



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL DE

EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

Empresa:

*Sistema Municipal De Agua Potable Y Alcantarillado
(SMAPA)*

Anteproyecto De Rehabilitación Del Sistema Pulsatube De La Planta Potabilizadora De 500 L/S Ubicada En Lo Pájaros.

Alumnos:

*Daniel Alberto Cabello Roque 09270683
Jaime Cruz Cabrera 09270691
Ali Rosay Solís Duque 09270753*

Carrera:

Ing. Mecánica

Periodo:

Agosto- Diciembre 2014

Tuxtla Gutiérrez Chiapas A 17 De Enero Del 2014

Carretera Panamericana Km.1080. C.P. 29050, Apartado Postal 599
Teléfonos: (961) 61 5-03-80, (961) 61 5-04-61, Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.ittg.edu.mx>



RSGC 596
SECTOR PANACE II
INICIO: 2009.09.22
TERMINO: 2012.09.22



ISO 9001: 2008
PROCESO EDUCATIVO

Alcance del Sistema: Proceso Educativo



ÍNDICE

	PÁGINA
Introducción.....	01
Justificación.....	02
Objetivos	03
CAPITULO I. GENERALIDADES DE SMAPA.....	04
1.1 Antecedentes.....	04
1.2 Misión.....	09
1.3 Visión.....	09
CAPITULO II. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	10
2.1 Problema a resolver	10
2.2 Alcances.....	19
2.3 Limitaciones.....	10
CAPITULO III. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	11
3.1 Pulsator.....	11
3.2 Cimentación.....	13
3.3 Nivelación.....	14
3.4 Problemas que se detectan con los análisis De vibración.....	14
3.4.1 Desbalance.....	14
3.4.2 Desalineamiento.....	16
3.4.3 Flexiones permanente.....	16
3.4.4 Fisuras en estructuras	16
3.4.5 Rozamiento o fricción.....	17
3.4.6 Deterioro de chumaceras	17
3.4.7 Resonancia.....	17
3.4.8 Excentricidad.....	18
3.4.9 Lubricación.....	18
3.5 Identificación de las partes del soplador	21



3.6 Ventiladores centrífugos.....	22
3.6.1 Antecedentes del cálculo del ventilador.....	23
3.7 Rodamientos del soplador.....	25
3.8 Motor eléctrico trifásico.....	25
3.9 Banda.....	25
3.10 Válvula globo.....	26
3.11 Composición de la planta en el sistema de Extracción de lodos.....	26
3.11.1 Sifones de extracción.....	26
3.11.2 Válvula de vaciado	28
3.11.3 Cámara de vacío	28
3.11.4 Tubos de distribución.....	29
3.11.5 Los tranquilizadores.....	30
3.12 Extracción de lodos en la planta potabilizadora # 1 en los pájaros	31
CAPITULO IV. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	33
4.1 Inspección y mantenimiento del rodete.....	33
4.2 Inspección de elementos.....	34
4.3 Cálculos que se efectuaron en el ventilador con alabes radiales	41
4.4 Selección del calibre del conductor para el motor.....	44
4.5 Recomendaciones.....	48
CAPITULO V. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	51
5.1 Objetivo.....	52
5.2 Introducción.....	52
5.3 Descripción de la planta.....	53
5.3.1 Tipo de planta.....	53
5.3.2 Capacidad hidráulica	53
5.3.3 Calidad del agua cruda a tratar en la planta potabilizadora	54



5.3.4 Calidad del agua tratada.....	54
5.3.5 Características y ventajas	54
5.4 Descripción del proceso y operaciones unitarias.....	55
5.4.1 Operaciones unitarias	57
5.5 Características de la planta de tratamiento.....	57
5.6 Especificaciones técnicas de la planta y sus equipos	58
5.6.1 Dosificadores.....	58
5.6.1.1 Equipo de mezclado	58
5.6.1.2 Agitador de polímeros	58
5.6.2 Cloración	59
5.6.3 Pulsatube.....	59
5.6.4 Decantadores y sedimentadores	59
5.6.5 Retrolavado.....	60
5.7 Puesta en marcha	60
5.8 Parada del decantador	61
5.9 Normas	62
5.9.1 Artículo 115 constitucional	59
5.9.2 Normas oficiales mexicanas NOM´s.....	61
5.9.2.1 Norma oficial mexicana NOM-12SSA1-1993.....	62
5.9.2.2 Norma oficial mexicana NOM-014-SSA1-1993.....	64
5.9.2.3 Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994.....	67
5.9.2.4 Norma oficial mexicana NOM-179-SSA1-1998.....	71
5.10 Mantenimiento.....	75
5.10.1 Simbología.....	74
5.10.2 Esquema general del área de dosificación.....	76
5.10.2.1 Operación del área dosificadora.....	77
5.10.2.2 Mantenimiento.....	77
5.10.2.3 Limpieza y desinfección de los tinacos.....	77
5.10.2.4 Equipos de bombeo.....	79
5.10.2.5 Lubricación del sistema.....	79



5.10.2.6 Reemplazo de sellos.....	80
5.10.2.7 Reparaciones.....	81
5.10.2.8 Instalación del sistema.....	81
5.10.2.9 Localización de problemas de operación.....	82
5.10.3 Esquema general del área de clarificación.....	83
5.10.3.1 Ventiladores para vacío.....	84
5.10.3.2 Operación de los ventiladores.....	84
5.10.3.3 Mantenimiento.....	84
5.10.3.4 Problemas detectados mediante Análisis de vibraciones.....	85
5.10.3.5 Uso del equipo de análisis de vibración.....	86
5.10.3.6 Desbalance.....	87
5.10.3.7 Desalineamiento.....	87
5.10.3.8 Excentricidad.....	87
5.10.3.9 Inspección y mantenimiento del rodete.....	87
5.10.3.10 Lubricación.....	89
5.10.3.11 Mantenimiento de bandas de transmisión.....	90
5.10.3.12 Tensión de la banda.....	90
5.10.3.13 Localización de problemas de operación.....	90
5.10.4 Esquema del área de filtración y retrolavado.....	92
5.10.4.1 Mantenimiento.....	94
5.10.4.2 Retrolavado.....	94
5.10.4.3 Inspección de válvula de retrolavado.....	95
5.10.4.4 Tubería de hierro fundido.....	95
5.10.4.5 Localización de problemas de operación.....	95
Conclusiones.....	96
Fuentes de información.....	97
Glosario.....	98



INTRODUCCIÓN:

La planta potabilizadora SMAPA (sistema municipal de agua potable y alcantarillado) realiza una de las actividades más importantes para la preservación del agua, así como para un mejor manejo y consumo de este recurso. La potabilización de uno de los elementos más importante para el ser humano y el resto de seres vivos, el agua, es de los procesos importantes que son vitales para el aprovechamiento del mismo, de ahí los puntos importantes por los cuales se decidió tomar este proyecto como base para la experiencia de residencia profesional, para poder ser parte del cuidado y preservación de este valioso recurso natural, el proyecto se presenta en las siguientes paginas se retoman puntos importantes de las distintas materias estudiadas en semestres anteriores en el instituto, los aplicaremos en lo que es la rehabilitación del sistema pulsatube el cual es el nombre del proyecto a desarrollar de manera teórica, desarrollando cálculos de los elementos de los que se quiere conocer sus datos técnicos para poder desarrollar a la vez un periodo de mantenimiento que se explicara en un manual de operación y mantenimiento de acuerdo al uso de los equipos con los que se cuenta en el área de aplicación para este proyecto en específico.



JUSTIFICACIÓN:

El anteproyecto de rehabilitación del sistema pulsatube es de gran importancia, tratándose de un elemento vital para la vida como es el agua, conlleva al mejor aprovechamiento de este recurso, este proyecto participa en unos de los procesos que se lleva a cabo en la planta potabilizadora, el sistema pulsatube es un conjunto de equipos y procedimientos los cuales realizan la labor de potabilizar el agua, el funcionamiento adecuado del sistema es importante para una mejor calidad del agua como por ejemplo en la mezcla del agua cruda que entra en el sistema y los químicos como son el polímero y el sulfato de aluminio que se utilizan para la floculación y sedimentación de los lodos, función que se realiza en la campana de vacío, también cumple con la labor de extracción de fangos tratando de optimizar el uso de energía sin realizar gastos excesivos en esta operación y sin contaminar el medio ambiente.

La mayoría de la población de Tuxtla Gutiérrez son los principales beneficiados con este servicio debido a que lo más importante es tener agua de calidad y con una adecuada potabilización esto se puede lograr para evitar daños a la salud.



OBJETIVOS:

a) General:

Rehabilitar el sistema pulsatube para poder lograr un mejor desempeño de la planta en la producción de agua de calidad para la población de Tuxtla Gutiérrez.

b) Específicos:

- Rehabilitar la campana de vacío y los equipos con los que trabaja para lograr una mejor mezcla de los compuestos químicos y el agua.
- Realizar un manual de operación y mantenimiento para uso adecuado de la planta
- Estudiar y analizar el método de extracción de fangos de acuerdo a su efectividad.



CAPITULO I. GENERALIDADES DE SMAPA

1.1 ANTECEDENTES

Se tiene conocimiento que antes del año 1857 las obras de abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado eran ejecutadas por autoridades civiles, a partir de ese mismo año el Gobierno Federal empieza a intervenir en dichos trabajos y no es hasta el 13 de mayo de 1891, que se crea y se le asigna a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas dichas funciones.

A partir del 1o de enero de 1947 se otorga a la Secretaría de Recursos Hidráulicos, por conducto de la Dirección de Operación, la doble responsabilidad de manejar los servicios y de recuperar las inversiones. Y en 1948 se atribuyó a las Juntas Federales de Agua Potable y Alcantarillado el carácter de organismos administradores. A causa del crecimiento de los programas el 4 de marzo de 1981 la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, modificó su estructura funcional y creó en lugar de Dirección General de Construcción, dos Direcciones Generales de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.

El 5 de noviembre de 1980, se publica en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo del Ejecutivo, que ordena entregar a los Gobiernos Estatales o Municipales la administración y operación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, misma que manejaban Dependencias Federales.

Con fecha 30 del mes de enero de 1981 se celebra en el Estado de Chiapas, la reunión con el Gobierno Federal a través de la Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, representada por su titular C. Arq. Pedro Ramírez Vázquez; con el Gobierno del Estado de Chiapas, representado por el Gobernador Constitucional C. Juan Sabines Gutiérrez, y por el Secretario General de Gobierno Dr. Enoch Cancino Casahonda, para crear el organismo operador denominado Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Chiapas (SAPAECH), para recibir del Gobierno Federal los sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, y llevar su administración y operación



Por las consideraciones anteriores la propia legislatura expide el Decreto Núm. 63 de fecha 15 de Julio de 1981, la “Ley Estatal para Regularizar la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado”.

El 30 de mayo de 1984 el Ejecutivo Estatal acordó que los servicios que prestaba SAPAECH, fueran proporcionados a cada uno de los municipios de la entidad considerando las modificaciones del Artículo 115 Constitucional. (Publicadas en el Diario Oficial de la Federación del día 3 de Febrero de 1983 en donde se estableció la Fracción III), que dice:

Los municipios, con el recurso de los estados, cuando así fuera necesario y lo determinaran las leyes, tendrán a su cargo los siguientes servicios públicos:

A).- Agua Potable y Alcantarillado.

Con fecha 12 de diciembre de 1985, el Gobierno del Estado de Chiapas, hizo entrega al Municipio de Tuxtla Gutiérrez, el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA), quedando desde entonces a cargo del H. Ayuntamiento la prestación de estos servicios como un organismo descentralizado.

Al hacerse responsable el municipio, del manejo de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, se plantea la necesidad de adecuar su administración, a partir de una estructura organizacional que le permita atender las necesidades reales de desarrollo de estos servicios en la jurisdicción de cada municipio.

El proyecto agua para todos fue concebido como un proyecto integral de largo plazo por el entonces gobernador del estado Juan Sabines Guerrero.

Dio inicio de gestión como diputado local en el año 2003 como respuesta a la incongruencia de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez situado a uno de los ríos más caudalosos de todo México. Este proyecto surge en respuesta de la creciente población de habitantes estimada en 500 mil personas.



RESIDENCIA PROFESIONAL



La planta potabilizadora y línea de conducción es actualmente el proyecto hidráulico más importante del sureste de la república, consta de una planta potabilizadora de 2000 l/s que incluye una bomba de toma, un proceso de tratamiento, dos sedimentadores, un sistema de filtración y uno de cloración, dos estaciones de bombeo y líneas de conducción de 48 y 36 in de diámetro de tubería de hierro dúctil con una extensión total de 17 km que vendrá a ser la columna vertebral de distribución primaria de la ciudad. Esta obra abastece a 2/3 partes de la ciudad, el resto es abastecida por las otras dos plantas con más de 25 años de antigüedad.

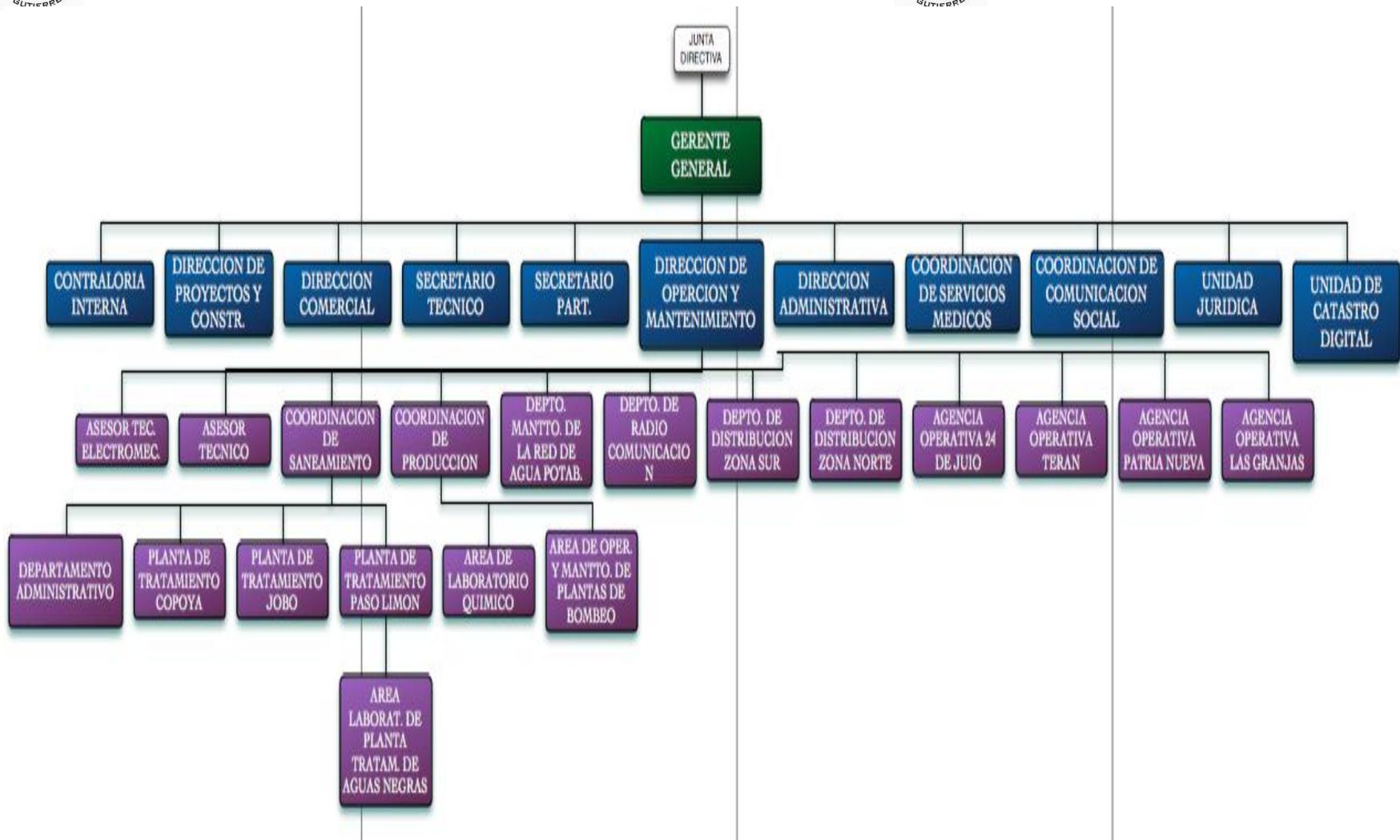


Fig. 1 Organigrama de SMAPA

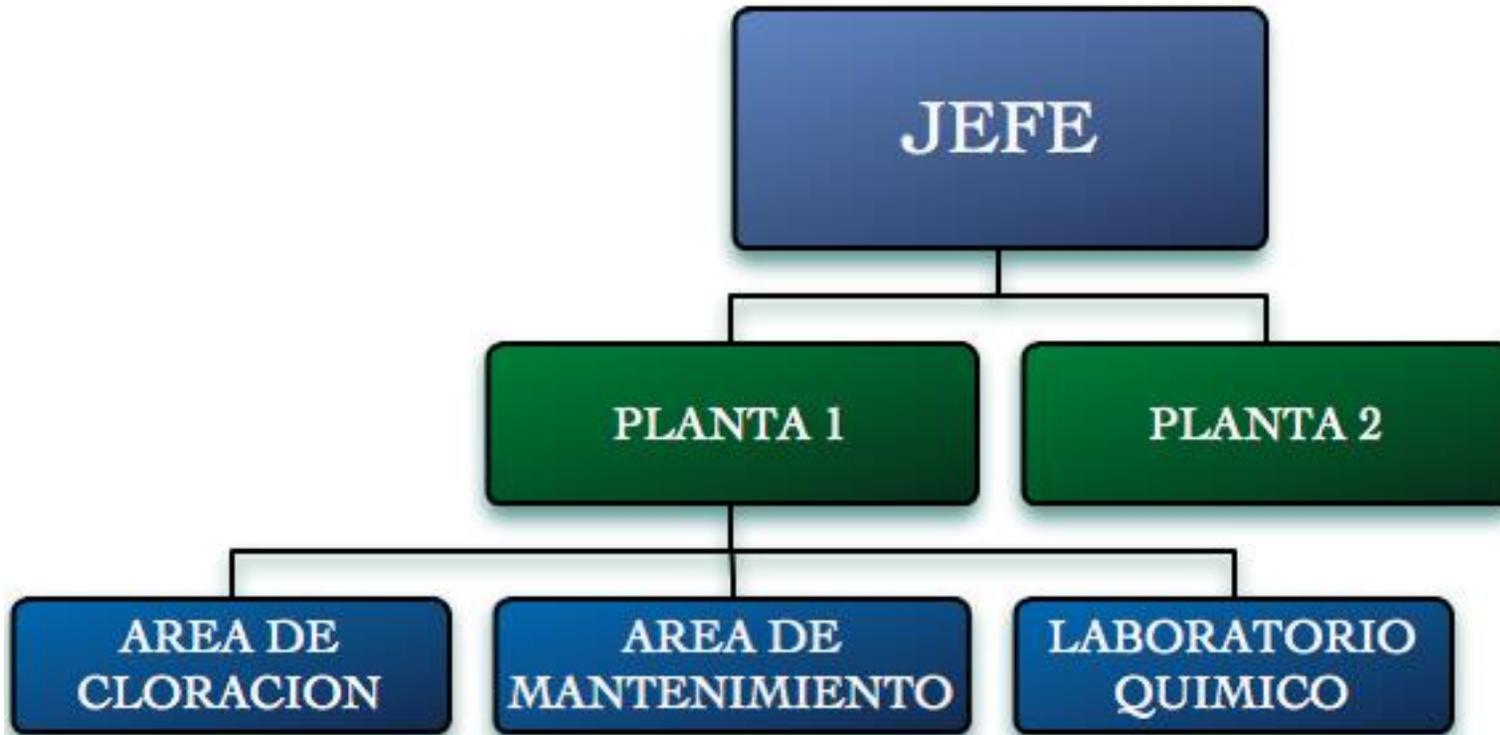


FIG. 2 Organigrama de la planta potabilizadora los pájaros

En el área de mantenimiento fueron realizadas las actividades de residencia profesional en colaboración con los trabajadores de dicha área.



1.2 MISIÓN:

Ofrecer a los usuarios un servicio de calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, concientizando a la población del uso y la preservación del agua como elemento indispensable en la vida.

1.3 VISIÓN:

Consolidarse como uno de los mejores organismos a nivel nacional, con base en la ética de trabajo en equipo y tecnología de vanguardia, capaz de satisfacer las necesidades actuales y futuras de la comunidad.



CAPITULO II. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

2.1 PROBLEMAS A RESOLVER:

1. Rehabilitación de la campana de vacío de manera teórica para un mayor rendimiento de la mezcla de sulfato de aluminio y polímeros con el agua, a la vez para la evacuación de los residuos de la sedimentación (fangos).
2. La extracción de lodos mediante un método adecuado y eficiente.

2.2 ALCANCES:

- Dar a conocer una propuesta de rehabilitación del sistema pulsatube.
- Análisis de los riesgos entre la obtención de nuevos elementos o mantener los existentes.
- Lograr una mayor eficiencia en el funcionamiento de la planta potabilizadora.
- Lograr la viabilidad del proyecto mediante una comparación de costos.

2.3 LIMITACIONES:

- La falta de equipo especializado para realizar las actividades de mantenimiento.
- El proyecto será válido en el periodo de tiempo que este se realice ya que puede haber cambios de presupuesto o de actualización de los elementos a utilizar en el proyecto
- Desconocimiento de información técnica de los equipos debido a su discontinuación.



CAPITULO III. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 PULSATOR:

El aparato pulsador está formado por una cuenca de fondo plano en el sótano, de los cuales hay varios tubos en el que podemos introducir agua en bruto a ser tratado de una manera uniforme sobre toda la superficie del aparato. En la parte superior, sobre los tubos de introducción de agua, hay otros tubos que permiten una recogida periódica del agua decantada evitando la creación de diferentes tipos de velocidad hacia arriba en las diversas partes del decantador. (Ver figura 3)

El sistema de suministro de este aparato está formado por una campana (vacuum pump) en el que se empuja el agua fangosa a tratar. Después un compresor aspira el aire lejos. Cuando el agua dentro de la campana llega al nivel de 1 metro sobre el nivel del agua en el decantador, una válvula se abre el cual restaura la presión de aire para que el líquido pueda caer y pasar en el decantador. De esta manera se crea un lecho de lodo homogéneo que se cruza a la baja durante los tiempos de reposo y hacia arriba durante el vaciado de la campana en la parte inferior de la jarra. Como consecuencia, el contacto entre el agua tratada con los reactivos y el lodos y se asegura la mejor filtración de las partículas coloidales presentes en ella se realiza. Con la contribución del lodo presente en el agua de la masa el lecho de lodo aumentará regularmente hasta que se descarga. La descarga se lleva a cabo en ciertas zanjas con un fondo inclinado colocados en los lados de la botella, donde el lodo se concentra. De esta cuenca la descarga se hace por medio de válvulas automáticas conectadas por un temporizador. Una ventaja de este sistema es que la descarga sólo el exceso de lodos, la concentración de los lodos en el decantador no tiene que ser bajado.



Fig. 3 Sistema Pulsatube

En la planta potabilizadora de agua de SMAPA ubicada en la colonia los pájaros su descripción de funcionamiento de la campana de vacío (vacuum chamber) es la siguiente.

El agua cruda entra a una cámara de llegada por un tubo principal el cual está en forma vertical y deja caer el agua mediante la fuerza de gravedad, el ventilador o soplador se enciende para crear una especie de vacío en la cámara, cuando el agua llega a un nivel considerable toca unos electrodos los cuales hacen accionar gatos hidráulicos que abren válvulas de desahogo la cual da paso al aire atmosférico haciendo que el agua se desplace hacia abajo provocando el efecto pulsante de ahí su nombre PULSATUBE. (Ver figura 3)

3.2 CIMENTACIÓN.

La base de los ventiladores debe ser instalada de preferencia sobre una cimentación de concreto armado plana, nivelada y rígida con una masa por lo menos tres veces mayor que el ensamble soportado que actuara como una base de inercia. La parte superior de la cimentación debe ser un poco más grande que el contorno del equipo y debe tener aristas en bisel para prevenir grietas o desportilladuras.

Las cimentaciones de maquinaria están sometidas frecuentemente a cargas cíclicas. La existencia de cargas cíclicas obliga a considerar el estado límite de servicio de vibraciones y el estado límite último de fatiga.

El anclaje de maquinaria pesadas sometida a movimientos puede producir desprendimientos, abombamientos y fisuras si el material de agarre no ofrece las resistencias necesarias, la estabilidad de anclajes de pernos, varillas, postes y pilares metálicos con exigencias estructurales puede verse dañado si el mortero utilizado para su anclaje sufre retracción, como consecuencia aparecen fisuras por donde consigue entrar oxidando las armaduras.

La mínima frecuencia natural de cualquier parte de la estructura debe ser 50% más alta de la velocidad de operación del ventilador,

Una base rígida correctamente nivelada es vital para la operación silenciosa exenta de problemas. En plataformas de acero estas deberían estar atirantadas en todas direcciones.

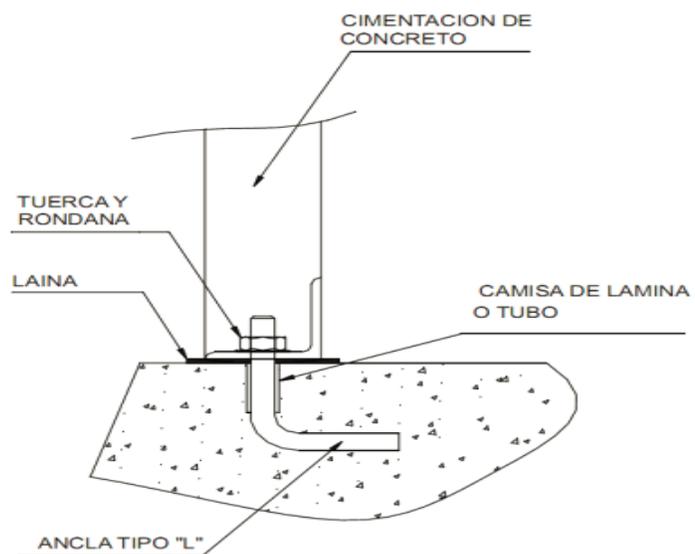


Fig. 4 Ancla Tipo "L"

3.3 NIVELACION:

La nivelación de la maquina puede hacerse antes del colado definitivo del concreto o en cualquier ocasión después que se haya colado la máquina de su sitio,

En caso de que el equipo no haya quedado nivelado, se puede usar los propios resortes como tornillos de nivelación

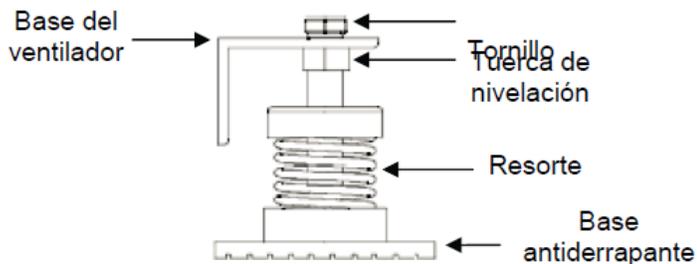


Fig. 5 Tornillos De Nivelación

3.4 PROBLEMAS QUE SE DETECTAN CON EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES:

- ✚ Desbalance.
- ✚ Desalineación
- ✚ Flexiones permanentes
- ✚ Fisuras en estructuras
- ✚ Rozamientos.
- ✚ Deterioro o defectos en rodamientos
- ✚ Resonancias y vibraciones transmitidas
- ✚ Vibración de cimentación, estructuras y soportes.
- ✚ Problemas con motores eléctricos
- ✚ lubricación.

3.4.1 DESBALANCE

Cuando los componentes de una Maquina rotatoria, giran alrededor de un eje de rotación que no coincide con el eje principal de inercia, existe una condición comúnmente conocida como desbalance.

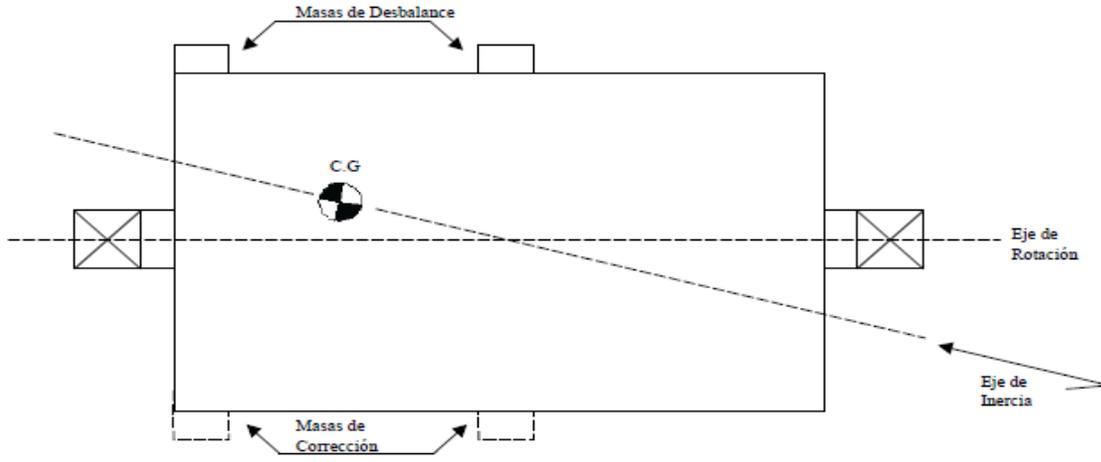


Fig. 6 Desbalance

Al desbalance se le atribuyen el 40% de las fallas, las causas más comunes que se le atribuyen al desbalance es la falta de material, rotura de alabes o la acumulación de material en el alabe.

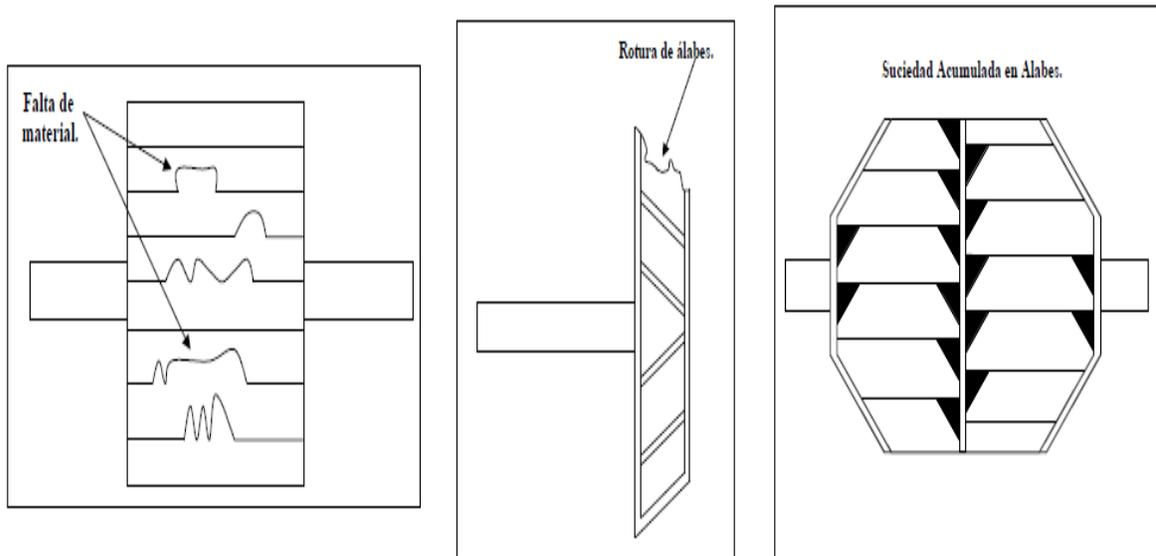


Fig. 7 Fallas Más Comunes Por Desbalance

3.4.2 DESALINEAMIENTO

Ocasiona daño directamente a los rotores, rodamiento y la transmisión (poleas-bandas). La fuente de vibración más importante en las transmisiones de banda en "V" es generada por la desalineación de poleas. La vibración en el sentido axial, es casi siempre provocada por desalineación entre poleas y esto puede acelerar el desgaste de los rodamientos de empuje. Al desalineamiento se le

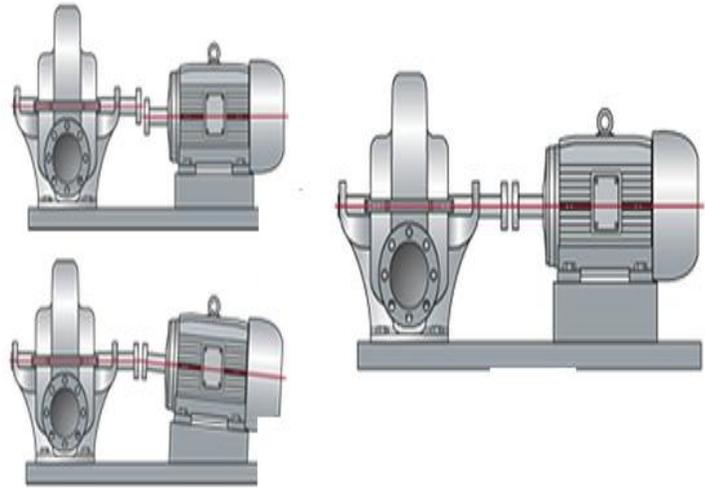


FIG. 8 Desalineamiento

3.4.3 FLEXIONES PERMANENTES:

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

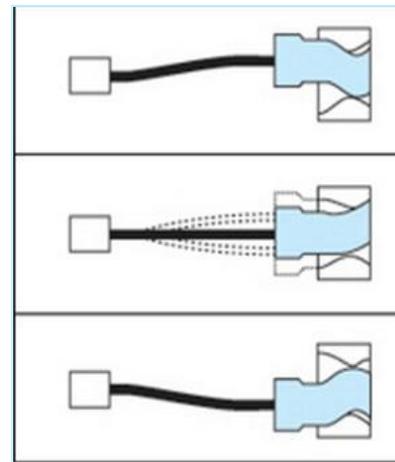


Fig. 9 Flexiones.

3.4.4 FISURAS EN ESTRUCTURAS:

Cuando hay un exceso de vibración en la maquina puede ocasionar daños importantes a la estructura interna y externa de la misma como son las pequeñas grietas o fisuras en la base de la maquina o incluso en las paredes de donde se encuentra ubicado el equipo completo, para esto debemos reducir la vibración.



Fig. 10 Fisuras

3.4.5 ROZAMIENTO O FRICCIÓN.

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción, a la fuerza entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento entre ambas superficies (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del deslizamiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, mayormente microscópicas, entre las superficies en contacto.

3.4.6 DETERIOROS DE CHUMACERAS:

Las chumaceras se dañan por la falta de lubricación en el equipo así como también por la excesiva vibración del equipo, por lo que es muy importante controlar la velocidad de operación del equipo.



Fig. 11 Deterioro De Chumaceras

3.4.7 RESONANCIA:

Es un fenómeno que se produce cuando un cuerpo capaz de vibrar es sometido a la acción de una fuerza periódica. Todo sistema físico tiene una frecuencia característica llamada "Frecuencia Natural". Esta la define como la frecuencia a la cual el sistema podría vibrar si está expuesta a vibración libre. Cuando la frecuencia de operación de un equipo dinámico se acerca a la frecuencia natural de su cimentación, las amplitudes tienden a ser grandes. Se dice que el sistema está en "Resonancia" cuando las dos frecuencias llegan a ser iguales. En resonancia, se producen amplitudes excesivas y también grandes asentamientos.

Vibración de cimentación, estructuras y soportes

El diseño es muy importante en los problemas de vibración, el ingeniero quien diseñe la cimentación, estructuras y soportes debe resolver dos problemas principalmente:

- Que los movimientos de la maquinaria y la estructura de soporte no sean excesivos, debido a que generan fallas.
- Que se disminuyan o en su caso que se eliminen las vibraciones transmitidas a través de las estructuras de los soportes.

Problemas con motores eléctricos.

Este tipo de vibración es normalmente el resultado de fuerzas magnéticas desiguales que actúan sobre el rotor o sobre el estator. Dichas fuerzas desiguales pueden ser debidas a:

- Rotor que no es redondo.
- Chumaceras del inducido que son excéntricas
- Falta de alineamiento entre el rotor y el estator; entre hierro no uniforme.
- Perforación elíptica del estator.
- Devanados abiertos o en corto circuito
- Hierro del rotor en corto circuito.

3.4.8 EXCENTRICIDAD:

Este problema genera los mismos efectos que el desbalance y es muy difícil contrarrestar a esta situación mediante el balanceo.

La excentricidad se puede presentar en ejes, manguitos de fijación en los rodamientos, alojamiento de los rodamientos poleas rotores de ventiladores, etc. Antes de llevar a cabo el balanceo se recomienda verificar la condición de excentricidad.

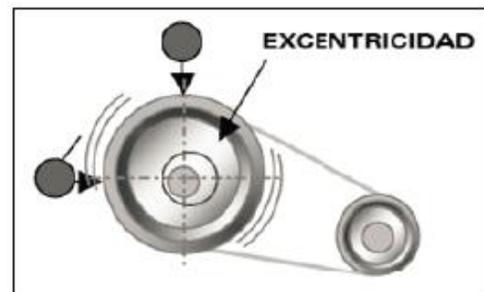


Fig. 12 Excentricidad

3.4.9 LUBRICACIÓN

Para que un rodamiento funcione de modo fiable debe estar adecuadamente lubricado con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas.

El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión, un buen lubricante debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✚ Poseer un poder lubricante satisfactorio.
- ✚ Proteger contra el agua y la humedad.
- ✚ Contribuir a la obturación contra el polvo y la suciedad.
- ✚ Resistencia a las acciones químicas especialmente oxidación, no espesarse, acidificarse o resinificarse.

Ventajas de una lubricación adecuada:

Aumenta:

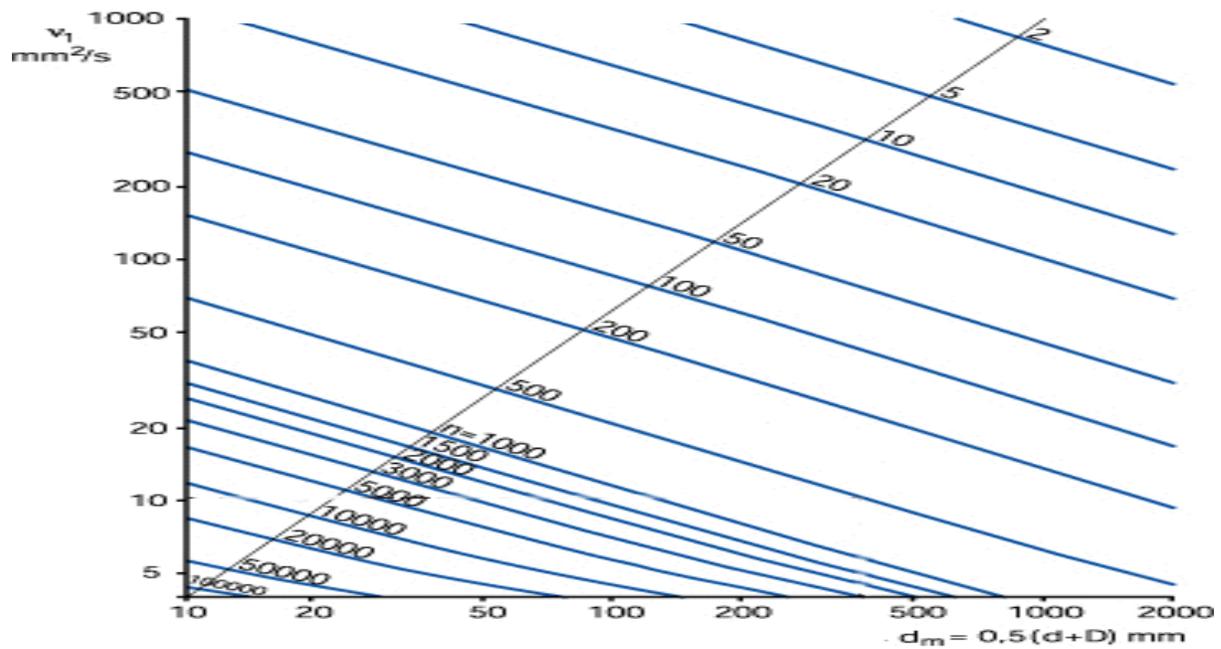
- ✚ Tiempo activo de la maquina
- ✚ Intervalos de servicio
- ✚ Disponibilidad y durabilidad

Reduce:

- ✚ Consumo de energía por fricción
- ✚ Generación de energía por fricción
- ✚ Desgaste por fricción
- ✚ Ruido por fricción
- ✚ Tiempo inactivo
- ✚ Contaminación del agua.

Los cálculos para encontrar una grasa correcta están basados en pruebas efectuadas según el tipo de grasa, es conveniente tomar la grasa sugerida por el fabricante. La vida útil real variara según las condiciones reales, tanto atmosféricas como de operación. Para saber la viscosidad nominal de la grasa se puede obtener de la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Grafica Dada Por SKF



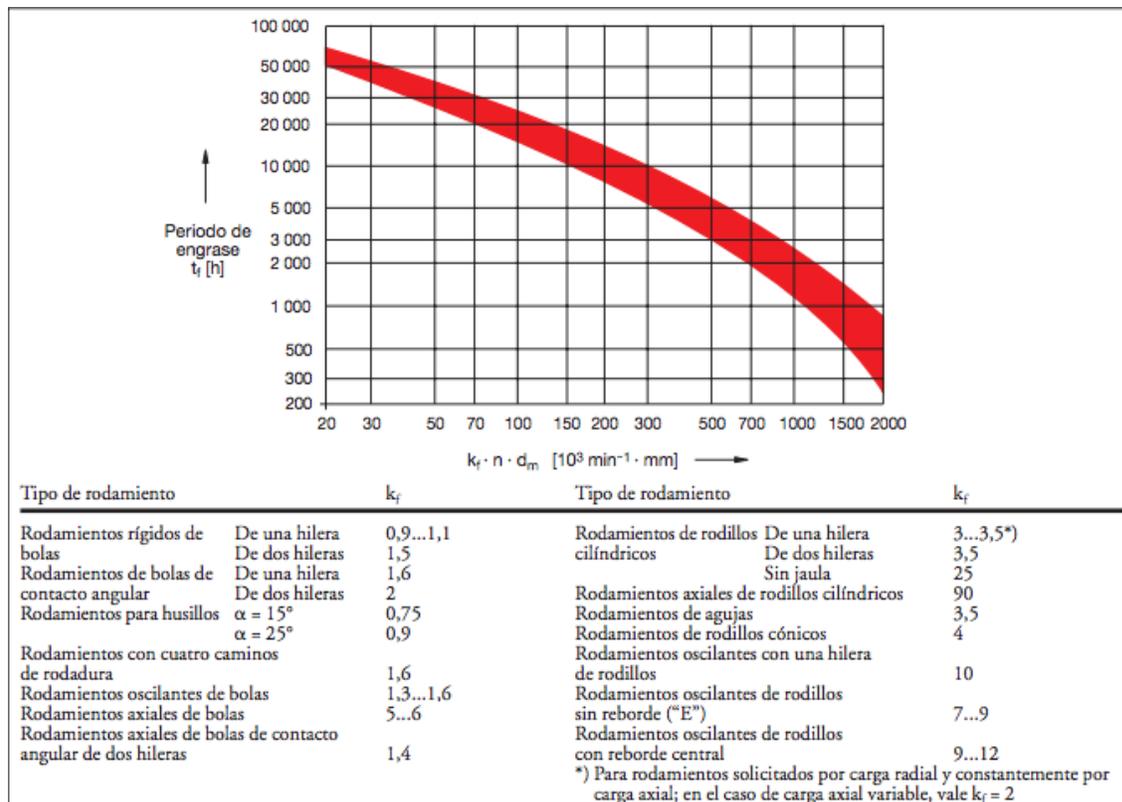
$n = \text{rpm}$

$d_m = \text{diámetro medio (mm)}$

Para saber los intervalos nos apoyaremos con la tabla 2.

Periodos de engrase bajo condiciones favorables de ambiente. Duración de servicio de la grasa F10 para grasas estándar de base de saponificación lítica según DIN 51825, a 70 °C; probabilidad de fallo del 10 %.

Tabla 2. Periodos De Engrase Bajo Condiciones Adecuadas



Es importante conocer e identificar las partes de sistema pulsatube por lo cual en la siguiente tabla 3, se presenta un listado de estas partes donde se proporcionan datos técnicos de cada una de ellas, así como el funcionamiento que tiene en el sistema, su marca, números de serie, modelos y su potencia respectivamente.

3.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTES DEL SOPLADOR

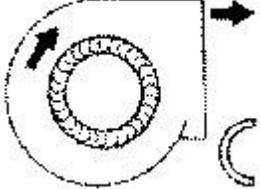
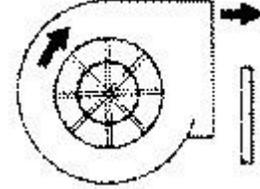
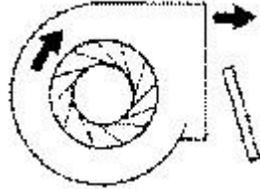
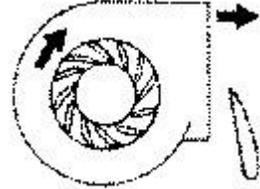
Tabla 3.Partes Principales Del Soplador

PLANTA POTABILIZADORA LOS PAJAROS						
No.	EQUIPO	UTILIDAD	MARCA	No DE SERIE	MODELO	HP
1	MOTOR 1	GENERA POTENCIA AL VENTILADOR 1		5171362		10
2	MOTOR 2	GENERA POTENCIA AL VENTILADOR 2		5169066		10
3	BANDAS EN V	TRANSMITEN POTENCIA	ROULONDS		A58	
4	CHUMACERA 1	PERMITE GIRO DEL EJE	SKF		SN 511	
5	CHUMACERA 2	PERMITE GIRO DEL EJE	SKF		SN 511	
6	CHUMACERA 3	PERMITE GIRO DEL EJE	SKF		SN 511	
7	CHUMACERA 4	PERMITE GIRO DEL EJE	SKF		SN 511	
8	VENTILADOR 1	PRODUCE LA SUCCION	ARMEE			
9	VENTILADOR 2	PRODUCE LA SUCCION	ARMEE		22165	
10	VALVULA DE MARIPOSA	PERMITE Y CIERRA EL FLUJO DE AIRE	MAGNA LR		150A	
11	VALVULA DE MARIPOSA	PERMITE Y CIERRA EL FLUJO DE AIRE	MAGNA LR		150 A	
12	VALVULAS DE ESCAPE	EVITA EXCESO DE PRESION	MAGNA LR		10-150	
13	VALVULAS DE ESCAPE	EVITA EXCESO DE PRESION	MAGNA LR		10-150	

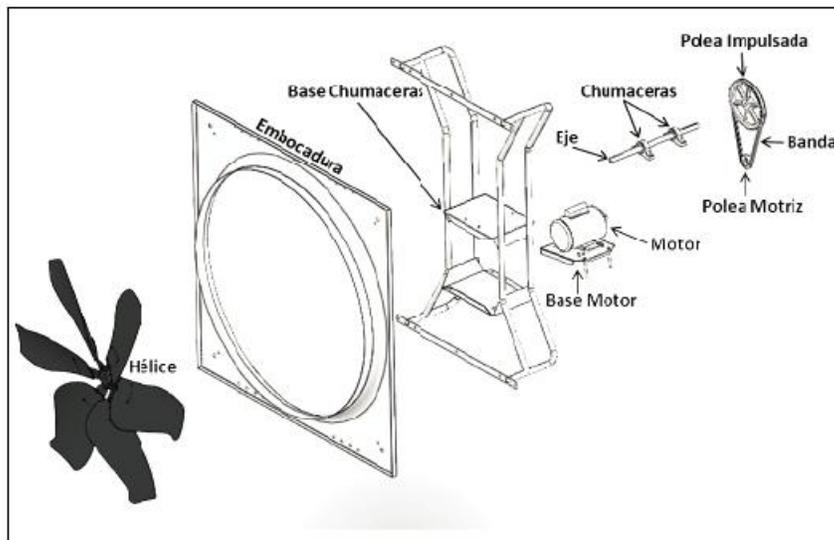
3.6 VENTILADORES CENTRIFUGOS:

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90°, entre la entrada y salida. Se suelen sub-clasificar, según la forma de las palas o álabes del rotor, de la siguiente manera:

Tabla 4. Tipos De Ventiladores

VENTILADOR	DESCRIPCION	APLICACION
 CURVADAS HACIA ADELANTE	<p>Rotor con palas curvadas hacia adelante, apto para caudales altos y bajas presiones. No es auto limitante de potencia. Para un mismo caudal y un mismo diámetro de rotor gira a menos vueltas con menor nivel sonoro.</p>	<p>Se utiliza en instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado de baja presión.</p>
 PALAS RADIALES	<p>Rotor de palas radiales. Es el diseño más sencillo y de menor rendimiento. Es muy resistente mecánicamente, y el rodete puede ser reparado con facilidad. El diseño le permite ser auto limpiante. La potencia aumenta de forma continua al aumentar el caudal.</p>	<p>Empleado básicamente para instalaciones industriales de manipulación de materiales. Se le puede aplicar recubrimientos especiales anti-desgaste. También se emplea en aplicaciones industriales de alta presión.</p>
 INCLINADAS HACIA ATRAS	<p>Rotor de palas planas o curvadas inclinadas hacia atrás. Es de alto rendimiento y auto limitador de potencia. Puede girar a velocidades altas.</p>	<p>Se emplea para ventilación, calefacción y aire acondicionado. También puede ser usado en aplicaciones industriales, con ambientes corrosivos y/o bajos contenidos de polvo.</p>
 AIRFOIL	<p>Similar al anterior pero con palas de perfil aerodinámico. Es el de mayor rendimiento dentro de los ventiladores centrífugos. Es auto limitante de potencia.</p>	<p>Es utilizado generalmente para aplicaciones en sistemas de HVAC y aplicaciones industriales con aire limpio. Con construcciones especiales puede ser utilizado en aplicaciones con aire sucio.</p>
 RADIAL TIP	<p>Rotores de palas curvadas hacia delante con salida radial. Son una variación de los ventiladores radiales pero con mayor rendimiento. Aptos para trabajar con palas antidesgaste. La potencia aumenta de forma continua al aumento del caudal.</p>	<p>Como los radiales estos ventiladores son aptos para trabajar en aplicaciones industriales con movimiento de materiales abrasivos, pero con un mayor rendimiento.</p>

Terminología usual de los Extractores Axiales



Refacciones disponibles:

- Hélice
- Motor
- Eje de transmisión
- Chumaceras
- Polea motriz
- Polea impulsada
- Banda (s)

Accesorios disponibles:

- Persiana de sobrepresión
- Cubierta intemperie
- Malla de protección
- Unión Persiana
- Louvers

Fig. 13 Composición Del Ventilador

3.6.1 ANTECEDENTES DE CÁLCULO DEL VENTILADOR

Un ventilador esencialmente es una bomba de gas en vez de líquido, “ventilador es una turbo maquina hidráulica generadora para gases”.

La diferencia entre las bombas y ventiladores es el fluido de trabajo, uno agua y el otro aire por decir lo más convencional, por lo tanto se dice que en unos el fluido es compresible mientras que en los otros no, esto radicaría a la hora de diseñar una turbo maquina siempre y cuando la diferencia de presión sea significativa.

En esencia la teoría y funcionamiento de ambas turbo máquinas sigue siendo lo mismo.

Para diferenciar entre un turbocompresor y un ventilador la turbo maquina debía de tener una $\Delta p \leq$ a 1000 mm de columna de agua para ser llamada ventilador, limite que se toma para ventiladores industriales de baja calidad pero que se busca una reducción económica.

Donde Δp = diferencia de presión.

Turbo máquina.

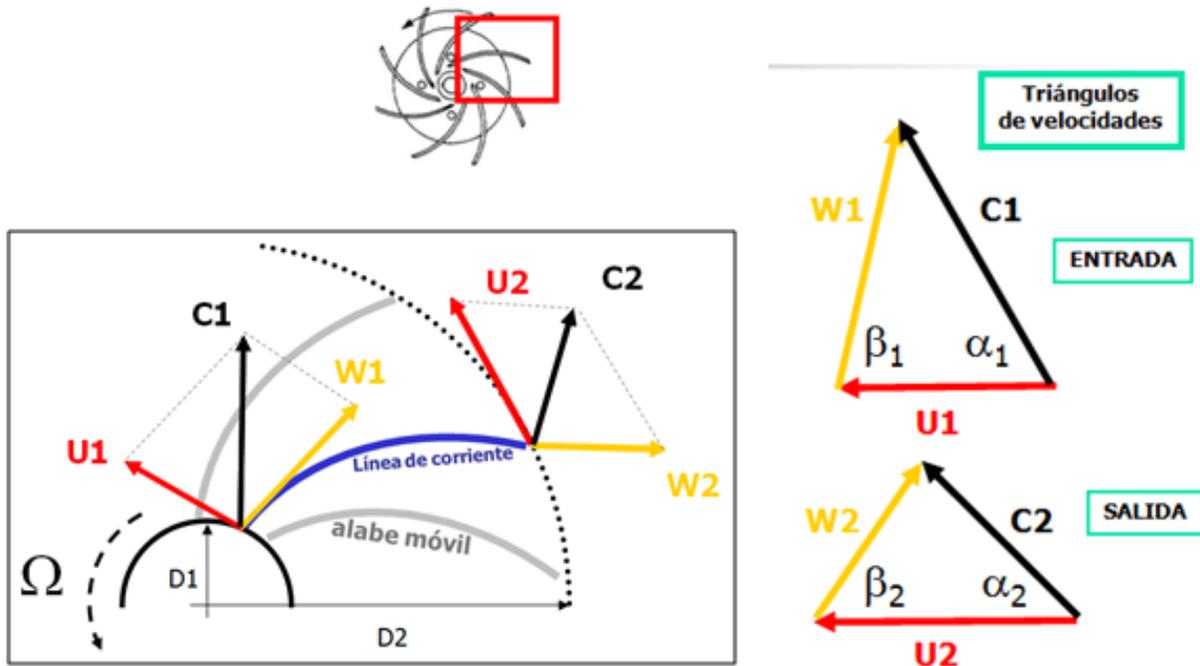


Fig. 14. Descomposición De Velocidades Angulares

Donde:

U_1 = Velocidad absoluta del alabe a la entrada o velocidad periférica a la entrada.

C_1 = Velocidad absoluta del fluido a la entrada.

W_1 = Velocidad relativa a la entrada (del fluido con respecto al alabe).

C_{1m} = Componente meridional de la velocidad absoluta del fluido a la entrada.

C_{1u} = Componente periférica de la velocidad absoluta del fluido a la entrada.

α_1 = Ángulo que forman las dos velocidades C_1 y u_1 .

β_1 = Ángulo que forma W_1 con $(-u_1)$.

Lo mismo ocurre en el triángulo de salida, sustituyendo el subíndice 1 por el 2.

3.7 RODAMIENTOS DEL SOPLADOR

Datos básicos



<i>Tipo</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Lugar De Origen</i>
<i>Bloque De Almohadilla</i>	SKF	SN511	SUECIA

Fig. 14 Rodamientos

3.8 MOTOR ELECTRICO TRIFASICO:

Es una maquina electrica rotativa, capaz de convertir la energia electrica trifasica suministrada, en energia mecanica.



Motor trifasico de 20 Hp y 440 v

Jaula de ardilla totalmente cerrada de 4 polos.

Fig. 15 Motor Eléctrico Trifásico

3.9 BANDAS :

TABLA 5 .Tipos De Bandas

CRITERIO	PLANA	TRAPEZOIDAL	ESLABONADA	REDONDA
Carga en los arboles	Muy Grande	Pequeña	Pequeña	Muy Grande
Trabajo a 25m/s	Aceptable	Aceptable	Malo	Regular
Eficiencia %	98	97	98	97

Longitud de la correa	Libre	Normalizada	Dependiente	Regular
Tolerancia a desalineación	Pequeña	Grande	Grande	Muy grande
Nivel de ruido	No muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Costo inicial	Bajo	Bajo	Bajo	Minimo

3.10 VALVULA DE GLOBO:

Es utilizada para el flujo de fluidos limpios y sin interrupción. Cuando la válvula está totalmente abierta, el área de flujo coincide con el diámetro nominal de la tubería, por lo que las pérdidas de carga son relativamente pequeñas. Este tipo de válvula no es recomendable para regulación o estrangulamiento ya que el disco podría resultar erosionado. Parcialmente abierta puede sufrir vibraciones.



Fig. 16 Válvula

3.11 COMPOSICIÓN DE LA PLANTA EN EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE LODOS.

3.11.1 Sifones de extracción.

Un sifón a veces se utiliza para referirse a una amplia variedad de dispositivos que implican el flujo de líquidos a través de tubos, y siendo más específico se refiere a un tubo en forma de **U** invertida que hace que un líquido fluya hacia arriba, por encima de la superficie del depósito, sin uso de alguna bombas, para que posteriormente fluya la caída del líquido por el tubo, a través de la fuerza de la gravedad en un recipiente.

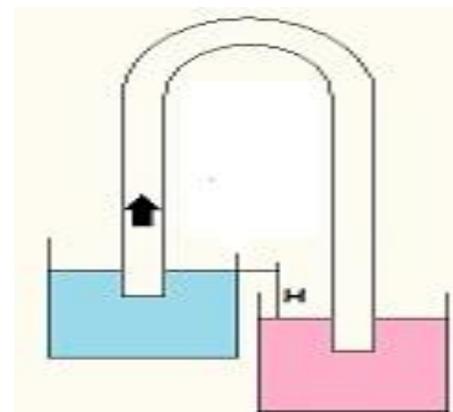


Fig. 17 Sifón

Tenga en cuenta que si bien el sifón debe tocar el líquido en el depósito superior, la superficie del líquido debe estar por encima de la abertura de entrada, no tiene que tocar el líquido en el depósito inferior.

Los sifones son prácticos debido que a causa de la presión atmosférica empuja el líquido hacia arriba del tubo en la región de presión reducida en la parte superior del tubo tal cual lo hace un barómetro. Los sifones más comunes tienen agua como un fluido principal.

Los sifones son métodos intermitentes que permiten la extracción de lodos por medio de la presión hidráulica y de la gravedad, de manera que la concentración vaya aumentando debido a la concentración de la turbiedad, este tipo de mecanismos es utilizado en el sistema pulsatube por que se puede extraer el lodo de forma periódica o continua, el sifón en la parte de adentro del sedimentador se encuentra en una tolva que capta los lodos que logran pasar de la primera etapa y en la parte de afuera cuenta con una válvula que es accionada por un gato neumático para poder realizar el cierre y la apertura de la válvula según la programación que se le coloque al solenoide del gato neumático.

Tabla 6 Condiciones De Los Sifones

Objetos	Características	Condiciones
Sifón	Tubo en U de 4"	En mal estado ya que con los reactivos que se agregan al agua para su tratamiento le causo corrosión y por lo cual se fueron deteriorando hasta quedar sin servicio, por lo cual fueron retirados de los sedimentadores.
Válvula	De bola para tubo de 4"	Las válvulas fueron retiradas del lugar debido a que ya no está en funcionamiento el sistema de sifones, pero algunas válvulas solo necesitan mantenimiento para ponerlas en función nuevamente.
Actuador	Neumáticos programables	Los actuadores fueron retirados del lugar por los problemas anteriores, además las líneas neumáticas también fueron retiradas del lugar, así que para una reinstalación se checarían estos detalles.

Los sifones en este caso tenían poca eficiencia porque ya que al extraer la mayor parte del lodo se despreciaba mucha agua ya que no se tiene otro proceso en donde se pueda recuperar el líquido extraído por los sifones con la finalidad de sacar el lodo de los sedimentadores.

Condiciones reales de los sifones intermitentes de extracción de lodos.

3.11.2 VÁLVULAS DE VACIADO.

Las válvulas de vaciado son dispositivos anclados a la parte inferior del sedimentador que permiten el desazolve de todo el fango existente en el decantador, este proceso se realiza cuando a la planta se le va a realizar mantenimiento mayor ya que es necesario cerrar la entrada de agua bruta al sedimentador y esperar para vaciarlo lentamente y no permitir que el fango se endurezca completamente.

La planta cuenta con 4 válvulas de vaciado de las cuales dos de ellas cuentan con recuperación de agua, es decir, las válvulas están conectadas a una tubería de 20" que recupera una gran parte del agua que se ocupa para el mantenimiento del sedimentador, el agua se envía a un dispositivo de almacenamiento para después enviarlo nuevamente al proceso.

3.11.3 LA CÁMARA DE VACÍO

La cámara de vacío es la primera parte de retención de fangos ya que los reactivos ya vienen reaccionando con los concentrados del agua bruta que se va a tratar, aquí el agua entra por un tubo que cuenta con una tapa para que el agua alcance un cierto nivel para poder accionarse los pulsos, pero el lodo se va acumulando alrededor del tubo en grandes cantidades, también en los ductos que llevan el agua a los tubos de distribución, para el buen funcionamiento se tiene que monitorear la concentración de lodos en la cámara para que el proceso continúe funcionando de forma correcta, esto lo podemos determinar por medio de sifones que están trabajando de forma continua para ver el color del agua a diferentes niveles y así poder determinar hasta donde está la concentración de lodo, una vez llegando al máximo nivel permitido para el funcionamiento, es necesario programar el

mantenimiento o mejor dicho la limpieza de la cámara para retirar todo el fango que impide que el proceso ya no sea de manera eficiente.

Para llevar el control de la cantidad de fango que se va acumulando en la cámara de vacío se cuenta con válvulas ubicadas en ciertas alturas de la cámara de vacío que están abiertas de manera permanente para monitorear hasta qué nivel se va acumulando la cantidad de lodo en la cámara de vacío y con forme a esta inspección se programa el mantenimiento de todo el sedimentador.

El fango es retirado de la cámara de vacío por medio de presión hidráulica mediante mangueras para humedecer el fango en cierto grado y con la presión realizar un barrido hacia donde se encuentra la válvula de desfogue.

3.11.4 LOS TUBOS DE DISTRIBUCIÓN.

Son tubos de PVC que se encuentran en la parte inferior de los tanques de sedimentación, van conectados directamente con la cámara de vacío. Estos tubos cuentan con perforaciones y son colocados con las perforaciones hacia abajo para que el agua golpee primero el piso y así baya aumentando el nivel del agua.

La función principal de los tubos perforados o de distribución es distribuir de manera uniforme el agua que está entrando a los tanques de sedimentación para que todos los desechos, es decir, lodos o fangos, se encuentren distribuidos en todo el sedimentador para no aumentar la cantidad de lodos en ciertas partes del sedimentador.

En la planta se cuenta con

OBJETOS	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Tubos de distribución	12 mts de largo 12" de diámetro	Se cuentan con 25 tubos de distribución en la planta

3.11.5 LOS TRANQUILIZADORES.

Los tranquilizadores son dispositivos en forma de triángulos formados de madera o plástico que sirven para que el agua que es dejada por los tubos de distribución comience a subir lentamente permitiendo así el asentamiento de los floculos que contiene el agua y mantenerlos en la parte inferior del tanque, los tranquilizadores tienen un papel muy importante en la retención de los lodos, es decir son el proceso primordial para la retención de los lodos. Los tranquilizadores son diseñados para determinada turbiedad del agua que se desea tratar, cuando la turbiedad se excede en demasía puede provocar fallas de diseño, algunas consecuencias del exceso de turbiedad en el agua son:

- Ruptura parcial o total del tranquilizador.

Esto es ocasionado debido a que el exceso de turbiedad genera más lodos y por lo consiguiente mayor masa que debe de soportar el tranquilizador, y como excede a lo calculado previamente tienden a quebrarse o doblarse.

Cuando esto sucede es necesario reparar de forma parcial o total el tranquilizador para que su funcionamiento sea el óptimo, para así poder obtener la calidad de agua deseada.

- Desprendimiento de anclajes.

Los anclajes son los dispositivos que sujetan al tranquilizador en su posición deseada, por el exceso de lodo los tranquilizadores tienden a doblarse y por lo consiguiente fracturan los pernos que lo sujetan a la pared.

Cuando fallan los anclajes se tienen que volver a fabricar de manera que queden similares a los que la tranquilizador tenia de diseño y para evitar este tipo de desajustes se refuerzan para que soporten un poco más que los de diseño. Por lo regular como el material utilizado para este tipo de modificaciones es el acero inoxidable ya que no reacciona con los químicos que tiene el agua para su proceso.

- Características de los tranquilizadores de la planta.

Tabla 7. Características De Tranquilizadores

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	PIEZAS
Madera	Tablas de 2.50 mts X 0.30 mts, sujetadas con cable de polipropileno de ½ in y bisagras. Su estructura es de 1.20 mts de ancho y 0.62 mts de alto.	Cuenta con 10 piezas de ancho y 27 piezas de largo

Para el mantenimiento total de los tranquilizadores en la planta los pájaros son necesarios.

- 500 Tablas.
- 15 Kg Cable de polipropileno de ½".
- 297 Barrotes.
- 25 Kg Clavo de 2 ½".
- 594 Bisagras.

3.12 EXTRACCIÓN DE LODOS EN LA PLANTA POTABILIZADORA #1 EN LOS PÁJAROS

En esta planta se tiene la problemática de la extracción de los lodos ya que el sistema de diseño para esta finalidad quedó obsoleto al deteriorarse con el tiempo los medios de extracción, por lo cual se improvisaron medios para la extracción de dichos materiales. El sistema que se desarrollo es basado con el mismo principio de los sistemas de diseño para el buen desempeño, este sistema está constituido de una manguera y un tubo que con la ayuda de dos operadores se extrae los lodos mediante el principio del sifón.

La operación de este sistema es la siguiente.

1. Unir el tubo en este caso de PVC a un extremo de la manguera, este servirá como apoyo para poder llegar al fondo del sedimentador.
2. Consiste en llenar la manguera de agua en su totalidad para hacer vacío y succionar.



3. Uno de los operadores sumerge el tubo al fondo del sedimentador, para que por medio de la presión hidráulica se sustraiga el lodo húmedo del sedimentador.
4. El otro operador inspecciona el color de agua que está saliendo y mediante eso determina si ya no existe lodo en esa posición en la que está la manguera.
5. De acuerdo a la observación del operador se da la señal para el movimiento hacia otro punto del sedimentador para seguir sustrayendo el lodo.
6. Se repite los puntos 4 y 5 durante todo el sedimentador.

La desventaja que tiene este sistema debido a que el lodo a veces tiende a ser muy denso obstruye la manguera y se interrumpe la operación de extracción de los fangos, cuando esto sucede se tiene que retirar la manguera del sedimentador y causa grandes estragos porque es muy complicada la operación para destapar la manguera. Algunas veces es necesario dar de golpes o levantarla para ir destapándola poco a poco.

CAPITULO IV. PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

4.1 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RODETE.

El uso cotidiano de un sistema de impulsión o extracción va acumulando materiales sobre palas de un rodete, ocasionando debilitamiento en su estructura y vibraciones importantes. Si la vibración es muy fuerte, el daño puede ocasionar que los rodamientos y la propia estructura del ventilador sufran serios daños.

Una recomendación es que se examine periódicamente el rodete para saber si hay acumulación de suciedad, en general cuando se maneja extracción de aire limpio, los rotores requieren menos limpiezas. Antes de pasar a la inspección de elementos realizamos el chek list para ver en qué condiciones esta el soplador antes de continuar con el desmontaje de la máquina para el cual nos apoyamos del siguiente formato.

AREA: CABINA DEL SOPLADOR

PLANTA: POTABILIZADORA DE AGUA LOS PÁJAROS

TAG: VENTILADOR SOLPLADOR DEL SISTEMA PULSATUBE MARCA ARMEE

FECHA: 26 SEPTIEMBRE DEL 2013

CHECK LIST

No	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
01	¿La carcasa está limpia?		X	Demasiado polvo
02	¿Existe derrame de aceite?	X		
03	¿Existe fuga por el sello mecánico?			No aplica
04	¿Existe fugas por el prensa-estopas?			No aplica
05	¿Están demasiado calientes las chumaceras?			No aplica
06	¿Hay derrame de grasa y/o aceite en coples?	X		
07	¿Está produciendo ruido anormal?	X		
08	¿Esta vibrando demasiado?			No aplica
09	¿Huele a quemado el motor?			No aplica
10	¿El depósito de aceite esta a nivel?		X	
11	¿Existe fugas de líquido por las bridas?	X		
12	¿Mantiene el cubre-coples?		X	
13	¿Existe fuga por el deflector?		X	
14	¿El manómetro esta oscilando?			No aplica

Una vez realizado el chek list se procede al desmontaje de la máquina para inspeccionar los elementos internos del sistema.

4.2 INSPECCIÓN DE ELEMENTOS

Para inspeccionar cada unos de los elementos internos que conforman el equipo de la campana de vacío, es necesario desmontar el equipo, por lo que se requiere ayuda de los técnicos en mantenimiento y en cloración de la planta potabilizadora que cuentan con un amplio conocimiento en lo que es montaje y desmontaje del soplador.

En la cabina donde se encuentra ubicada la campana de vacío se toma en cuenta que el sistema no ha sido puesto en marcha desde hace más de 25 años (sistema de pulsaciones), por lo que se utilizan otros métodos para realizar la labor de mezclado de agua con los reactivos químicos que utilizan para realizar la floculación y cloración en los sedimentadores.

El sistema no ha recibido mantenimiento desde que se detuvo, por lo que la instalación eléctrica de la cabina se encuentra totalmente averiada, y por la falta de recursos para una instalación antes del rediseño no se permite una instalación en estos momentos. Motivo por el cual la inspección de los elementos es a grandes rasgos y se restringe a solamente a descripción física y visual.

El sistema está conformado por un ventilador o soplador que tiene su base, que está también sosteniendo un motor de 10 hp que se encuentra en la parte trasera de la misma (ver figura 15). El motor cuenta con poleas que son encargadas de hacer la transmisión hacia un eje de transmisión del ventilador, de la carcasa del ventilador están acoplados una serie de tuberías que realizan la labor de conducir el aire succionado que es controlado mediante válvulas de compuerta operadas de forma manual, también se cuenta con válvulas de mariposa que rompen el vacío creado por la succión del aire, estas son controladas por gatos hidráulicos, este es la mitad del sistema la otra parte es de forma similar y simétrica.

Para comenzar la inspección de los elementos se retira la válvula de compuerta ya que además de su función como válvula también actúa como una especie de mamelón entre las tuberías de la cámara y la tubería de la carcasa, la válvula una vez retirada se procede a dejarla en un lugar adecuado para evitar cualquier accidente, posteriormente retiramos la tubería que esta acoplada a la carcasa para poder quitar la tapa donde se encuentra un cople y las abrazaderas de los ejes, las cuales también se retiran para poder extraer lo que es el impulsor o los alabes del ventilador; el cople y las abrazaderas tienen pernos los cuales hacen la función de sostener la pieza de forma adecuada y cuando se retiran y se colocan en agujeros que están en la misma pieza pero con diferente función, actúan como extractores para facilitar la extracción sin daño del cople ya que está hecha de un material duro pero frágil, si es golpeado podría ocasionar daños irreversibles en la pieza y en caso de continuar su uso podría afectar el eje, causaría una cadena de diferentes acciones que representarían daños para el sistema en general y por lo tanto el paro del servicio de agua potable en esta planta por el tiempo que se tarde en conseguir la pieza.



Fig. 18 Soplador Y Válvulas

Una vez ya retirado el cople se puede observar claramente unas pequeñas grietas sobre la guía donde el eje efectúa las revoluciones del eje, lo que representa que tiene problemas de alineación y balanceo, el eje no debe ocasionar ningún tipo de ralladuras en donde está sostenido si no que debe encajar a la perfección sin

ninguna impureza para que no haya desgaste y produzca problemas en los rodamientos, los cuales son fáciles de extraer y cambiar pero son gastos innecesarios que se pueden evitar con un mantenimiento adecuado.

Se procede a retirar el alabe y se observa que tiene muchos daños, se tendrían que reparar sacando uno a uno y revisando el estado en que esta cada alabe. Observando a detalle cada alabe se observa que tienen considerables grietas en las puntas posiblemente causadas por el exceso de suciedad que se encuentra en el interior de la carcasa que actúa como material abrasivo a altas revoluciones (ver figura 19). En su totalidad el rotor presenta oxidación en un 45% así también requiere de una alineación para evitar el rose del los alabes con la carcasa lo cual ocasionaría un accidente.



Fig. 19 Daños Del Alabe

La carcasa en general está en buenas condiciones ya que no presenta grandes daños como es la corrosión excesiva y el desgaste por contacto pero si se requiere que se le otorgue mantenimiento preventivo para evitar daños en un periodo futuro.

Los ejes de transmisión tienen acopladas unas poleas las cuales están en movimiento por medio de bandas de transmisión en v, el eje se mantiene estable y cuando gira cuenta con dos chumaceras SN 511 de SKF, están faltas de una lubricación adecuada ya que se encuentran con mucha suciedad lo que favorece al desgaste de los rodamientos internos por eso el exceso de ruido al hacer girar el eje (ver figura 20).



Fig. 20 Eje De Transmisión

Las bandas en v por la misma causa se encuentran deterioradas presentan lo que son pequeñas grietas a las a orillas y no están completas ya que son tres guías para bandas de las cuales se encuentran solamente 2. Presentan desgaste por lo que la medida de la anchura ya no es a original lo que ocasiona en las bandas menor resistencia (ver figura 20).

Las poleas presentan excentricidad debido a que la base no está estable ese es otro problema en el cual los anclajes debido al tiempo se han oxidado por completo, no cuenta con los anclajes requeridos para poder poner en marcha el sistema esto implica el cambio de los anclajes por lo cual se rompería el concreto.

La base se encuentra en muy mal estado debido a la corrosión por lo que debe ser sustituida por una nueva.



Fig. 21 Bandas De Transmisión

El motor presenta corrosión externa y necesita un cambio en los rodamientos, presentan desgaste y falta de lubricación, sería adecuada una sustitución de rodamientos (ver figura 22).

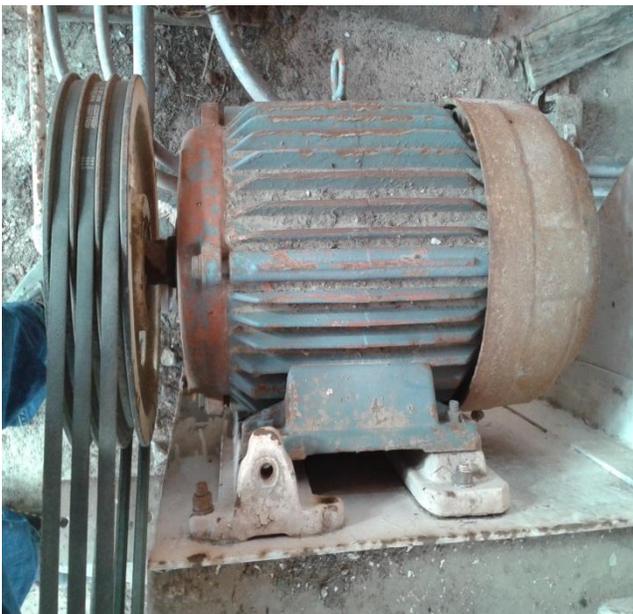


Fig. 22 Motor Trifásico

Tabla 8. Equipos Y Observaciones

No.	EQUIPO	OBSERVACIONES
1	MOTOR 1	PRESENTA CORROSION, DESGASTE
2	MOTOR 2	PRESENTA CORROSION, DESGASTE
3	BANDAS EN V	PRESENTA DESGASTE EN LAS ORILLAS ADEMÁS DE GRIETAS
4	CHUMACERA 1	DESGASTE Y SUCIEDAD DE LOS RODAMIENTOS ASÍ COMO FALTA DE LUBRICACION EN LOS MISMOS
5	CHUMACERA 2	DESGASTE Y SUCIEDAD DE LOS RODAMIENTOS ASÍ COMO FALTA DE LUBRICACION EN LOS MISMOS
6	CHUMACERA 3	DESGASTE Y SUCIEDAD DE LOS RODAMIENTOS ASÍ COMO FALTA DE LUBRICACION EN LOS MISMOS
7	CHUMACERA 4	DESGASTE Y SUCIEDAD DE LOS RODAMIENTOS ASÍ COMO FALTA DE LUBRICACION EN LOS MISMOS
8	VENTILADOR 1	PRESENTA DESGASTE Y GRIETAS EN LOS ALABES
9	VENTILADOR 2	PRESENTA DESGASTE Y GRIETAS EN LOS ALABES
10	VALVULA DE COMPUERTA	PRESENTA CORROSION EN LA PARTE INTERNA, ADEMÁS DE FALTA DE LUBRICACION EN LAS MANIVELAS
11	VALVULA DE COMPUERTA	PRESENTA CORROSION EN LA PARTE INTERNA, ADEMÁS DE FALTA DE LUBRICACION EN LAS MANIVELAS
12	VALVULAS DE MARIPOSA	PRESENTA CORROSION EN LA PARTE INTERNA, ADEMÁS DE FALTA DE LUBRICACION EN LAS MANIVELAS



Tabla 9. Medidas Y Complicaciones De Los Equipos

No.	EQUIPO	COMPLICACIONES	MEDIDAS
1	MOTOR 1	OCASIONA DESBALANCEO Y DESALINEACION	NECESITA MANTENIMIENTO CORRECTIVO A NIVEL GENERAL
2	MOTOR 2	OCASIONA DESBALANCEO Y DESALINEACION	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
3	BANDAS EN V	PARO DEL SOPLADOR POR TRANSMISION	CAMBIO DE BANDAS DE TRANSMISION COMPLETAS EN V
4	CHUMACERA 1	DESGASTE AL EJE DE TRANSMISION	CAMBIO DE ELEMENTO
5	CHUMACERA 2	DESGASTE AL EJE DE TRANSMISION	CAMBIO DE ELEMENTO
6	CHUMACERA 3	DESGASTE AL EJE DE TRANSMISION	CAMBIO DE ELEMENTO
7	CHUMACERA 4	DESGASTE AL EJE DE TRANSMISION	CAMBIO DE ELEMENTO
8	VENTILADOR 1	PRODUCIR EXCESO DE CAVITACION LO QUE PUEDE OCASIONAR ROTURA DE LOS ALABES DEL VENTILADOR	RESTAURACION DE LOS ALABES DEL VENTILADOR
9	VENTILADOR 2	PRODUCIR EXCESO DE CAVITACION LO QUE PUEDE OCASIONAR ROTURA DE LOS ALABES DEL VENTILADOR	RESTAURACION DE LOS ALABES DEL VENTILADOR
10	VALVULA DE COMPUERTA	COMPLICACION EN EL MANEJO DE LA VALVULA ASI COMO CONTAMINACION DEL AIRE QUE ESTA EN CONTACTO CON EL AGUA	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
11	VALVULA DE COMPUERTA	COMPLICACION EN EL MANEJO DE LA VALVULA ASI COMO CONTAMINACION DEL AIRE QUE ESTA EN CONTACTO CON EL AGUA	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
12	VALVULAS DE MARIPOSA	COMPLICACION EN EL MANEJO DE LA VALVULA ASI COMO CONTAMINACION DEL AIRE QUE ESTA EN CONTACTO CON EL AGUA	MANTENIMIENTO CORRECTIVO

4.3 Cálculos que se efectuaron en el ventilador con alabes radiales.

Datos de entrada:

$$D_1 = 0.2032 \text{ m}$$

$$D_2 = .6096 \text{ m}$$

$$R = 3393.75047 \text{ rpm}$$

$$B_1 = 0.0508 \text{ m}$$

$$B_2 = 0.0508 \text{ m}$$

$$A_2 = 0.00798386 \text{ m}^2$$

D_1 = Diámetro Interior

D_2 = Diámetro Exterior

R= Rev. Por Minuto

B_1 = Ancho Del Alabe 1

B_2 = Ancho Del Alabe 2

A_2 = Área A La Salida

$\alpha_1 = 90^\circ$ (este dato no se puede alterar ya que la entrada del fluido al ventilador es axial).

$\beta_2 = 90^\circ$ (debido a que los alabes son radiales se tiene un ángulo de 90° entre la velocidad relativa y la velocidad absoluta del alabe).

Con las condiciones mencionadas anteriormente los triángulos de velocidades de entrada y de salida quedan de la siguiente manera:

Solución:

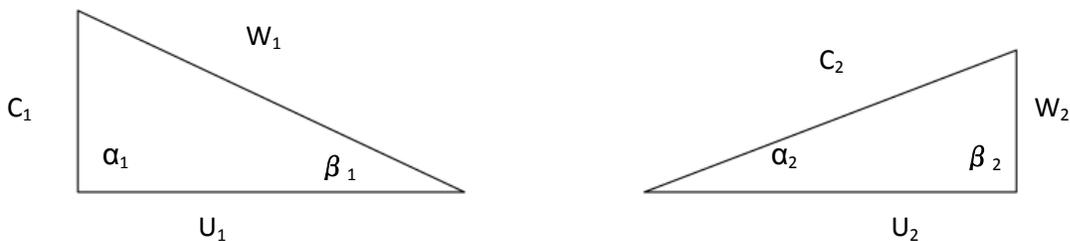


Fig.23 Triángulos De Velocidades Del Ventilador

Obteniendo el cálculo de U_2 con la formula $U_2 = \frac{2\pi}{60} * R * r \dots\dots\dots (1)$

$$U_2 = 108.323701 \frac{m}{s}$$

Con la función de senos se puede obtener la siguiente relación.

$$\frac{C_2}{\text{sen}(90)} = \frac{U_2}{\text{sen}(90-\alpha_2)} \dots\dots\dots (2)$$

Despejando α_2 del triangulo de salida y sustituyéndolo en la ecuación.

$$\frac{C_2}{\text{sen}(90)} = \frac{U_2}{\text{sen}\left(90 - \tan^{-1}\left(\frac{W_2}{U_2}\right)\right)} \dots\dots\dots (3)$$

Se sabe de la ecuación de continuidad $Q = \pi b D C_m \dots\dots\dots (4)$

Donde Q= caudal

De la relación obtenida del triangulo de salida se puede decir

$$Q = \pi b_2 D_2 C_{2m} = A_2 * C_2$$

Y $C_{2m} = W$

Quedando como ecuación final

$$\frac{C_2}{\text{sen}(90)} = \frac{U_2}{\text{sen}\left(90 - \tan^{-1}\left(\frac{A_2 * C_2}{\pi * b_2 * D_2}\right)\right)}$$

Apoyados del programa Excel se realizo una programación para resolver el problema y poder alterar los datos para observar su comportamiento. (Ver resultado)



Calculo De Velocidades Y Caudal Para Ventiladores De Alabes Radiales - Planta SMAPA

Motores

RPM 1800

Densidad Del Aire

1.2 kg/m³**UNIDADES EN EL SI**

MEDIDAS	CONOCIDAS	UNIDADES
D1	0.2032	m
D2	0.6096	m
R	3393.750472	rpm
B1	0.0508	m
B2	0.0508	m
A1	0.032429279	m ²
A2	0.007983855	m ²
α1	90	Grados
α2	1.361240301	Grados
β1	1.547249459	Grados
β2	90	Grados

VELOCIDADES	CALCULADAS	UNIDADES
U1	36.1079002	m/s
C1	26.7587717	m/s
W1	44.9423221	m/s
U2	108.323701	m/s
C2	108.690309	m/s
W2	8.91959057	m/s
C1U	0	m/s
C1M	26.7587717	m/s
C2U	108.659635	m/s
C2M	8.91959057	m/s

Caudal

Q 0.867767664 m³/s
 1.041321197 kg/s
 867.7676644 l/s

Datos Técnicos Del Ventilador

Presión Producida 14124.4965 Pa
 Potencia Del Ventilador 12256.7814 W
 16.4300018 hp

4.4 SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR DEL VENTILADOR.

La transmisión de la energía eléctrica en forma segura y eficiente depende de una correcta selección del calibre del conductor.

La capacidad de conducción de la corriente de los conductores eléctricos depende de muchos factores, entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

- Tipo de instalación: conduit, charola ducto subterráneo, etc.
- Temperatura de operación de los conductores seleccionados
- Longitud del circuito.

A continuación se indica como calcular la conducción de corriente para conductores eléctricos en el caso de la empresa se tomara en cuenta que sera de conduit de acuerdo a la norma de instalación NOM-001-SEDE-2005.

Determinar la corriente nominal de la carga para ello nos apoyaremos de una programa llamado "minical".

Procedimiento:

- 1.- Seleccionar si es monofásico o trifásico.
- 2.- Seleccione la frecuencia
- 3.- Introducir datos del motor como son potencia, voltaje, factor de potencia, eficiencia, número de polos, etc.
- 4.- Seleccione el botón calcular, el cual dará los resultados de potencia de salida, entrada, aparente, corriente nominal, corriente de arranque, velocidad sincrónica, velocidad asincrónica estimada.

Language	
Alimentación	
<input type="radio"/> Monofásico	
<input checked="" type="radio"/> Trifásico	
Frecuencia	
<input type="radio"/> 50 Hz	
<input checked="" type="radio"/> 60 Hz	
Potencia	20 HP
Voltaje	440 V
Fp	.90
Eff	90 %
Nº Polos	4
X In	4
Potencia de Salida	
14.91	kW
Potencia de Entrada	
16.57	kW
Potencia Aparente de Entrada	
18.41	kVA
Corriente Nominal	
24.16	A
Corriente de Arranque	
96.64	A
Velocidad Sincrónica	
1800	RPM
Velocidad Asincrónica Estimada	
1764	RPM

Calcular [Web Oficial](#)

Fig. 24 Calculo De Corrientes

Tenemos entonces que la corriente nominal es de 24.16 A y corriente de arranque es de 96.64 A con estos datos procedemos a seleccionar el conductor.



Seleccionar el calibre del conductor de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente del cable, que depende del tipo de aislamiento, la temperatura de operación y el método de instalación utilizando la siguiente tabla

De acuerdo con el artículo 110-14 de la NOM-001-SEDE-2005 si la corriente del circuito es mayor a 100 A se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75°C, si la corriente es menor a 100 A se elige la capacidad a una temperatura de 60°C.

Para conductores que alimenten un solo motor la corriente nominal a plena carga debe multiplicarse por 1.25 (artículo 430-22). En el caso de varios motores, a la suma de la corriente a plena carga de los motores se le sumará el 25% de la corriente nominal del motor más grande.

La norma hace una excepción para cuando los motores se alternan y no están en funcionamiento al mismo tiempo, este caso aplica para la planta potabilizadora ya que los motores funcionan de manera alterna.

Teniendo en cuenta la norma y conforme a las medidas de corriente nominal de arranque sabemos que son menores a 100 A por lo tanto se trabajará a 60 °C, al efectuar la multiplicación tenemos como resultado:

Corriente nominal real:

$$24.16 \times 1.25 = 30.2 \text{ A}$$

Tabla 10. Calibres De Conductores

Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
		Cobre			Aluminio		
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350

Observando la tabla y el resultado podemos determinar el calibre del conductor que en este caso sería un calibre **8 AWG a 60 °C**.

CALCULO DEL CAUDAL DE SALIDA DE LODOS.

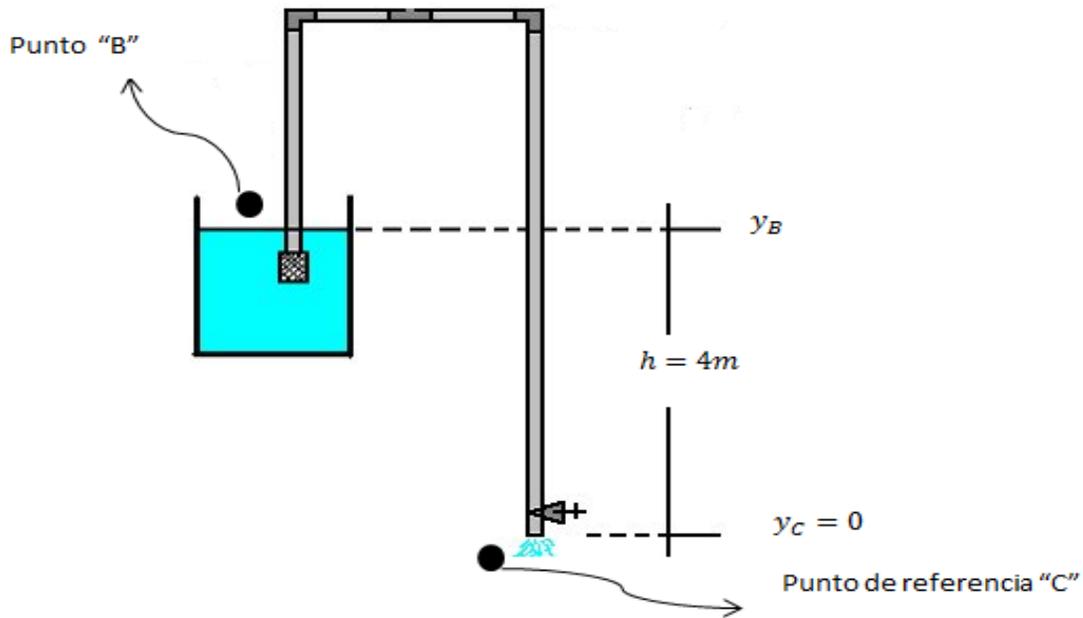


Fig. 25 Diagrama Del Sifón

Análisis en el punto B-C

$$P_C = P_B = P_{Atm} \quad V_B \text{ es mínima y se desprecia} \quad P_C = P_B = P_{Atm} \quad y_C = 0$$

$$P_B + \frac{1}{2} \rho V_B^2 + \rho g y_B = P_C + \frac{1}{2} \rho V_C^2 + \rho g y_C$$

$$V_C = \sqrt{2gy_B} = \sqrt{2(9.81)(4)}$$

$$V_C = 8.8588 \text{ m/s}$$



$$Q = A \times V$$

$$Q = \pi(r^2)(V)$$

$$Q = \pi((0.0381)^2)(8.8588) = 0.0404 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 40.4 \text{ l/s}$$

Como podemos ver en los resultados el caudal es grande por lo cual se está perdiendo mucha agua, de acuerdo a unos estudios realizados a las plantas de tratamiento de agua las purgas de lodos tienden a retirar entre un 30 - 40 gr/l , en este caso se estaría retirando un promedio de 1.414 Kg por cada segundo pero esto puede variar de acuerdo al desempeño de los operadores.

4.5 RECOMENDACIONES:

Elementos a adquirir. Los siguientes elementos que se presentan son los que cumplen satisfactoriamente los requisitos específicos para cumplir de manera adecuada su determinada función, pueden ser sustituidos por otros dependiendo del personal a cargo de la rehabilitación física.

Motor trifásico.

Datos característicos típicos en 440V, alta eficiencia, totalmente cerrado (TCVE)
Conociendo los datos del motor que se desea reemplazar buscamos en la siguiente tabla. El motor a elegir debe ser de 20 Hp con una corriente nominal de 24 A y 148 A de corriente de arranque.

Tabla 11. Selección de motor eléctrico

HP	RPM síncrona	RPM asíncrona	Almacén	Corriente (A)			Letra de código	Eficiencia nominal %			Factor de potencia %			Par			Conexión
				en vacío	plena carga	arranque		1/2	3/4	plena carga	1/2	3/4	plena carga	Nom. lb-pie	Rotor Bloq. %	Máx. %	
1	3600	3490	143T	0.8	1.4	12	K	73.7	78.3	80.0	77	86	90	1.5	280	340	Y
	1800	1745	143T	1.2	1.6	12	K	78.7	81.8	82.5	52	66	76	3.0	290	320	Y
	1200	1140	145T	1.4	1.9	9	J	76.4	78.8	80.0	42	56	62	4.6	230	290	Y
	900	860	182T	1.3	2.0	8	H	76.6	78.9	78.5	42	54	63	6.1	220	260	Y
1.5	3600	3485	143T	0.9	2.1	17	K	78.0	82.0	82.5	69	79	85	2.3	270	320	Y
	1800	1740	145T	1.5	2.3	18	K	80.7	83.5	84.0	54	67	76	4.5	290	320	Y
	1200	1160	182T	1.6	2.4	17	K	81.6	84.2	85.5	50	63	71	6.8	280	320	Y
	900	855	184T	1.9	2.7	14	H	78.0	80.4	80.0	45	58	68	9.2	220	270	Y
2	3600	3495	145T	1.2	2.6	23	K	79.9	83.2	84.0	73	83	89	3.0	270	320	Y
	1800	1735	145T	2.0	3.0	22	K	80.7	83.6	84.0	52	67	77	6.1	290	310	Y
	1200	1160	184T	2.0	3.1	23	K	84.5	86.0	86.5	50	63	72	9.1	220	300	Y
	900	865	213T	2.3	3.5	18	H	80.0	82.0	82.5	46	60	69	12	200	290	Y
3	3600	3510	182T	1.8	3.8	33	K	83.8	86.2	86.5	75	84	90	4.5	230	320	Y
	1800	1740	182T	1.9	4.1	31	K	87.5	88.0	87.5	65	76	82	9.1	260	300	Y
	1200	1165	213T	2.4	4.2	33	K	85.8	87.6	87.5	58	73	80	14	210	300	Y
	900	865	215T	3.2	4.9	27	H	82.5	84.2	84.0	48	62	71	18	190	280	Y
5	3600	3490	184T	1.9	6.1	48	J	86.5	87.8	87.5	82	89	92	7.5	260	320	Y
	1800	1730	184T	3.3	6.8	48	J	87.5	88.2	87.5	63	75	82	15	260	300	Y
	1200	1160	215T	3.5	7.1	48	J	89.0	89.7	88.5	59	71	78	23	210	300	Y
	900	865	254T	4.3	7.8	42	H	86.0	87.0	86.5	53	66	72	30	180	260	Y
7.5	3600	3515	213T	3.6	9.2	67	H	87.0	88.0	88.5	77	86	90	11	190	280	Y
	1800	1750	213T	4.4	9.9	67	H	89.0	90.0	89.5	66	77	93	23	210	270	Y
	1200	1170	254T	4.7	10	63	H	90.6	90.9	90.2	59	72	78	34	180	250	Y
	900	865	256T	6.9	13	67	H	87.0	88.0	87.5	49	61	69	46	190	260	Y
10	3600	3505	215T	4.2	13	85	H	89.0	89.8	89.5	80	89	87	15	190	260	Y
	1800	1750	215T	5.6	14	85	H	89.5	90.0	89.5	68	79	84	30	210	270	Y
	1200	1165	256T	5.2	14	78	G	91.7	91.5	90.2	65	75	80	45	170	250	Y
	900	875	284T	9.5	16	85	H	89.4	90.9	91.0	50	61	69	60	150	220	D
15	3600	3530	254T	5.2	18	121	G	88.5	90.0	90.2	84	98	92	22	190	260	Y
	1800	1760	254T	7.6	20	121	G	91.7	92.1	91.7	68	78	82	45	190	260	Y
	1200	1175	284T	10	21	121	G	91.0	91.7	91.0	57	71	77	67	160	270	D
	900	875	286T	15	24	121	G	90.1	91.4	91.0	50	60	67	90	150	220	D
20	3600	3525	256T	7.7	24	152	G	88.3	89.9	90.2	82	86	90	30	180	260	Y
	1800	1755	256T	9.5	27	152	G	92.1	92.4	91.7	67	76	80	60	190	270	Y

Se observa que en la tabla podemos obtener el motor más adecuado a las especificaciones requeridas.

Modelos Keystone Actuador eléctrico EPI-3 al EPI-151

Actuador eléctrico para válvulas de cuarto de vuelta. Para pares de salida a 15.100 lb.in.

Datos técnicos

Temperatura	-40 ° F a 140 ° F [-40 ° C a 60 ° C]
Par de salida	Hasta 15.100 lb.in. [1706 Nm]
Voltaje	120 VAC, 1 fase 60/50 hertz 220 VAC, 1 fase 60/50 hertz





Características

- Tren de engranajes autoblocante lubricación permanente elimina la necesidad de los frenos de motor.
- Accionamiento manual, si lo tiene, no requiere el uso de palancas o enganches.
- Topes de carrera mecánico, si está equipado, proporcionan tope positivo durante la operación manual.
- Reconocimiento UL motor con dispositivos de sobrecarga térmica en los bobinados del motor protege al motor En caso de sobrecalentamiento.
- Dinamómetro calibrado limitador de par, si está en unidades con 600 lb.in. o más el par de salida, proporciona una protección par excesivo del motor.
- Epoxi recubierta cerramientos de aluminio o de bases de aluminio con policarbonato cubre el servicio de permiso en ambientes agresivos. Tipo 7 versiones utilizan aleación de zinc-aluminio para una máxima integridad del gabinete.
- Indicador visual de posición mecánico para referencia visual exacta de la posición de la válvula.
- Exclusivos K-Cams permitir la regulación controlar simple y conveniente.
- Montaje directo a válvulas Keystone o fácilmente adaptable a otras válvulas de cuarto de vuelta minimiza los costos asociados con la adaptación.

N ° de pieza	Descripción	Peso.	Mfg	Precio
KEEPI2-E013A0	Actuador eléctrico para válvulas de 6 in	21,0 lb.	Keystone Válvulas	\$ 1,099.53 M.N



CAPITULO V MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

PLANTA POTABILIZADORA SISTEMA PULSATUBE

5.1 OBJETIVO.

Establecer los procedimientos mínimos de operación y mantenimiento del sistema PULSATUBE de la planta potabilizadora “los pájaros” de acuerdo a las NOM para un mayor aprovechamiento de sus instalaciones.

5.2 INTRODUCCIÓN.

La importancia del agua siempre a sido esencial para el desarrollo de la sociedad, es por eso que se debe de dar un tratamiento adecuado para la cual existen instituciones que dedican a la potabilización del agua, claros ejemplos como SMAPA (sistema municipal de agua potable y alcantarillado) o CIUDAD DEL AGUA.

La utilización de una planta a una mínima capacidad es claro punto de que la empresa no esta obteniendo una buena eficiencia sobre si misma, lo cual puede ocasionar un mal servicio de abastecimiento sobre la ciudad de Tuxtla Gutiérrez afectando a otros sectores como el comercio o la industria.

Estas instituciones son importantes para la sociedad, proporcionando un servicio que beneficia a cada uno de los habitantes de esta ciudad.

Para la garantía de un buen servicio se deben tener unas instalaciones que cumplan con ciertas normas por lo que se hará una inspección de cada punto del proceso.

Es así como este manual tiene como objetivo establecer los lineamientos mínimos para su operación y además funcione a su capacidad máxima.

De este modo se pretende satisfacer la demanda creciente de consumo de agua potable y utilizar la infraestructura existente plenamente.

En resumen, este manual tiene como objetivo los siguientes puntos:

- Establecer los principales principios para el proceso de potabilización del agua.
- Examinar los aspectos presentes en la planta para su normalización relacionadas con el suministro de agua y sus efectos en la selección del proceso de tratamiento.
- Proporcionar procedimientos donde se describa el funcionamiento para el sistema PULSATUBE.

5.3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.

5.3.1 Tipo de planta.

La planta primordialmente tiene la función de abastecer de agua potable a una parte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, esta planta opera conforme a un sistema verdaderamente sencillo, basándose mediante la floculación del agua.

La planta en alusión es de tecnología PULSATUBE, el cual no requiere de equipos sumergidos para su operación. Es de funcionamiento gravitatorio, es decir no requiere de ningún tipo de equipo eléctrico para su operación hidráulica. Con sólo la toma disponible de agua de los acueductos que alimentan a la planta el agua es sometida a todos los procesos y operaciones unitarias de potabilización de agua como son Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración e incluso se cuenta con retrolavado para asegurar el funcionamiento de los filtros.

El elemento principal del funcionamiento del sistema PULSATUBE es un soplador llamado campana de vacío que se encarga de mantener la homogeneidad de los fangos. Dicho sistema cuenta con dos sopladores, estos se ponen a funcionar para operar los 4 sedimentadores.

Los filtros son de arena con los que se da un pre-proceso para eliminar sólidos antes de enviarla a la tubería de distribución.

Para una mayor automatización, la planta cuenta con un panel de control hidráulico que permite el control de las válvulas que admite o interrumpe el caudal de agua cruda a la planta dependiendo de si el tanque de almacenamiento de agua está lleno o no.

Los químicos utilizados sedimenta los elementos contaminantes del agua por lo que produce fango para posteriormente hacer circular el agua de abajo hacia arriba de tal modo que pase por los lechos del fango obteniendo una clarificación de la misma. De esta manera se abastece agua potable de confianza a la ciudad.

5.3.2 Capacidad hidráulica.

La Planta 1 tiene una capacidad hidráulica máxima de 500 lts/s.

5.3.3 Calidad del agua cruda a tratar en la planta potabilizadora.

La calidad del agua cruda depende de las temporadas de sequía o lluvia, variando su turbiedad, el agua a tratar es tomada del río Santo Domingo y su calidad dependerá de factores como color, sólidos en suspensión y población microbiológica como bacterias mesófilas, coliformes totales y fecales son parámetros que deben estar dentro de las normas oficiales mexicanas y no deben sobrepasar los niveles máximos establecidos.

5.3.4 Calidad del agua tratada.

La calidad del agua tratada deberá de estar de acuerdo con lo establecido según la NOM-127-ssa1-1994.

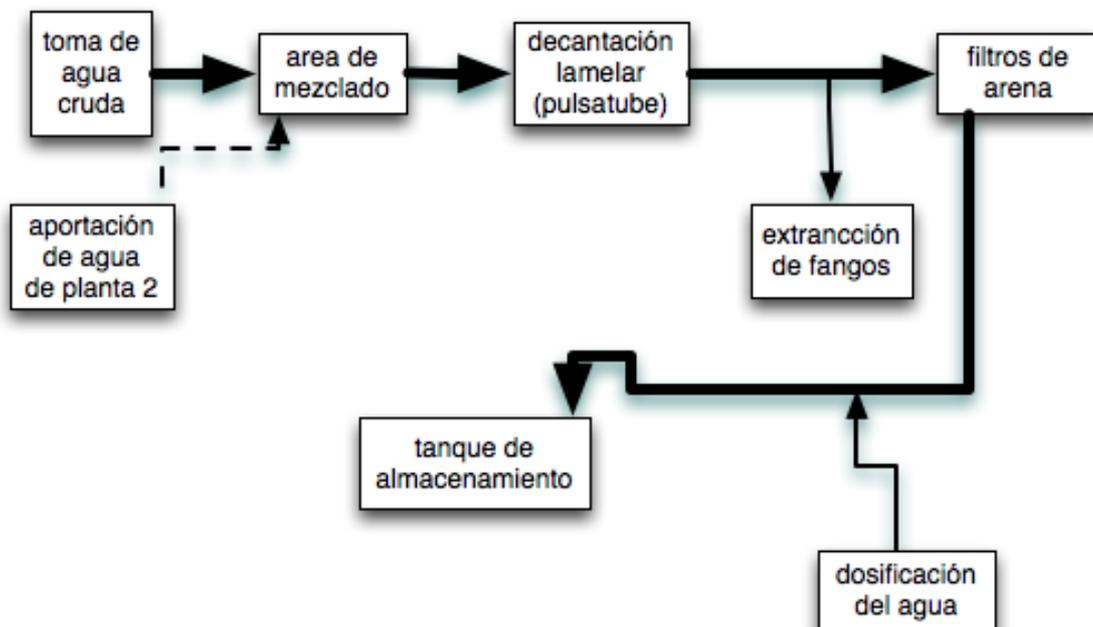
5.3.5 Características y ventajas.

- Permite realizar las operaciones de coagulación, floculación y decantación en un único equipo.
- Su diseño particular permite garantizar una calidad perfecta del agua decantada, sin importar la variación de calidad y turbiedad del agua bruta.
- Simplicidad gracias a la superposición en un solo equipo de las zonas de floculación (en el lecho de fangos) y de clarificación.
- Consumo energético mínimo.
- Dosis de polímero muy bajo.
- Pérdidas de agua reducidas.
- Gran adaptabilidad a las variaciones de calidad y de caudal de agua bruta.
- Funcionamiento posible sin las pulsaciones.
- Sin equipo electrónico sumergido.
- Es de tamaño mediano con una construcción de concreto reforzado, garantizando estabilidad y gran durabilidad, dentro de la planta se desarrollan todos los procesos de clarificación, cuenta también con escalera lateral para observar los sedimentadores, pasarela superior para pasar de sedimentador a sedimentador.
- La planta cuenta con sistema de dosificación de productos químicos puros (polímero y sulfato de aluminio), práctico en la dosificación de los mismos en forma totalmente líquida concentrada, sin necesidad de intervención directa del operador, solo se limitará a la verificación de la

adición de los reactivos químicos; los equipos con los que cuenta la planta son: tanques de preparación de químicos, agitadores para disolución de los mismos.

- El sistema de dosificación de químicos esta conectado directamente al caudal de agua bruta, los reactivos llegan gracias a que utiliza una motobomba, esta se puede activar o desactivar directamente del panel de control.
- El sistema de dosificación aparte de la bomba principal de 5 HP cuenta con una de emergencia de 3 HP, ambas operan a 220/ 440 Volts trifásico.
- El caudal de la dosificación dependerá de la cantidad del agua que recibe la planta y la turbiedad con la que llegue.
- La floculación de la planta se optimiza gracias a los tranquilizadores que con ayuda de la campana de vacío se obtienen capaz de fangos homogéneas, también cuenta con un sistema de extracción de fangos automática donde a determinado nivel de fango esta se activa.
- Automatización de llenado.
- Sistema de filtro.
- La planta cuenta con diferentes áreas de servicio como son de mantenimiento y cloración así como un laboratorio y centro de control.
- Tanque acumulador.
- Retrolavado.

5.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y OPERACIONES UNITARIAS.





La planta 1 toma el agua cruda que es enviada desde el río Santo Domingo, donde el caudal es controlado por la planta 2, de ser necesario por falta de suministro de agua cruda la planta 2 también puede enviar agua cruda a la planta 1 del río Grijalva.

Al llegar el agua cruda a la sección de mezclado que se ubica en la parte trasera de la planta se puede controlar el paso de los dosificadores por medio del panel de control. El equipo de mezclado está conformado principalmente por un agitador de funcionamiento totalmente eléctrico, en el cual se aplican los productos químicos en forma líquida provenientes de una bomba dosificadora de químicos, todo el sistema está ubicado debajo de los sedimentadores. La agitación, mezcla y disolución total de los químicos con el agua cruda se lleva a cabo por la velocidad con que el agua ingresa a los decantadores.

Se aplican dos productos químicos para el tratamiento del agua cruda, el primero de ellos es el SULFATO DE ALUMINIO, que sirve como coagulante aportando iones Aluminio (Al^{3+}) formando así la agrupación de los coloides. El segundo producto es el POLIMERO que se encarga de sedimentar los coloides al volverlos más densos, por último como en todo tratamiento de agua se debe de agregar cloro que es el encargado de desinfectar el agua eliminando todas las bacterias, virus y microorganismos presentes en ella, los productos antes mencionados también contribuye a la oxidación del hierro, manganeso y demás sustancias orgánicas presentes en el agua.

Concluida la mezcla, es decir el proceso de coagulación el agua es forzada a fluir de forma descendente con un gradiente de velocidad rápido hacia el fondo del decantador de la planta donde también se lleva el proceso de floculación.

El agua totalmente floculada, es decir con todos los coloides ya agrupados en partículas de mayor tamaño y peso (floculos) es captada por las 4 canales colectoras donde saldrá el agua decantada, el agua decantada pasa por una serie de orificios ubicados en los mismos canales. Estos canales con orificios entregan el agua con un gradiente de menor velocidad, por lo que los floculos formados en la etapa de floculación se precipitan por su propio peso. Esta zona es llamada sedimentadores y es la zona donde los floculos grandes precipitan hacia el fondo y arrastran consigo floculos de menor tamaño que están ascendiendo, de ahí la importancia de una campana de vacío para obtener

capaz uniformes de fangos. Finalmente dicho lecho adquiere mayor densidad precipitando en el fondo de los floculos más pesados en forma de fangos. Estos fangos son extraídos abriendo la válvula de purga del fondo de la planta de tratamiento una, la velocidad de la extracción dependerá de la turbidez del agua cruda.

Debido que el proceso de coagulación y floculación no es un proceso 100% eficaz el agua tratada se hace pasar por filtros de arena con el objetivo de retener los pequeños solidos que quedaron en suspensión, la planta cuenta con 6 filtros de arena, pasando esta etapa el agua se manda a un tanque de reserva donde se podrá distribuir a los diferentes usuarios.

5.4.1 Operaciones unitarias.

- Toma del agua del rio Santo Domingo.
- Se agrega el sulfato de aluminio y el polímero directamente al flujo de agua para que entren a los tanques de floculación.
- En la cámara de floculación entra a un proceso de tranquilizadores para una mejor floculación y clarificación del agua.
- Proceso de purgado automático de los tanques.
- Filtros de arena con control de nivel automático.
- Dosificación del agua.

5.5 Características de la planta de tratamiento.

Tabla 11. Características de la planta.

Capacidad de la planta	500 L/s
Tiempo de retención total	
Fuente de agua	Agua superficial
Tipo de planta	
Tecnología empleada	PULSATUBE
Tipo de flujo	Entrada flujo vertical y salida flujo horizontal
Operaciones ejecutadas	Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección
Material de fabricación	Estructura en base de concreto
Espesor de pared	
Requerimientos de energía	

Procedimiento de operación	automatizado
Proceso de automatización	
Proceso de retrolavado	
Proceso de dosificación	Automática
Caudal a tratar-capacidad	500 L/s
Volumen efectivo de la planta	
Calidad de agua cruda	
Fluido en contacto	Agua cruda superficial
Temperatura	ambiente
Presión de operación	atmosférica
Forma geométrica	rectangular
Ancho aproximado	
Largo aproximado	
Altura aproximada	
Fondo	Con declive
Plataforma	Pasarela horizontal
Escalera lateral	metálica
Almacenamiento interno temporal	

5.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA Y SUS EQUIPOS.

5.6.1 Dosificadores.

5.6.1.1 Equipo de mezclado.

Tabla 12. Características de los motores dosificadores.	
Motobomba: 1 Utilidad: dosificación de reactivos Marca: siemens No de serie: G01TEST552 Potencia: 5 HP RPM: 3490 Voltaje: 220/440 Amperaje: 12.2/6.1	Motobomba: 2 Utilidad: dosificación de reactivos Marca: siemens No de serie: C93T004-5 Potencia: 3 HP RPM: 3495 Voltaje: 220/440 Amperaje: 8.4/4.2

5.6.1.2 Agitador de polímero.

Tabla 13. Características del agitador.
Motor: 1 Utilidad: agitador polímero Marca: General Electric No de serie: 2CT48GBX Potencia: 1/4 HP RPM: 1725 Voltaje: 110

5.6.2 Cloración

Tabla 14. Características de los motores de cloración.

Motobomba: 1 Utilidad: cloración Marca: FAIRBANKS, MORSE No de serie: X2W20413 Potencia: 10 HP RPM: 3600 Voltaje: 220/440 Amperaje: 28/14a	Motobomba: 2 Utilidad: cloración Marca: FAIRBANKS, MORSE No de serie:
---	--

5.6.3 Pulsatube.

Tabla 15. Sistema pulsatube.

Motor:1 Utilidad: cámara de vacío Marca: ARMEE No de serie: Potencia: RPM: Voltaje:	Motor:2 Utilidad: cámara de vacío Marca: ARMEE No de serie: Potencia: RPM: Voltaje:
---	---

5.6.4 Decantadores y sedimentadores.

Tabla 16. Dimensiones del sedimentador.

Alto	Ancho	Largo	volumen
4 m	4.06 m	20.14 m	329.49 m ³

Tabla 17. Dimensiones de la canaleta central y de la orilla

Ubicación	pendiente	Ancho	Largo
Orilla	0.85°	.6 m	20.14 m
Central	0.85°	.40 m	20.14 m

5.6.5 Retrolavado.

Compresores de retrolavado.

Tabla 18. Características de los compresores de retrolavado.	
Compresor: 1 (500 lt) Utilidad: retrolavado Marca: RELIANCE No de serie: 11377960-3918 Potencia: 5 HP RPM: 1450 Voltaje: 220/440	Compresor: 2 (250 lt) Utilidad: retrolavado Marca: GENERAL ELECTRIC No de serie: Potencia: 5 HP RPM: 1725 Voltaje: 220/440

Sopladores.

Tabla 19. Características de los sopladores de retrolavado.

Soplador: 1 Utilidad: retrolavado Marca: No de serie: 5148504 Potencia: 20 HP RPM:	Soplador: 2 Utilidad: retrolavado Marca: No de serie: 1012 Potencia: RPM:1460
---	--

Bombas.

Tabla 20. Características de las bombas de retrolavado.

Bomba: 1 Utilidad: retrolavado Marca: FAIRBANKS, MORSE No de serie: X2W22439 Potencia: 20 HP RPM: 1200-1000 Voltaje: 220/440	Bomba: 2 Utilidad: retrolavado Marca: FAIRBANKS, MORSE No de serie: X2W22440 Potencia: 20 HP RPM: 1200-1000 Voltaje: 220/440
--	--

5.7 PUESTA EN MARCHA.

- Verificar que la limpieza haya sido bien efectuada en los concentradores de lodos, el fondo del decantador, la campana de vacío y las tuberías de distribución, a fin de evitar los taponamientos de los orificios de las tuberías de extracción de lodos y de las tuberías de vaciado.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas de extracción de lodos.
- Poner en marcha los dosificadores de reactivos químicos.
- Abrir totalmente las válvulas o dispositivos de ingreso de agua al decantador.



- Abrir totalmente las válvulas manuales de extracción de lodos y regular el motor de las válvulas para obtener una apertura y un cierre rápido de las válvulas de membrana.
- La regulación de los topes de los electrodos de nivel de pulsaciones.
- Poner en marcha el ventilador que provoque el vacío y cerrar ligeramente la válvula de aspiración en la campana contar el número de vueltas con el fin de saber el tamaño de apertura optimo para la aspiración , establecer el tiempo necesario para alcanzar el máximo nivel. Este tiempo puede variar de 25 a 40 segundos por medio de la regulación de la válvula de aspiración.
- Cerrar ligeramente la válvula manual situada en el circuito de puesta a la atmósfera (contar el número de vueltas). Controlar el tiempo. El tiempo de descarga puede ser regulado para un lapso de 10-18 segundos.
- Después de tres horas de trabajo, se debe verificar la frecuencia de pulsaciones, cuya regulación estará en función de la concentración de lodos en la parte superior y en la parte inferior.
- Poner en marcha el dispositivo de automaticidad de las extracciones de lodos y regular lo siguiente:
 - Duración de extracción = 10-30 seg
 - Frecuencia de extracciones = 20-30 min
- La regulación óptima es alcanzada cuando el manto de lodos está situado a 0,10 metros por encima de los vertederos de los concentradores y el nivel de lodos en estos está entre 0,20 y 0,30 metros por debajo de los mismos vertederos.

5.8 PARADA DEL DECANTADOR

- Accionar la válvula de ingreso de agua en la posición cerrada.
- Detener la marcha de los dosificadores de reactivos químicos.
- Es preferible dejar lleno el decantador si la parada es por corto tiempo. En caso de que sea mayor de 24 horas, se debe dosificar cloro al ingreso de manera que se obtenga un residual de cloro de 5 ppm para evitar la descomposición del lodo.
- Parar el sistema de pulsación.
- Cerrar las válvulas de extracción de lodos, a fin de no eliminar el manto de lodos, el cual debe estar presente cuando se va a poner en marcha nuevamente el decantador.

- En caso de que la parada del decantador sea por breve tiempo, no se debe detener el sistema de pulsación a fin de mantener en operación el manto de lodos es decir, que no se sedimente.

5.9 NORMAS.

El conocer las leyes y normas que abarcan el suministro de agua potable es importante para el encargado de este servicio; con esto se pueden establecer las funciones y responsabilidades, así fundando la base para que la autoridad competente determine si se está prestando o no el servicio debido.

5.9.1 Artículo 115 constitucional.

El artículo 115 que se encuentra en la constitución nacional establecido en el título quinto haciendo referencia a los derechos y responsabilidades de los estados de la federación y del Distrito Federal. En el párrafo III. Que a la letra dice *“Los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: inciso a) agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.”*

5.9.2 Normas oficiales mexicanas (NOM's)

Las normas que se han mencionado están a cargo por la comisión nacional del agua (CONAGUA). En el se establecen medidas adecuados para la calidad del agua que se provee para el consumo humano, evitando así enfermedades, especialmente las gastrointestinales y que para asegurar la calidad se debe de normalizar su operación y el sistema de abastecimiento.

5.9.2.1 Norma oficial mexicana NOM-12SSA1-1993

Norma oficial mexicana NOM-012-SSA1-1993. *requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.*

Las obras de captación, tanques de almacenamiento regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse mediante cercas de mallas de alambre o muros con la altura y distancia suficiente que impida la disposición de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales. Permitted el acceso solo a personal autorizado.

Las obras de captación, almacenamiento, regulación y estaciones de bombeo, deben protegerse de contaminación exterior debida a escurrimientos o infiltraciones de agua u otros vectores, mediante lo siguiente:

- *Losa de concreto, cunetas, contracunetas o canales de desviación con la capacidad suficiente, ubicadas en el perímetro de la instalación,*
- *Sellos impermeables en juntas y uniones de instalaciones, equipos y estructuras, así como en fisuras o fracturas cuando estas se presenten, y*
- *Con tela tipo mosquitero o similar, deben protegerse los dispositivos de ventilación de cualquier estructura que contenga o almacene agua, sean rejillas, tubos u otros ductos.*

Las áreas interiores de estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras en sus diferentes edificios de dosificación de reactivos, laboratorios, maquinas, almacenes, etc., deben mantenerse siempre aseadas y pintadas de acuerdo con los códigos de colores correspondientes. Los pisos, lambrines y paredes,

deben ser recubiertos con materiales que permitan fácil limpieza.

Los edificios o casetas destinados al almacenamiento y aplicación de desinfectantes, sea cloro, compuesto de cloro u otros productos químicos deben mantenerse el piso seco y ventilación adecuada que permita circulación cruzada del aire.

Los tanques y carcamos para abastecer agua directamente a la red de distribución, deben estar cubiertos y contar con los siguientes dispositivos:

- *Ductos de ventilación en forma de codo invertido,*
- *Pendiente mínima de 1% tanto en la cubierta como el piso y caja colectora de sedimentos. Este requisito debe ser cumplido por las instalaciones que se proyecten a partir de la publicación de la norma,*
- *Registro de acceso, y*
- *Tubos para desfogue.*

Los tanques de almacenamiento o regulación, los carcamos de bombeo, las cajas colectoras o repartidoras y en general las estructuras que contenga agua para uso y consumo humano, deben limpiarse, dependiendo del estado de conservación interior de los mismos. La limpieza debe incluir:

- *Remoción y extracción de sólidos sedimentados e incrustados,*
- *Lavado y desinfección de pisos y muros, y*
- *Resane e impermeabilización de fisuras.*

En las redes de distribución, sus extremos terminales o muertos, deben drenarse y desinfectarse sin suspender el servicio cada seis meses o antes dependiendo del azolve.

Control sanitario y medidas preventivas

No deben construirse obras de captación en fuentes de abastecimiento cuyas cargas de contaminantes por su magnitud y peligrosidad pongan en riesgo la salud humana.

Debe preservarse la calidad bacteriológica del agua en cualquier parte del sistema hasta en los puntos mas alejados de la red de distribución, mediante la desinfección continua y permanente del agua que garantice la existencia de cloro residual libre entre 0.5 a 1.0 mg/l.

Cuando se presenten interrupciones prolongadas del servicio, debidas a fallas mecánicas, eléctricas, por mantenimiento o de cualquier otra causa, al restablecimiento del servicio se debe reforzar la desinfección durante las seis horas siguientes, garantizando la existencia de cloro residual libre entre 1.0 a 1.5 mg/l.

En los casos de obra nueva de almacenamiento, conducción y distribución, mantenimiento de tanques de almacenamiento y regulación, reparación o cambio de tuberías, deben limpiarse y desinfectarse antes de iniciar su operación.

Las acciones de limpieza, drenado y desinfección y determinación de cloro residual libre, deben registrarse en una bitácora y estar disponibles cuando la autoridad sanitaria competente los requiera.

La evaluación de las condiciones sanitarias de las instalaciones de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, la efectuara la autoridad sanitaria competente mediante las visitas de verificación sanitaria que establezca el programa de vigilancia y certificación de la calidad del agua para uso y consumo humano de la secretaria de salud.

5.9.2.2 Norma oficial mexicana NOM-014-SSA1-1993

Norma oficial mexicana NOM-014-SSA1-1993 *procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.*

Selección de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo deben ser definidos para cada caso, tomando en consideración los siguientes criterios:

a) Ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema y estar ubicados uniformemente a lo largo del mismo, evitando lugares susceptibles de contaminación, como:

- *Puntos muertos,*
- *Zonas de baja presión,*
- *Zonas con antecedentes de problemas de contaminación,*
- *Zonas con fugas frecuentes,*
- *Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente,*
- *Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y*
- *Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.*

b) Estar localizados en diversos puntos del sistema de distribución y en proporción al número de ramales. Como mínimo debe haber un punto de muestreo inmediatamente a la salida de las plantas potabilizadoras.

Las muestras deben ser etiquetadas indicando sitio, fecha y hora de muestreo, temperatura ambiente y del agua, pH, cloro residual, análisis por efectuar, técnicas de preservación, y observaciones relativas a la toma de muestra y nombre de la persona que realiza el muestreo.

Indicaciones para el análisis bacteriológico

Preparación de los frascos de muestreo.

Los envases para la muestra deben ser de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada, polipropileno o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 ó 250 ml. Todos los envases se deben esterilizar en estufa a 170 °C por un tiempo mínimo de 60 min. o en autoclave a 120 °C durante 15 min. previo a lo cual se debe cubrir el tapón con papel resistente. Cuando se muestrea agua con cloro residual se debe adicionar 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por cada 125 ml.

Toma de muestra:

a) En bomba de mano o grifo del sistema de distribución:

- *Debe limpiarse la salida del agua con una torunda de algodón impregnada con una solución de hipoclorito de sodio a razón de 100 mg/l.*
- *Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min. o hasta que el contenido de la tubería ha sido totalmente vaciado.*
- *Se quitan simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección cerca del orificio de salida, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen y con el tapón hacia abajo.*
- *Se toma la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco. Se deja un espacio para agitación previa al análisis (aproximadamente 10% de volumen del frasco).*
- *Efectuada la toma de muestra, nuevamente se coloca el tapón y el papel de protección al frasco.*

No se deben tomar muestras en grifos que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra.

b) En un cuerpo de agua superficial o tanque de almacenamiento:

- Se deben lavar manos y antebrazos con agua y jabón.
- Se quita el papel de protección evitando que se contamine y se sumerge el frasco con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. Se abre y endereza.
- Efectuada la toma de muestra, se tapa y saca el frasco del agua y coloca el papel de protección. Debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación en cuerpos de agua superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción. Si existe corriente en el cuerpo de agua, la toma de muestra debe efectuarse con la boca del frasco en contracorriente.

Para tanques de almacenamiento si no es posible tomar la muestra como se indica, debe procederse como si se tratara de un pozo profundo.

c) En pozo profundo con grifo.

Para tomar la muestra se abre la válvula de una tubería de desfogue y se deja correr el agua por un mínimo de 3 min., se procede de manera similar a lo señalado en el inciso (a), para toma en bomba de mano o grifo del sistema de distribución.

d) En pozo somero o fuente similar.

- Si no es posible tomar la muestra con la extensión del brazo, se debe atar al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio.
- Se quita simultáneamente el tapón y el papel de protección, evitando que se contaminen.
- Se mantiene el cuello del frasco hacia abajo y se toma la muestra bajando el frasco dentro del pozo y desenrollando el cordel lentamente, se debe evitar que el frasco toque las paredes del pozo.
- Efectuada la toma se coloca el tapón y el papel de protección al frasco.

Indicaciones para el análisis fisicoquímico

Los envases de plástico o vidrio de 2 L deben estar perfectamente lavados y enjuagados con agua destilada o desionizada y contar con tapones de cierre hermético. El volumen de muestra es el establecido en la tabla 19 de esta norma.

Toma de muestra

a) En bomba de mano o grifo del sistema de distribución o pozo profundo.

- Debe dejarse correr el agua por 3 min o hasta que la tubería ha sido totalmente vaciada.
- El muestreo se realiza evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase. Se cierra el envase y agita fuertemente para enjuagar, desechando esa agua. Se efectúa esta operación dos o tres veces más, procediendo enseguida a tomar la muestra.

b) En un cuerpo de agua superficial, tanque de almacenamiento, pozo somero o fuente similar, el procedimiento es igual al señalado para el análisis bacteriológico.

Tanto las muestras tomadas para bacteriología como para las pruebas

fisicoquímicas deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o de hielo para su transporte al laboratorio, a una temperatura entre los 4 y 10 °C y sin congelar las muestras. El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el análisis bacteriológico es de 6 horas. Para el estudio fisicoquímico el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro como se indica en la Tabla (tabla 21).

Tabla 21. Análisis fisicoquímico.

Determinación	Envase	Volumen mínimo (ml)	Preservación	Duración
Alcalinidad total	P,V	200	4 a 10°C en oscuridad	14 d
Arsénico	P,V	200	4 a 10°C en oscuridad	14 d
Bario	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	28 d
Boro	P	100	No requiere	180 d
Cianuros	P,V	1000	NaOH a pH>12; 4 a 10°C en oscuridad	14 d
Cloruros	P,V	200	4 a 10°C en oscuridad	48 h
Color	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	48 h
Conductividad	P,V	200	4 a 10°C en oscuridad	28 h
Dureza total	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	14 h
Fenoles	P,V	300	4 a 10°C en oscuridad	28 d
Fluoruros	P,V	300	H ₂ SO ₄ A pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	28 d
Fosfatos	V	100	Enjuagar con ácido nítrico 1:1 y de 4 a 10°C	48 h
Magnesio	P,V	100	Refrigerar de 4 a 10°C	28 d
Metales en generales	P,V	1000	Enjuagar con HNO ₃ 1 + 1; adicionar HNO ₃ a pH<2; para metales disueltos, filtrar inmediatamente y adicionar HNO ₃ a pH<2	180 d

Nitratos	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	48 h
Nitritos	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	48 h
Nitrógeno amoniacal	P,V	500	H ₂ SO ₄ a pH<2 y de 4 a 10°C y en oscuridad	28 d
Nitrógeno orgánico	P,V	500	H ₂ SO ₄ a pH<2 y de 4 a 10°C y en oscuridad	28 d
Oxígeno consumido en medio ácido	P,V	300	4 a 10°C en oscuridad	48 h
Plaguicidas	S	1000	De 4 a 10°C; adicionar 1000 mg/l de ácido ascórbico si se detecta cloro residual	7 d; si se extraen los plaguicidas con solventes duran hasta 40 días.
Sodio	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	28 d
Sólidos	P,V	1000	4 a 10°C en oscuridad	7 d
Sulfatos	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	28 d
Sustancias activas al azul metileno	P,V	200	4 a 10°C en oscuridad	48 h
Turbiedad	P,V	100	4 a 10°C en oscuridad	48 h

Donde:

P: plástico.

S: vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón.

V: vidrio.

5.9.2.3 Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994

Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

Esta norma se enfoca en los límites permisibles de la calidad del agua como pueden ser las características bacteriológicas, organolépticas, químicas, reactivas y físicas. Lo antes mencionado dependerá del tipo de tratamiento por lo que también esta norma define también el tipo de tratamiento que se este empleando.

- Límites permisibles de la calidad del agua.

- Límites permisibles de características microbiológicas.

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 22. Límites permisibles microbiológicos.

Características	Limite permisible
<i>Organismos coliformes totales</i>	<i>Ausencia o no detectables</i>
<i>E. coli o coliformes fecales u organismos termotolerantes</i>	<i>Ausencia o no detectables</i>

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar. Las unidades de medida deberán reportarse de acuerdo a la metodología empleada.

El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener E. Coli o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución durante un periodo de doce meses de un mismo año.

- Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la tabla 23.

Tabla 23. Límites permisibles físico organoléptico.

Características	Limite permisible
<i>Color</i>	<i>20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.</i>
<i>Olor y sabor</i>	<i>Agradable (se aceptaran aquellos que sean tolerable para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).</i>
<i>Turbiedad</i>	<i>5 unidades de turbiedad nefelometricas (UTN) o su equivalente en otro método.</i>

- Límites permisibles de características químicas.

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la tabla 24. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Tabla 24. Límites permisibles químicos.	
Característica	Limite permisible
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.070
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como cl)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.3
Fierro	0.30
Fluoruros (como F)	1.50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10.00
Etibenceno	300.00
Tolueno	700.00
Xileno (tres isómeros)	500.00
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	1.00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrogeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.20
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	1.00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2.4-D	30.00
Plomo	0.01
Sodio	200.00
Solidos disueltos totales	1000.00

Sulfatos (como S04)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Yodo residual libre	0.2-0.5
Zinc	5.00

Nota: los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

En caso de que en el sistema de abastecimiento se utilicen para la desinfección del agua, métodos que no incluyan cloro o sus derivados, la autoridad sanitaria determinara los casos en que adicionalmente deberá dosificarse cloro al agua distribuida.

- Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la tabla 25. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Tabla 25. Límites permisibles radiactivos.

Características	Límite permisible Bq/l
<i>Radiactividad alfa global</i>	<i>0.56</i>
<i>Radiactividad beta global</i>	<i>1.85</i>

- Tratamientos para la potabilización del agua

Tabla 26.

Contaminante(s)	Tratamientos
<i>Contaminación microbiológica (bacterias, helmintos, protozoarios y virus).</i>	<i>Cloro, compuestos de cloro, yodo, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.</i>
<i>Características físicas y organolépticas (color, olor, sabor y turbiedad).</i>	<i>Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado.</i>
<i>Arsenio</i>	<i>Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u osmosis inversa.</i>
<i>Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo.</i>	<i>Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u osmosis inversa.</i>
<i>Cloruros</i>	<i>Intercambio iónico. Osmosis inversa o evaporación.</i>
<i>Dureza</i>	<i>Ablandamiento químico o intercambio iónico.</i>
<i>Fenoles o compuestos fenólicos</i>	<i>Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en</i>

	<i>carbón activado u oxidación con ozono.</i>
<i>Fierro y/o manganeso</i>	<i>Oxidación-filtración, intercambio iónico u osmosis inversa.</i>
<i>Fluoruros.</i>	<i>Alúmina activada, carbón de hueso u osmosis inversa.</i>
<i>Hidrocarburos aromáticos</i>	<i>Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.</i>
<i>Mercurio</i>	<i>Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado granular u osmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10µg/l. Adsorción en carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga mas de 10 µg/l</i>
<i>Nitratos y nitritos</i>	<i>Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración.</i>
<i>Nitrógeno amoniacal</i>	<i>Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.</i>
<i>pH</i>	<i>Neutralización</i>
<i>Plaguicidas.</i>	<i>Adsorción en carbón activado granular</i>
<i>Sodio</i>	<i>Intercambio iónico</i>
<i>Solidos disueltos totales</i>	<i>Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico</i>
<i>Sulfatos.</i>	<i>Intercambio iónico y osmosis inversa</i>
<i>Sustancias activas al azul de metileno</i>	<i>Adsorción en carbón activado</i>
<i>Trihalometanos</i>	<i>Oxidación con aireación u ozono y adsorción en carbón activado granular</i>
<i>Zinc</i>	<i>Evaporación intercambio iónico.</i>

5.9.2.4 Norma oficial mexicana NOM-179-SSA1-1998.

Norma oficial mexicana NOM-170-SSA1-1998, “vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento publico”.

En sistemas de abastecimiento de localidades con una población de 50000 habitantes o menor, el organismo operador debe cumplir como mínimo con lo establecido en la tabla 17.0 siguiente de esta norma; los resultados de los exámenes y análisis de calidad del agua se deben conservar en archivo, durante tres años como mínimo y estar a disposición de la autoridad competente, cuando esta lo solicite.

En sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor a 50000 habitantes, el organismo operador debe contar con certificado de calidad sanitaria del agua, otorgado por la secretaria de salud, siendo el propio organismo el responsable del cumplimiento de los programas de análisis de calidad del agua, inspección de instalaciones hidráulicas, mantenimiento y

capacitación descritos en los puntos de esta norma; estos programas deben mantenerse en archivo; el desarrollo de las actividades de dichos programas debe registrarse en bitácoras actualizadas o archivo; tanto los programas como el desarrollo de sus actividades, deben estar a disposición de la autoridad competente cuando esta lo solicite, durante un mínimo de cinco años.

Programa de análisis de calidad el agua. Debe incluir como mínimo lo especificado en la tabla 27 de esta norma.

Tabla 27.

Población abastecida No. de habitantes	Muestra por numero de habitantes	Frecuencia	
≤ 2500	1 / ≤ 2500	Semanal	
2501 a 50000	1 / 5000	Semanal	
50001 a 500000	5 / 50000	Semanal	
> 500000	1 / 50000	Diaria	
Examen microbiológico en red de distribución			
<i>Población abastecida</i>	<i>Muestra por numero de habitantes</i>	<i>Frecuencia</i>	
≤ 50000	1 / ≤ 50000	Semanal	
50001 - 500000	1 / 50000	semanal	
> 500000	1 / 250000	diaria	
Análisis fisicoquímico y examen microbiológico			
<i>Sitio de muestreo</i> <i>En la entrada e red de distribución</i> <i>proveniente de:</i>	<i>Numero de muestras</i>	<i>frecuencia</i>	<i>Parámetros a determinar</i>
<i>Fuente de abastecimiento superficial</i>	1	<i>Trimestral</i>	<i>Ver apéndice normativo 1</i>
<i>Fuente de abastecimiento subterránea</i>	1	<i>Semestral</i>	<i>Ver apéndice normativo 1</i>
<i>Mezcla de dos o mas tipos de fuentes y/o tanque de almacenamiento y regulación</i>	1	<i>Semestral (trimestral si incluye fuentes superficiales)</i>	<i>Ver apéndice normativo 1</i>
<i>Planta potabilizadora</i>	1	<i>trimestre</i>	<i>Ver apéndice normativo 1</i>



El agua en la red de distribución, incluyendo los puntos mas alejadas, debe contener cloro residual libre entre los límites de 0.2 a 1.5 mg/l (de conformidad con la NOM-127-ssa1-1994).

Cuando se especifica frecuencia diaria, se debe entender que incluye los siete días de la semana.

El examen microbiológico debe incluir la determinación de organismos coliformes totales y E. Coli o coliformes fecales u organismos termotolerantes. (de conformidad con la NOM-127-SSA1-1994).

Programa de inspección de instalación hidráulica.

Este programa debe incluir como mínimo una visita anual a casa una de las instalaciones hidráulicas que conforman el sistema de abastecimiento, para observar el cumplimiento de los requisitos sanitarios establecidos en la NOM-012-SSA1-1993.

Programa de mantenimiento preventivo y correctivo.

Este programa debe contemplar lo relativo a conservación, rehabilitación y mantenimiento regular de la infraestructura del sistema de abastecimiento; en este programa se debe cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-012-SSA1-1993 y NOM-013-SSA1-1993.

Programa de capacitación de personal

En sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor a 50000 habitantes, el organismo operador debe contar con un programa de capacitación del personal de operación del sistema, análisis de calidad del agua, inspección de instalaciones hidráulicas y mantenimiento para mantenerlo actualizado.

Vigilancia de la calidad del agua.

La vigilancia de la calidad del agua se debe llevar a cabo a través de las siguientes actividades:

- *Evaluación de programas de trabajo de los organismos operadores, indicados en el programa de análisis de la calidad del agua de esta norma, a través de las bitácoras y archivos correspondientes.*
- *Verificación sanitaria de la calidad del agua del sistema de abastecimiento, considerando los siguientes aspectos:*
- *Reconocimiento sanitario de instalaciones hidráulicas.*
- *Análisis de agua, los cuales deben incluir cloro residual libre en red de distribución, calidad microbiológica y calidad general del agua de abastecimiento, de acuerdo a la tabla (tabla 27) anterior, considerando los parámetros especificados en el apéndice normativo.*

Tabla 28. Apéndice normativo.

No.	determinación	En la entrada a sistema de distribución proveniente de:		Mezcla de dos o más tipos de fuentes y/o tanques de almacenamiento y regulación	Planta potabilizadora
		Fuente superficial	Fuente subterránea		
1.-	color	x	x	x	x
2.-	Olor y sabor	x	x	x	x
3.-	Turbiedad	x	x	x	x
4.-	Aluminio				x
5.-	Arsénico	x	x	x	x
6.-	Bario				
7.-	cadmio	x	x	x	x
8.-	Cianuros				
9.-	cloruros	x	x	x	x
10.-	Cobre				
11.-	Cromo total				
12.-	Dureza total		x	x	x
13.-	Fenoles o compuestos fenólicos	x			
14.-	Fierro	x	x	x	x
15.-	Floururos		x	x	
16.-	Benceno				
17.-	Etilbenceno				
18.-	Tolueno				
19.-	Xileno (tres isómeros)				
20.-	Manganeso	x	x	x	x
21.-	Mercurio				
22.-	Nitratos	x	x	x	x
23.-	Nitritos	x	x	x	x
24.-	Nitrógeno amoniacal	x	x	x	x
25.-	pH (potencial de hidrogeno)	x	x	x	x
26.-	Aldrín y dieldrín (separados o combinados)				x
27.-	Clordano (total de isómeros)				x
28.-	DDT (total de isómeros)				x
29.-	Gamma HCH (lindano)				x
30.-	Hexoclorobencen o				x
31.-	Heptacoloro y epóxido de heptacoloro				x

32.-	Metoxicloro				X
33.-	2.4-D				X
34.-	Plomo	X			
35.-	Sodio				
36.-	Solidos disueltos totales	X	X	X	X
37.-	Sulfatos		X	X	X
38.-	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	X			X
39.-	Trihalometanos totales				
40.-	Zinc				
41.-	Especiales de acuerdo a las características de la fuente (nota)	X	X	X	X

Nota: considerando los especificados en este anexo y otros que determine la autoridad sanitaria competente, entre los que se consideran las características radiactivas, especificadas en la NOM-127-SSA1-1994.

5.10 MANTENIMIENTO.

Es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones o equipos, para la prevención de daños, o para la reparación de los mismos, con el fin de conseguir el buen funcionamiento de un sistema.

5.10.1 Simbología.

Tabla 29. Simbología.

	Operaciones básicas que podría realizar cualquier operador
	Operaciones que podría realizar solo personal calificado
	Indica una alerta de precaución de situación importante
	Peligro de toxicidad

		Alto voltaje
		Zona de bajo riesgo

5.10.2 Esquema general del área de dosificación.

Demostración grafica de la ubicación de los equipos existentes en esta área.

1. Motobombas dosificadoras
2. Agitador del polímero
3. Línea de entrada de agua cruda
4. Tinaco de mezclado agua – polímero
5. Línea de mezcla agua – polímero
6. Tinaco de mezclado agua – polímero – sulfato de aluminio
7. Línea de entrada de sulfato de aluminio
8. Línea de salida de agua dosificada

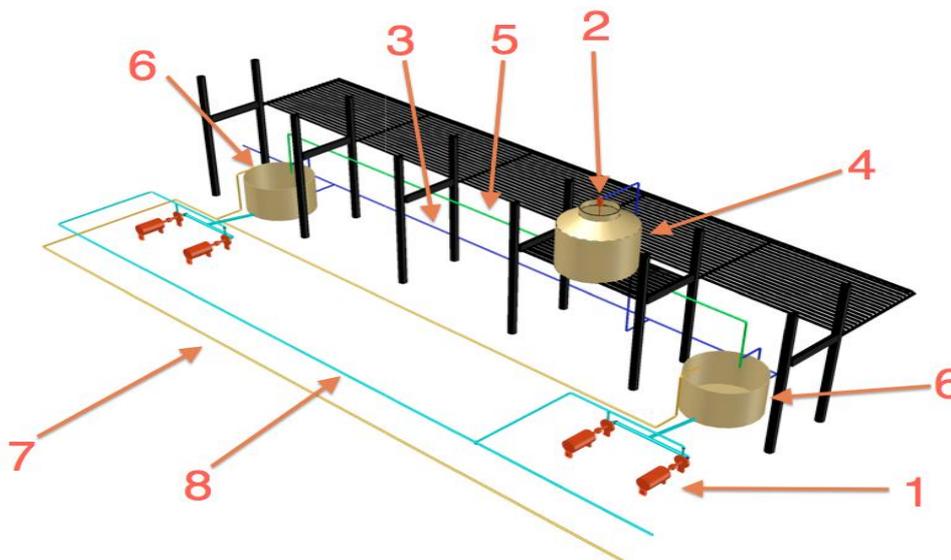


Figura 26. Área de dosificación

5.10.2.1 Operación del área dosificadora.



Antes de poner en marcha la operación de dosificación de reactivos es conveniente revisar algunas zonas de trabajo:

- Revisar que las bombas y agitador estén en óptimas condiciones.
- Las tuberías no tengan fuga.
- Los tinacos estén en las condiciones adecuadas de operación.

5.10.2.2 Mantenimiento.

Tabla 30. Mantenimiento.

Mantenimiento	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Inspección visual	x			
Limpieza de carcasa de bomba		x		
Revisión de válvulas		x		
Limpieza de los tinacos			x	
Lubricación de bombas			x	
Cambio de sellos de bombas				x

5.10.2.3 Limpieza y desinfección de los tinacos.



Los tinacos deben de estar protegidos contra contaminación, corrosión y permanecer tapados. Solo se podrán abrir para su mantenimiento, desinfección y verificación, siempre y cuando no exista riesgo de contaminar el agua.

a) Preparaciones previas

1. cerrar las válvulas de paso de agua y de los reactivos que alimentan los tinacos.
2. Apagar los interruptores de las moto-bomba así como la del motor del agitador.
3. Vaciar en su totalidad los tinacos.
4. Desconectar del tinaco la válvula globo.

5. Sacar los tinacos de su posición de trabajo para su lavado y desinfección.
 6. Los tinacos se lavaran en un área adecuada libre de contaminantes, el tinaco superior se le tendrá que retirar el agitador y el flotador previamente.
- b) Lavado y desinfección de tinacos:
1. Cepillos, cubetas y cualquier otro material para este fin deberán ser nuevos y se utilizaran exclusivamente para esta ocasión.
 2. En una cubeta, preparar una solución de cloro en una proporción de 8 ml de cloro por cada litro de agua. La cantidad de la solución debe de ser suficiente para cubrir toda el área del tinaco.
 3. Cepillar las paredes y fondo del tinaco con la solución, se debe de tener cuidado al limpiar las partes curvas y uniones.
 4. Dejar que la solución se impregne durante 10 minutos en las paredes del interior del tinaco o cisterna para asegurar una buna desinfección.
 5. Sacar el agua residual de la desinfección y enjuagar con agua limpia cada tinaco.
 6. Realizar los pasos “3” y “4” dos veces.
 7. Colocar el agitador y flotadores a sus respectivos tinacos.
 8. Restaurar los sellos de cada conexión hacia el tinaco.
 9. Conectar las válvulas globo a los tinacos.
 10. Abrir la válvula de alimentación principal para el llenado de los tinacos, así como las válvulas globos de cada tinaco.
 11. Una vez llenados los 2 tinacos, subir las palancas interruptoras para dejar en operación las bombas.
 12. Abrir la válvula de salida de las bombas por 1 minuto para permitir la salida del aire en las tuberías. Transcurrido este tiempo se puede cerrar para que quede presurizado el sistema.
- c) Red de alimentación:
1. revisar diariamente que no existan encharcamientos dentro de la instalación de dosificación.

2. Revisar semanalmente que las válvulas y llaves así como diariamente las boquillas, operen adecuadamente y sin fugas. En caso de encontrar fugas se debe cerrar la válvula de la sección afectada.
3. Personal especializado en plomería deberá realizar las reparaciones de fugas en la red y los cambios de empaque de llaves y válvulas, o se puede recurrir al servicio del fabricante del equipo. Realizada las reparaciones se podrá a poner en marcha el sistema.

5.10.2.4 Equipos de bombeo.



Los equipos de bombeo requieren de un mantenimiento moderado pero continuo siempre y cuando se mantengan en buen estado, es decir, sin salpicaduras de agua o exceso de polvo. Para asegurar

un funcionamiento óptimo:

- Se debe desempolvar cada semana la carcasa de la motobomba.
- Verificar semanalmente que no sufra algún tipo de salpicadura ya sea por el mismo líquido bombeado o por líquidos externos.

Esto es un punto crucial ya que si se tiene una reducción en el rendimiento de 70 a 65% incrementa el consumo energético en un 7.69% y conduce a un aumento progresivo del coste global.

Se recomienda personal especializado en la reparación de las motobombas.

5.10.2.5 Lubricación del sistema.



Las motobombas deben de tener una buena lubricación para que operen adecuadamente sin dañar los componentes que lo integran.

Una lubricación apropiada es esencial para la operación de la bomba. No opere la bomba si no hay suficiente lubricante en la carcasa de cojinete o si el lubricante está contaminado con excesiva suciedad o humedad. La operación de la unidad bajo estas condiciones llevara a desempeño deficiente de la bomba, y posible falla del cojinete. No opere la bomba con excesiva cantidad de lubricante. Dicha acción causara que los cojinetes se sobrecalienten.

5.10.2.6 Reemplazo de sellos.

1. Quite la guarda de la brida
2. Quite las tuercas que sujetan la tapa, si se encuentra adherido usar un martillo de cara suave.
3. Quite la tapa y deseche el empaque de la tapa.
4. Sujetar el eje, no sujete directamente la superficie del eje ya que puede dañarlo ocasionando un desbalance ,usar un destornillador o dado para quitar la tuerca del impulsor.
5. Quite el impulsor y deseche el empaque.
6. Quite el conjunto del accionador del sello y el sello giratorio.
7. Deseche el sello giratorio y los empaques.
8. Quite y deseche el sello estacionario.
9. Instale el empaque del sello estacionario y lubríquela.
10. Instale el sello estacionario en la carcasa, asegurándose de alinear las partes planas del sello con las partes planas de la carcasa.
11. Instale el resorte detrás de los postes del sello, dentro del accionador del sello.
12. Instale el empaque del eje giratorio sencillo y lubríquela. Monte el accionador del sello en el sello giratorio, asegurándose de alinear los postes en el interior del accionador con las muecas del sello.
13. Coloque el empaque del eje giratorio en el eje y lubríquela.
14. Coloque el conjunto del accionador del sello en el eje.
15. Instale la guía del impulsor y el empaque del accionador del sello exterior. Lubrique el empaque.
16. Coloque el impulsor en el eje, asegurándose de alinear la guía del impulsor con la guía del eje.
17. Lubrique el empaque de la tuerca del impulsor y colóquela en la tuerca del impulsor.
18. Enrosque la tuerca del impulsor en el eje.
19. Instale el empaque de la tapa.
20. Instale la tapa ajuste con un martillo de cara suave y apriete las tuercas.

5.10.2.7 Reparaciones.



Las reparaciones del motor debe de ser realizadas por un técnico eléctrico en embobinados.

5.10.2.8 Instalación del sistema.

1. La bomba debe estar en un lugar que permita el acceso para el mantenimiento, la inspección y la limpieza.
2. Debe de tener ventilación adecuada para el enfriamiento del motor.

Para obtener una mayor eficiencia es recomendable seguir ciertos parámetros para la instalación de la tubería:

- Mantener en alineamiento la tubería de entrada de succión y salida de descarga, para evitar daños a la carcasa de la bomba.



Figura 27. Alineación de tubería

- Evitar flujos bruscos en el sistema de tubería

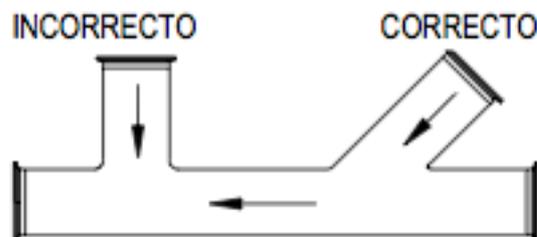


Figura 28. Entrada de flujo

- Mantener las líneas de succión lo más cortas y directas posible

- Mantener la altura neta positiva de aspiración (ANPA) del sistema sea mayor que la altura neta positiva de aspiración requerida por la bomba.
- Evitar sumideros donde puedan acumularse sedimentos.
- Evite la formación de bolsas de aire en la tubería.
- De ser posible, evite la presencia de codos en la línea de succión. Si es necesario utilizar codos, la distancia entre el codo y la entrada de la bomba debe ser al menos cinco veces el diámetro de la tubería, y el radio de curvatura debe ser al menos dos veces el diámetro de la tubería.

5.10.2.9 Localización de problemas de operación.

No se entrega agua.

- La bomba no está purgada – ausencia de presión en la descarga
- Velocidad demasiado baja – baja presión en la descarga.
- Válvula cerrada – alta presión en la descarga.
- Impulsor completamente taponado – baja presión en la descarga.

Se entregan cantidades anormalmente pequeñas.

- Fugas de aire en el tubo de succión o las cajas de empaquetadura.
- Velocidad demasiado baja.
- Cabeza de descarga mayor a la anticipada.
- Impulsor parcialmente taponado.
- Obstrucción en el tubo de succión.
- Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

Presión insuficiente.

- Velocidad demasiado baja. Podría ser causada por voltaje bajo o características de corriente eléctrica diferentes a las indicadas en la placa de datos del motor.
- Aire dentro del sistema de bombeo.
- Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

La bomba sobrecarga el motor.

- Velocidad demasiado alta.
- altura de presión inferior a la nominal, por lo tanto, se bombea demasiada agua.
- Fricción debida a material extraño en la bomba entre los anillos de la carcasa y el impulsor.

La bomba vibra.

- Desalineamiento.
- La cimentación no es suficientemente rígida
- Impulsor parcialmente taponado.
- Defectos mecánicos: eje torcido, elemento giratorio se pega, cojinetes desgastados, acople defectuoso.
- Los tubos de succión y descarga no están anclados.
- La bomba esta cavitando por una altura de succión demasiado alta.
- Atrapamiento de aire en la succión de la bomba debido a bajo sumergimiento.

5.10.3 Esquema general del área de clarificación.

- Válvula de distribución.
- Válvula de rompimiento de vacío.
- Válvula de aislamiento.
- Distribuidores.
- Tranquilizadores.
- Módulos lamelares.
- Clarificadores.
- Extracción de fangos.
- Cámara de vacío.

5.10.3.1 Ventiladores para vacío.

En la operación de clarificación se tienen dos sopladores que efectúan el vaciado de las cámaras, uno por cada sedimentador.

Tabla 31. Características de los ventiladores.

Numero de ventiladores	2
Caudal de operación	$0.86776766 \text{ m}^3/\text{s}$
Diámetro de entrada	0.2032 in
Diámetro de salida	0.6096 in
Material de las tuberías	Acero al carbón
Presión producida	14124.4965 Pa

Estos ventiladores son alimentados por dos motores independientes con las siguientes características.

Tabla 32. Alimentaciones de los ventiladores.

Potencia	20 Hp
Tensión	440
Fases	3
Num. Polos	4
Rpm	1800

5.10.3.2 Operación de los ventiladores.



Para poner en marcha el equipo se debe de seguir ciertos pasos para no poner en riesgo la integridad de los componentes.

- Verificar que en el área de descarga no exista objeto que pueda afectar la descarga de aire. Girar manualmente la chumacera del ventilador para cerciorar que no exista rozamiento.
- Verificar la instalación del impulsor y la tensión de la banda.
- Verificar que el voltaje es el adecuado para el motor.
- Verificar que la lubricación sea la correcta.

5.10.3.3 Mantenimiento.

La inspección constante del equipo ayuda en gran parte a la prevención de fallos, por lo que se recomienda efectuar una cierta rutina de inspección:

Tabla 33. Check list.

Mantenimiento	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Inspección visual	x				
Lubricación de chumaceras y rodamientos			x		
Análisis de vibración				x	
Mantenimiento de banda transmisión				x	
Cambio de rodamiento de motor y ventilador					Hasta Fallo
Limpieza e inspección del equipo					x

La rutina puede ser efectuada por trabajadores, personal de mantenimiento, no realice alguna operación de corrección salvo el personal autorizado, de no ser así reportar la falla inmediatamente.

5.10.3.4 Problemas detectados mediante análisis de vibraciones.

Se define vibración como el movimiento oscilatorio de una partícula por lo que, todo cuerpo que se mueva debe de generar vibración. En los equipos eléctricos es un factor muy crucial, debido a que es una de las principales causas de fallos en los equipos tal es el caso de los motores eléctricos.

La vibración produce un fenómeno llamado resonancia, que consiste, en la igualación de la frecuencia que se está produciendo a la frecuencia natural que funciona el equipo.

Dentro de los principales problemas que se encuentran por la vibración son:

- Desbalance.
- Desalineación.
- Flexiones permanentes.
- Fisuras en estructuras.
- Rozamientos.
- Deterioro o defectos en rodamientos.
- Resonancias y vibraciones transmitidas.
- Vibración en cimentaciones, estructuras y soportes.
- Vibración indicada por flujo.

- Problemas en motores eléctricos.
- Problemas de lubricación.

5.10.3.5 Uso del equipo de análisis de vibración.

Para realizar correctamente el análisis de vibración el sensor de vibración se puede colocar axialmente o radialmente.

Cuando la amplitud del sensor radial son mayores que las axiales se dice que es un desbalance.

Cuando la amplitud del sensor axial son mayores que las radiales se dice que es un desalineamiento.

Para saber el estado de operación del equipo se puede apoyar con la siguiente tabla (figura).

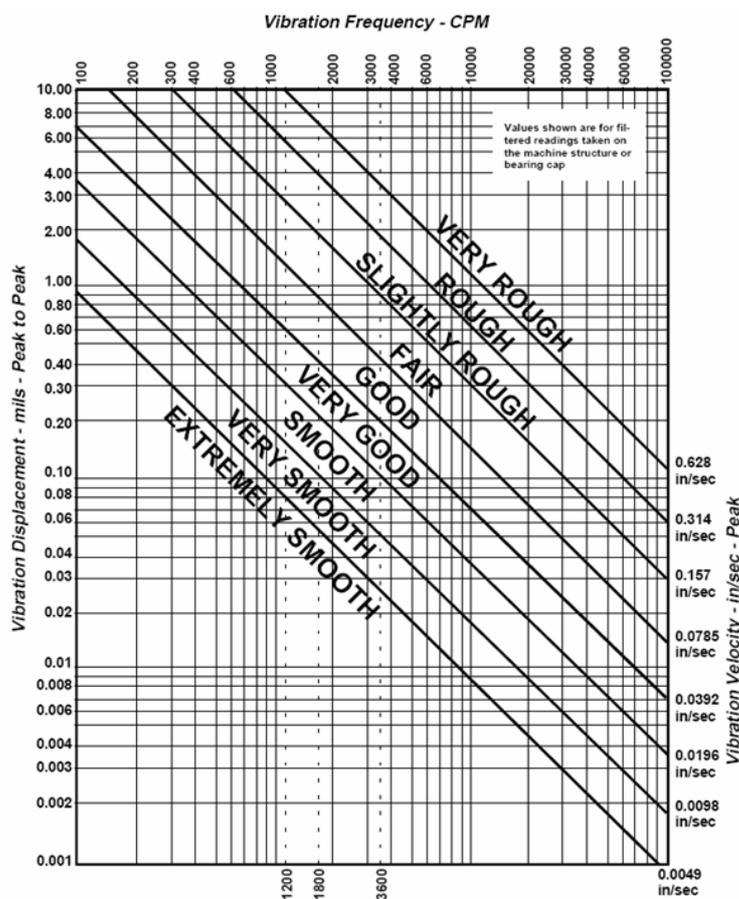


Figura 29

Esta operación la debe de realizar personal capacitado para la correcta interpretación de las lecturas dadas por el equipo de vibración.

5.10.3.6 Desbalance.

Consiste en una mala distribución de una masa rotatoria es decir, su centro de gravedad no coincide con su centro geométrico.

Esto suele darse debido al desgastes des equitativo del rotor ocasionado por las chumaceras o rodetes o por el desprendimiento de masa ya sea por corrosión u otro factor.

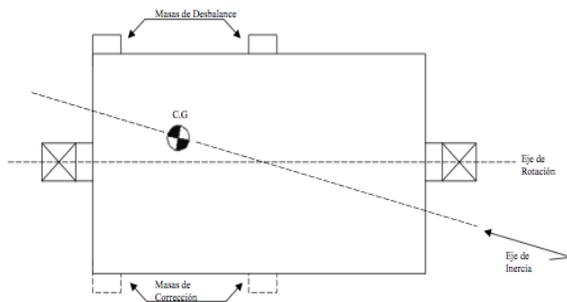


Figura 30. Ejemplo de desbalance donde No coinciden el eje de rotación y El eje de inercia.

5.10.3.7 Desalineamiento.

Es el movimiento axial que presentan las maquinas rotatorias las principales causas son el desalineación de las poleas, las partes afectadas por este tipo de vibración suelen ser los cojinetes y rodamientos.

5.10.3.8 Excentricidad.

Se define como un grado de desviación de una sección circular con respecto a su propio centro; el descentralizado es una excentricidad.

La excentricidad puede producir un movimiento de vaivén, que suele ser utilizados para fines de sujeción o en prensas.

5.10.3.9 Inspección y mantenimiento del rodete.



Los rodetes siempre están expuestos al desgaste o incluso a la adherencia de materia, esto dependerá de donde se esté implementando el rodete, es por eso que se recomienda la

programación de una inspección para asegurar el funcionamiento continuo de la pieza y así evitar problemas como vibración y debilitamiento de la estructura.



Figura 31. Impulsor de agua Potable en malas condiciones.

Procedimiento de desmontaje:

- Asegúrese de mantener el equipo fuera de operación y las herramientas necesarias.
- Desmontar la válvula de aislamiento del ventilador.
- Retirar la tapa de la voluta (señalar la ubicación inicial de la tapa para que coincida en el ensamblaje).
- Retirar el cople del impulsor, algunos coples cuentan con tornillos extractores (usar preferentemente un extractor, siendo cuidadoso en su remoción).
- Retirar el impulsor.

Estando desmontado el impulsor se puede verificar las fallas si es que presentan o adhesión de material a los alabes.

- Verificar desgaste o corrosión de los alabes, también la acumulación de materiales.
- Limpie los alabes o de ser necesario reemplazarlo.
- Verificar las bandas para un alineamiento y tensión adecuadas, si se encuentran desgastadas cambiarlas.
- Lubricar los rodamientos. (ver sección de lubricación).

- Verificar los tornillos opresores. Para los tornillos que son de acero inoxidable ver la siguiente tabla de torsión.

Tamaño del tornillo opresor Dia. Pulg. (mm)	Momento de Torsión de Tornillos opresores de Acero al Carbono*	
	lb.-pulg.	Nom.
1/4 (6.4)	75	8.5
5/16 (7.9)	144	16.3
3/8 (9.5)	252	28.5

Tabla 34. Torsión de Tornillos

Proceso de montaje:

- Repetir los pasos de desmontaje inversamente.

5.10.3.10 Lubricación.



Los periodos de la lubricación dependerá de la velocidad de operación y del diámetro del eje, para elegir el tipo de lubricante adecuado se deben de tener otras consideraciones como la temperatura de operación.

Los motores eléctricos cuentan con su sistema de reengrase; algunos equipos no cuentan con grasea y están sellados en su totalidad.



Figura 32. Rodamientos de motores Eléctricos

Para mayor información sobre el tipo de grasa y periodo de lubricación ir a anexo.

No utilice cualquier tipo de grasa, la composición de algunas grasas no están diseñada para su uso en rodamientos.
No lubrique en exceso ya que esto puede ser contraproducente.

5.10.3.11 Mantenimiento de bandas de transmisión.

Instalación de las bandas:

- Colocar las poleas sobre los ejes del motor y del ventilador. (no utilice la fuerza para no ocasionar un desbalance o desalineamiento). Aplique la misma fuerza de torsión en los pernos de ambos ejes.
- Después de haber verificado el ajuste de ambos ejes, colocar las bandas trasmisoras en las ranuras de las poleas. *No estirar o apalancar las bandas, en dado caso de que no entre debe de volver a ajustar el motor.*
- reajustar las poleas con los ejes hasta que las caras queden alineadas, se debe de tener en consideración que todas las bandas deben de tener la misma tensión.

5.10.3.12 Tensión de la banda.

Ajustar la tensión de la banda ayuda a prevenir otras fallas; el exceso de tensión acorta la vida de los rodamientos, por otro lado, una falta de tensión acorta la vida de la banda.

- Revisar la tensión de las bandas con un indicador de tensión.
- Revisar los tornillos opresores, girar manualmente el impulsor y ver la fricción que generan las bandas.
- Verificar varios días después la tensión de la banda, ya que estas suelen estirarse durante su operación.

5.10.3.13 Localización de problemas de operación.

Vibración excesiva.

- Pernos de montura, rodamientos o acoplamientos sueltos.
- Desalineación o desgaste excesivo de acoplamientos o rodamientos.
- Motor desalineado o desbalanceado.
- Eje doblado debido a maltrato o impacto del material.
- Acumulación de en los alabes del ventilador.
- Desgaste o erosión excesiva en la rueda.
- Presión excesiva del sistema o restricción del flujo de aire.
- Soporte de anclaje inadecuados o mal procedimiento

- Vibración transmitida externamente.

Cantidades anormales de flujo y poco desempeño

- El ventilador funciona muy despacio.
- Mal colocamiento de los alabes del ventilador.
- rueda no centrada apropiadamente en relación con el eje de entrada.
- Fugas de aire, en caso de tener filtros o bobinas estas pueden estar obstruidas.
- Instalación de entradas de aires de 90° cerca del ventilador.
- Deflexión de 90° o corrientes de aire a la salida del ventilador.

Ruido excesivo

- Vibraciones externas al sistema
- Resonancia del sistema
- Ubicación u orientación inapropiada de la descarga del ventilador.
- Diseño inadecuado o fallido de las estructuras de soporte.
- Superficies de reflexión acústicas cercanas.
- Accesorios o componentes sueltos.
- Bandas del impulsor sueltas.
- Rodamientos desgastados.

Falla prematura de los componentes

- Elementos abrasivos o corrosivos en la corriente de aire o el medio ambiente.
- Desalineamiento o daño físico en los componentes giratorios o en los rodamientos.
- Lubricación incorrecta o contaminada.
- Velocidad excesiva del ventilador.
- Tensión inapropiada de la banda.

5.10.4 Esquema del área de filtración y retrolavado.

1. Compresor.
2. Moto-bomba de retrolavado.
3. Filtros.
4. Tanque de almacenamiento.
5. Descarga de filtros.
6. Línea de aire.
7. Línea de agua de retrolavado.
8. Arena.
9. Falso fondo.
10. Boquillas.
11. Batiente de entrada de agua.
12. Colector de aire comprimido.
13. Entrada de agua de lavado y salida de agua filtrada.
14. Canales de evacuación de fangos.

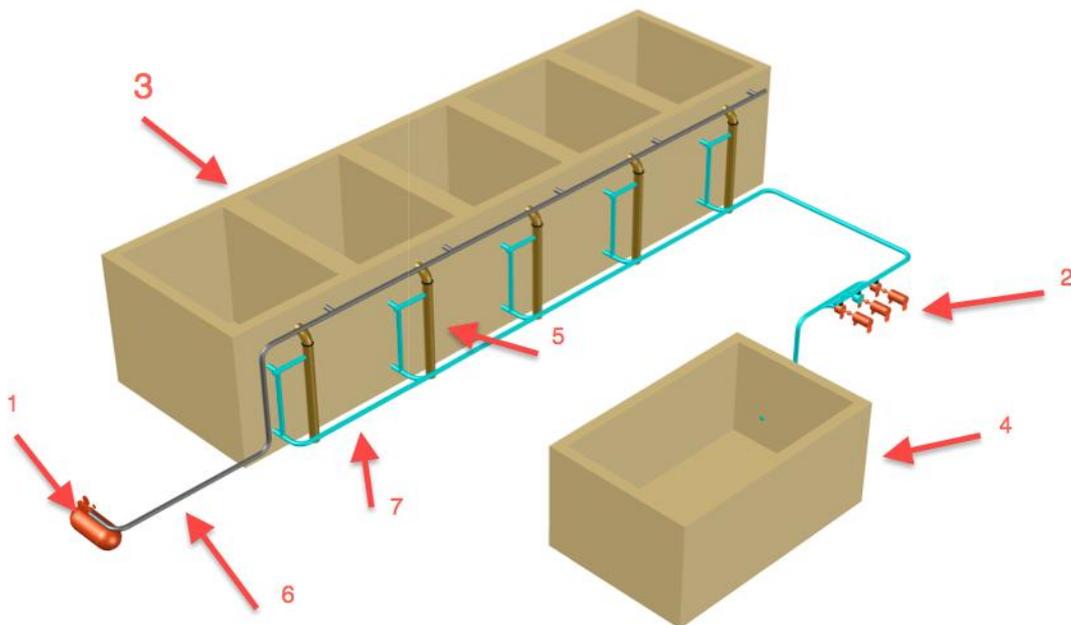


Figura 33. Área de filtración y retrolavado

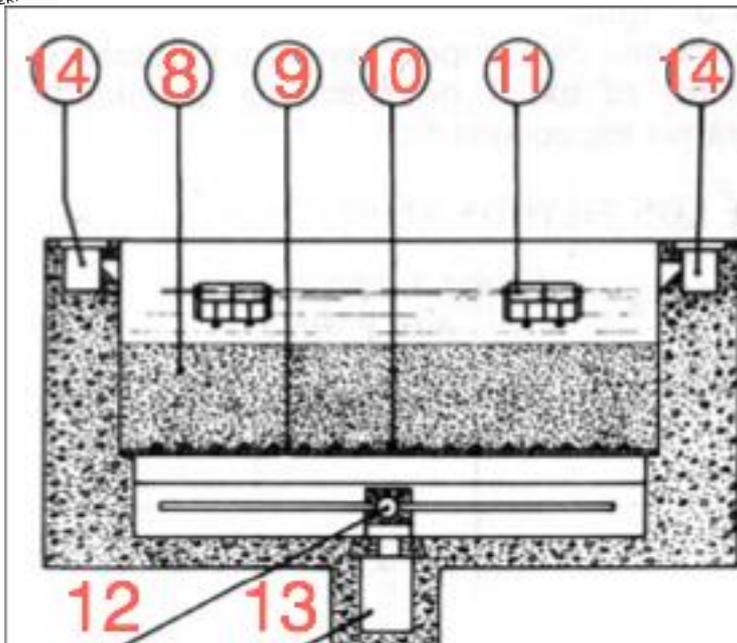


Figura 34.
Vista transversal
De los filtros.

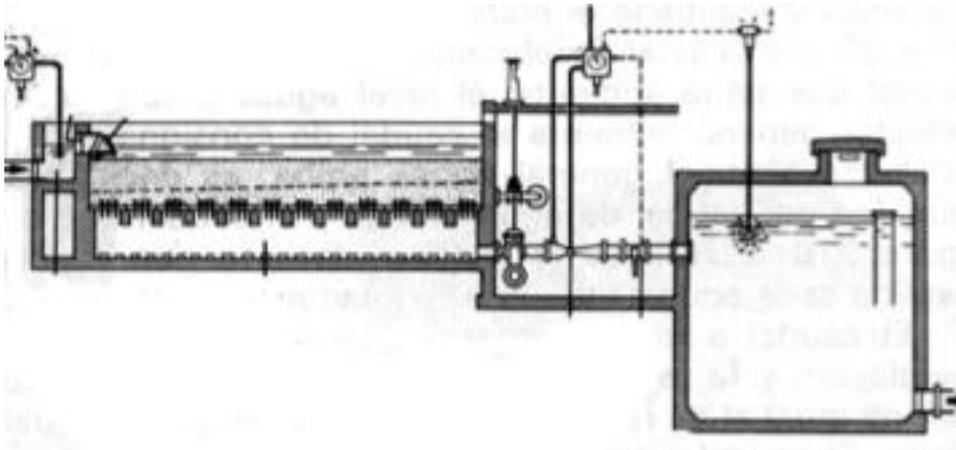


Figura 35.
Vista lateral
De los filtros.

La filtración constituye una parte preliminar en el tratamiento de agua, en ocasiones debido al nivel de la turbiedad los floculos que se crearon al dosificar el agua con los reactivos, algunos no se formaron lo suficientemente grandes como para que descendieran en los sedimentadores.

La elección del tipo de filtros dependerá de algunas condiciones:

- Características del líquido a filtrar, de sus impurezas y de su evolución con el tiempo.
- Calidad del filtrado que debe obtenerse y tolerancias admitidas.
- Calidad del aglomerado de las materias retenidas, si se tiene como fin su recuperación.
- Condiciones de instalación.
- Posibilidades y medios disponibles para el lavado.

En esta planta se recibe una turbiedad promedio de 500 NTU lo que vendría siendo equivalente en un rango de 1500 a 2000 mg/l de partículas sólidas.

Para aumentar la velocidad de los filtros multicapa, la segunda capa debe de ser de material más ligero que la arena; este material por lo general es antracita, o cualquier material que sea esquisto poroso, material volcánico o plástico siempre y cuando de una talla efectiva superior a la de la arena.

5.10.4.1 Mantenimiento.

Tabla 35. Mantenimiento.

Mantenimiento	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Inspección visual	x				
Lubricación de compresores y motor			x		
Análisis de vibración				x	
Mantenimiento de bombas retrolavado				x	
Limpieza de filtros			X(temporada de lluvia)	X(temporada de sequia)	
Limpieza e inspección del equipo					x

5.10.4.2 Retrolavado.

La velocidad del retrolavado debe de ser más rápida dependiendo de la granulometría del filtro sea mayor y si es más elevada la temperatura del agua.

Para iniciar el retrolavado se deben considerar algunos puntos:

- Inspeccionar todas las tapas, válvulas de alivio de aire y vacío (presión, tuberías hidráulicas, válvulas bola, medidores de flujo y tubería de descarga del retrolavado).
- Arranque el sistema de retrolavado iniciando con baja presión en los tanques, esto con el fin de evitar que el aire atrapado revuelva la cama de arena.

5.10.4.3 Inspección de válvula de retrolavado.



Las válvulas tienen un vástago de operación manual, este debe de mantenerse en buen estado, el diafragma de la válvula de retrolavado cuenta con sellos, si existe alguna filtración o goteo en el colector del retrolavado esto indica la falla del sello. Para una inspección visual de los sellos será necesario retirar los acoples.

5.10.4.4 Tubería de hierro fundido.

En este punto es donde se encuentran trabajando a mayor presión por lo que las fallas por fugas serán más frecuentes. La inspección de la tubería para evitar la corrosión no estaría de más, partes donde no tengan pintura (pintura de epoxy) deberán ser cepilladas con un cepillo de alambre para quitar el óxido. Elementos como válvulas, tapas y abrazaderas deberán seguir el mismo procedimiento.

5.10.4.5 Localización de problemas de operación.

- Nivel de arena bajo.

Es normal perder una cierta cantidad de arena; si en dado caso observa que se pierde arena de más será necesario revisar y ajustar la válvula de retrolavado.

- El retrolavado no limpia la arena.

Verifique si la frecuencia y duración del retrolavado son apropiados (esto dependerá de la cantidad de aire y agua).

- Presión diferencial permanece alta después del retrolavado.

Los elementos colectores pueden estar tapados con material precipitado u orgánico, para verificar esto se debe escavar hasta el fondo del filtro, la remoción total de la arena dependerá de la naturaleza del problema.



Conclusión.

Sin duda la experiencia profesional en la planta potabilizadora de agua SMAPA es de gran importancia ya que se desarrollo y aplicamos conocimientos adquiridos en el instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez que nos ayudaron a realizar el anteproyecto de rehabilitación del sistema pulsatube de la planta potabilizadora. La experiencia adquirida servirá para continuar con el desarrollo de nuestras habilidades, en la planta se experimento con lo que es realmente desempeñar la labor de un trabajo en el ámbito profesional, se aprendió a que nadie nace sabiendo y que se necesita de todos para poder realizar un objetivo, motivo por el cual se agradece completamente a esta institución por el apoyo brindado y a todos sus trabajadores por los consejos de cómo realizar las cosas así como compartir sus puntos de vista referentes a una situación complicada.

Se obtuvo el conocimiento del funcionamiento del sistema pulsatube, del soplador y sus procesos que trabajan en coordinación con el sistema para poder realizar las actividades programadas en el cronograma. De esta manera se cumplió con los objetivos pactados al inicio del proyecto.

Se realizo un manual de operación y mantenimiento de acuerdo con las normas oficiales mexicanas (NOM) para un mejor funcionamiento de la planta así como para fortalecer la seguridad de los operadores de las maquinas y del personal en general.



Fuentes de información.

DEGREMONT, G., "Manual técnico del agua", Degremont, 4a edición en español, España, 1979.

NOM-012-SSA1-1993: Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993, Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimientos de agua para uso y consumo humano públicos y privados

NOM-014-SSA1-1993: Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993, Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua público y privado,

NOM-127-SSA1-1994: Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización

NOM-179-SSA1-1998: Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998, Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público,

FAG Sales Europe Iberia., "LUBRICACION DE RODAMIENTOS"

<http://www.skf.com/mx/industry-solutions/industrial-fans-blowers/index.html>

<http://www.weg.net/mx/Productos-y-Servicios/Motores-Electricos>



Glosario:

Bacterias mesófilas: Bacterias que descomponen los tejidos orgánicos en un rango de temperatura de crecimiento entre 15 y 35°C.

Cárcamo: Tanque utilizado para almacenar agua, generalmente se utilizan como una alternativa al tanque de almacenamiento.

Coagulación: Proceso en el que un líquido se condensa, perdiendo su capacidad de fluir normalmente tornándose como un gel.

Coliforme: Grupo de bacterias que comparten similitudes; funcionan para detectar niveles contaminantes en agua y alimentos.

Filtración: Método por el cual se separa un sólido de un líquido.

Floculación: Proceso en el que los coágulos se aglomeran.

Lambrines: Recubrimiento específicamente en paredes, suele ser de material cerámico.

Sedimentación: Formación de materia en el fondo de un recipiente.

Decantador: Recipiente que sirve para separar sólidos o líquidos más densos de un líquido menos denso.

Campana de vacío: Es una cámara de vacío con estructuras rígidas en la cual se extrae aire con una bomba de vacío.