de datos almacena datos de medición a intervalos que pueden seleccionarse, el registro de eventos contiene un gran número de eventos que ocurren en los dispositivos, como cambios en la configuración, alarmas, advertencias, etc. El registro de datos y el registro de eventos se pueden leer en un formato del controlador.

Configuración del sensor

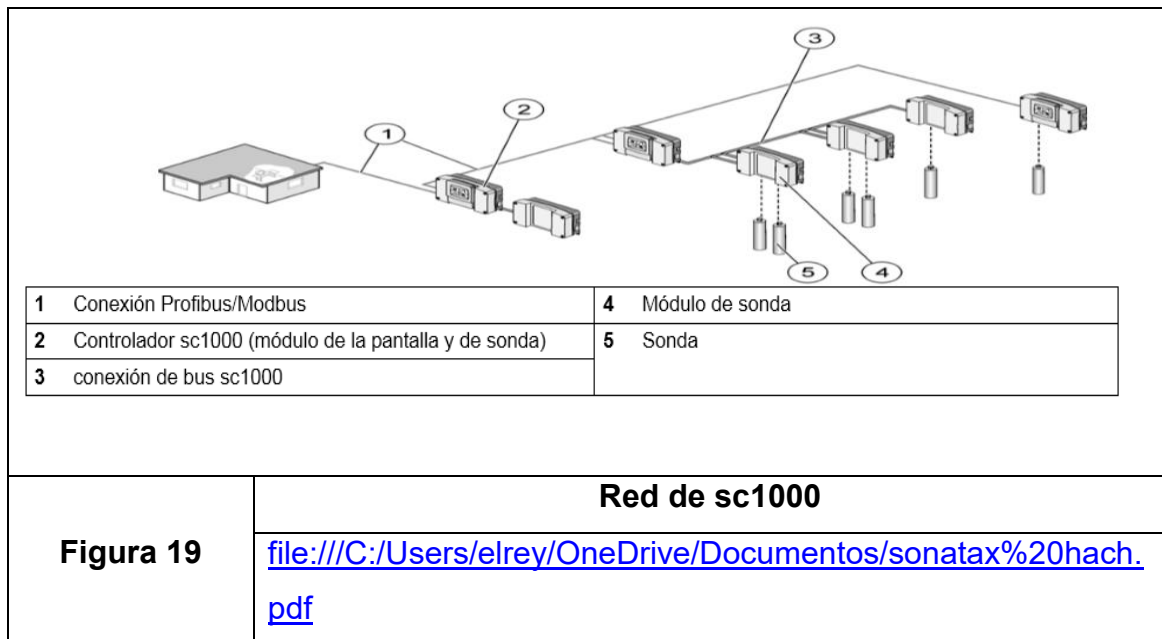
CONFIGURAR	
EDITAR NOMBRE	Es posible editar (hasta 16 caracteres) Configuración de fábrica: número de dispositivo
PARÁMETRO	El resultado de medición se puede mostrar como el nivel de lodo (como la distancia del lodo desde la superficie del agua) o como la altura de lodo (como la distancia desde el fondo del tanque). Para calcular la altura de lodo, se usa la profundidad del tanque especificada en el elemento de menú PROFUNDIDAD DE TANQUE. (Altura de lodo = profundidad de tanque – nivel de lodo) Opción de configuración: nivel de lodo, altura de lodo
UNIDS DE MED	Dimensión del resultado de medición. Opción de configuración: metros, pies
INTERV LIMPIEZA	Intervalo de rasqueta, Recomendación: 15 minutos Opción de configuración: 1 minuto a 1 hora
TIEMPO REPUESTA	Integración del valor de medición. En caso de fluctuaciones en los valores de medición, se recomienda integrar durante un largo tiempo, por ejemplo, durante 300 segundos. Opción de configuración: 10 a 1800 segundos
INTERV. REG.	El intervalo del registro de datos interno. Opción de configuración: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 15, 30 minutos
VALOR ORIGINAL	Restablezca la configuración de fábrica para todos los elementos de menú enumerados más arriba. Esto solo sucede luego de que se genere un aviso de seguridad.

Tabla 15	Configuración del sensor
	file:///C:/Users/elrey/OneDrive/Documentos/sonatax%20hach.pdf

Red de conexión de sc1000

Una red sc1000 conecta hasta 32 participantes, los participantes se definen como cualquier elemento instalado en la red, incluyendo sondas y tarjetas opcionales, pero sin contar el módulo de la pantalla o los módulos de sonda. Solamente se permite un módulo de la pantalla para una red sc1000.

Cada módulo de sonda tiene una interfaz de red sc1000 (Figura 19). Use el cable de red sc1000 y el conector de red sc1000 para establecer una red. El sensor suministra un cable adecuado y conector de red.



3.4 ESTUDIOS DE COSTOS

En la empresa Tereftalatos Mexicanos S.A. de C.V. se realizará una propuesta de automatización con sensores de nivel de lodos de la marca HACH, con el sensor SONATAX, con un controlador sc1000 en los clarificadores AF-210 y AF-220.

Se realizará una estimación de un presupuesto en el sistema propuesto sin contemplar la mano de obra e instalación se muestra en la tabla 16.

Beneficios	HACH LANGE
Sensor	SONATAX SC
Controlador	sc1000
	
Sensor	\$ 3,100.00
Controlador	\$ 4,630.00
Total USD	\$ 7,730.00
Total pesos	\$ 146,870.00
Tabla 16	Presupuesto del sistema propuesto

Se contempla que para el precio del equipo lo hace el proveedor que vende el equipo y lo pone a funcionar para su configuración del sensor en los clarificadores AF-210 y AF-220, se deben considerar costo que se muestra en la tabla 17

		mano de obra	
		Instalación	\$ 8,000.00
		Capacitación	\$10,000.00
		Mantenimiento	\$ 7,000.00
		Total	\$25,000.00
Tabla 17	Costos de mano de obra		

Teniendo en cuenta la mano de obra, sensor SONATAX y controlado sc1000 se hace un totalizado de \$171,872.00 como se muestra en la tabla 18.

		Equipo e instalación	
		SC1000/ SONATAX	\$146,870.00
		Mano de obra	\$ 25,000.00
		Total	\$171,870.00
Tabla 17	Costos de equipo e instalación		

La Comisión Nacional del Agua (CNA), Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV), Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se estipula que para el consumo de agua tipo industrial se muestra en la tabla 18.

		de (m3)	a (m3)	importe
		0	10	\$138.27
		11	30	\$16.61
		31	1000	\$30.11
		1001	-	\$37.72
Tabla 18	Tabulador de precio de consumo de agua industrial			

El consumo de agua por la empresa Tereftalatos Mexicanos S.A de C.V. es de 18,342,042 m³ sin la automatización convertido a pesos a un costo de \$37.72 es una totalidad de \$12,308,634.72 por el consumo de agua anuales. Vea en la tabla 19.

Consumo mensual de agua (m3)					
semanas	1	2	3	4	Total mensual
Enero	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Febrero	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Marzo	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Abril	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Mayo	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Junio	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Julio	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Agosto	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Septiembre	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Octubre	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Noviembre	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
Diciembre	124,552.104	124,552.104	124,552.104	124,552.104	498,208.417
				Total anual	5,978,501

Tabla 19 **Consumo de agua de Tereftalatos mensual**

Se pretende obtener un ahorro de consumo de agua del 20% anuales con el sistema automatizado propuesto en los clarificadores AF-210 y AF-220, es de suma importancia el ahorro de agua ya que la empresa está consumiendo altas cantidades de agua por su utilización y a la vez gran cantidad de dinero.

Se realizará una tabla del consumo de agua mensual considerando que el proceso esté operando con el sistema propuesto, ver en la tabla 20.

Consumo mensual de agua (m3)					
Semanas	1	2	3	4	Total mensual
Enero	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Febrero	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Marzo	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Abril	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Mayo	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Junio	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Julio	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Agosto	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Septiembre	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Octubre	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Noviembre	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
Diciembre	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	99,641.6708	398,566.683
				Total anual	4,782,800.2

Tabla 20 **Tabla de consumo de agua con el sistema propuesto**

Se realizará una tabla una tabla de comparación sin la automatización del proceso y con la automatización con el sensor ultrasónico SONATAX. Ver tabla 21.

Anual	Antes	Después
Consumo (m3)	5,978,501	4,782,800.8

Tabla 21 **Tabla de comparación de consumo de agua con y sin sensor**

Se hace un cálculo del consumo de la empresa anual por una tarifa industrial de \$37.72 por m³, obteniendo un ahorro del 20 % del consumo anual.

Consumo de agua	Antes	Después
Pesos	\$225,509,057.72	\$180,407,223.54
Tabla 22	Calculo en pesos anual de consumo de agua	

En la tabla 22 se ve que hay una disminución del costo anual del consumo del agua en un 20% lo cual la empresa ahorra \$45,101,834.18 anuales. Lo cual es considerable la disminución de agua y de costos para la empresa.

Se considera rentable la posibilidad que la propuesta de aplicación en el proceso de Tereftalatos Mexicanos S.A de C.V. por el sensor ultrasónico SONATAX con un controlador SC1000 que ayudará al proceso como innovación tecnológica al proceso.

CONCLUSIÓN

Esta propuesta realiza una mejora en la automatización para nivel de lodos en los clarificadores AF-210 y AF-220; en el área de servicios auxiliares, mediante la implementación de sensores ultrasónicos llamado SONATAX de la marca HACH con un módulo de control llamado SC1000 en la industria Tereftalatos Mexicanos S.A. de C.V.

Se hace una propuesta de automatizar el proceso ya que la industria genera gastos estimados en \$225,509,057.72 pesos anuales equivalentes a 5,978,501 m³ de agua por el consumo de agua del río de Cosoleacaque, Veracruz., por lo cual se buscó opciones de minimizar los costos en un porcentaje de 20% anual.

La propuesta de automatización resulto con una inversión de \$146,870.00 y el costo de instalación de \$25,000.00, haciendo un total de \$171,870.00 pesos, que es menor a lo que se invierte anualmente.

Esta implementación además coadyuvará a incrementar la seguridad en el área de operación, por el fácil manejo de la información y el control de nivel de los tanques.

Los dispositivos reducirán los tiempos de jornada laboral que se incrementaba, ya que la medición del proceso será de manera rápida y precisa.

Aunado a lo anterior, estas mejoras contribuyen a que el proceso tenga un mayor control de los parámetros de medición, para las siguientes etapas de tratamiento del agua.

El sistema reducirá el costo del 20% como la industria busca obtener, ya instalado el sistema automático se calcula reducir los costos anuales de agua en \$180,407,223.53 pesos equivalentes a 4,782,800.8 m³ de agua consumidos en un año. Obteniendo una reducción \$45,101,834.18 pesos anuales, disminuyendo 1,195,700.2 m³ de agua.

Se concluye; que es rentable la posibilidad de esta propuesta de aplicación en el proceso de clarificado, que ayudará a disminuir tanto en la economía de la empresa y a su vez el consumo de agua del río en un 20%.

BIBLIOGRAFÍA

Básicas:

Referencias

Lapeña, M. R. (1989). *tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*.

Ramalho, R. S. (1990). *Tratamientos de aguas residuales*.

Weber, W. J. (1979). *Contol de la calidad de agua: proceso fisicoquímico* .

Consulta:

Manual de los equipos

Empresa hach

2015

<https://latam.hach.com>

Equipos y sistemas para el tratamiento de aguas

Empresa ACS medio ambiente

2013

<http://www.acsmedioambiente.com/clarificadordaf.html>

Sulfato de aluminio: formulas, propiedades y usos

2016

<https://www.lifeder.com/sulfato-de-aluminio>

análisis del agua

secretaría de economía

2001

<http://www.inesa.com.mx/NORMAS/NORMAS%20AGUA/NMX-AA-034-SCFI-2001.pdf>

Tratamiento de agua industrial

Semarnat

2006

<http://www.semarnat.gob.mx/en-los-estados/delegacion-federal-en-veracruz>

GLOSARIO

Aguas crudas: Entrada antes de cualquier tratamiento o uso

Bacterias: Pequeños microorganismos unicelulares, que se reproducen por la fisión de esporas.

Pileta de contacto con cloro: Parte de la planta de tratamiento de agua donde el afluyente es desinfectado por cloro.

Coágulos: Residuo sólido precipitado en el filtro después de que la filtración tenga lugar.

Coagulación: Desestabilización de partículas coloidales por la adición de un reactivo químico, llamado coagulante. Esto ocurre a través de la neutralización de las cargas.

Coagulantes: Partículas líquidas en suspensión que se unen para crear partículas con un volumen mayor.

Conductividad: La cantidad de electricidad que un agua puede conducir. Esta expresada en magnitudes químicas.

Contaminante: Un compuesto que a concentración suficientemente alta causa daños en la vida de los organismos.

Valoración complexométrica: Es una forma de análisis volumétrico basado en la formación de compuestos poco disociados: halogenuros de mercurio, cianuro de plata, fluoruro de aluminio. Se suele utilizar la formación de un complejo coloreado para indicar el punto final de la valoración. Las valoraciones complexométricas son particularmente útiles para la determinación de una mezcla de diferentes iones metálicos en solución. Generalmente se utiliza un indicador capaz de producir un cambio de color nítido para detectar el punto final de la valoración.

DBO (Demanda Biológica de Oxígeno): La cantidad de oxígeno (medido en el mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.

Densidad: El peso de una cierta cantidad de agua. Esta es usualmente expresada en kilogramos por metro cúbico.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. En contraposición al BOD, con el DQO prácticamente todos los compuestos son oxidados.

Desmineralización: Procesos para eliminar minerales del agua, usualmente el término es restringido para procesos de intercambio de iones.

Detergente: Agente de limpieza soluble en agua, tal como jabón.

DT: Dureza total. La suma de la dureza del calcio y el magnesio, expresada como carbonato cálcico equivalente.

Efluente: La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema.

Evaluación cualitativa del agua: Análisis del agua usado para describir la visibilidad o las características estáticas del agua.

Evaluación cuantitativa del agua: Uso de análisis para establecer las propiedades del agua y concentraciones de compuestos y contaminantes en orden de definir la calidad del agua.

Filtración: Separación de sólidos y líquidos usando una sustancia porosa que solo permite pasar al líquido a través de él.

Filtración de arena: La filtración de arena es frecuentemente usada y es un método muy robusto para eliminar los sólidos suspendidos en el agua. El medio de filtración consiste en múltiples capas para arenas con variedad en el tamaño y gravedad específica. Filtros de arena pueden ser suministrados para diferentes tamaños y materiales ambas manos operan de totalmente de forma automática.

Floculación: Acumulación de partículas desestabilizadas y micro partículas, y posteriormente la formación de copos de tamaño deseado. Uno debe añadir otra sustancia química llamada floculante en orden de facilitar la formación de copos llamados flóculos.

Flóculo: Masa floculada que es formada por la acumulación de partículas suspendidas. Puede ocurrir de forma natural, pero es usualmente inducido y orden de ser capaz de eliminar ciertas partículas del agua residual.

Flujo: El radio del caudal de un recurso, expresado en volumen por unidad de tiempo.

Lodo activado: Proceso biológico dependiente del oxígeno que sirve para convertir la materia orgánica soluble en biomasa sólida, que es eliminada por gravedad o filtración.

Lodos: Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.

Parámetro: Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en el caso del agua, por ejemplo, estas pueden ser la temperatura, la presión, la densidad, etc.

Partes por billón (ppm/1000): Expresado como ppb; unidad de concentración equivalente a $\mu\text{g/l}$.

Partes por millón (ppm): Expresado como ppm; medida de la concentración. Una ppm es una unidad de peso de soluto por peso de solución. En análisis de agua una ppm es equivalente a mg/l .

Pretratamiento: Proceso utilizado para reducir o eliminar los contaminantes de las aguas residuales antes de que sean descargadas.

Residuo: Los residuos secos restantes después de la evaporación de una muestra de agua o de lodo.

SDT: Sólidos disueltos totales. El peso por unidad de volumen de agua de sólidos suspendidos en un medio de filtro después de la filtración o evaporación.

Sedimentación: Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

Sedimentos: Suelo, arena, y minerales lavados desde el suelo hacia la tierra generalmente después de la lluvia.

Separación: La separación de varios componentes en una mezcla.

Solidificación: Eliminación de residuos de un agua residual o cambio químico de esta que la hace menos permeable y susceptible para el transporte.

Sólidos disueltos: Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.

Sólidos sedimentables: Producto sedimentables y son eliminados en ese camino. Aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo.

Sólidos suspendidos: Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

Sólidos totales: Todos los sólidos en el agua residual o aguas de deshecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables.