

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**RECONSTRUCCIÓN DE EJES HUECOS DE LOS  
AERADORES HORIZONTALES DE 15-20 HP DE  
POTENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE SAN JUAN Y  
HUÁSCAR - SEDAPAL**

**INFORME POR COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**JOB MISEAS HERRERA VILLAIZAN**

**PROMOCIÓN 1987- I**

**LIMA-PERÚ**

**2013**

Agradezco a la exitosa Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por ser mi Alma Mater, a mi Facultad el FIM, a mis queridos Maestros por impartir los grandes conocimientos, a la Empresa Sedapal por ser mi actual centro laboral, a mis queridos Padres Constancio Herrera Quispe y Rosa Villaizán Pérez, a todos mis hermanos en especial a mi hermana María Teresa Herrera Villaizán, a mi Esposa Elizabeth Meza Haylas y mis Queridos Hijos Jobita, Anel, Jheliz y Jobcito (q.e.d) quienes enarbolan la moral en la culminación del presente trabajo para la titulación profesional en tiempo presente.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	3
1.1 <b>GENERALIDADES</b>	3
1.2 <b>OBJETIVOS</b>	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) SAN JUAN Y HUASCAR.</b>	
2.1 <b>ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DE LAS PLANTAS.</b>	5
2.1.1 Alcance Teórico.	5
2.1.2 Antecedentes de funcionamiento PTAR. San Juan y Huáscar.	11
2.2 <b>FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS DE LAS PLANTAS.</b>	22
2.2.1 Operación de la línea de pre-tratamiento y biológico de La PTAR San Juan.	23
2.2.2 Operación de la línea de pre-tratamiento y biológico de la PTAR Huáscar.	28

### **CAPÍTULO III**

#### **ALCANCES DE LAS ROTURAS DE EJES EN LOS AEREADORES HORIZONTALES DE 15-20 HP.**

<b>3.1</b>	<b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS AEREADORES DE 15 – 20 HP DE POTENCIA</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN DE ROTURA DE EJES.</b>	<b>41</b>
<b>3.3</b>	<b>MARCO TEÓRICO TORSIONAL EN EJES CIRCULARES HUECOS.</b>	<b>41</b>
3.3.1	Torsión pura en barras de sección circular	41
3.3.2	Módulo de elasticidad en cortante	45
3.3.3	Ángulo de torsión	45

### **CAPÍTULO IV**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN E HIPOSTESIS DE ESTUDIO.**

<b>4.1</b>	<b>INVESTIGACIÓN DE LA FALLA DEL ELEMENTO CRÍTICO (EJE CIRCULAR)</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>HIPÓTESIS DE ESTUDIO.</b>	<b>50</b>
<b>4.3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS DE UNIÓN USADOS.</b>	<b>51</b>

### **CAPÍTULO V**

#### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

<b>5.1</b>	<b>CÁLCULO DE TORSIÓN Y ESFUERZO MAXIMO DESARROLLADO EN ELMOTOR ELÉCTRICO DEL AEREADOR DE 20 HP.</b>	<b>58</b>
------------	--	-----------

5.2	CÁLCULO DEL MOMENTO TORSOR Y ESFUERZO CORTANTE ADMISIBLE	59
5.3	CÁLCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO INTERIOR DEL EJE POR ITERACIÓN, PARA LA ELIMINACIÓN DE LA FALLA CRÍTICA.	63

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEJORA CONTINUA

6.1	COSTOS UNITARIO DE IMPORTACIÓN DE EJES REFORZADOS SOBREDIMENSIONADOS.	71
6.2	COSTOS UNITARIOS DE RECONSTRUCCIÓN CONINNOVACIÓN DE LOS EJES FRACTURADOS ORIGINALES	71
6.3	COSTEO DE BENEFICIO ECONÓMICO DEL TOTAL DE EJES FRACTURADOS Y PROYECTADOS.	73

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA.

PLANOS.

APÉNDICE.

## PRÓLOGO

El presente trabajo titulado “RECONSTRUCCIÓN DE EJES HUECOS DE LOS AEREADORES HORIZONTALES DE 15 – 20 HP DE POTENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SAN JUAN Y HUÁSCAR - SEDAPAL” presenta 06 capítulos como base fundamental que garantiza la ejecución de los trabajos de campo realizados para el mejoramiento operativo de los aereadores horizontales en las lagunas de oxidación biológica de las PTAR mencionados anteriormente, siendo:

En el Capítulo 1, se presenta la introducción al tema, los antecedentes y el objetivo del estudio.

En el Capítulo 2, se hace una breve descripción de las operaciones en las Plantas de Tratamiento de Agua Residual – PTAR, San Juan y Huáscar y de su funcionamiento en sus diferentes etapas.

En el Capítulo 3, se presenta un resumen de las características de los Aereadores, las roturas de los ejes de los Aereadores y su justificación.

En el Capítulo 4, se presentan los criterios del problema a investigar, la Hipótesis de Estudio y la investigación de la falla crónica.

En el Capítulo 5, se desarrolla en forma detallada los Cálculos de Torsión, de Esfuerzos, su análisis y obtención del diámetro óptimo.

En el Capítulo 6, se describe el análisis de los costos de importación, los costos de reconstrucción y el ahorro obtenido.

Se finaliza con las conclusiones del presente trabajo.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

#### Planta de tratamiento de agua residual (PTAR) SAN JAUN

La Planta de tratamiento de agua residual (PTAR) San Juan forma parte del Proyecto de San Bartolo financiado por el gobierno de Japón, reemplaza a las antiguas lagunas de oxidación de San Juan y se encuentra ubicado entre la Av. Pedro Miotta y el parque zonal <sup>U</sup>Húyna Capac en el distrito de San Juan de Miraflores.

TABLA 1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PTAR SAN JUAN

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Área total (Ha)	38
Entorno	Urbano
Tipo de desagüe	Doméstico
Caudal de diseño	800 l/s
Sistema de tratamiento	Lagunas aireadas
Uso de efluente	Riego de áreas verdes

#### Planta de tratamiento de agua residual (PTAR) HUASCAR

Esta planta fue construida entre los años 1999 y 2000 en los terrenos no utilizados del Parque Zonal Huáscar de Villa El Salvador y forma parte del Proyecto MESIAS y se encuentra ubicada en la Av. 200 Millas – Pastor Sevilla



**TABLA 1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PTAR HUASCAR**

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Área total (ha)	24
Entorno	Urbano
Tipo de desagüe	Domestico
Caudal de diseño	170 l/s
Sistema de tratamiento	Lagunas aireadas
Uso de efluente	Riego de áreas verdes

## 1.2 OBJETIVOS

El presente trabajo de mejora de los ejes de los aereadores horizontales marca AIRE – O<sub>2</sub> (llamado también Aereadores Mezcladores de aspiración horizontal) de 15 a 20 HP de potencia, 1765 RPM y capacidad de oxígeno de 1.5 Kg. O<sub>2</sub> / kw-h para ambos casos, se realiza con el único propósito de eliminar las fallas críticas puntualmente identificados en la zona de admisión de aire de estos ejes circulares huecos (tipo tubos) de acero inoxidable 316 austenítico.

Como en muchos casos estas fallas críticas por diseño, selección, armado, ensamble y otros detalles técnicos que afectan la disponibilidad del equipo, conviven dentro del desarrollo del trabajo de la máquina originando pérdidas.

Siendo el objetivo incrementar la disponibilidad y confiabilidad del equipo aumentando la productividad y la calidad del proceso biológico de oxidación de la carga orgánica (por inyección continua de aire), en las plantas de tratamiento de aguas residuales de San Juan y Huáscar.

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) SAN JUAN Y HUASCAR**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DE LAS PLANTAS**

##### **2.1.1 Alcance Teórico**

La aireación en plantas de aguas residuales, es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Cuya función principal, en el tratamiento de aguas residuales, es de proporcionar oxígeno y remover las sustancias en los procesos de tratamiento biológico aerobio. Siendo fundamental:

- La transferencia de oxígeno disuelto
- Remoción de sustancias volátiles productoras de olores y sabores
- Remoción de dióxido de carbono
- Remoción de olores producidos por el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S)
- Remoción de hierro y manganeso

- Remoción de metano, cloro y amoníaco
- Remoción de compuestos orgánicos volátiles
- Los parámetros principales que fijan la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales está dada por:
  - DBO (mg/l).- Se define como la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para consumir la materia orgánica, del cual está presente en todas las aguas domésticas, compuestas por carbohidratos, proteínas, aceite, carbono, hidrógeno y oxígeno.
  - SST (mg/l).- Indica los sólidos suspendidos, es decir representa la materia suspendida y disuelta como medida de la turbidez del agua residual doméstico como afluente y efluente; es uno de los mayores parámetros usados para evaluar la concentración de desagües y para determinar la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales
- Apoyo en la remoción de la DBO, sólidos suspendidos, agentes patógenos, nitrógeno, fósforo, detergentes, fenoles, pesticidas, metales pesados y sustancias inorgánicas disueltas.

Los procesos de tratamiento biológico aerobio así como los procesos de lodos activados, requieren concentraciones de oxígeno disuelto.

Generalmente el requerimiento de oxígeno disuelto está en el orden de 0.2 a 2.0 mg/l, con el fin de asegurar un suministro apropiado de oxígeno para el consumo de los microorganismos responsables del tratamiento. Sin embargo, los requerimientos de mezcla generalmente determinan la potencia requerida de los equipos de aireación.

Técnicas de Aireación: Existen dos técnicas generales de aireación: La mecánica y por difusores.

- Aireación mecánica: La agitación en la interfase aire-líquido produce miles de gotas que entran en contacto con la atmósfera. Existen diversos diseños (ej. sistemas superficiales, chorros de líquido, y sistemas combinados de agitación y aspersion). Los aereadores superficiales pueden ser montados vertical (de turbina) u horizontal (sólo en el caso de zanjas de oxidación, de paletas). La tasa estándar de aireación es del orden de 1 - 3 (kg O<sub>2</sub>/ kwh)
- Aireación por difusores: Los difusores están montados en el fondo del reactor y el aire se alimenta en burbujas. La transferencia de oxígeno tiene lugar durante el ascenso de las burbujas. Las corrientes generadas debido al burbujeo ayudan a agitar la mezcla de líquido y microorganismos. Normalmente, no todo el O<sub>2</sub> alimentado es transferido, y la eficiencia de utilización en los sistemas de difusores, es baja (1-15%). Se tiene una capacidad de

aireación en el rango 0,5 a 2 (kg O<sub>2</sub> /kwh). Los volúmenes de aire alimentado son del orden de 30 a 40 (m<sup>3</sup>/kg DBO).

- Lagunas de aireación: Son relativamente baratas, aparentemente, y fáciles de operar. Normalmente tienen 2 a 6 m de profundidad, con una gran superficie. En el caso de las lagunas de maduración, donde se tienen largos tiempos de residencia, la principal fuente de O<sub>2</sub> proviene de la actividad fotosintética de las algas, llegándose a niveles de oxígeno disuelto de 20 a 30 g/m<sup>3</sup>. En climas con menor disponibilidad de luz solar esto no es muy eficiente.

La estructura de la población microbiana en el reactor depende del tipo de afluente y de las características de aireación. Una buena aireación elimina la presencia de algas y provee una población bacteriana heterotrófica con buenas características de floculación.

Por lo tanto los aereadores cumplen dos roles fundamentales: Oxigenación del efluente y agitación, para evitar la sedimentación de los flóculos en la laguna. Los aereadores mecánicos pueden ser flotantes o fijos. En caso de lagunas más profundas, se usa turbinas sumergidas (Aereadores Verticales). La potencia requerida para mezclar el contenido de la laguna, es del orden de 5 a 20 w/m<sup>3</sup>. El requerimiento energético para transferencia de O<sub>2</sub> se puede estimar sobre la base de datos de diseño de Aereadores comerciales, típicamente entre 1 y 3 (kg O<sub>2</sub>/ kwh). Los Aereadores mecánicos deben

ser localizados de manera adecuada, para hacer un uso eficiente de ellos, de acuerdo a recomendaciones del fabricante; por decir normalmente para Aereadores de 75 kw se usa espaciamientos mayores 20 m.

De este modo los aereadores horizontales poseen un eje hueco largo de 1.275 m con un motor eléctrico en un extremo y una hélice en el otro, lo cual aspira aire de la atmosfera, hacia el eje. La velocidad de aire y de la hélice crea turbulencia y forma burbujas pequeñas, desde las cuales se disuelve el oxígeno. Generalmente se instalan con ángulos variables de inclinación, sobre flotadores en tanques de aireación y en zanjonés de oxidación. Estos equipos tienen capacidades de transferencia de oxígeno de hasta 1.5 kg O<sub>2</sub> /kwh

Los sedimentos se pueden digerir naturalmente cuando la temperatura del agua en el fondo excede los 20 °C (verano). En climas fríos, los sedimentos se acumulan en el fondo, requiriendo una limpieza periódica.

Para estimaciones preliminares, se puede calcular el área de la laguna aireada sobre la base de un tiempo de residencia dado, por ejemplo 6 días, y una profundidad media de 5 m. También se puede utilizar una carga orgánica de diseño, con valores del orden de 400 (kg DBO alimentación / ha día) con eficiencias de remoción de DBO en el rango de 70 a 90%.

En el caso de las lagunas con aireación forzada, donde existan condiciones hidrodinámicas de agitación completa, se puede utilizar las ecuaciones de diseño revisadas en secciones anteriores, en base a datos cinéticos de bibliografía o de experiencias con efluentes similares.

Los problemas típicos asociados a las lagunas de tratamiento son: mala distribución del líquido en la laguna, variaciones estacionales de temperatura, malos olores, generación de lodos en el efluente y baja eliminación de organismos patógenos.

Normalmente, el efluente de la laguna contiene material en suspensión correspondiente a los microorganismos que se han reproducido en la laguna, con una concentración en el rango de 0,08 a 0,4 (kg/m<sup>3</sup>). Estos microorganismos deben ser eliminados del efluente antes de su descarga final, si no cumple con las normas que regulan su vertido.

Las lagunas de aireación (lagunas aireadas), se justifican en aquellos casos donde existe una adecuada disponibilidad de terreno a bajo costo. Sin embargo, su implementación no es recomendable en el caso de industrias que contienen contaminantes de baja biodegradabilidad, ya que pueden resultar inadecuadas para cumplir con la legislación ambiental.

Se recomienda utilizar lagunas en serie para corregir una mayor estabilidad operacional, a la vez de que dicho arreglo ayuda a

caracterizar cada laguna, de acuerdo a las características del afluente que recibe. Por ejemplo, la primera laguna recibe la mayor concentración de DBO, por lo que tendrá requerimientos de aireación más altos; las lagunas de las etapas finales presentarán bajas concentraciones de DBO y una mayor proporción de N y P, lo que puede generar una mayor actividad fotosintética



**Fig. 2.1. Ubicación de plantas de tratamiento de aguas residuales**

## 2.1.2 Antecedentes de funcionamiento de la PTAR San Juan y Huáscar

### PTAR San Juan

#### a) Condiciones de Diseño

Caudal Afluente Máximo =  $1.462 \text{ m}^3/\text{s}$  (Sumando 2 Ingresos)

Caudal promedio diario =  $0.800 \text{ a } 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$  (2 ingresos)



**TABLA 2.1.**  
**PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES LAGUNA AEREADA**

Parámetros	Afluente	Efluente estimado	Eficiencia de Remoción
DBO (mg/l)	250	30	88 %
SS (mg /l )	250	60	76%

b) Descripción de la PTAR. San Juan

El caudal promedio de ingreso real total a la planta es de 400 L/s, la DBO es de 550 mg/ L y la SS es de 500 mg /L.

La PTAR. San Juan para cumplir con todo el proceso está equipado por sistemas de desarenadores, lagunas aereadas, sedimentadores, lagunas de pulimento e instalaciones de desinfección.

El ingreso de caudal a la planta se realiza por 02 colectores de San Juan y Villa El Salvador. Cada colector dentro la planta tiene:

**Unidad de pre-tratamiento.**- Está provisto de rejas de barras mecánicas con rastrillos en vaivén completamente automatizados, 2 en la parte alta y 3 en la parte baja. El material (basuras inorgánicas) cribado es descargado a una faja transportadora horizontal automática y luego de ser transportada es descargada mediante una tolva al tornillo helicoidal horizontal y compactador;

el material inorgánico compactado finalmente es descargado a un contenedor especialmente diseñado y diariamente es retirado por camiones con brazo hidráulico giratorio hacia contenedores removibles.

Así mismo provee la cámara desarenadora canales de flujo horizontal con fondo inclinado para la sedimentación de arena siendo 2 en la parte alta y 3 en la parte baja. Estas cámaras desarenadoras están equipadas por electrobombas sumergibles automáticas (tipo vórtice) para el bombeo de la arena hacia los lavadores automáticos conformado por equipos tipo tornillo con separadores hidrociclónicos; la arena clasificada y lavada es descargada a un contenedor de igual diseño que el material cribado.

**Laguna aereada a mezcla completa (LAMC).**- Está compuesto por aereadores del tipo aspirador (4 sets/ Laguna) y Aereadores de tipo vertical (2 sets / laguna) para el suministro de oxígeno y para la mezcla completa. En la primera LAMC se prevén dos salidas para evitar cortocircuitos.

**Laguna aereada a mezcla parcial (LAMP).**- Está compuesto por aereadores del tipo aspirador (2 sets/ laguna) para el suministro

de oxígeno y para la mezcla parcial. Tienen además sistemas de bombeo (draga) para el drenaje de lodos y/o aguas residuales.

**Lagunas sedimentadoras.-** Encargada de remover los sólidos suspendidos y floculados o precipitados químicamente como parte del tratamiento de aguas residuales.

**Laguna de pulimentos.-** Es la encargada de remover las bacterias y patógenos o materia generados por el hombre pasantes de los sedimentadores como fluido. Existen paredes guías tipo cortina para mejorar el efecto de remoción de coliformes y parásitos. Para este proceso las profundidades de las lagunas son de 4 m debido al área limitada de terreno. En esta parte el tiempo de residencia del proceso es de 5 a 10 días.

**Sistema de cloración.-** Tiene 02 tanques de desinfección para cada una de las descargas; provistos por cloradores para los tanques de desinfección. Las bacterias, coliformes y/o parásitos pasantes de las lagunas de pulimento son removidas en este proceso a través de la dosificación proporcionado de cloro.

**Otros.-** Una bomba de agua de dilución de cloro y una bomba de agua está instalada en un pozo de bombeo en el tanque de desinfección para el rehúso del agua de planta. Para drenar el

sobrenadante de los lechos de secado de lodos, se provee de una bomba de drenaje que bombeará el agua hacia la LAMC cercana. Se tiene un medidor de caudal a la salida del vertedero de un tanque de desinfección para medir el caudal descargado. Adicionalmente existen medidores de caudal tipo Parshall para cada canal de riego respectivamente.

Finalmente el agua tratada sirve como rehúso para riegos o se va al mar.

**Energía.-** La potencia instalada del equipamiento de la planta está en 1500 kw, la tensión media de llegada de energía es 10,000 kv, la tensión baja para operación de los equipos es de 440V, el consumo de energía mensual promedio en horas punta llega a 150,000 kwh y fuera de punta 680,000 kwh como valores promedios y la facturación mensual de energía llega a S/. 200,000 nuevos soles promedio. Para garantizar el proceso de tratamiento de aguas residuales se tiene cerca de 100 equipos electromecánicos incluyendo a los equipos de control y fuerza eléctrica, instrumentación y otros.

**TABLA 2.2.**  
**DELINEAMIENTO DE LA PTAR SAN JUAN**

Particularidades	Descripción	Cantidad
1. Caudal de Diseño	Qmáx. = 1.462 m <sup>3</sup> /s = 126,400 m <sup>3</sup> /día Qd.prom. = 1.0 m <sup>3</sup> /s = 86,400 m <sup>3</sup> /día (Parte Alta: 0.4 m <sup>3</sup> /s, Parte Baja: 0.6 m <sup>3</sup> /s)	
2. Desarenador	Tipo Flujo Horizontal 1.5mW x 14mL x 1.0mD 1.5mW x 17mL x 1.2mD Reja de Limpieza Mecánica, Bomba de Arena Separador Ciclónico	2(1) 3(1) Global
3. Medidor de Caudal	Medidor de Caudal Tipo Parshall Parte Alta W = 457.2 mm Parte Baja (1) W = 609.6 mm Parte Baja (2) W = 457.2 mm	1 1 1
4. Laguna Aerada a Mezcla Completa	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 80m x 72m x 3.0 mD, TR = 2.0 días Aerador Tipo Aspirador 22 kW Aera Aerador Tipo Aspirador 15 kW Aerador Tipo Vertical 22 kW	4 (Alta) 6 (Baja) 20 20 20
5. Laguna Aerada a Mezcla Parcial	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 80 m x 48m x 3.0 mD, TR = 2.0 días Aerador Tipo Aspirador 11 kW	6(A)+9(B) 30
6. Poza de Sedimentación	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 40 m x 72 m x 3.0 mD TR = 1.0 día	4(A)+6(B)
7. Laguna de Pulimento	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 80m x 90 m x 4.0 mD TD= 5 días	6(A)+9(B)
8. Tanque de Desinfección	Tipo Canal de Concreto Reforzado Parte Alta 2.2 mW x 88 mL x 2.0 mD Parte Baja (1) 2.2 mW x 88 mL x 2.0 mD Parte Baja (2) 1.5 mW x 60 mL x 2.0 mD Clorador 10 kg-Cl/h	1 1 1 3
9. Lecho de Secado de Lodos	Lecho de Concreto con Filtración de Grava y Arena 60 m x 20m	8
10. Edificio de Administración	Oficina, Cuarto Eléctrico, Laboratorio, Otros	1
11. Edificio Sub-Eléctrico	Paneles	1
12. Equipamiento Eléctrico	Capacidad Eléctrica Total Aprox 1,680 kW	Global
13. Bomba de Aguas Diversas		Global
14. Otros		Global

## PTAR Huáscar

### a) Condiciones de Diseño

Caudal Afluente Máximo = 0.5 m<sup>3</sup>/s

**TABLA 2.3**

### **PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES LAGUNA AEREADA**

Parámetros	Afluente	Efluente estimado	Eficiencia de remoción
DBO5 (mg/l)	250	30	88 %
SS (mg /l)	250	60	76%

### b) Descripción de la PTAR Huáscar

El caudal promedio de ingreso real a la planta es de 90 a 100 l/s, la DBO es de 700 mg/ l y la SS es de 700 mg /l. Cabe mencionar, el Caudal que ingresa a la planta viene del colector cono sur de Villa el Salvador.

La PTAR Huáscar consiste de desarenador, sistema de lagunas aereadas de mezcla completa y parcial, sedimentadores, laguna de pulimento, lechos de secado e instalaciones de desinfección.

**Unidad de pre-tratamiento (desarenador y rejillas).**- Está provisto de rejillas de barras mecánicas con rastrillos en vaivén completamente automatizados, El material cribado es descargado mediante el compactador a un contenedor especialmente diseñado para esta actividad. El contenedor es retirado diariamente por camiones con brazo giratorio- camión con contenedor removible. Para el desarenado se tiene 02 transportadores helicoidales que retiran la arena limpia o lavada desde las profundidades de la cámara de sedimentación de arena. La arena lavada transportada por los tornillos helicoidales es descargada a un contenedor del igual diseño que para el material cribado. Además se cuenta con 01 soplador de aire para el lavado de arena en la parte profunda de la cámara desarenadora.

**Laguna aerada a mezcla completa (LAMC).**- Está compuesto por aereadores horizontales del tipo aspirador (2 sets/ laguna) y aereadores de tipo vertical (2 sets / laguna) para el suministro de oxígeno y para la mezcla completa, solo se tiene 01 salida previsto en la primera LAMC

**Laguna aerada a mezcla parcial (LAMP).**- Está compuesto por aereadores del tipo aspirador (2 sets/ laguna) para el suministro de oxígeno y para la mezcla parcial. Tienen además sistemas de bombeo para el drenaje de lodos y/o aguas residuales.

En ambos casos el retiro de lodos y-o drenaje de agua residual se realizará por la draga.

**Lagunas sedimentadores.-** Encargada de remover los sólidos suspendidos y floculados o precipitados químicamente como parte del tratamiento de aguas residuales.

**Laguna de pulimentos.-** Sirve para el reuso del efluente tratado en la vecindad. Está fijado para  $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$  y tiene una válvula de cierre para el efluente a nivel específico del agua durante el periodo que no hay reuso. Existen paredes guías tipo cortina para mejorar el efecto de remoción de coliformes y parásitos.

**Sistema de cloración.-** La mayor parte de los coliformes son removidos en la LP. Es decir los coliformes pasantes serán eliminados por equipos de dosificación de cloro gas para la desinfección y asegurar el efecto de la remoción.

**Otros.-** Existen bombas para reuso de las aguas residuales tratadas con fines de uso interno en áreas verde y otros. Los lechos de secado cumplen con admitir el lodo retirado de las lagunas en programación de limpieza con la finalidad de mejorar la eficiencia de la planta. El agua tratada se deriva hacia el parque Zonal N° 26 por gravedad.



**Energía.-** La potencia instalada del equipamiento de la planta está en 300 kw, la tensión media de llegada de energía es 10,000kv, la tensión baja para operación de los equipos es de 440V, el consumo de energía mensual promedio en horas punta llega a 22, 680 kwh y fuera de punta a 100,000 kwh y la facturación mensual de energía está entre los S/. 35,000 a S/. 40,000 nuevos soles. Para garantizar el proceso de tratamiento de aguas residuales se tiene cerca de 50 equipos electromecánicos incluyendo a los equipos de control y fuerza eléctrica, instrumentación y otros.

**TABLA 2.4.DELINEAMIENTO DE LA PTAR HUASCAR**

Particularidades	Descripción	Cantidad
<b>PT HUASCAR</b>		
1. Caudal de Diseño	De Tubería de Fuerza $Q_{max} = 2.211 \text{ m}^3/\text{s} = 191,000 \text{ m}^3/\text{día}$ $Q_d \text{ prom.} = 2.2 \text{ m}^3/\text{s} = 190,000 \text{ m}^3/\text{día}$ PT Huascar $Q_d \text{ más} = 0.50 \text{ m}^3/\text{s} = 43,200 \text{ m}^3/\text{s}$ (Para San Bartolo $Q_d \text{ prom.} = 1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ )	
2. Medidor de Caudal	Medidor de Caudal Tipo Parshall MC-1 W = 1,524 mm para San Bartolo MC-2 W = 457 mm para Huascar MC-3 W = 457 mm para Lurín MC-4 W = 229 mm para Parque Zonal 26	1 1 1 1
3. Laguna Aerada a Mezcla Completa	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 67m x 72m x 3.0 mD TR = 2.0 días Aerador Tipo Aspirador 15 kW Aerador Tipo Vertical 15 kW	6 24 12
4. Laguna Aerada a Mezcla Parcial	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 48m x 67m x 3.0 mD (3 lagunas/1 serie) TR = 2 días Aerador Tipo Aspirador 7.5 kW	9 18
5. Poza de Sedimentación	Pared de Concreto Reforzado Rectangular 48m x 100m x 3.0 mD TR = 1 día	3
6. Laguna de Pulimento	Terraplén Rectangular (para 0.05 m <sup>3</sup> /s) 50m x 145m x 2.2mD (conversion en lagunas existentes) TR = 5 días	2
7. Tanque de Desinfección	Concreto Reforzado Rectangular (para 0.05 m <sup>3</sup> /s) 1.2 mW x 20mL x 2.0 mD (5mL x 4 pases) Clorador 1 kg-cl/hr	1 1
8. Lecho de Secado de Lodos (L.SL.)	Lecho de Concreto con Filtración de Grava y Arena 50 m x 25 m	4
9. Edificios de Administración	Oficina, Cuarte Eléctrico, Laboratorio, Otros	1
10. Equipamiento Eléctrico	Capacidad Eléctrica Total Aprox. 800 kW	Global
11. Misc. Bomba de Agua		Global
12. Otros		Global

## 2.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS DE LAS PLANTAS



Fig. 2.2. PTAR SAN JUAN



Fig. 2.3. PTAR HUASCAR

## 2.2.1 Operación de la línea de pre- tratamiento y biológico de la PTAR. San Juan

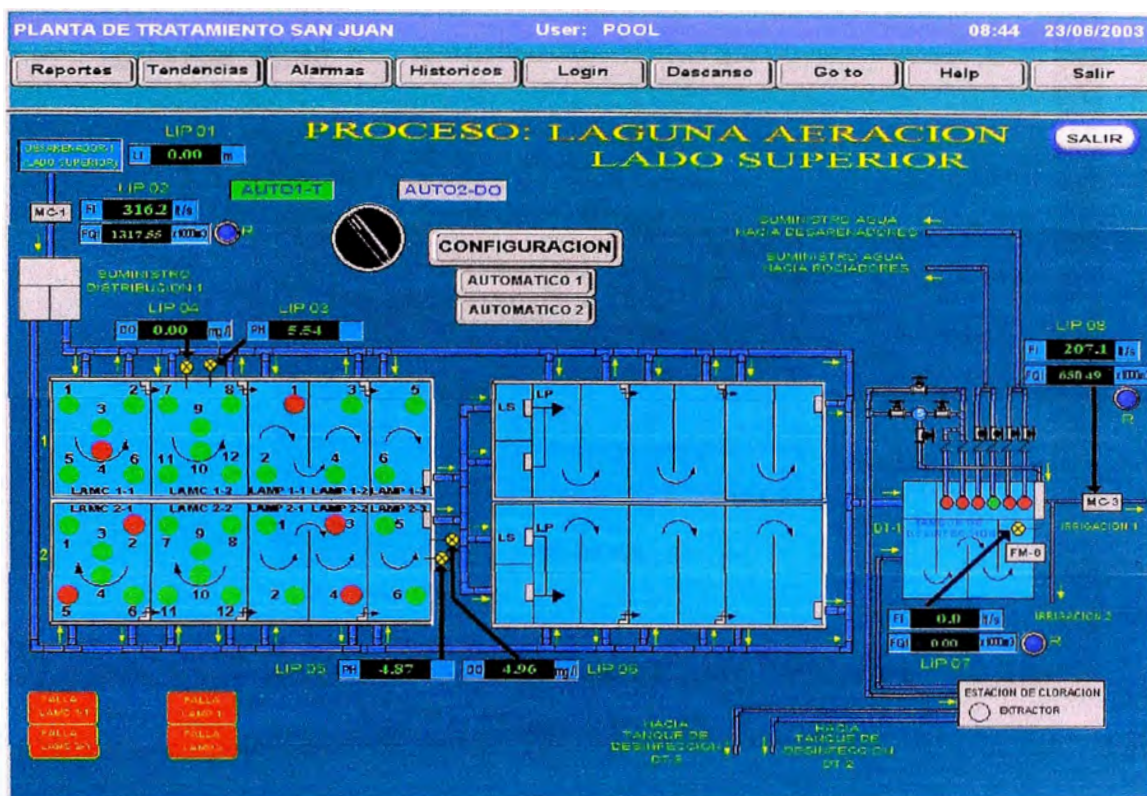


Fig. 2.4. Esquema de Tratamiento de Aguas Residuales  
PTAR SAN JUAN - (Pantalla Scada)

Componentes de la planta:

- 02 Sistemas de pre-tratamiento automático (05 rejas, 05 desarenadoras)
- 08 lagunas de mezcla completa
- 12 lagunas de mezcla parcial
- 08 lagunas sedimentadores y 12 lagunas de pulimento.
- 10 lechos de secado
- 02 cámaras de contacto de cloro

Esquema de distribución de componentes de la planta de San Juan

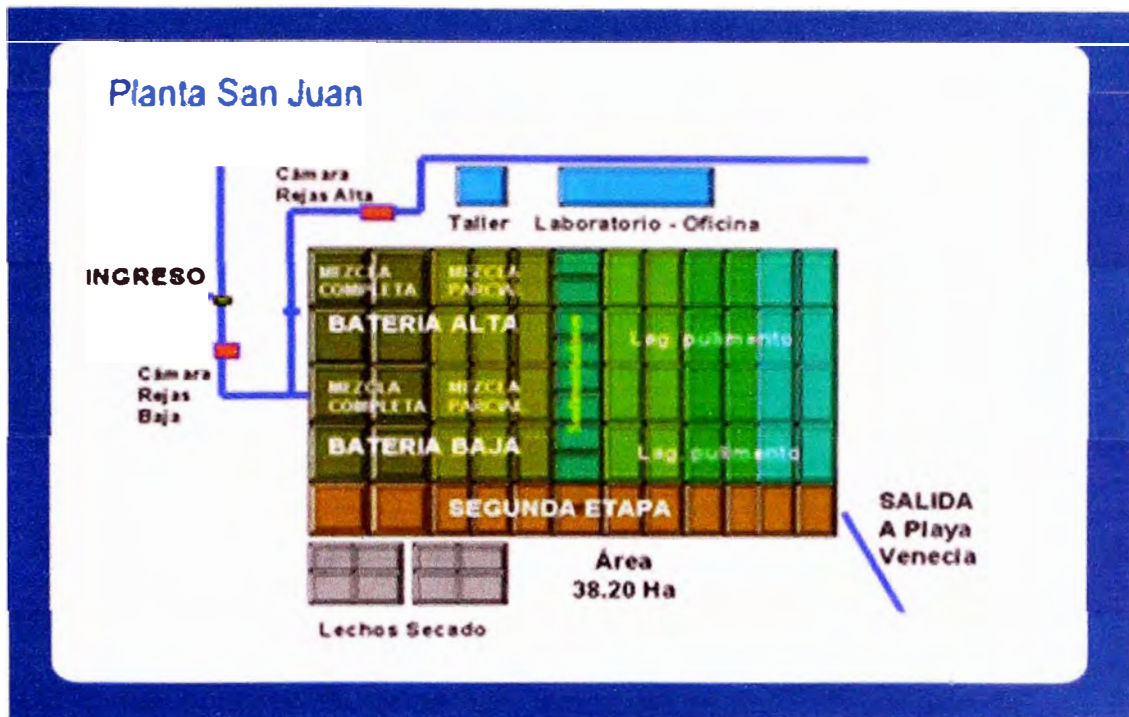


Fig. 2.5 PTAR SAN JUAN



Fig. 2.6. Unidad de pre-tratamiento – PTAR SAN JUAN

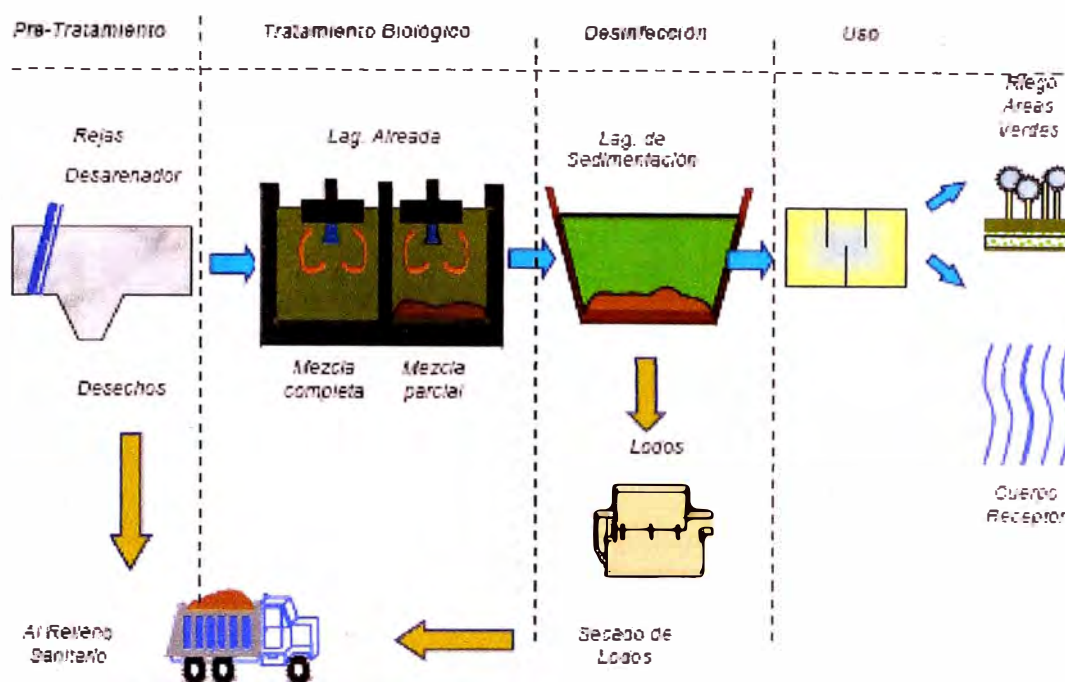


Fig. 2.7. Etapas del proceso de tratamiento – PTAR SAN JUAN

TABLA 2.5.

PRINCIPALES PARÁMETROS – PTAR SAN JUAN

AÑO	CAUDAL Q	DBO-TOTAL (*) (mg/l)			SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)		
		EP	SP	% EFIC.	EP	SP	% EFIC.
2003	347.7	376.8	29.4	92.21%	401.1	27.8	93.07%
2004	423.8	504.5	22.5	95.55%	437.5	30.0	93.15%
2005	409.0	486.0	26.0	94.65%	375.0	29.0	92.27%
2006	425.0	482.0	28.0	94.19%	393.0	29.0	92.62%
2007	420.0	516.9	25.8	95.00%	411.7	22.0	94.66%
2008	428.0	468.0	33.0	92.80%	435.0	30.0	93.10%
2009	422.6	442.6	38.7	91.25%	447.2	23.9	94.65%

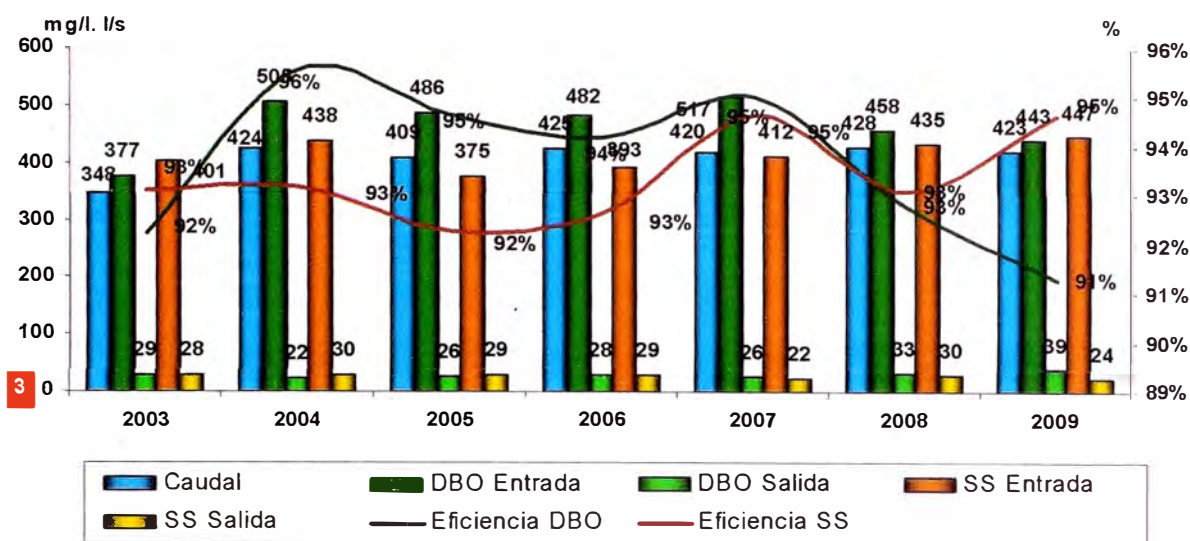


Fig. 2.8.Caudal, DBO, SS, Eficiencias – PTAR SAN JUAN

## DISTRIBUCION DE AEREADORES DE 15, 20 Y 30 EN LAS LAGUNAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LA PTAR SAN JUAN

TABLA 2.6. AEREADORES HORIZONTALES Y VERTICALES

TIPO DE AERADOR	POTENCIA	CANTIDAD
HORIZONTAL	30	16
VERTICAL	30	16
HORIZONTAL	20	16
HORIZONTAL	15	24

**PTAR SAN JUAN**  
**UNIDAD DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO**  
**DISTRIBUCIÓN DE AERADORES**  
**HORIZONTALES Y VERTICALES**

	LAMC 1-1	LAMC 1-2	LAMP 1-1	LAMP 1-2	LAMP 1-3
<b>BATERIA Nº 1</b>	1 (30HP), 2 (20HP), 3 (30HP), 4 (30HP), 5 (20HP), 6 (30HP)	7 (30HP), 8 (30HP), 10 (30HP), 11 (20HP), 12 (30HP)	1 (15HP), 2 (15HP)	3 (15HP), 4 (15HP)	5 (15HP), 6 (15HP)
<b>BATERIA Nº 2</b>	1 (30HP), 2 (20HP), 3 (30HP), 4 (30HP), 5 (20HP), 6 (30HP)	7 (30HP), 8 (20HP), 10 (30HP), 11 (20HP), 12 (30HP)	1 (15HP), 2 (15HP)	3 (15HP), 4 (15HP)	5 (15HP)
<b>BATERIA Nº 3</b>	1 (30HP), 2 (20HP), 3 (30HP), 4 (30HP), 5 (20HP), 6 (30HP)	7 (30HP), 8 (20HP), 9 (30HP), 10 (30HP), 11 (20HP), 12 (30HP)	1 (15HP), 2 (15HP)	3 (15HP), 4 (15HP)	5 (15HP)
<b>BATERIA Nº 4</b>	1 (30HP), 2 (20HP), 3 (30HP), 4 (30HP), 5 (20HP), 6 (30HP)	7 (30HP), 8 (20HP), 9 (30HP), 10 (30HP), 11 (20HP), 12 (30HP)	1 (15HP), 2 (15HP)	3 (15HP), 4 (15HP)	5 (15HP), 6 (15HP)

**Conclusiones**

Aerador 20HP total ejes sin cambiar 10 Unid.

Aerador 20HP total ejes cambiados 07 Unid.

Aerador 15HP total ejes sin cambiar 06 Unid.

Aerador 15HP total ejes cambiados 18 Unid.

	LAMC 1	LAMC 2	LAMP 1	LAMP 2	LAMP 3
<b>Aerador 20HP</b>					
Ejes sin cambiar	6	4	2	2	2
Ejes Cambiados	2	5 (1 es de ubic. 30 Hp)	6	6	6
<b>Aerador 15HP</b>					
Ejes sin camb.			2	2	2
Ejes cambiados			6	6	6

**Fig. 2.9. Distribución de aeradores - PTAR SAN JUAN**

## 2.2.2 Operación de la línea de pre-tratamiento y biológico de la PATR Huáscar

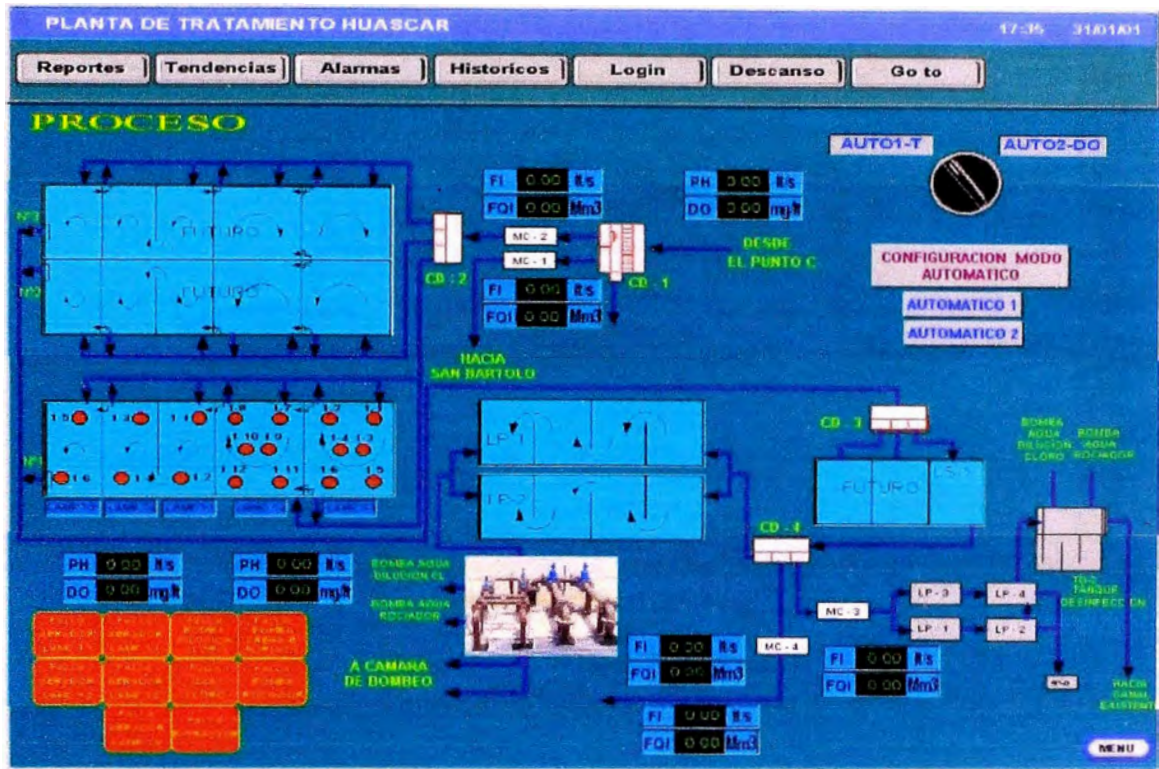


Fig. 2.10. Esquema de tratamiento de aguas residuales  
PTAR HUASCAR (PANTALLA SCADA)

Componentes de la planta:

- 01 Sistema de pre-tratamiento automático (01 reja, 01 desarenador)
- 02 lagunas de mezcla completa
- 03 lagunas de mezcla parcial
- 01 sedimentador y 02 lagunas de pulimento.
- 01 cámara de contacto de cloro
- 04 lechos de secado



Esquema de distribución de componentes de la planta Huáscar

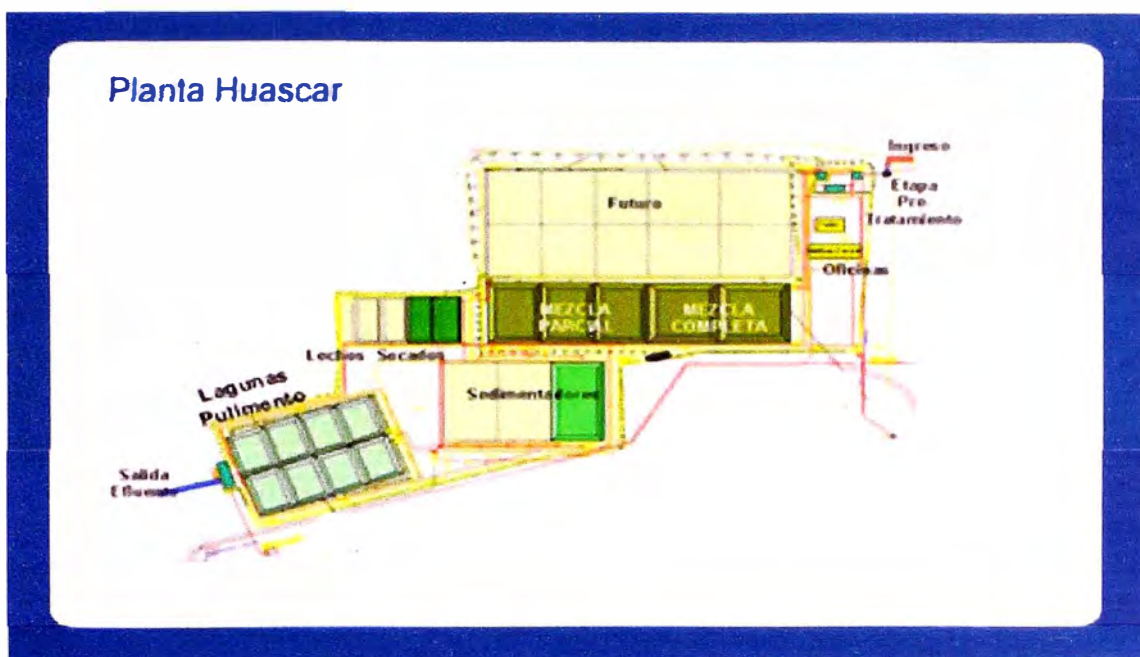


FIG. 2.11. PTAR HUASCAR



Fig. 2.12. Unidad de pre-tratamiento – PTAR HUASCAR

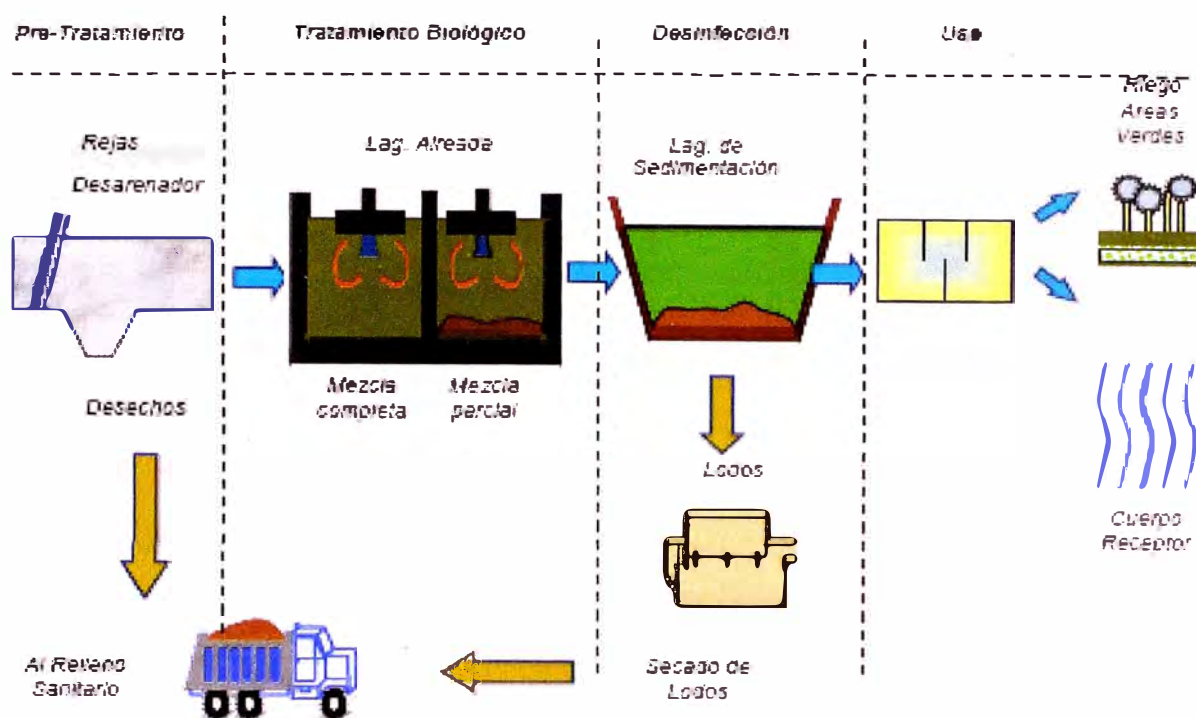


Fig. 2.13. Proceso de tratamiento – PTAR HUASCAR

TABLA 2.7. PRINCIPALES PARÁMETROS – PTAR HUASCAR

AÑO	CAUDA L Q	DBO-TOTAL (*) (mg/l)			SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)		
		EP	SP	% EFIC.	EP	SP	% EFIC.
2005	61.0	513.0	97.0	81.09%	442.0	62.0	85.97%
2006	73.0	552.0	120.0	78.26%	486.0	75.0	84.57%
2007	73.0	636.9	127.8	79.90%	516.4	76.4	85.21%
2008	73.0	483.3	81.9	83.10%	458.1	83.4	81.70%
2009	77.7	420.5	66.5	84.18%	440.8	72.9	83.47%

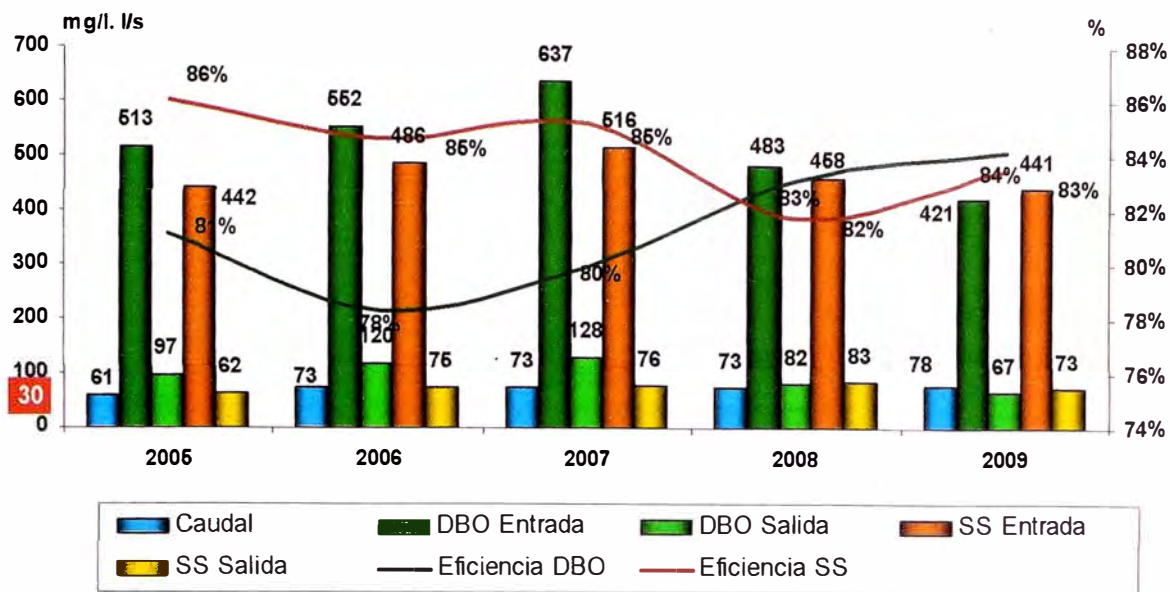


FIG. 2.14 Caudal, DBO, SS, Eficiencias – PTAR HUASCAR

## DISTRIBUCION DE AEREADORES DE 10, 20 Y 30 EN LAS LAGUNAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LA PTAR HUASCAR

TABLA 2.8 AEREADORES HORIZONTALES Y VERTICALES

TIPO DE AEREADOR	POTENCIA	CANTIDAD
HORIZONTAL	20	8
VERTICAL	20	4
HORIZONTAL	10	6

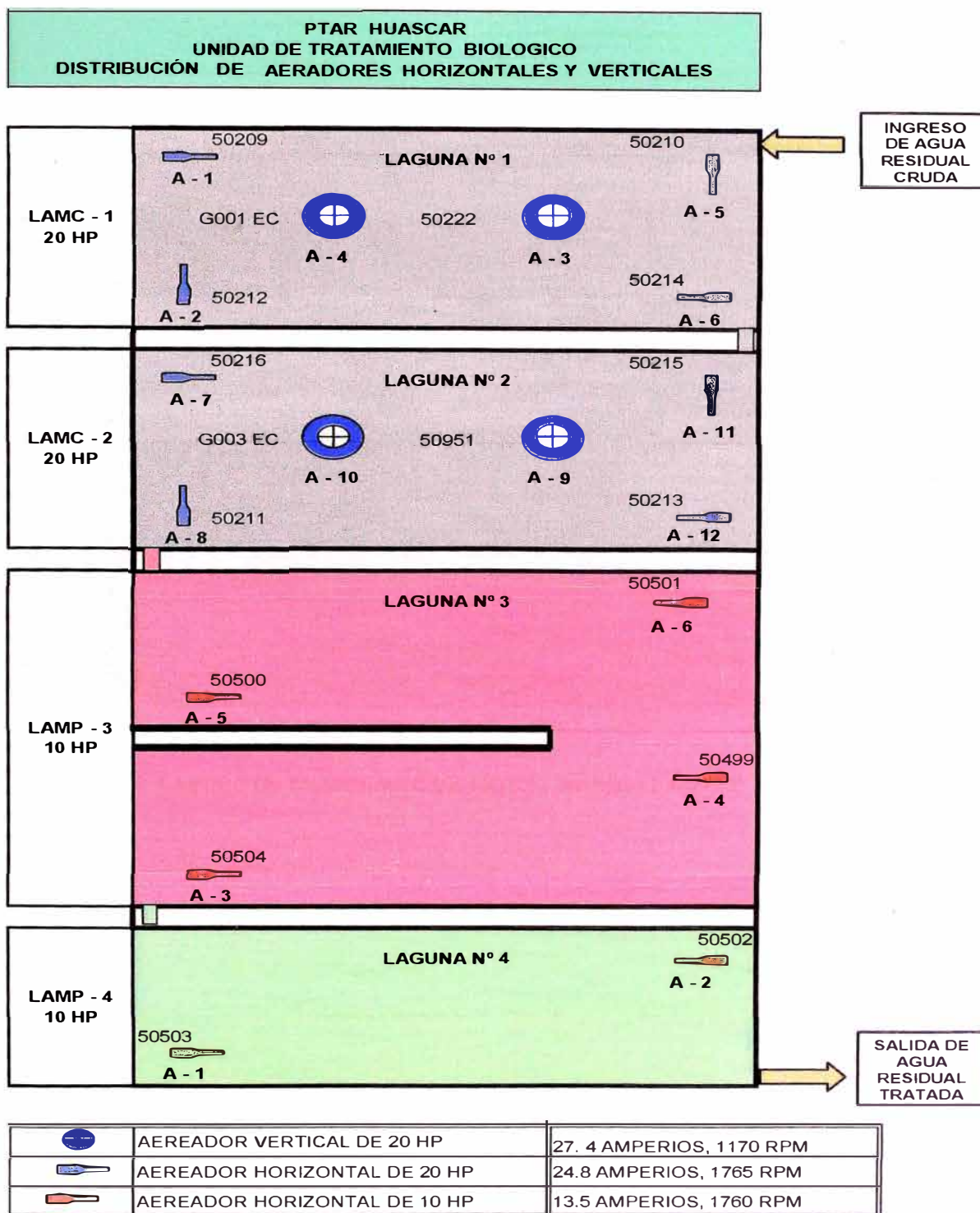


Figura 2.15 Distribución aeradores – PTAR HUASCAR



**Fig. 2.16** Laguna de tratamiento biológico aerobio LAMC 2 - PTAR HUASCAR

## CAPÍTULO III

### ALCANCES DE LAS ROTURAS DE EJES EN LOS AERADORES DE 15-20 HP

#### 3.1 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS AERADORES DE 15 – 20 HP DE POTENCIA

**TABLA 3.1.  
CARACTERISTICAS TECNICAS DE AERADORES - PTAR'S**

AERADORES DEL TIPO ASPIRADOR HORIZONTAL AIRE O2 DE LAS PTAR SAN JUAN Y HUASCAR			
TAMAÑO		POTENCIAS	
		15 HP	20 HP
DATOS GENERALES	País de Origen	EE.UU	EE.UU
	Marca	Aereation Industries International	Aereation Industries International
	Material	Acero Inoxidable 316 Austenítico	Acero Inoxidable 316 Austenítico
TRANSMISION	Tipo	acople fijo eje cardan	acople fijo eje cardan
	Relación de Transmisión	1 : 1	1 : 1
MOTOR ELCTRICO	Frame	254 TC	256 TC
	Potencia en ( Kw)	11	15
	Tensión (V)	220 / 440	220 / 440
	Corriente (A)	36.6 / 18.30	49.70 / 24.80
	velocidad (rpm)	1760	1765
	Factor de Potencia en (%)	87	87
	Eficiencia (%)	90.7	91
	Frecuencia (Hz)	60	60
	Peso (kg)	211	213
	Capacidad de O2 (kg O2 / Kwh)	1.5	1.5
	Clase de Protección y Aislamiento	clase f / 40 · c (b)	clase f / 40 · c (b)
Refrigeración	Enfriado por aire forzado		
RODAMIENTOS	Rodamiento Nº 1	6309-C3	6309-C3
	Rodamiento Nº 2	6209-ZC3	6209-ZC3

Los aereadores del tipo aspirador horizontal AIRE – O<sub>2</sub>, son a la vez aireador /mezclador de aspiración con hélice el aire atmosférico es descargado debajo de la superficie del agua y mezclado por medio de la misma hélice. El eje es hueco unido al motor con la hélice y el difusor. El apoyo del eje en la parte final sumergido al agua seda a través del extremo libre del capuchón o protector del eje giratorio donde interiormente esta ensamblado un cojinete lubricado con agua. El eje tiene aberturas en la parte superior (zona de admisión de aire) que permite el ingreso del flujo de aire hacia el extremo del difusor.

La hélice al girar impulsa la masa de agua ocasionando una turbulencia originándose la caída de presión y por ende el ingreso el aire atmosférico por debajo de la superficie.

El aire con su contenido de oxígeno se difunde a través del flujo horizontal formando burbujas pequeñas de 2mm que se asemeja a la definición de los difusores de burbuja fina. El área de influencia de las burbujas y el amplio tiempo de contacto con el agua varían de acuerdo al tamaño del aereador. El oxígeno introducido es absorbido por el agua y la biomasa de bacterias presentes en el proceso.

Entonces el diseño de la hélice es único para cada tamaño de motor referido a su potencia (HP), velocidad (RPM), frecuencia (60HZ). Mientras que el eje está unido al motor por de una cupla y cardán siendo esta flexible de vida útil limitada. El cojinete lubricado por agua

elimina la necesidad de usar rodaje, sellos, retenes y puntos de lubricación por grasa. El cojinete es elastómero que gira alrededor de un cerámico. Entre ambos se forman una película de agua que es el lubricante entre estas 02 piezas. La pieza de elastómero tiene una vida útil de 7- 10 años.



## Theory of Operation....

The AIRE-O<sub>2</sub> operates by creating a partial vacuum under the water, drawing air through the shaft, and dispersing the oxygen into the water in a horizontal direction. As the

propeller rotates, it induces a flow of atmospheric oxygen through the air intake ports on the shaft located above the water surface. This air is then drawn through the shaft, past the propeller, and exits in a high velocity stream of fine bubbles as it is diffused into the water. The average bubble size produced is approximately 2.0

millimeters, and meets the optimum size of 2.2 millimeters established by the U.S. EPA for fine bubble diffused air systems.

Oxygen is transferred to the water and biomass during the contact time with the fine bubbles. The combination of the AIRE-O<sub>2</sub>'s unique propeller design and horizontal mixing produces total oxygen dispersion, optimizing the wastewater treatment process.

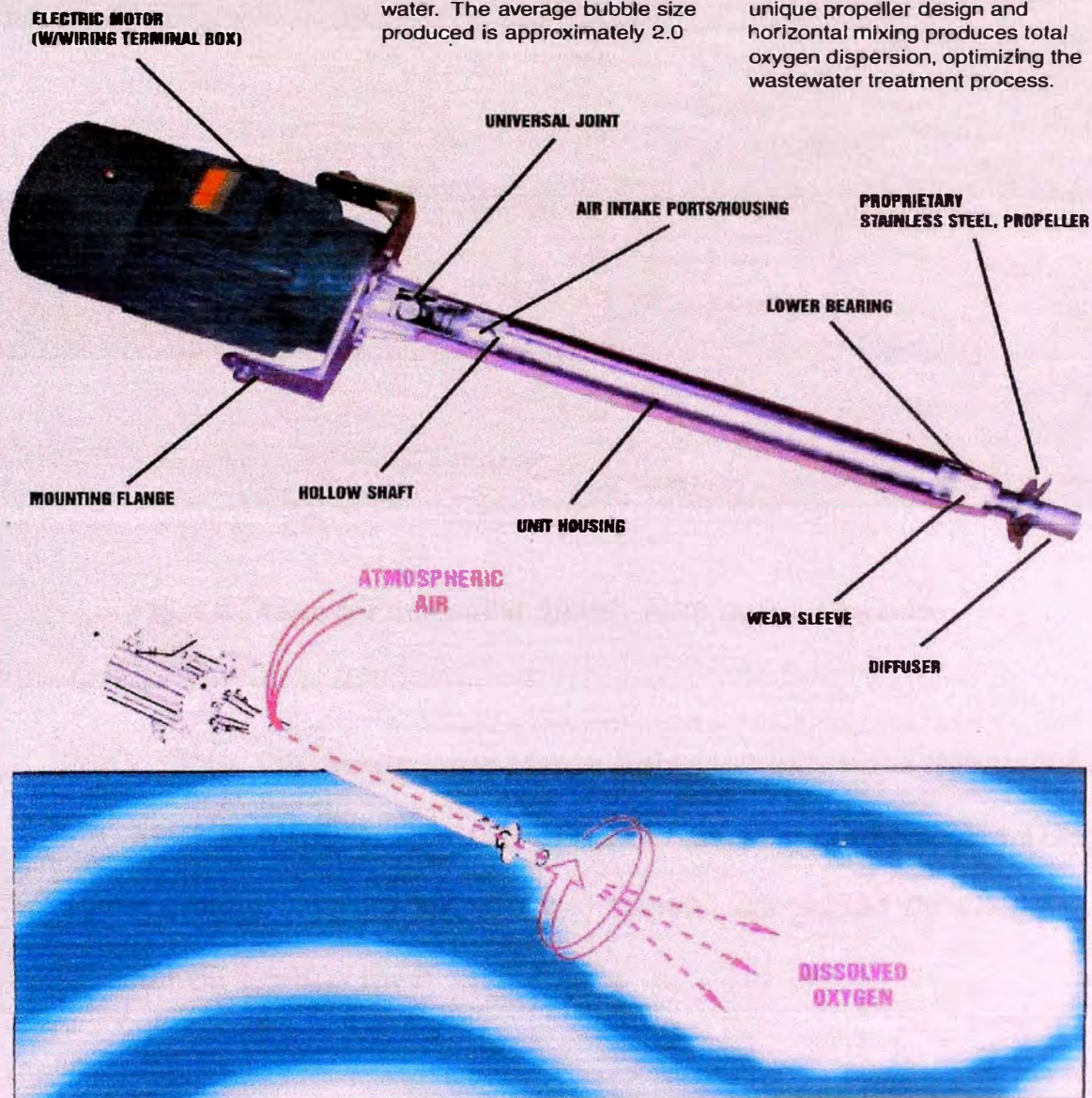


Fig. 3.1 Aspiración de aire y mezclado - aerador AIRE O<sub>2</sub>



**Fig. 3.2 Aereador horizontal 20 HP- AIRE O<sub>2</sub> en operación**

Por lo tanto los aereadores Marca Aereation Industries International, Inc. Modelo AIRE O<sub>2</sub> HORIZONTAL AEREATOR, FRAME 254 TC de 15HP (11kw) y 20 HP (15 kw) tienen capacidad de Oxígeno a inyectar de 1.5 Kg / kw-h.

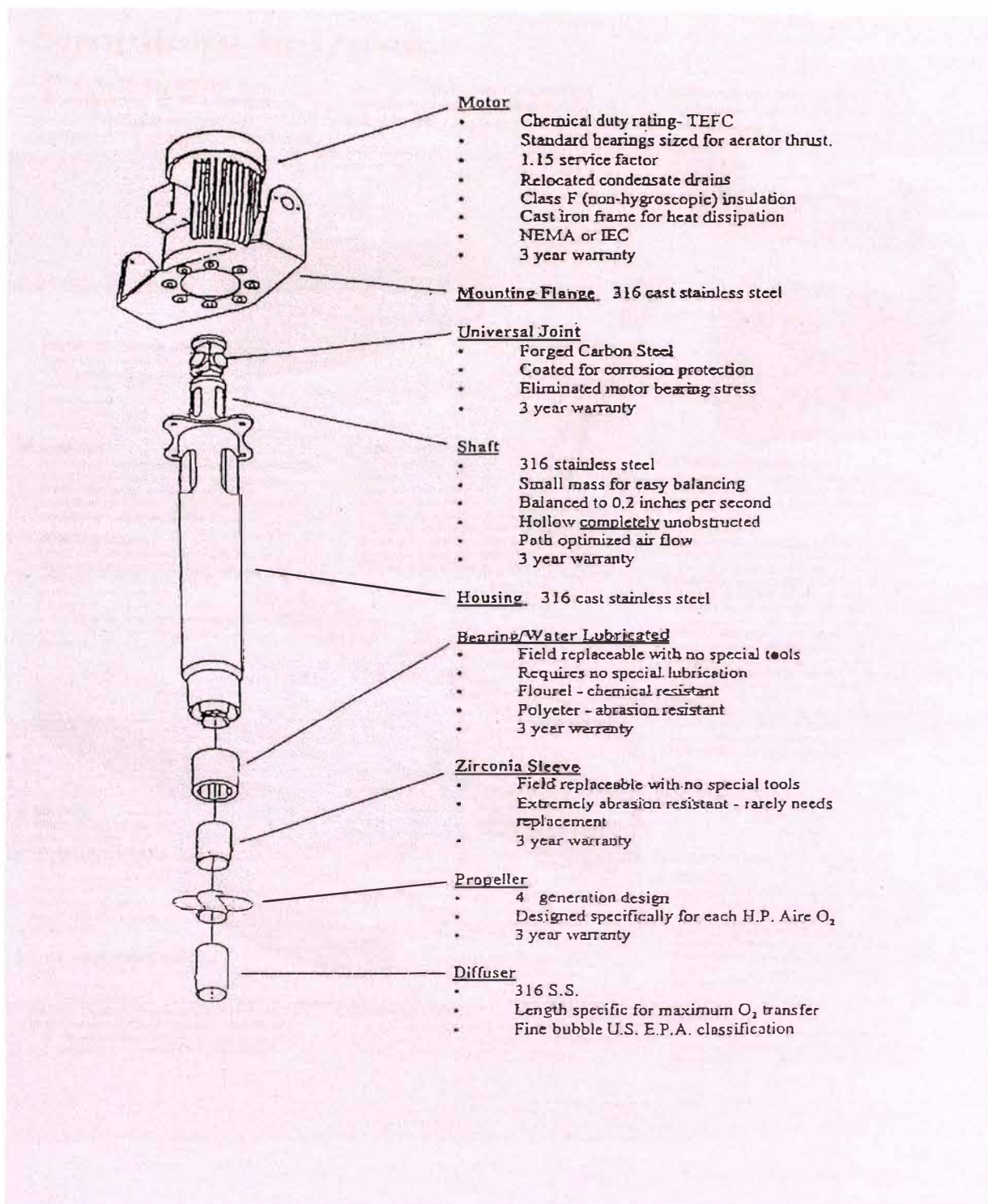


Fig. 3.3. Componentes de eje del aerador de 15 y 20 HP

## Simplicity in Design....

The AIRE-O<sub>2</sub> aerator is a statement of simplicity in itself, offering a horizontal aspirating air system on an easily

accessible surface mounted flotation system. Consisting of only a few moving parts, the

AIRE-O<sub>2</sub> aerator offers easy installation and requires little maintenance.

### 1. SEVERE DUTY MOTOR (TEFC)

Each motor features a 1.15 service factor, cast iron framing, a B10 bearing life, a gasketed conduit box, and corrosion resistant hardware.

### 2. HARDWARE

Structural frames, fasteners and cabling are offered in galvanized steel as standard equipment or in stainless steel for maximum corrosion resistance in severe wastewater environments.

### 3. MOUNTING FLANGE

Made of 316 stainless steel, it supports both the housing and motor for various mounting options. It features an adjustable angle for various water depths and can pivot the aerator out of the water for servicing.

### 4. HOUSING

Made of rugged 316 stainless steel, the housing encloses the rotating drive shaft. Large openings near the top allow atmospheric air to enter into the hollow drive shaft.

### 5. DRIVE SHAFT (INSIDE HOUSING)

The drive shaft is made of 316 stainless steel and uses a universal coupling to maintain alignment. The hollow shaft extends through the housing, with both the propeller and diffuser securely affixed to it. The shaft is balanced to provide less than 0.2 inches Per Second (IPS) vibration.

### 6. VORTEX SHIELD

A vortex suppressing device is provided as standard equipment. Vortexes are prone to form when a rotating propeller device is operated with minimum submergence. The floating shield prevents vortexes from contacting the propeller, protecting the aerator from shock loads.

### 8. SEVERE DUTY WEAR SLEEVE

An environmentally friendly nonmetallic sleeve protects the drive shaft from wear, and is easily field replaceable.

### 9. PROPELLER

Specifically designed for the AIRE-O<sub>2</sub> Aspirator and made with only the highest quality materials, Aeration Industries' proprietary propeller is the technological breakthrough that places the AIRE-O<sub>2</sub> aerator far above the competition in quality and performance. Developed with university and naval experts, our propellers are designed specifically for aspirating technology and are not available anywhere else in the world. Although most competitors use propellers that are designed for stationary or propulsion applications, the AIRE-O<sub>2</sub>'s propeller has been designed to eliminate cavitation and to promote maximum oxygen transfer while maximizing mixing velocities.

### 10. DIFFUSER

Made of 316 stainless steel and geometrically matched to the propeller, the diffuser is designed to provide the greatest differential pressure across the opening for maximum atmospheric air flow, and to produce the optimum bubble size for extended contact time with wastewater.

### 11. FLOTATION

Lightweight, low density UV protected polyethylene shells, foam filled with close-cell polyurethane, provide positive buoyancy to 640 lbs. (290 Kg) per float.

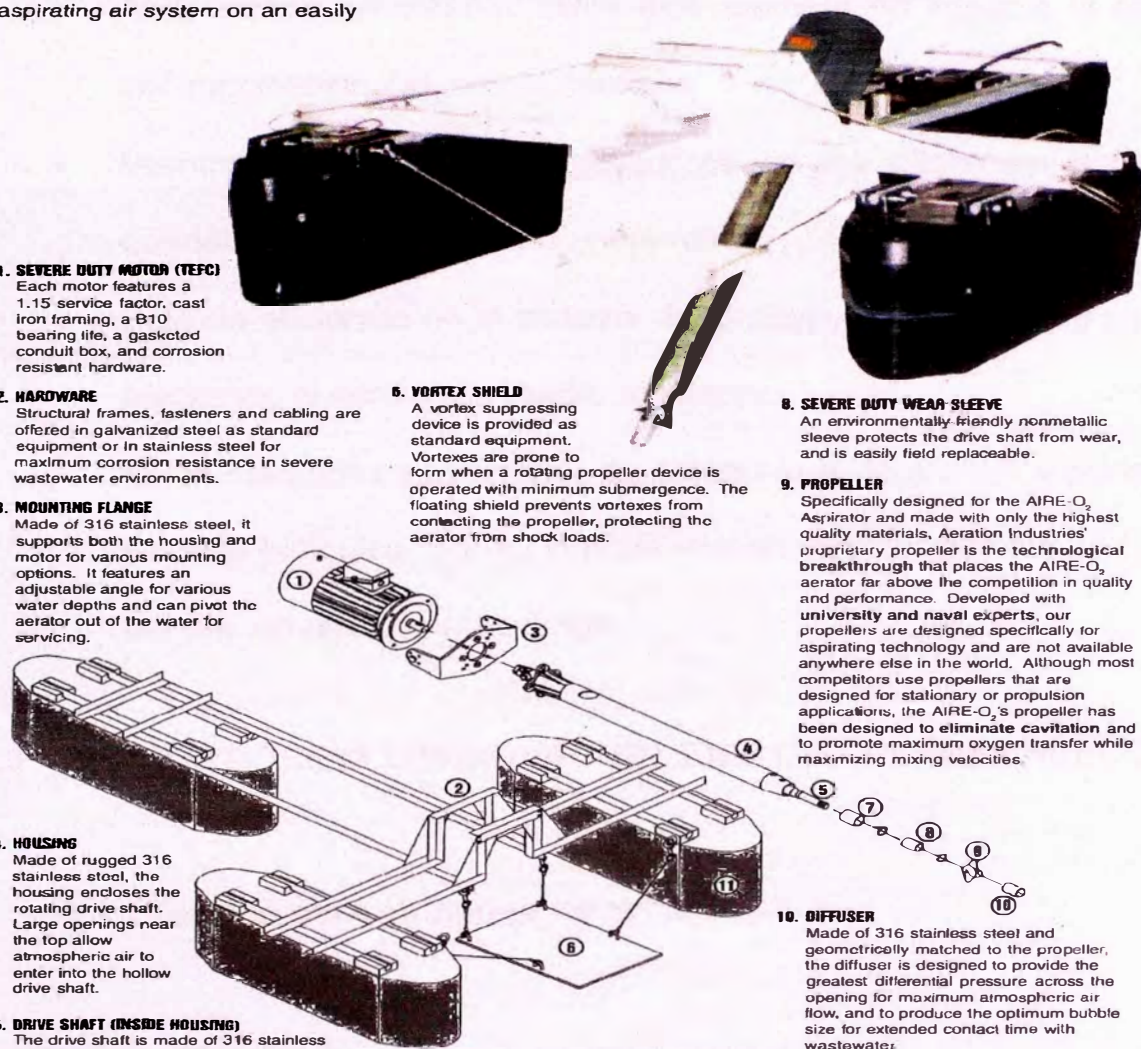


Fig. 3.4. Componentes del aerador de 15 y 20 HP

## **3.2 JUSTIFICACION DE ROTURA DE EJES**

- Altos costos en obtener estos ejes, demora en llegar a la planta por importación, 03 meses mínimos.
- Mientras tanto 03 a 04 aereadores de las diferentes baterías, quedaban fuera de servicio (inoperativos) por rotura de ejes.
- Baja de eficiencia en el sistema del proceso biológico de la planta, afectando el control del medio ambiente.
- Estas máquinas son críticas de categoría A dentro del soporte del sistema biológico, por su importancia en inyectar aire las 24 horas del día en operación continua.

## **3.3 MARCO TEÓRICO TORSIONAL EN EJES CIRCULARES HUECOS**

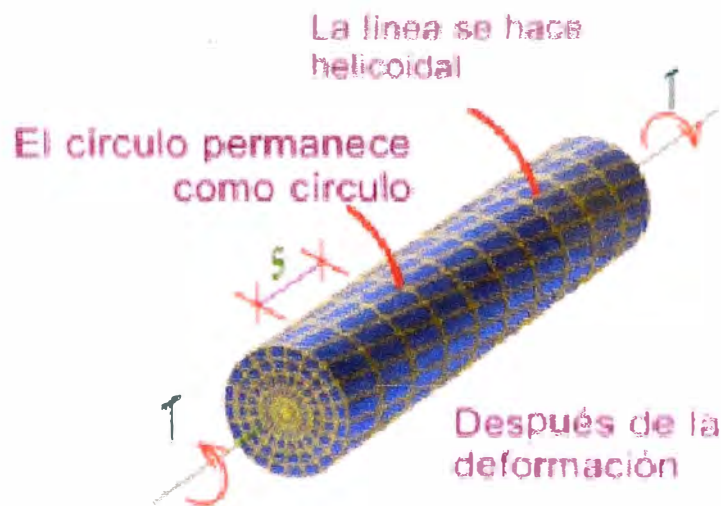
### **3.3.1 Torsión pura en barras de sección circular**

- Analicemos los esfuerzos y las deformaciones según se muestra en la figura 3.5 producidos por un momento torsor aplicado sobre un elemento de sección circular maciza o hueca.



(a)

Figura 3.5 Barra antes de la Deformación

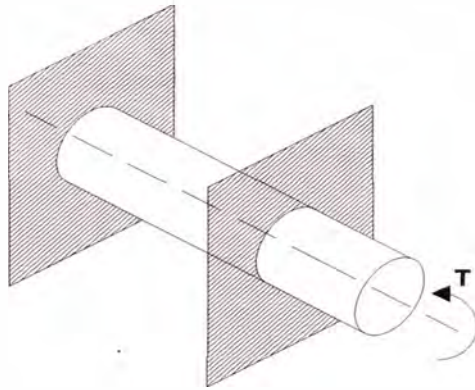


(b)

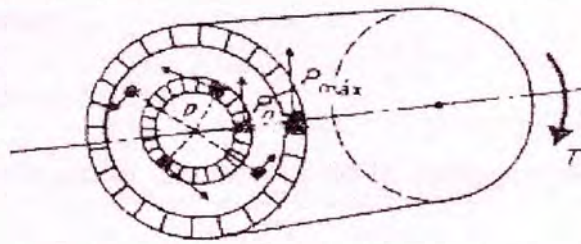
Figura 3.5 a) Barra antes de la aplicación del momento torsor

b) Barra deformada

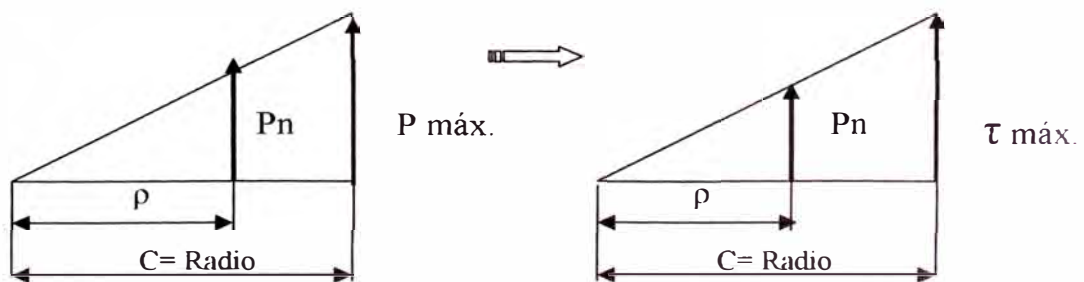
- Referente al esfuerzo cortante, si un miembro de sección circular está sujeto a un momento torsor, se producen fuerzas cortantes y esfuerzos cortantes tal como se representa en la figura 3.6



(a)



(b)



(c)

Figura 3.6 a) Momento torsor aplicado a una barra de sección circular, b) El diámetro de la barra no cambia con la aplicación del momento torsor, c) Fuerzas cortantes y esfuerzos cortantes

- De acuerdo a la geometría de los triángulos semejantes de la figura (3.9) y las relaciones matemáticas encontramos el esfuerzo cortante, siendo:

$$\tau = \frac{TC}{J} \quad (3.1)$$

Donde:

$\tau$  = máximo esfuerzo cortante en el eje en

T = par torsor

c = radio de la flecha

J = momento polar de inercia de la sección circular

Además el momento polar de inercia queda definido por:

a) Para secciones circulares Macizos

$$J = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi R^4}{2} \quad (3.2)$$

b) Para secciones circulares huecos

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} = \frac{\pi(R^4 - r^4)}{2} \quad (3.3)$$



- También al esfuerzo cortante y la deformación del eje circular está definido por:

$$\tau = G\gamma \quad (3.4)$$

Donde:

$\tau$  = máximo esfuerzo cortante

$G$  = módulo de elasticidad al esfuerzo cortante

$\gamma$  = ángulo de deformación por cortante (en radianes)

### 3.3.2 Módulo de elasticidad en cortante

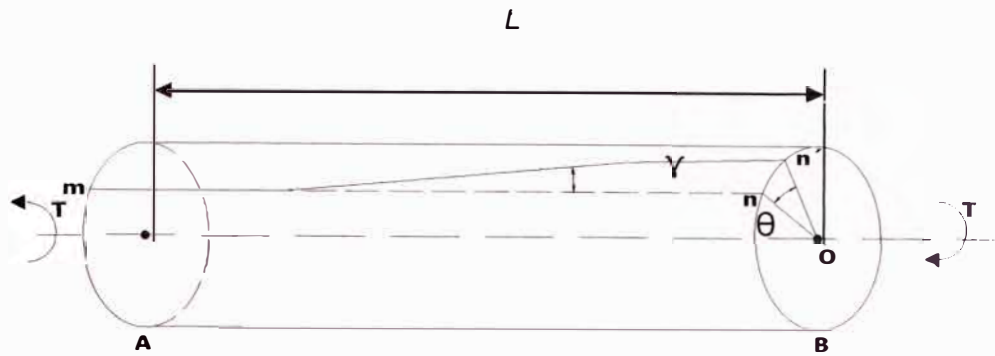
La relación entre la tensión cortante y su deformación se llama módulo de elasticidad en cortante, luego despejando la expresión (3.4) se tiene:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (3.5)$$

### 3.3.3 Angulo de torsión:

- Consideremos el árbol de la figura (3.10), sometida a torsión mediante pares, entonces la deformación por cortante se da mediante la tangente del ángulo  $\gamma$  en radianes y expresado matemáticamente por:

$$\tan \gamma = \gamma = \frac{n'n}{l} \quad (3.6)$$



**Figura 3.7 Barra Circular sometida a Torsión mediante Pares**

- Viendo la geometría del extremo B de la figura (3.7), se puede expresar el ángulo de torsión  $\theta$  medido en radianes y relacionado las expresiones (3.1), (3.4) y (3.6), queda expresado como:

$$\frac{TR}{J} = G \frac{R\theta}{L} \quad (3.7)$$

$$\boxed{\theta = \frac{TL}{JG}} \quad (3.8)$$

Donde:

$\theta$  = ángulo de torsión, en radianes,

T = par en lb-pulg o en N-m,

L = longitud de la acción de la flecha, en pulg. o en m,

G = módulo de elasticidad, al esfuerzo cortante el lb/plg<sup>2</sup> o en N/m<sup>2</sup>

J = momento polar de inercia, en pulg<sup>4</sup> o en m<sup>4</sup>.

## **CAPITULO IV**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION E HIPOTESIS DE ESTUDIO.**

#### **4.1 INVESTIGACIÓN DE LA FALLA DEL ELEMENTO CRÍTICO (EJE CIRCULAR)**

La rotura del eje circular hueco Sch 20 inoxidable 316 austenítico, en la zona de admisión de aire figura (4.4), se da puntualmente por la siguiente causa:

Los sólidos no degradables (Inorgánicos) en las baterías, como sogas, trapos, plásticos, etc., frenan la hélice del eje figura (4.3), por filtración al punto de apoyo de giro, compuestas por la bocina ranurada de nitrilo, del manguito cerámico y del eje circular hueco.



**FIG 4.1 Aereador 15 hp- aire O<sub>2</sub> laguna  
LAMP - PTAR SAN JUAN**



**FIG 4.2 Aereador 20 hp- aire O<sub>2</sub> en mantenimiento laguna  
LAMC - PTAR SAN JUAN**

Mientras que el par motor desarrolla su normal giro potencial acoplado al inicio del eje y con el punto final de apoyo frenado se produce fatiga debido al momento torsor, en la parte más débil del eje circular hueco en la zona de admisión de aire.

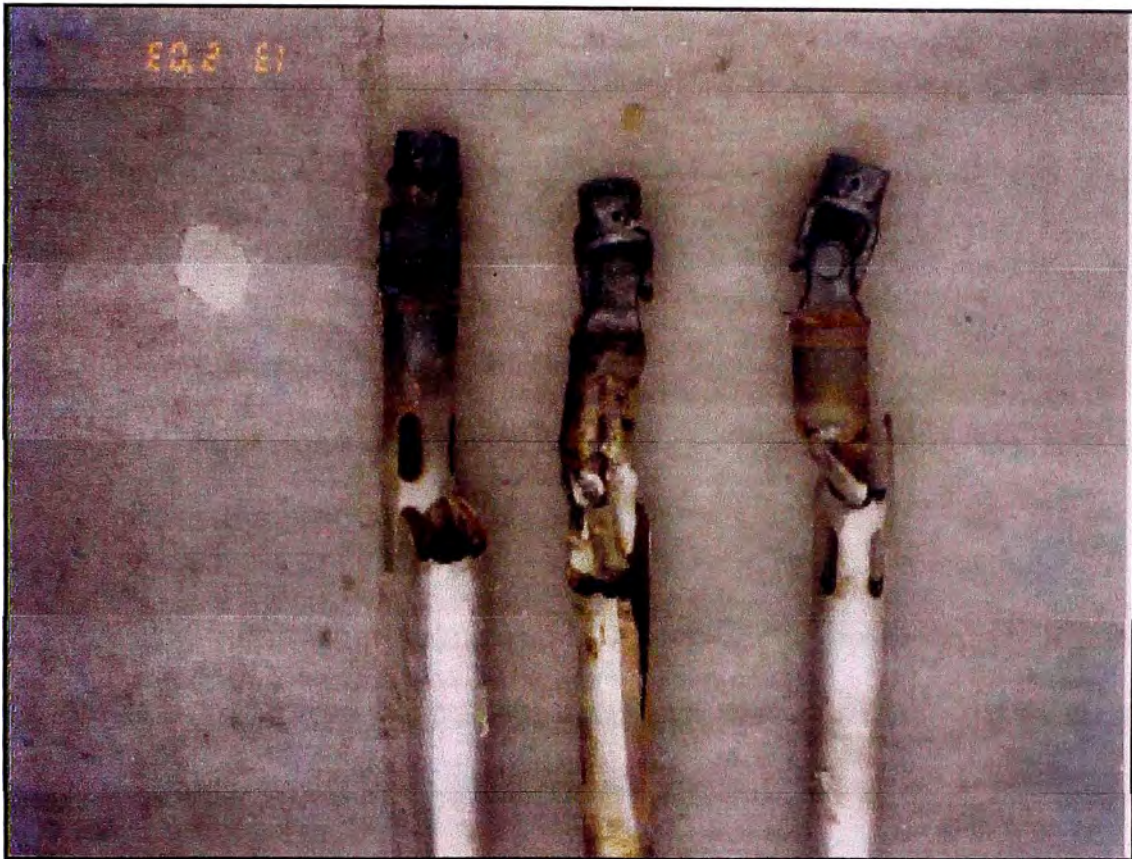
Es decir la rotura del eje se da en la zona de los agujeros longitudinales de admisión de aire, que se encuentra ubicado cercano al acoplamiento flexible (cruceta), del motor eléctrico figura (4.4)

**LOS SÓLIDOS INORGÁNICOS FRENAN LA ROTACIÓN  
LIBRE DE LA HÉLICE**



**FIG 4.3 Eje trabado por sólidos inorgánicos**

## ROTURA DE EJES CIRCULARES HUECOS POR TORSION LIBRE ZONA DE ADMISIÓN DE AIRE



**FIG 4.4 Rotura típica de ejes de aeradores por torsión  
Zona de admisión de aire**

### 4.2 HIPÓTESIS DE ESTUDIO

Aumentando el espesor del eje hueco de acero inoxidable AISI 316 en la zona de admisión de aire, el problema no se presentará para las condiciones normales de operación en los aeradores horizontales de 15-20 HP.

Por lo tanto el detalle es encontrar, un nuevo diámetro interno "d" en el tramo de la zona de admisión de aire, que soporte los momentos torsores de trabajo sin que se produzca fractura.

### 4.3 MATERIALES Y MÉTODOS DE UNIÓN USADOS

Eje circular hueco de acero inoxidable 316 austenítico con espesor Sch40 sin costura con medidas de 60mm  $\Phi_{ext.}$  x 300mm longitud y 08 agujeros lineales de 3/4"  $\Phi$  x 1 1/4" longitud circunferencial, distribuidos del siguiente modo:

- 04 agujeros simétricamente en forma radial a la distancia de 3 1/8" de la línea de centros menores transversales, de los agujeros, respecto a uno de los extremos del eje acondicionado.
- 04 agujeros simétricamente en forma radial, a la distancia de 1 1/2" entre las líneas de centros menores transversales más cercanos de estos dos grupos de agujeros lineales.
- Eje circular hueco original acondicionado del lote de los fracturados por torsión. Es decir sin zona de admisión por estar fracturado, con medidas de 60mm  $\Phi$  x 60mm DE x 1000mm de longitud / Sch20 sin costura de acero inoxidable AISI 316.
- Electrodo de arco eléctrico AWS 316 de 3/32" x 14" y 1/8" x 14" con un peso total de 130 g.
- Material Acero Inoxidable AISI.316 / Sch 40/ D=60 mm / d=52 mm Longitud l= 300 mm



**Figura 4.5 Sector a reemplazar - Proceso del trazado de agujeros  
Zona de admisión de aire del aje**



**Figura 4.6. Frezado de ranuras - Zona de admisión**





**Figura 4.7. Tramo de eje listo para embone con tramo original zona de admisión**



**Figura 4.8. Embone terminado de ambos tramos de tubo listos para soldar**



**Figura 4.9. Junta autoalineante - Cardán recuperado**



**Figura 4.10 Tramos de tubos soldados**



**Figura 4.11. Rebaje interior para embone y soldado de junta cardán**



**Figura 4.12. Junta de cardán soldada y alineada**



**Figura 4.13. Ejes terminados**



**Figura 4.14. Graseras en juntas de cardán**



**Figura 4.15. EJES – TUBOS TERMINADOS**

## CAPITULO V

### ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 CÁLCULO DE TORSIÓN Y ESFUERZO MÁXIMO DESARROLLADO EN EL MOTOR ELÉCTRICO DEL AERADOR DE 20 HP

- Análisis para el eje circular hueco Sch20 - AISI316
- Potencia motor eléctrico = 20 HP
- Velocidad del Motor Eléctrico =  $N = 1765$  RPM
- $M_T$  = Momento torsor del motor eléctrico es :

$$M_T = 7,120 \frac{POT}{N} \text{ en } (Kgf - cm) \quad (5.1)$$

Remplazando valores a la fórmula se tiene:

$$M_T = 811.56 \text{ Kgf} - cm$$

Convirtiendo a unidades de lb – pulg.

Encontramos:

$$M_T = 702.92 \text{ lbs} - \text{pulg}$$

Este valor viene a ser el torque desarrollado por el motor eléctrico en condiciones normales

## 5.2 CALCULO DEL MOMENTO TORSOR Y ESFUERZO CORTANTE ADMISIBLE

El cálculo del esfuerzo cortante  $[\tau]$  y la torsión  $[M]$  admisible del eje circular hueco para un tubo de sch20 / material de acero inoxidable AISI 316 del Areador horizontal.

### a) Cálculo del esfuerzo cortante admisible $[\tau]$

Datos iniciales:

- $D$  = Diámetro exterior del eje = 60m.m = 2.36 Pulg.
- $d$  = diámetro interior = 56m.m = 2.20 Pulg.
- Relacionando el diámetro interior del árbol al exterior se tiene  $\alpha$  (es una constante), luego:

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{56}{60} = 0.93 \quad (5.2)$$

- $e$  = espesor de la pared del eje = 2mm

Sabemos que el diámetro exterior de un eje circular hueco está definido por:

$$D \geq 71.4 \sqrt[3]{\frac{HP}{N [\tau] (1 - \alpha^4)}} \quad (5.3)$$

Donde:

- D en (cm)
- $\tau$  en  $\text{kgf/cm}^2$  (Esfuerzo cortante admisible)
- Potencia en (HP)
- N en (RPM)

Despejando (la fórmula 5.3), para encontrar el  $[\tau]$

$$D \geq 71.4 \sqrt[3]{\frac{HP}{N [\tau] (1 - \alpha^4)}}$$

$$\left(\frac{D}{71.4}\right)^3 \geq \frac{HP}{N [\tau] (1 - \alpha^4)}$$

$$\left(\frac{D}{71.4}\right)^3 N (1 - \alpha^4) \geq \frac{HP}{[\tau]}$$

Luego se tiene el esfuerzo cortante admisible:

$$[\tau] = \frac{HP}{\left(\frac{D}{71.4}\right)^3 N (1 - \alpha^4)} \quad (5.4)$$



Esta igualdad de la expresión (5.4), es considerando el  $[\tau]$  admisible en el límite de rotura del eje.

Remplazando los datos conocidos a la expresión (5.4)

- Potencia de motor eléctrico del Aereador = 20 HP
- Velocidad del motor eléctrico  $N = 1765$  RPM
- Relación de diámetros  $\alpha = 0.93$
- Diámetro exterior del eje  $D = 6$  cm

Se obtiene el valor de  $[\tau]$ :

$$[\tau] = \frac{20 \text{ HP}}{(1765) \left( \frac{6}{71.4} \right)^3 \times [1 - (0.93)^4]}$$

Por lo tanto el esfuerzo admisible de rotura del eje circular hueco es:

$$[\tau] = 75.75 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

Es decir:

$$[\tau] = 846.58 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

### b) Cálculo de la torsión admisible [m]

Sabemos por definición que:

$$\tau_{MAX} = \frac{M_{Torsión}}{W_{Polar}} \leq [\tau] \quad (5.5)$$

Asimismo el esfuerzo máximo por torsión pura para un eje circular hueco es:

$$\tau_{MAX} = \frac{16 M_{Torsión}}{\pi D^3 (1 - \alpha^4)} \quad (5.6)$$

Reemplazando la expresión (h) en (p), se obtiene:

$$\frac{16 M_{Torsión}}{\pi D^3 (1 - \alpha^4)} \leq [\tau] \quad (5.7)$$

Es decir el esfuerzo máximo de diseño del eje no puede superar al esfuerzo admisible a la geometría y material del eje.

Despejando la expresión (5.7), encontramos que:

$$\boxed{[M_r] = \frac{[\tau] \pi D^3 (1 - \alpha^4)}{16}} \quad (5.8)$$

Remplazando valores a la expresión (5.8)

$$[M_T] = \frac{(846.58) Lbs}{16 \text{ pulg}^2} \times \pi (2.36)^3 \text{ pulg}^3 [1 - (0.93)^4]$$

Calculando estos valores se obtiene la Torsión Admisible:

$$\boxed{[M_T] = 552.78 \text{ lbs-pulg}}$$

### 5.3 CALCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO INTERIOR DEL EJE POR ITERACIÓN, PARA LA ELIMINACIÓN DE LA FALLA CRÍTICA

Sabemos por definición, que el ángulo de torsión es  $\theta \leq 1^\circ$  cumple solamente para longitudes de ejes circulares de  $20 - 25 D$  (Donde  $D$  = diámetro exterior del eje)

Sabemos que el Angulo de Torsión está en función de:

$$\boxed{\theta = \frac{T L}{G J}} \quad (5.9)$$

Despejando la expresión (5.9), para encontrar el módulo polar  $J$  del eje se tiene:

$$\boxed{J = \frac{T L}{\theta G}} \quad (5.10)$$

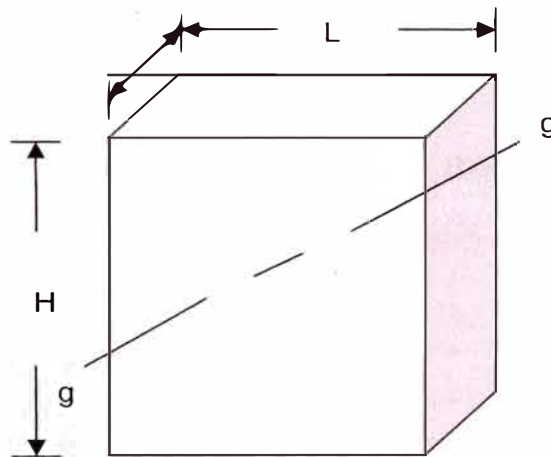
Pero también por definición el módulo polar del eje está en función de los diámetros; luego para en ejes circulares huecos se tiene por definición:

$$J = \frac{D^4 - d^4}{32} \quad (5.11)$$

Así mismo el módulo polar para un prisma rectangular está definición por:

$$k_{xx}^2 = k_{gg}^2 + r^2 \quad (5.12)$$

### PRISMA RECTANGULAR

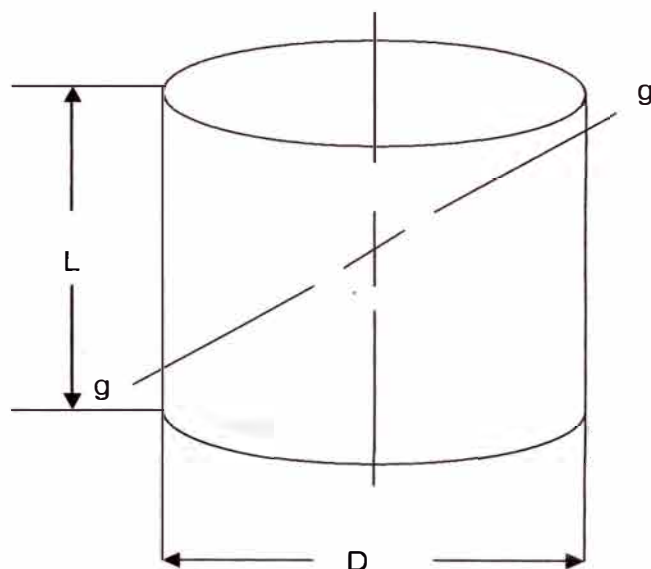


(Fig. 5.1)

Luego, relacionando la expresión (5.12) con las dimensiones del prisma, encontramos que:

$$k_{gg}^2 = \frac{H^2 + L^2}{12} \quad (5.13)$$

### CILINDRO SÓLIDO



(Fig. 5.2)

También relacionando la misma expresión (5.12), con las dimensiones del cilindro sólido encontramos que:

$$k_{gg}^2 = \frac{L^2}{12} + \frac{D^2}{16} \quad (5.14)$$

Luego, restando la expresión (5.11), con los términos ó parámetros del prisma rectangular expresión (5.13) y cilindro sólido expresión (5.14), encontramos que el módulo polar es:

$$J = \frac{(D^4 - d^4)}{32} - 8 \left[ 0.25at \left( \frac{t^2}{12} + \frac{a^2}{16} + \left( \frac{d+t}{2} \right)^2 \right) + at \left( \left( \frac{t^2 + a^2}{12} \right) + \left( \frac{d+t}{2} \right)^2 \right) \right] \quad (5.15)$$

Donde:

- $d$  = diámetro interior del eje circular hueco. El cual queremos hallar, para que el eje tenga consistencia en la zona de admisión de aire ( total de agujeros longitudinales 8)
- $D$  = diámetro exterior del eje circular
- Total de agujeros longitudinales de admisión en el eje rotacional (árbol) es 8

Luego igualando las expresiones (5.9) y (5.15) encontramos la siguiente relación o fórmula iterativa:

**FORMULA ITERATIVA (5.16)**

$$\frac{(D^4 - d^4)}{32} - 8 \left[ 0.25at \left( \frac{t^2}{12} + \frac{a^2}{16} + \left( \frac{d+t}{2} \right)^2 \right) + at \left( \left( \frac{t^2 + a^2}{12} \right) + \left( \frac{d+t}{2} \right)^2 \right) \right] = \frac{T \times L}{\theta G}$$

Considerando los parámetros en la fórmula, en Unidades internacionales donde:

$T$	= torque	en	Kg – m
$L$	= longitud del eje	en	cm.
$J$	= módulo polar	en	cm <sup>4</sup>
$D$	= Diámetro exterior del eje	en	cm
$d$	= Diámetro interior requerido	en	cm
$\theta$	= ángulo de torsión	en	grados y/o radianes
$t$	= Espesor del tubo circular	en	mm

$G$  = Módulo de rigidez torsional para el acero inoxidable 316,  
cuyo valor es:

$$G = 703,000 \text{ Kgf / cm}^2$$

Para la iteración propuesta usaremos la fórmula iterativa (5.16) y las tablas 1 y 2, con los parámetros anteriormente indicados.

TABLA 5.1 Observación de los parámetros

D	d	N	a	t	L	J
6,00	5,80	8,00	1,00	0,10	1,00	3,597345
6,00	5,60	8,00	1,00	0,20	1,00	6,433351
6,00	5,40	8,00	1,00	0,30	1,00	8,581893
6,00	5,20	8,00	1,00	0,40	1,00	10,111478

TABLA 5.2. Cálculo de parámetros

CALCULO CON TORQUE DE MOTOR						
ANGULO (rad)	ANGULO (°)	TORQUE (kg-cm)	Longitud Eje (cm)	G (kg/cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Espesor (t) mm.
0,039311	2,252376	811,56	122,5	703000	3,59735	1
0,021982	1,259464	811,56	122,5	703000	6,43335	2
0,016479	0,944148	811,56	122,5	703000	8,58189	3
0,013986	0,801324	811,56	122,5	703000	10,1115	4
CALCULO CON TORQUE ADMISIBLE DEL MATERIAL						
ANGULO (rad)	ANGULO (°)	TORQUE (kg-cm)	Longitud (cm)	G (kg/cm <sup>2</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Espesor (t) mm.
0,030914	1,771238	638,20	122,5	703000	3,59735	1
0,017286	0,990426	638,20	122,5	703000	6,43335	2
0,012958	0,742465	638,20	122,5	703000	8,58189	3
0,010998	0,630151	638,20	122,5	703000	10,1115	4

De acuerdo al análisis del cuadro anterior encontramos que el "d" óptimo para mejor consistencia del eje es:

- $d = 52\text{mm} = 5.20 \text{ cm}$

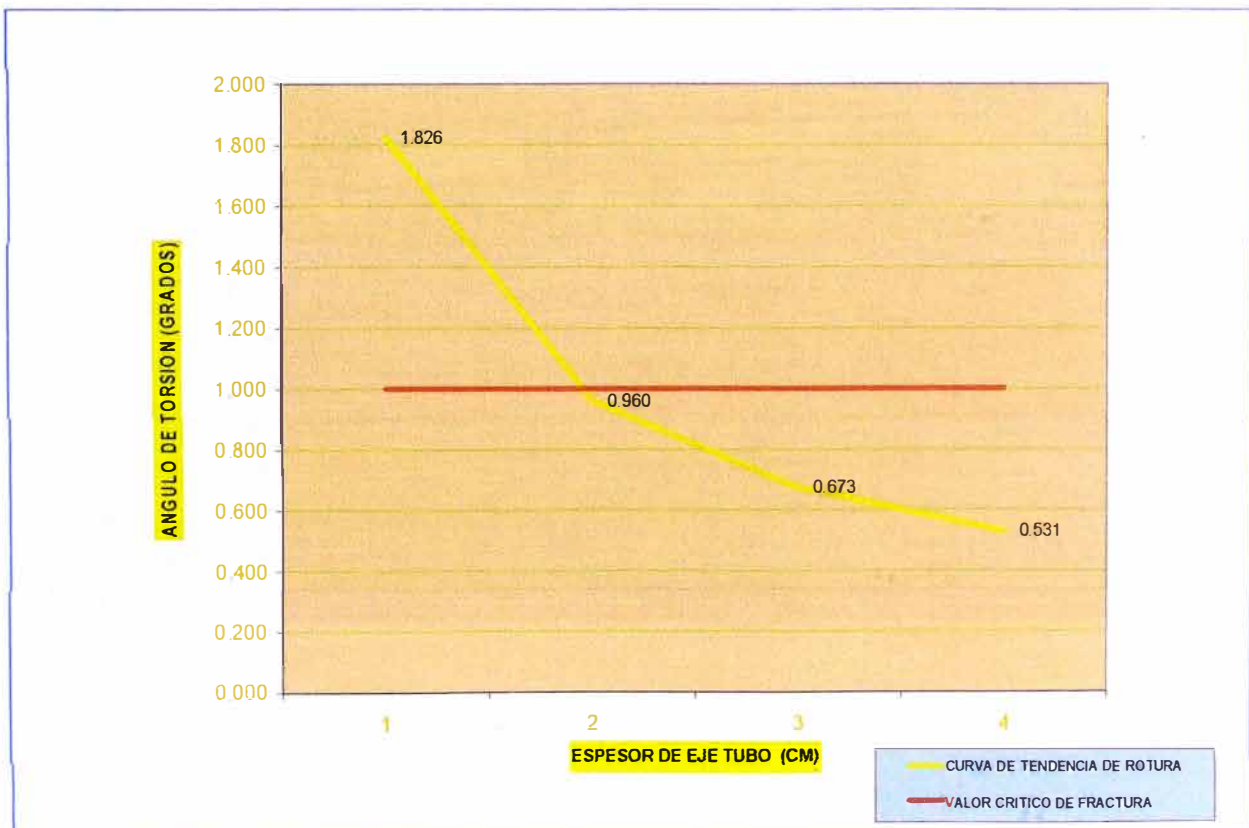
- Espesor total del eje  $t = (D - d) = (60 - 52) = 8\text{mm}$
- Espesor unitario de la pared del eje  $(t) = 4\text{mm}$  (Sch40)

Por lo tanto, la nueva medida de la zona de admisión de aire del eje es:

- $D = 60\text{mm}$
- $d = 52\text{mm}$
- $l = 300\text{ mm}$
- Espesor de pared  $= t = 4\text{mm}$

Del cual se unirá con la parte del eje sano para formar un solo cuerpo resistente que soporte los esfuerzos torsionales.

**GRAFICO 5.1. ANGULO DE TORSION (°) VS ESPESOR DEL EJE TUBO (mm)**







**Fig. 5.3. Ensamble del eje recuperado al aerador 20 HP**



**Fig. 5.4. Puesta del aerador de 20 HP a la laguna LAMC 2-1**

**PTAR SAN JUAN**

**Fig. 5.5. Aereador de 20 HP en operación LAMC2-1**

## **CAPITULO VI**

### **ANALISIS ECONÓMICO DE LA MEJORA CONTINUA**

#### **6.1 COSTOS UNITARIOS DE IMPORTACIÓN DE EJES REFORZADOS SOBREDIMENSIONADOS**

Referido al costo beneficio, el precio importado de estos ejes según cotización COT 084 - 04 / AMB-SPENA SISTEMA AMBIENTALES SAFE H2O, del mismo proveedor de estas máquinas, está en US \$ 3,268.00 Dólares Americanos (USA).

#### **6.2 COSTOS UNITARIOS DE RECONSTRUCCIÓN CON INNOVACIÓN DE LOS EJES FRACTURADOS ORIGINALES**

El costo unitario de la reconstrucción propuesto de los ejes fracturados en la fecha indicada según el Pedido de Servicio N° 4300017875 – Sedapal es de S/. 328.00 sin IGV (US \$ 88.64) en base a los términos de referencia realizados por el área usuaria.

Después de los resultados o pruebas de campo realizados con éxito en la fecha indicada, se aprueba como primer lote la reconstrucción de 10 Unidades de ejes, según el pedido de servicio anteriormente señalado.

Los ejes reconstruidos en peso, solo se diferencian en 0.5 kg. respecto a los ejes originales y tienen confiabilidad operativa, similar a los ejes sobredimensionados (10 kg.) puestos por el garante. Esto implica que la vida útil de los repuestos tendrá mayor proyección y beneficio con los ejes reconstruidos.

En fechas anteriores el proveedor reemplazó, a 21 aereadores de 15 - 20 HP de la PTAR San Bartolo por garantía a los ejes originales, por otros ejes similares dimensionalmente, pero de mayor espesor de 4mm, es decir sobredimensionando el peso de diseño original de 4.5 a 10 kg. Aproximadamente.

Este cambio de ejes sobredimensionados realizado por el proveedor de los equipos, trajo como consecuencia mayores esfuerzos de torsión en el motor eléctrico, aumentado las fallas de los rodamientos, accesorios de rotación autolubricado, desgaste y rotura de las cardanes, minimizando la vida útil proyectado del motor del aereador; sobre todo los accesorios autolubricado que va al final del eje como segundo punto de apoyo giratorio, sin considerar otras distorsiones de las máquinas.

Contrariamente, con el eje reconstruido, de peso 5 kg, no solamente se comporta tan igual que al eje original de diseño, si no también soporta mayores cargas de torsión similares al eje sobredimensionado

operando sin mayores exigencias al motor y otros componentes de la máquina.

### **6.3 COSTEO DE BENEFICIO ECONÓMICO DEL TOTAL DE EJES FRACTURADOS Y PROYECTADOS.**

Según el Ítem 6.1, el costo unitario de importación según cotización del proveedor está en US \$ 3,268.00 Dólares Americanos (USA).

Según el Ítem 6.2, el costo total de reconstrucción del eje circular es de US \$ 88.64 sin IGV.

Por lo tanto realizando la diferencia el ahorro económico unitario por eje circular reconstruido es de US \$ 3179.36 sin IGV, respecto al eje importado desde USA por los mismos proveedores de estos equipos.

De acuerdo al Pedido de Servicio N° 4300017875 – Sedapal como primer lote en la fecha indicada, se han reconstruido con el método propuesto, 10 ejes a un costo de US \$ 886.40.

Comprando estos 10 ejes circulares al proveedor, el costo de adquisición habría sido de US \$ 32,680.00 sin IGV.

Por lo tanto el ahorro generado por los 10 ejes circulares reconstruidos es de US \$ 31,793.60, respecto a la cotización del primer caso (proveedor de la máquina).

De la fecha indicada, del total de aereadores de 15 y 20 HP (48 unidades, ver tablas 2.2 y 2.4) de las 02 plantas quedaban aún 38 ejes circulares por recuperar con un costo aproximado de US \$ 3,368.32 sin IGV. (Con precio local de reconstrucción).

Comparando el valor anterior, contra el precio proyectado de adquisición de los 38 ejes circulares por importación, sería de US \$ 124,184.00 sin IGV

Es decir comparando los precios anteriores generaría un ahorro proyectado de US \$ 120,815.68 sin IGV. Sin contar la reconstrucción de los ejes circulares de los aereadores de la PTAR. San Bartolo y el ahorro generado por el servicio de los 10 Ejes circulares ejecutados.

## CONCLUSIONES

1. El ahorro económico unitario encontrado por la reconstrucción de los ejes Circulares es de US \$ 3179.36 según el costeo de beneficio económico del total de ejes fracturados y proyectados (numeral 6.3), respecto al eje importado por los mismos proveedores de estos equipos.
2. De la fecha contratada del servicio del primer lote según los costos unitarios de reconstrucción con innovación de los ejes fracturados originales (numeral 6.2), quedaron operando 10 aereadores con los ejes reconstruidos faltando aún 38 aereadores horizontales de 15-20 HP por trabajar en las 02 plantas. Inclusive las paradas imprevistas por la confiabilidad operativa de estas máquinas han bajado notablemente.
3. La recomendación dada en la fecha indicada es, trabajar o reconstruir estos ejes en el mantenimiento programado de la máquina antes de la fractura de la misma, que es perjudicial para el Aereador, cuando sucede este caso imprevisto, donde afecta inclusive al motor y otros accesorios, sumando la parada de máquina y con esto aumentado los costos de mantenimiento del equipo.

4. Los ejes reconstruidos en peso, se diferencian en 0.5 kg. Respecto a los ejes originales y tienen confiabilidad operativa, similar a los ejes sobredimensionados (10 kg. Aproximadamente) puestos por el garante, esto implica que la vida útil de los repuestos tendrán mayor proyección y beneficio.
5. También el eje recuperado con peso aproximado de 5 kg respecto al peso del eje de diseño original de 4.5 kg; no solamente se comporta tan igual que al eje original indicado, si no también soporta mayores cargas de torsión similares al eje sobredimensionado operando sin ningún problema.
6. De acuerdo al estudio de costo beneficio se concluye que el ahorro generado solo por los 10 ejes circulares como primer lote según Pedido de Servicio Sedapal, se han generado en esa fecha un ahorro de US \$ 31,793.60 sin IGV, respecto a la cotización del primer caso (proveedor de la máquina)
7. En la fecha indicada de la ejecución del trabajo se quedó en atender a 38 unidades de ejes circulares faltantes en el tiempo de mantenimiento preventivo de parada de máquina con la finalidad de aumentar la confiabilidad operativa de los aereadores horizontales de 15 - 20 HP de la PTAR San Juan y Huáscar. La aplicación de este trabajado nos generaría un ahorro proyectado de US \$ 120,815.68, respecto a la inversión por recuperación de US \$ 3,368.320US sin IGV.



## RECOMENDACIONES

1. La división de equipo mecánico ha recomendado a las jefaturas correspondientes en realizar los trabajos de recuperación de los ejes circulares antes de falla por torsión, visto los resultados.
2. De ese modo, evitar otras distorsiones de la máquina toda vez que se fractura el eje circular. Es decir no esperar que el eje original se rompa para tomar acciones.
3. Cumplir fielmente el programa elaborado en mantenimiento referido a los aereadores horizontales, de manera que podamos monitorear el comportamiento de los ejes.
4. Actuar de la misma manera en cualquier otro problema crítico que puede presentarse en la misma máquina u otro activo productivo de categoría o prioridad A.

## BIBLIOGRAFIA

1. Jairo Alberto Romero Rojas (Primera Reimpresión Junio de 2005).  
“Tratamiento de Aguas Residuales”; Teoría y Principios de Diseño.  
Cap.16, pág. 376-377
2. Asano, T. Y Leven A. (1996). “Wasterwater Reclamation, Recicling and Reuse: Past, Present and Future”. Water Science and Technology. Vol.33, no. 10-11pag. 1-14
3. Asano, T (1991). “Planning and implementation for Water Reuse Projects”. WaterScienc and Technology. Vol.10, no.9 pag.1-10
4. Asano, T (2001). “Water from (waste) water – The dependable water resource the dependable water resource (The 2001 Stockholm Water Prize Laureate Lecture)”.Water Science & Technology Vol45 No 8 pag. 23-23

5. Asano, T (Editor) (1998). Wastewater Reclamation and Reuse, Vol 10. Water Quality Management Library. Tec economic Publishing Inc. Lancaster, PA EE.UU
6. Bahri A. (2001). Irrigation with reclaimed water in tunisia and in middle eastern countries. Comunicación presentada en The 21st Century International Conference & Exhibition on Developing Strategy of Urban Wastewater Treatment and Reuse. November, 27 – 29, 2001, Beijing, China. [http://211.147.14/lianmeng/21\\_Cnwater/eng-art/2001/ajs.htm](http://211.147.14/lianmeng/21_Cnwater/eng-art/2001/ajs.htm)
7. Angelakis A. y Spyridakis S. (1996). The status of water resources in Minoan times: a Preliminary study. Angelakis and Issar. Editores, Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in M Mediterranean Region. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemania.
8. Angelakis A.; Salgot, M; Bahri, A; Marecos de Monte, M; Brissalud, F; Neis, U; oron, G; and Asano, T. (1997). Wastewater Resuse in Mediterranean Regions: NeddFor Guidelines. Artículo presentado en the Wef Beneficial Reuse of Water and Biosolids Speciality Conf; Malaga; España.
9. Barty-King, H. (1992). Water The Book, an Illustrated History of Water Supply and Waster In the United Kingdom. QuillerPressLimited; London, U.K.

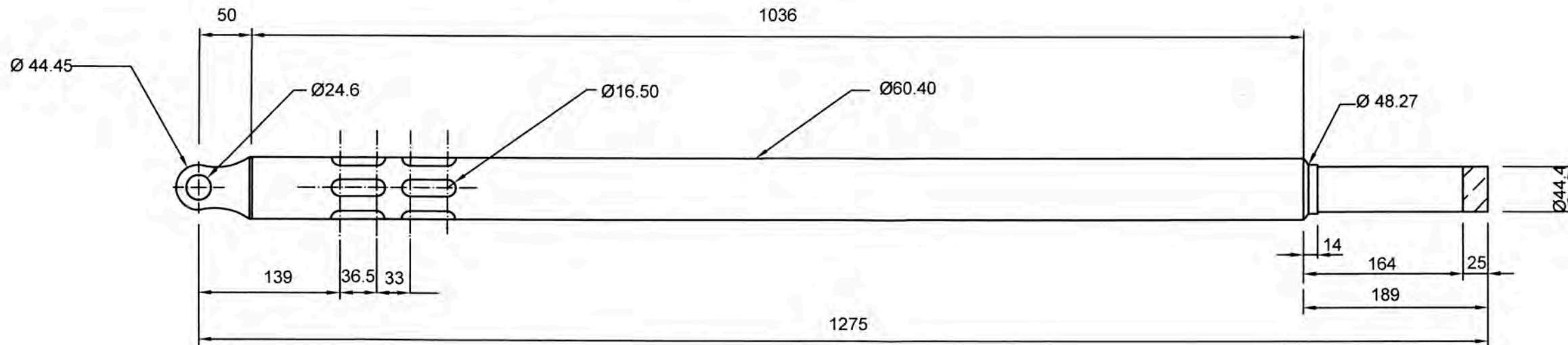
10. Dobrovolsky, V.; Zablonsky, K.; Mak, S.; Radchik, A.; Erlikh, L., MIR, 1977, Machine elements a textbook
11. Eaton – AIRFLEX, Clutches & Brakes, Catalog 800A.
12. Hutte Edición Barcelona : Gustavo Gili, 1980, Manual del Ingeniero
13. Marks, México D.F.: McGraw-Hill, 1994., Manual del Ingeniero Mecánico
14. Shigley, Joseph Edward, Edición Madrid: Mc Graw Hill, 1995, El Proyecto de Ingeniería Mecánica.
15. Manual de Resistencia de Materiales, G.S. Pisarenko, A. P. Yàkovlev, V.V. Matvèev, Editorial MIR 1979.

# PLANOS

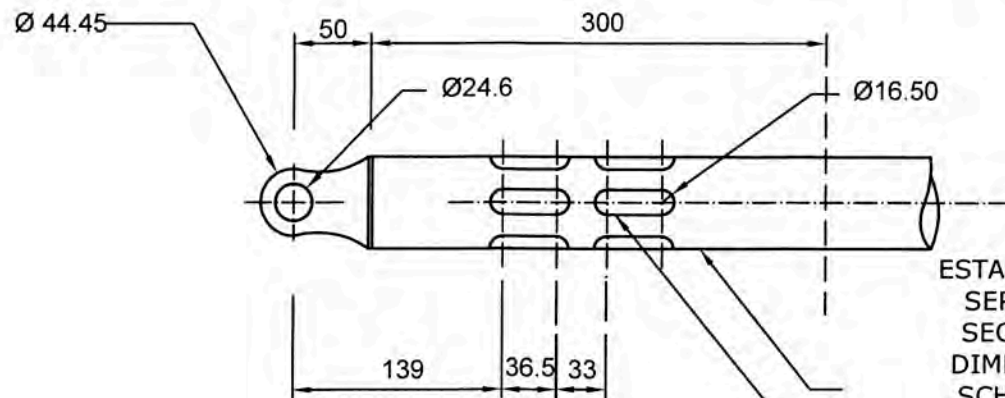
# EJE DEL AERADOR DE 15-20 HP -ORIGINAL SCH 20

Escala: 1:5

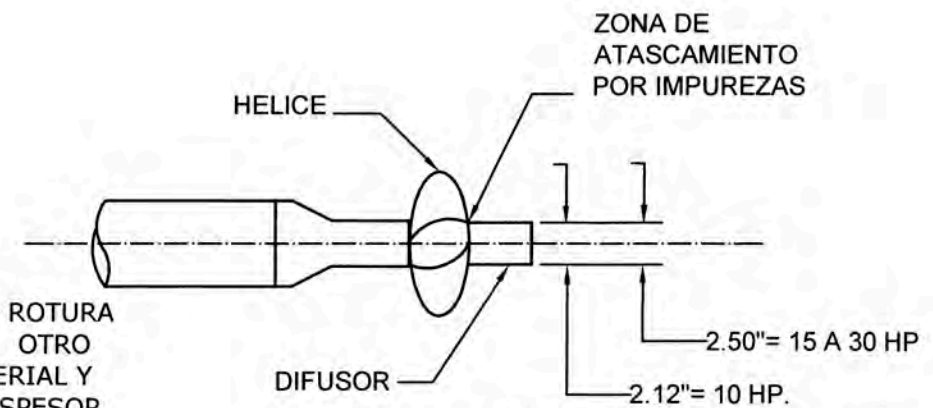
Unidad: mm



ZONA CRITICA DE ADMISION ORIGINAL MATERIAL  
ACERO INOX. AISI 316 -SCH 20



ESTA ZONA DE ADMISION DE ROTURA  
SERA REEMPLAZADO POR OTRO  
SECTOR DEL MISMO MATERIAL Y  
DIMENSIONES PERO DE ESPESOR  
SCH-40, UNIDO POR SOLDADURA Y  
BALANCEADO ESTATICA Y  
DINAMICAMENTE



AERATION INDUSTRIES INT. INC.

ARCHIVO : J47

10 A 30 HP / 60 Hz

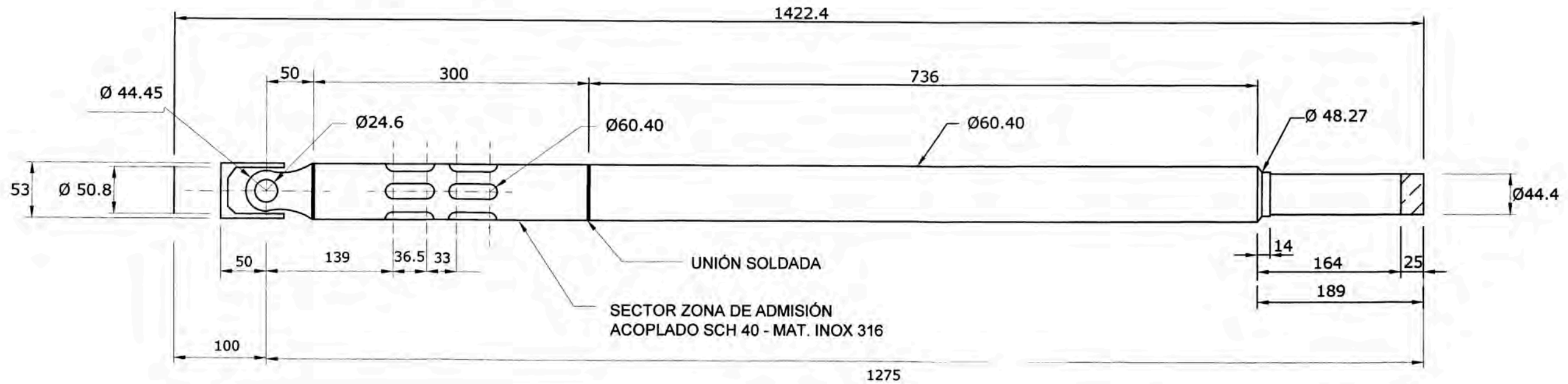
08 AGUJEROS LINEALES DE Ø 16.50 x 36.50  
DISTRIBUIDOS SIMÉTRICAMENTE EN EL SECTOR DE  
ADMISIÓN DE EJE

	FECHA	NOMBRE	FIRMAS	<h2>Sedapal</h2>
DIBUJADO	ABRIL 2010	JOB HERRERA V.		
COMPROBADO	ABRIL 2010	JOB HERRERA V.		
IDS.NORMAS		JEFE DE EQUIPO		
ESCALA	EJE CIRCULAR DEL AERADOR DE 15 - 20 HP ORIGINAL			PARTE N°5 DEL: AIREADOR/MEZCLADOR DE ASPIRACION HORIZONTAL AIRE -O <sub>2</sub>
1:5				Sustituye a:
				Sustituido por

# EJE DEL AERADOR DE 15 - 20 HP MEJORADO

Escala: 1:5

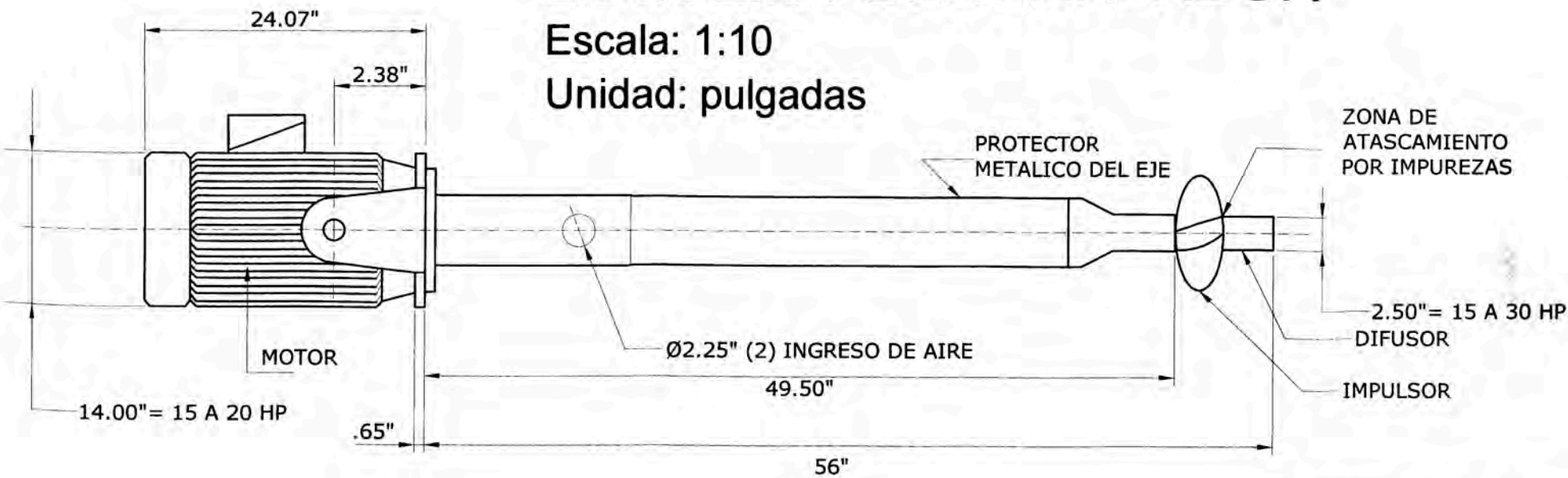
Unidad: mm



# ESQUEMA DEL AERADOR

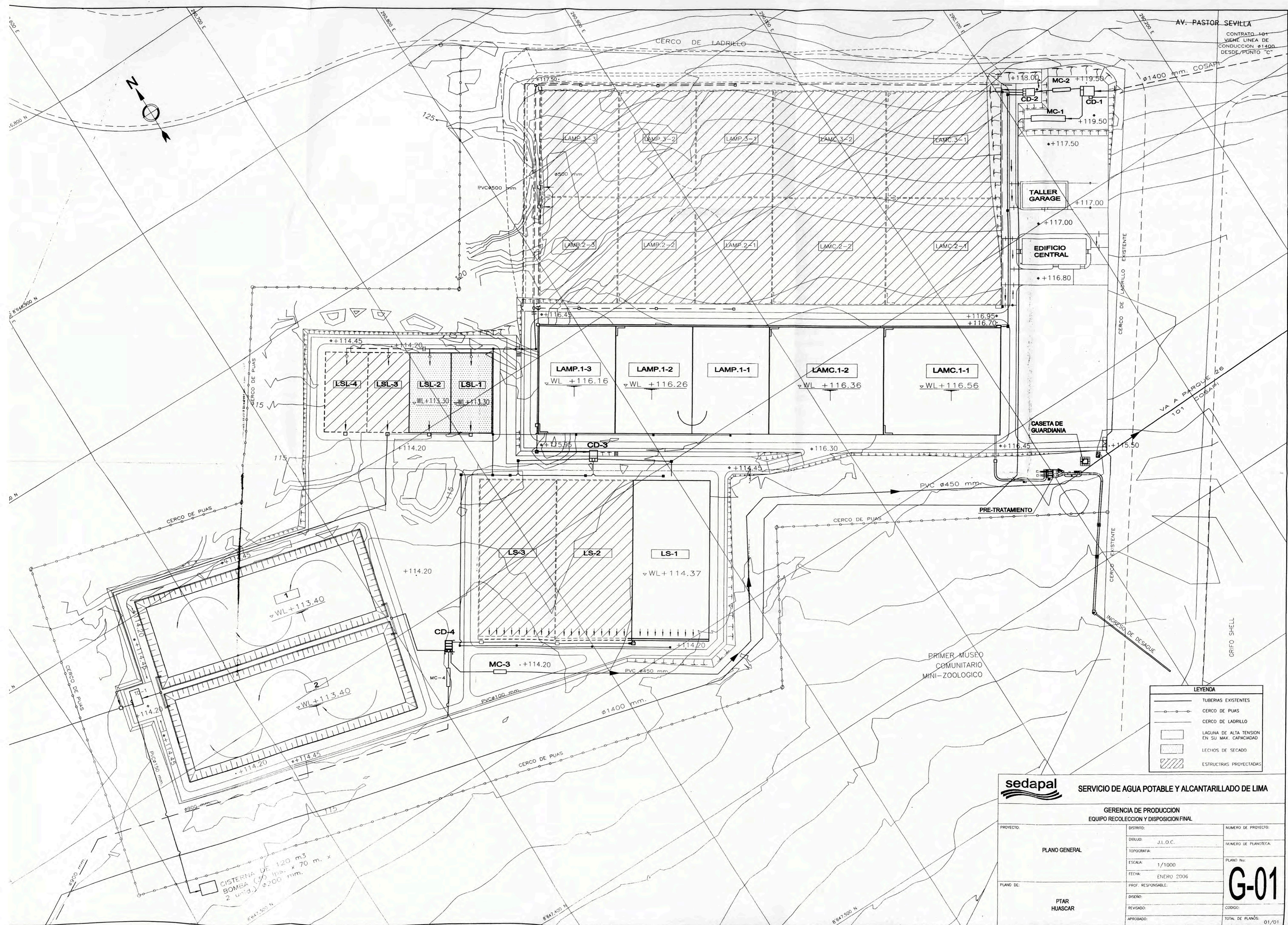
Escala: 1:10

Unidad: pulgadas



## DIMENSIONES DEL AERADOR DE AIRE- $O_2$

	FECHA	NOMBRE	FIRMAS	<h1>Sedapal</h1>
DIBUJADO	JUNIO 2013	JOB HERRERA V.		
COMPROBADO	JUNIO 2013	JOB HERRERA V.		
IDS. NORMAS		JEFE DE EQUIPO		
ESCALA	INDICADA			PARTE N°5 DEL: AERADOR/MEZCLADOR DE ASPIRACION HORIZONTAL AIRE - $O_2$
				Sustituye al: Eje Original
				Sustituido por: Estudio y Pruebas



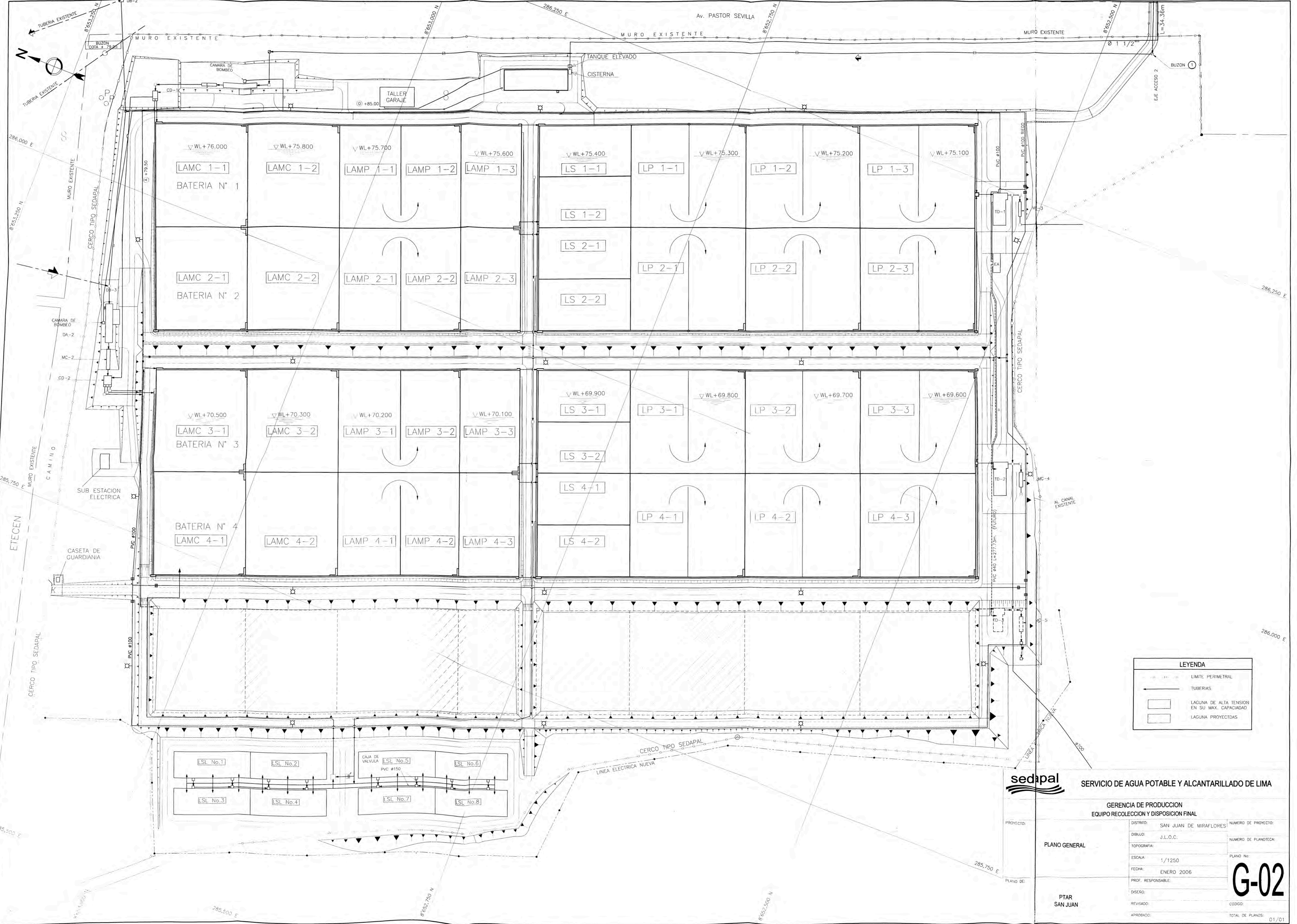
**LEYENDA**

- TUBERIAS EXISTENTES
- CERCO DE PUAS
- CERCO DE LADRILLO
- LAGUNA DE ALTA TENSION EN SU MAX. CAPACIDAD
- LECHOS DE SECADO
- ESTRUCTURAS PROYECTADAS

**sedapal** SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

<b>GERENCIA DE PRODUCCION EQUIPO RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL</b>		
PROYECTO:	DISTRITO:	NUMERO DE PROYECTO:
<b>PLANO GENERAL</b>	DISEÑO:	NUMERO DE PLANOTECIA:
	TOPOGRAFIA:	
	ESCALA:	PLANO No:
	1/1000	<b>G-01</b>
	FECHA:	
	ENERO 2006	
PLANO DE:	PROF. RESPONSABLE:	CODIGO:
<b>PTAR HUASCAR</b>	DISEÑO:	TOTAL DE PLANOS:
	REVISADO:	01/01
	APROBADO:	





LEYENDA	
	LIMITE PERIMETRAL
	TUBERIAS
	LAGUNA DE ALTA TENSION EN SU MAX. CAPACIDAD
	LAGUNA PROYECTADAS

**sedapal** SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

GERENCIA DE PRODUCCION  
EQUIPO RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL

PROYECTO: PLANO GENERAL

DISTRITO: SAN JUAN DE MIRAFLORES  
DIBUJO: J.L.O.C.  
TOPOGRAFIA:  
ESCALA: 1/1250  
FECHA: ENERO 2006  
PROF. RESPONSABLE:  
DISCRO:  
REVISADO:  
APROBADO:

NUMERO DE PROYECTO:  
NUMERO DE PLANTELA:  
PLANO No:  
CODIGO:  
TOTAL DE PLANOS: 01/01

**G-02**

PTAR  
SAN JUAN

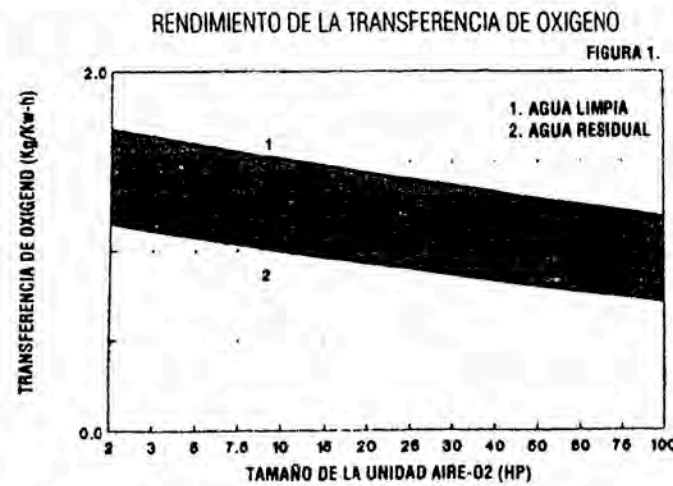
# APÉNDICE

# Rendimiento óptimo

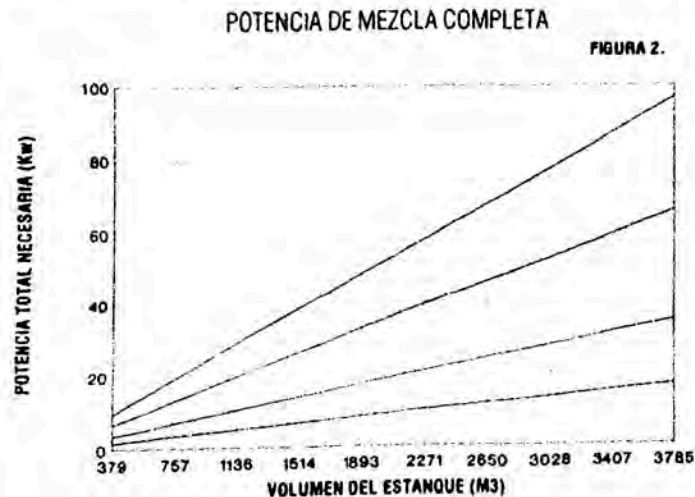
## DISEÑO Y CONFIGURACION DEL SISTEMA DE AIREACION

**FIGURA 1.** El rendimiento normal de aireación (SAE) se calcula llevando a cabo pruebas según unas prácticas aceptadas reconocidas en la industria. El rendimiento de transferencia de oxígeno de los aireadores AIRE-O<sub>2</sub> al igual que el de los aireadores mecánicos sea cual sea el fabricante, varía en cierto modo con el tamaño. Los resultados también pueden variar dependiendo de la razón potencia a volumen, dimensiones del estanque, razón de área superficial a potencia y otros factores. El establecimiento del rendimiento SAE permite al ingeniero diseñar de forma más exacta la potencia del aireador y predecir mejor las coeficiente de transferencia en la planta.

Para recomendaciones de dimensionamiento basadas en los datos del campo, por favor consulte con AERATION INDUSTRIES. El gráfico es solamente para estimaciones aproximadas.

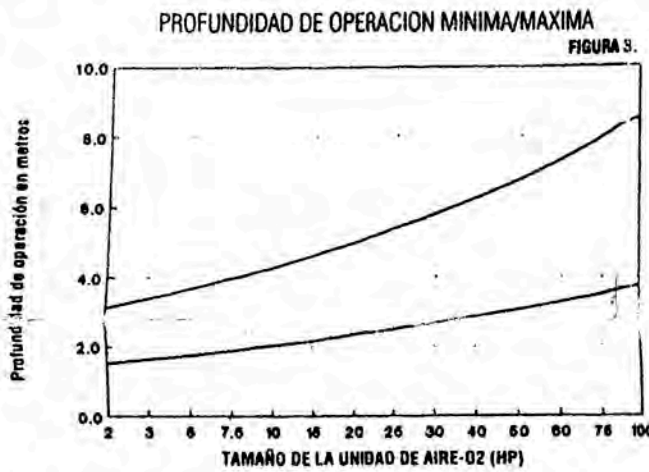


En la línea 2 se representa el promedio calculado de coeficiente de transferencia reales de instalaciones en estanques y canales de oxidación con aguas residuales muy concentradas. El rendimiento SAE de las pruebas de agua limpia usando un diseño geométrico óptimo viene representado por la línea 1. La coeficiente de transferencia de la instalación para la mayoría de las aplicaciones estará comprendida entre estos límites.



**FIGURA 2.** La potencia de mezcla completa para el tratamiento de residuos biológicos se basa en lograr una velocidad ponderal media de 1,5 metros por segundo a través de un estanque dado. Este gráfico está basado en la consecución de esa velocidad a una profundidad de 3 a 4,5 metros con el aireador AIRE-O<sub>2</sub>. Se necesitan distintas potencias según sean las concentraciones de los sólidos en suspensión. Interpola entre las líneas para concentraciones comprendidas dentro del intervalo. El gráfico cubre volúmenes que van desde 400 a 4000 metros cúbicos. Las potencias

necesarias para estanques con mayores volúmenes pueden determinarse multiplicando. Por ejemplo, si el estanque tiene una capacidad de 25.000 m<sup>3</sup>, busque 2500 m<sup>3</sup> en el eje horizontal del gráfico y multiplique por 10. Consulte con su representante local de AIII en caso de que las concentraciones de sólidos sean mayores que las mostradas o en caso de pedir recomendaciones para un sistema completo.



**FIGURA 3.** Las profundidades de operación máxima y mínima para el aireador AIRE-O<sub>2</sub> se establecieron tras efectuar pruebas independientes de investigación y de campo. No existe una profundidad máxima real para la operación segura del aireador. Sin embargo, esta profundidad se presenta como un límite práctico para las zonas de influencia establecidas en los otros gráficos mostrados en el boletín. La profundidad mínima mostrada en la Figura 3 es para evitar la erosión del fondo revestido de arcilla o tela de los estanques. La profundidad práctica mínima para estanques revestidos de hormigón es la distancia que impide que la hélice haga contacto con el fondo. El rendimiento de la transferencia de oxígeno también se verá afectado por los menores niveles de agua. Pida a su representante local de AIII que le dé recomendaciones en caso de que la aplicación no esté comprendida en estos parámetros.

**USEN ESTOS GRAFICOS SOLO COMO UNA ORIENTACION. CONSULTEN POR FAVOR A AERATION INDUSTRIES PARA DATOS EXACTOS DE PROYECTO**

Los métodos y datos aquí presentados sirven para que el ingeniero de diseño los utilice con el fin de aproximar las necesidades de aireación y mezcla operando el aireador de aspiración AIRE-O<sub>2</sub>. Estas instrucciones no son para todas las aplicaciones. Se adaptan mejor a embalses de aireación y sistemas de lagunas. Le rogamos se ponga en contacto con la fábrica de AIII o con un representante local autorizado en caso de que tenga alguna duda o cuando las aplicaciones sean distintas a las descritas. ATENCION: el uso de los datos aquí presentados con otros aireadores de aspiración no producirá los mismos resultados. Póngase en contacto con el fabricante apropiado para obtener sus datos de aplicación.

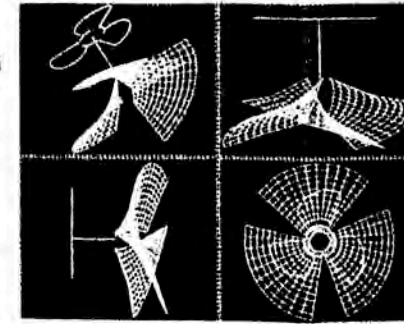
**LAGUNA 2**



**LAGUNA 1**

## TECNOLOGIA DE DISEÑO DE HELICES

El diseño de la hélice, que es el fundamento de la hidrodinámica del flujo de hélices, se basa en los mismos principios que la teoría de las alas. Las dimensiones principales generales, para las que no se necesitan sistemas de referencia a fin de describir las variables son: diámetro, diámetro del cubo, número de aspas, paso, longitud de la cuerda, espesor y alabeo. No obstante, para definir la superficie de la aspa de forma adecuada, se usa un sistema de coordenadas para poder delimitar el ángulo de esviaje, ángulo de incidencia, línea de referencia de las aspas, generatriz, arqueado y paso de la hélice. Las especificaciones geométricas para esta forma compleja se necesitan a fin de poder establecer la condición del límite de no penetración para flujo sobre las aspas así como en la fabricación de una hélice por control numérico. Las hélices se diseñan para aplicaciones específicas tales como locomoción de naves o mezcla y bombeo. La forma geométrica compleja de la hélice define su rendimiento e idoneidad para la finalidad propuesta. Existen diferencias fundamentales entre las hélices diseñadas para propulsión y las hélices estacionarias para aireación y mezcla. Aeration Industries ha llevado a cabo amplias investigaciones para desarrollar la hélice AIRE-O<sub>2</sub>, a fin de proporcionar una mezcla y rendimiento de transferencia de oxígeno óptimos.



## PRUEBA DE TINTE REPRESENTATIVA

La adición de tinte a dos lagunas demuestra las capacidades de mezcla superiores del aireador AIRE-O<sub>2</sub>.

Se escogieron dos estanques contiguos para una prueba de tinte que demostrara visualmente la capacidad superior de mezcla del aireador AIRE-O<sub>2</sub>.

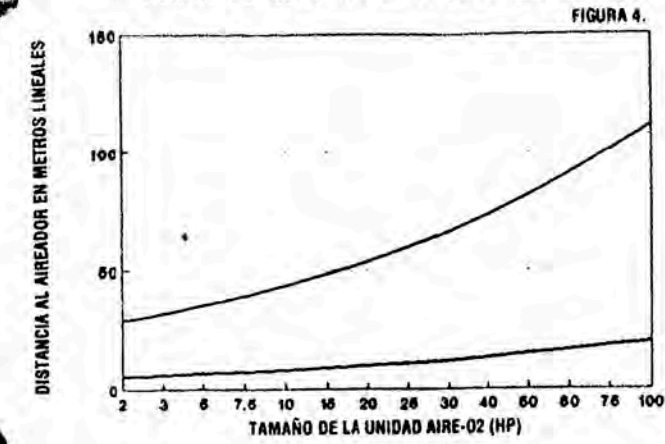
El tinte se agregó delante de una unidad AIRE-O<sub>2</sub> en la laguna 1 y en el cubo de un salpicador de superficie en la laguna 2. A continuación, las lagunas fueron observadas durante una hora para comparar las capacidades de mezcla de los aireadores.

**A los 15 minutos,** en la laguna aireada por AIRE-O<sub>2</sub> al menos la mitad del agua se mezcló completamente, mientras que en la laguna con el salpicador de superficie sólo se observó la mezcla de la quinta parte del agua.

**A los 30 minutos,** las unidades AIRE-O<sub>2</sub> distribuyeron el tinte completamente por la mayor parte de la laguna, mientras que los salpicadores de superficie sólo habían mezclado menos de la mitad del agua de la laguna 2.

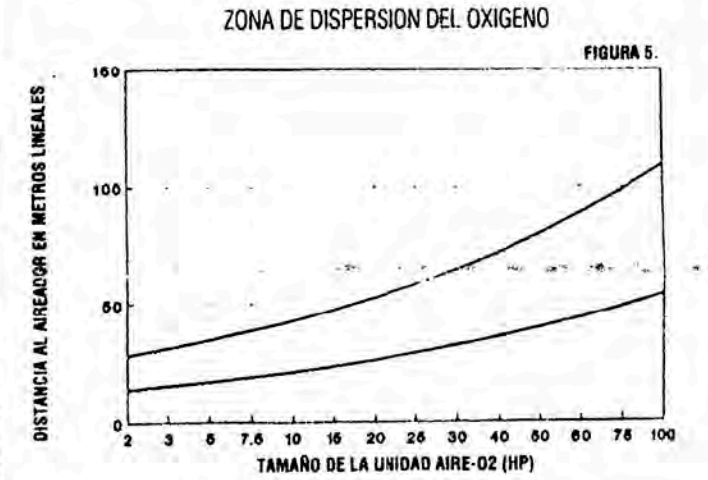
Con la prueba del tinte se demostró que en la laguna 2 no sólo la mezcla fue menos eficaz que en la laguna 1, sino que se estaba cortocircuitando.

DISTANCIA DE SEPARACION PARA ENLACE DE FLUJOS.

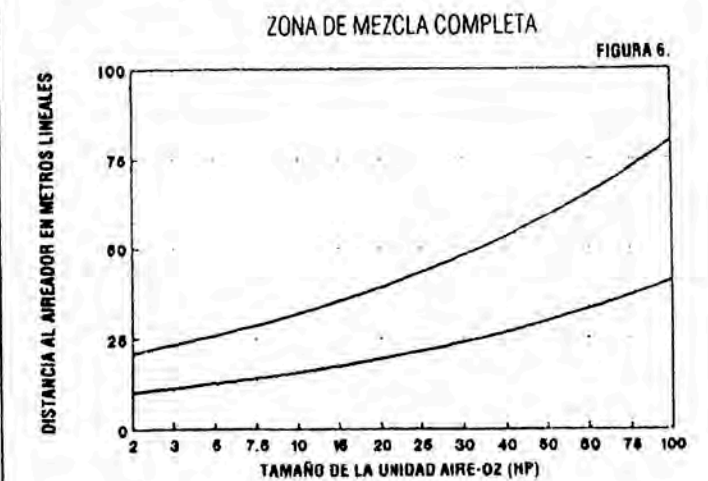


**FIGURA 4.** La máxima distancia mostrada para enlace de flujos tiene como fin la dispersión del oxígeno y los objetivos de mezcla deseados de las Figuras 1 y 2. La distancia mínima se establece para impedir que otros aireadores o paredes laterales sean afectados por la enorme turbulencia y ebullición creada en las proximidades de los aireadores.

**FIGURA 5.** La zona de dispersión de oxígeno se presenta para definir de forma adicional la distancia de separación y la colocación de los aireadores. Los ajustes de las distancias de separación de los aireadores y su colocación pueden tener que hacerse basándose en la profundidad del estanque. Este gráfico permite asegurar la obtención de los objetivos de la transferencia de oxígeno de la Figura 1. Las profundidades máxima y mínima corresponden a la profundidad de la Figura 3 para la unidad del mismo tamaño.



**FIGURA 6.** La zona de mezcla completa es la distancia a la unidad AIRE-O<sub>2</sub> en la que se mantiene una velocidad media de 0,3 m/s. Se requiere una velocidad de 0,3 m/s para suspender finos. Las profundidades máxima y mínima corresponden a las mismas profundidades de la Figura 3 para una unidad del mismo tamaño. Para las aplicaciones limitadas de mezcla se debe utilizar este gráfico en vez del gráfico de la Figura 4 para determinar la distancia de separación y colocación de los aireadores.



## Lista parcial de instituciones y compañías independientes que efectuaron pruebas con unidades AIRE-O<sub>2</sub>:

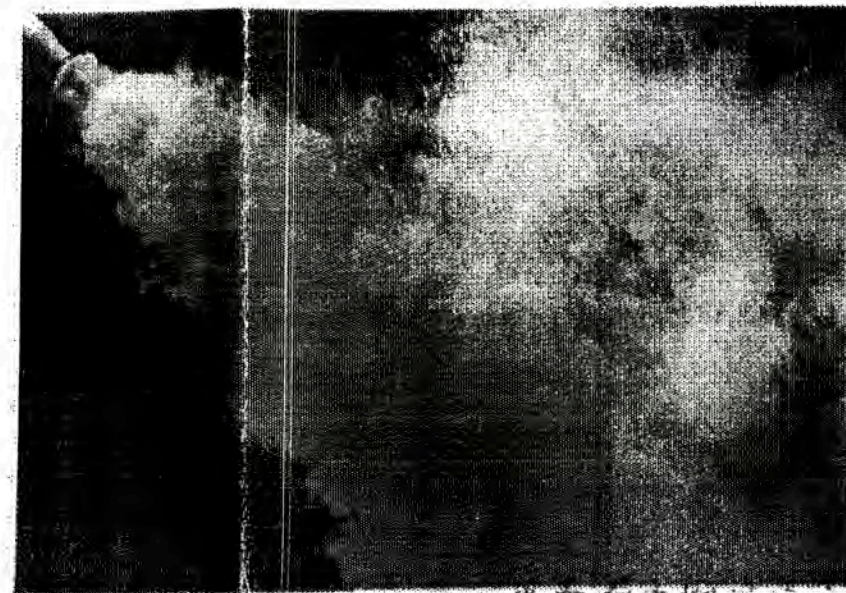
- Universidad de Auburn, Alabama
- Metcalf & Eddy Engineers
- Hoyle, Tanner & Assoc. Engineers
- ENSR Engineers
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU.
- Ewing Engineering Co.
- Biotrol, Inc. Engineers
- R.J. Dausmen Technical Services

# Aireador/mezclador de aspiración horizontal AIRE-O<sub>2</sub>

## PRINCIPIO DE OPERACION

El aireador AIRE-O<sub>2</sub> es un aireador/mezclador de aspiración con hélice. El aire atmosférico es descargado debajo de la superficie del agua y mezclado por medio de una hélice giratoria. El eje motriz de la hélice está hueco y se extiende desde el eje del motor a través de un cojinete inferior donde están unidos la hélice y el difusor. Este eje motriz tiene aberturas por encima de la superficie del agua para permitir la entrada de aire atmosférico en el tubo hueco.

La hélice giratoria hace que el fluido circule por la abertura anular del difusor creando una caída de presión que aspira los gases atmosféricos por debajo de la superficie del agua. El aire, incluyendo el oxígeno, se difunde formando burbujas finas producidas por el flujo horizontal creado por la hélice. El tamaño medio de las burbujas producidas es de 2,0 milímetros, que es aproximadamente el tamaño óptimo de 2,2 milímetros establecido por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) de EE.UU. para difusores de poros finos. El oxígeno es absorbido por el agua y la biomasa durante el tiempo que hace contacto con las burbujas finas. Las burbujas finas se dispersan por una gran zona de influencia proporcionando un amplio tiempo de contacto con el agua. Las zonas de influencia del aireador AIRE-O<sub>2</sub> para la mezcla y la dispersión del oxígeno varían con el tamaño de la unidad. Se pueden instalar unidades aireadoras múltiples AIRE-O<sub>2</sub> para mezclar y dispersar completamente el oxígeno por todo un estanque.



**ANGULO DE INCLINACION** El ángulo formado por el aireador y la superficie del agua puede variar entre 30 y 90 grados durante la operación. El AIRE-O<sub>2</sub> también puede inclinarse y sacarse fuera del agua para su mantenimiento. Normalmente el AIRE-O<sub>2</sub> está a 45 grados. En algunas aplicaciones tal vez sea necesario hacer ajustes para obtener un mejor rendimiento. En estanques poco profundos o muy profundos también es posible que haya que hacer ajustes. Pida recomendaciones a la fábrica.

## PROPIEDADES NORMALES DEL AIREADOR AIRE-O<sub>2</sub>

### 1 MOTOR DE SERVICIO PESADO TOTALMENTE ENCERRADO Y ENFRIADO POR VENTILADOR (TEFC)

Bastidor de hierro colado con un factor de servicio de 1.15, cojinetes B<sub>2</sub>, de 10 años de duración, caja de conductos guarnecida con empaquetadura, herrajes resistentes a la corrosión.

### 2 HERRAJES

Los bastidores estructurales, las piezas de sujeción y los cables son de acero galvanizado en los equipos normales o de acero inoxidable, más resistentes a la corrosión en ambientes rigurosos de aguas residuales.

### 3 BRIDA DE MONTAJE

Acero inoxidable 316; sujeta la caja y el motor para distintas opciones de montaje; ángulo de inclinación ajustable para varias profundidades del agua; pivota el aireador para sacarlo fuera del agua y poder efectuar las operaciones de mantenimiento.

### 4 CAJA

Construcción recia de acero inoxidable 316 que sujeta el cojinete del manguito inferior; grandes aberturas que permiten la entrada del aire atmosférico en el eje motriz hueco.

### 5 EJE (dentro de la caja)

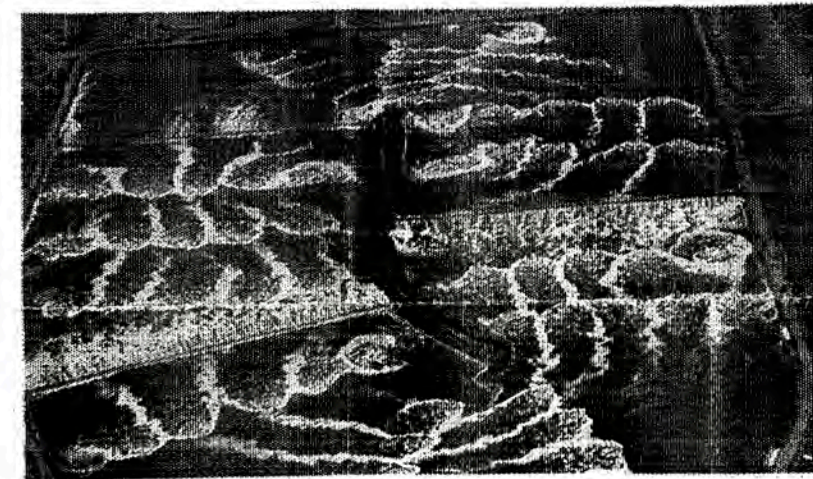
Tubo de acero inoxidable 316 con acoplamiento Hooke de acero forjado al carbono para mantener el alineamiento; el tubo hueco atraviesa la chumacera de los cojinetes; la hélice y el difusor están bien sujetos con roscas invertidas; el elemento giratorio está equilibrado de modo que produce vibraciones menores que 0,2 pulg/s.

### 6 PROTECTOR CONTRA TORBELLINOS

Dispone de un dispositivo estándar que anula la formación de torbellinos. Los torbellinos tienden a formarse cuando se opera un dispositivo propulsor cualquiera sumergido una profundidad mínima. El protector flotante de torbellinos rompe las corrientes turbulentas e impide la formación de torbellinos o los disipa rápidamente protegiendo el aireador contra la cavitación y las cargas de impacto.

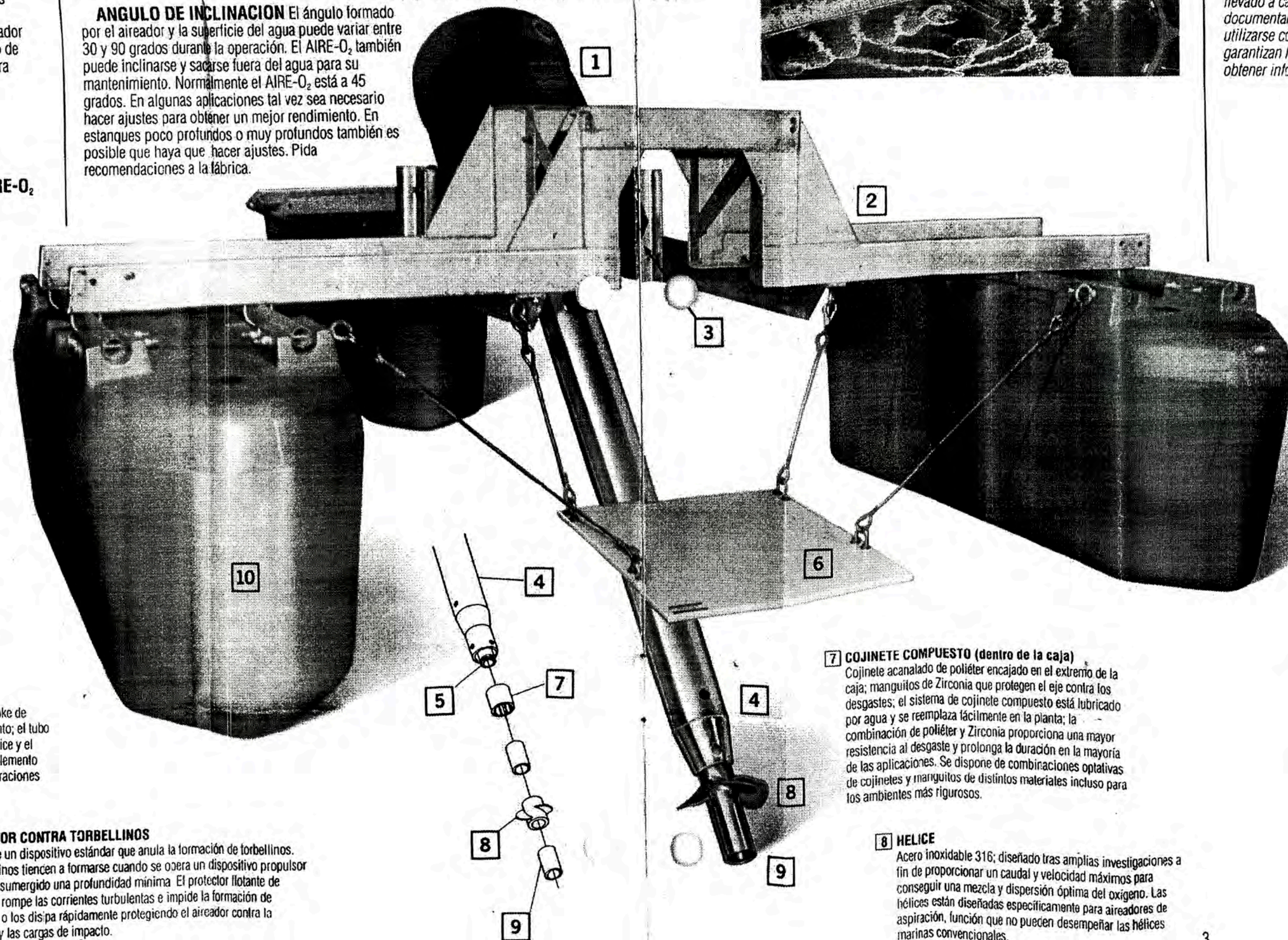
## ENLACE DE FLUJOS

Enlazando la zona de influencia de un aireador AIRE-O<sub>2</sub> con otra para aumentar al máximo la mezcla y dispersión de oxígeno en un estanque, laguna o canal constituye la base del proceso del enlace de flujos. Este proceso fue descubierto y desarrollado por Aeration Industries International, Inc. El material presentado en este documento proporciona información y datos al usuario para el diseño y configuración de un sistema de aireación de mezcla AIRE-O<sub>2</sub> con enlace de flujos.



El proceso de enlace de flujos es un proceso de tratamiento de aguas residuales en el que los mezcladores de aspiración con hélice AIRE-O<sub>2</sub> están colocados de forma que produzcan un flujo paralelo a través de un estanque dado para alcanzar la máxima velocidad promedio posible con la potencia total aplicada. La máxima velocidad promedio proporciona la máxima dispersión de oxígeno y la máxima mezcla para la suspensión de sólidos. La aplicación de enlace de flujos tiene el efecto de aumentar la cinética de la reacción. Enlazando los flujos de aireadores se mezcla agua con una gran concentración de oxígeno disuelto y agua con poco contenido de oxígeno disuelto, lo que hace que la cinética de la reacción aumente la velocidad de transferencia de oxígeno en comparación con la de una sola unidad, con aireadores colocados de forma aleatoria o con una configuración de aireadores colocados en posiciones opuestas. La potencia total necesaria puede reducirse si se aplica bien el sistema de enlace de flujos. El rendimiento de la transferencia de oxígeno del aireador aumenta como consecuencia de los efectos sinérgicos del enlace de flujos.

*El enlace de flujos es un proceso de aguas residuales descubierto y desarrollado por Aeration Industries International, Inc. Se han llevado a cabo unas investigaciones y estudios de casos prácticos para documentar y refinar este proceso. La información aquí presentada es para utilizarse con el aireador AIRE-O<sub>2</sub>. Si se usa otro aireador de aspiración no se garantizan los resultados aquí anunciados. Llame al representante de AII para obtener información adicional.*



### 9 DIFUSOR

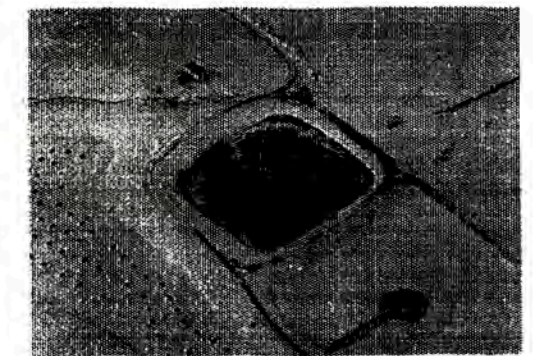
Acero inoxidable 316; adaptado geoméricamente a la hélice y diseñado para suministrar la máxima diferencia de presión a través de la abertura a fin de lograr un mayor caudal de aire atmosférico y producir las burbujas de tamaño adecuado para un tiempo de contacto prolongado con el agua.

### 10 FLOTACION

Carcasas ligeras de polietileno de baja densidad, llenas de espuma de uretano, que proporcionan una flotación positiva de 640 lb por flotador. Se recomienda encarecidamente otro flotador sobre unidades de 2 a 7,5 caballos de fuerza cuando esté sujeto a fuertes vientos racheados y en climas fríos donde las precipitaciones de nieve y hielo sean importantes.

### THERMO-PAK (optional)

Thermo-Pak is for ice control upon power outage or periods when aerator is idle; heats area surrounding shaft to keep ice from binding shaft or bearing system; utilized in cold climates where power outages are prevalent.



### 7 COJINETE COMPUESTO (dentro de la caja)

Cojinete acanalado de poliéter encajado en el extremo de la caja; manguitos de Zirconia que protegen el eje contra los desgastes; el sistema de cojinete compuesto está lubricado por agua y se reemplaza fácilmente en la planta; la combinación de poliéter y Zirconia proporciona una mayor resistencia al desgaste y prolonga la duración en la mayoría de las aplicaciones. Se dispone de combinaciones optativas de cojinetes y manguitos de distintos materiales incluso para los ambientes más rigurosos.

### 8 HELICE

Acero inoxidable 316; diseñado tras amplias investigaciones a fin de proporcionar un caudal y velocidad máximos para conseguir una mezcla y dispersión óptima del oxígeno. Las hélices están diseñadas específicamente para aireadores de aspiración, función que no pueden desempeñar las hélices marinas convencionales.

# SPENA SISTEMAS AMBIENTALES

EQUIPAMIENTO ESPECIALIZADO EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
SISTEMAS DE AERACION, FLOTACIÓN Y CONTROL DE AGUAS RESIDUALES



ALAMEDA SUR Nº 300 - 302 VILLA MARINA - CHORRILLOS LIMA 09 - CENTRAL: (51-1) 254 6070 / 254 6233  
FAX: (51-1) 254 1923 CEL.: 9970 4644 NEXTEL: 9816 3622 / 9818 5349  
e-mail: spona@terra.com.pe / www.spenafish.com

Lima 15 de Julio del 2004  
COT084-04/AMB

Señores:  
SEDAPAL

Attn.: Ing. Job Herrera.  
Ref.: Repuestos de Aereadores

De nuestra mayor consideración.

Por medio de la presente le hacemos llegar, nuestra propuesta técnica y económica inicial para el suministro de los repuestos de los equipos AERADORES que tiene instalados en las diversas plantas de su Administración, Estos se detallan a continuación:

## AERADOR HORIZONTAL (AIRE-02) : SK88-060 / 10HP

DESCRIPCION	Nº PARTE	POTENCIA	CANT	P/UNIT (\$)	P/TOTAL (\$)
Difusor	223-027	10 HP	1	284.00	284.00
Hélice	234-094	10 HP	1	1,038.00	1,038.00
Arandela de Nylon	215-121	10 HP	2	6.00	12.00
Bocina de Cerámica	247-041	10 HP	1	460.00	460.00
Arandela de Acero Inoxidable	215-200	10 HP	1	22.00	22.00
Cojinete	213-052	10 HP	1	354.00	354.00
	239-070	10 HP	1	1,574.00	1,574.00
Eje	219-147 (revestido)	11 HP	1	2,150.00	2,150.00

SPENA SISTEMAS AMBIENTALES (DIVISIÓN DE SPENA FISH AQUACULTURA SRL)



AIRE-02,®

www.aire02.com

REPRESENTANTE DE  
AERATION INDUSTRIES INTERNATIONAL INC.-AIRE-02  
NIJHUIS WATER TECHNOLOGY B.V.



www.nijhuiswater.nl

4000-100 601-91 6000-100



AIRE-02

aire02.com

REPRESENTANTE DE  
AERATION INDUSTRIES INTERNATIONAL INC.-AIRE-02  
NIJHUIS WATER TECHNOLOGY B.V.



www.nijhuiswater.nl

SISTEMAS DE AERACION, FLOTACION Y CONTROL DE AGUAS RESIDUALES



ALAMEDA SUR N° 300 - 302 VILLA MARINA - CHORRILLOS LIMA 09 - CENTRAL: (51-1) 254 6070 / 254 6233

FAX: (51-1) 254 1923 CEL.: 9970 4644 NEXTEL: 9816 3622 / 9818 5349

e-mail: spena@terra.com.pe / www.spenafish.com

ADOR HORIZONTAL

**AERADOR HORIZONTAL (AIRE-02) : SK88-062 / 15-20 HP**

DESCRIPCION	No. PARTE	POTENCIA	CANT	P/UNIT (\$)	P/TOTAL (\$)
Difusor	223-028	15/20 HP	1	340.00	340.00
	234-243	15 HP	1	1,400.00	1,400.00
Hélice	234-244	20 HP	1	1,514.00	1,514.00
	215-123	15/20 HP	2	6.00	12.00
Arandela de Nylon	247-034	15/20 HP	1	716.00	716.00
Bocina de Cerámica	213-053	15/20 HP	1	392.00	392.00
Cojinete	239-061	15/20 HP	1	2,688.00	2,688.00
Eje	219-148 (revestido)	15/20 HP	1	3,268.00	3,268.00

ADOR SUPERFICIAL

MECÁNICAS  
ONADAS, CURVAS  
MM A 6 MM

FLOTACIÓN POR  
BUELTOS CON  
PARALELAS

CIÓN PARA  
CIÓN DE  
Y GRASAS

DORES POR  
AD Y FLOTACIÓN

CIÓN Y  
CIÓN EN LINEA  
ADOR TUBULAR

COMPACTA POR  
CTIVADOS

SOPLADORES  
TUBILIT

ES DE  
NA EPDM.  
O. TUBULARES  
A

S DE FILTRACIÓN  
L DE AGUA PARA  
ENTOS  
ADORES  
UV

OL DE DERRAME  
OLEO - BARRERAS  
R. PADS  
ENTES  
EDIACIÓN

**AERADOR HORIZONTAL (AIRE-02) : SK88-061 / 25 - 30 HP**

DESCRIPCION	No. PARTE	POTENCIA	CANT	P/UNIT (\$)	P/TOTAL (\$)
Difusor	223-028	25/30 HP	1	340.00	340.00
	234-092	25 HP	1	1,628.00	1,628.00
Hélice	234-093	30 HP	1	2,054.00	2,054.00
	215-123	25/30 HP	2	6.00	12.00
Arandela de Nylon	247-034	25/30 HP	1	716.00	716.00
Bocina de Cerámica	213-053	25/30 HP	1	392.00	392.00
Cojinete	239-063	25/30 HP	1	4,010.00	4,010.00
Eje	219-148 (revestido)	25/30 HP	1	4,586.00	4,586.00

SPENA SISTEMAS AMBIENTALES (DIVISIÓN DE SPENA FISH AQUACULTURA SRL)



AIRE-02

aire02.com

REPRESENTANTE DE  
AERATION INDUSTRIES INTERNATIONAL INC.-AIRE-02  
NIJHUIS WATER TECHNOLOGY B.V.



# SPENA SISTEMAS AMBIENTALES

EQUIPAMIENTO ESPECIALIZADO EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
SISTEMAS DE AERACION, FLOTACIÓN Y CONTROL DE AGUAS RESIDUALES



AV. ALAMEDA SUR N° 300 - 302 VILLA MARINA - CHORRILLOS LIMA 09 - CENTRAL: (51-1) 254 6070 / 254 6233  
FAX: (51-1) 254 1923 CEL.: 9970 4644 NEXTEL: 9816 3622 / 9818 5349

e-mail: spena@terra.com.pe / www.spenafish.com

RECIBO DE DORTI HORIZONTAL

RECIPIENTES DE FLOTACIÓN SUPERFICIAL  
RECTANGULARES

RECIPIENTES MECÁNICAS  
ALTERNADAS, CURVAS  
DE 300 MM A 6 MM

RECIPIENTES DE FLOTACIÓN POR  
DESEMBOLO CON  
PLAQUETAS PARALELAS

RECIPIENTES PARA  
RECOLECCIÓN DE  
LÍPIDOS Y GRASAS

RECIPIENTES PARA  
RECUPERACIÓN DE  
LÍPIDOS Y FLOTACIÓN

RECIPIENTES DE FLOTACIÓN Y  
RECUPERACIÓN EN LINEA  
DE RECIPIENTES TUBULARES

RECIPIENTES COMPACTOS PARA  
RECUPERACIÓN DE  
LÍPIDOS ACTIVADOS

RECIPIENTES DE RECUPERACIÓN DE  
LÍPIDOS SUFICIENTES

RECIPIENTES DE RECUPERACIÓN DE  
LÍPIDOS EN LINEA EPDM,  
RECIPIENTES TUBULARES,  
RECIPIENTES PARA  
RECUPERACIÓN DE  
LÍPIDOS

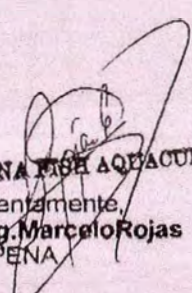
RECIPIENTES DE FILTRACIÓN  
RECIPIENTES DE AGUA PARA  
RECUPERACIÓN DE  
LÍPIDOS  
RECIPIENTES  
RECIPIENTES

RECIPIENTES DE DERRAME  
RECIPIENTES DE DERRAME - BARRERAS  
RECIPIENTES, PANDOS  
RECIPIENTES  
RECIPIENTES DE MEDIACIÓN

## CONDICIONES DE VENTA

Validez de oferta	:	30 días.
I.G.V. 19%	:	No incluido.
Lugar de Entrega	:	Oficinas Lima
Forma de Pago	:	A tratar
Tiempo de entrega	:	15 días

Sin más por el momento, quedo a la espera de sus comentarios, asimismo, hacemos llegar a usted los sentimientos de nuestra más alta consideración y estima.

  
SPENA FISH AQUACULTURA S.R.L.  
Atentamente,  
Ing. Marcelo Rojas  
SPENA

SPENA SISTEMAS AMBIENTALES (DIVISIÓN DE SPENA FISH AQUACULTURA SRL)



ireo2.com

P:1

0252622-R

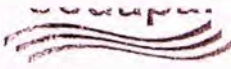
51-1-254-1923

0252622-R

www.nijhuiswater.nl

0252622-R





# Pedido de Servicio

Nº 4300017875  
Página Nº 1

R.U.C. Nº: 20100152356

En la Factura y Guía de Remisión deberá consignarse el número de este Pedido de Servicio

LIMA, 16 de Setiembre, 2004  
 SEÑOR (ES) **MONICA SOLEDAD VARGAS BARRIONUEVO** P.I.C. 303322  
 D.I. 10005663181  
 DIRECCIÓN: BDI, BALANCEO DINAMICO INDUSTRIAL  
 AV. AVIACION 1536 (OVALO ABRILA)  
 DISTRITO: LA VICTORIA TELEFONOS: 224 2315  
 FORMA DE PAGO: Inmediatamente  
 FECHA DE DURACION: 15.10.2004 COMPRADOR: AAVIDA

Pedido de Servicio amparado en los D.S. Nº 12-2001-PCM y 12-2001-PCM  
 El contratista se obliga a cumplir con las obligaciones que le corresponden, bajo sanción de quedar inhabilitado para contratar con el Estado en caso de incumplimiento

II	SERVICIO	CANT.	UM	DESCRIPCION	P. UNIT S/.	IMPORTE S/.
1		10.000	UN	REPARAC.EJES AEREADORES PTAR S.JUAN SERVICIO DE REPARACION DE EJES DE AEREADORES DE PTAR SAN JUAN SERVICIO SOLICITADO POR EL EQ RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL	328.00	3.280.00
Sub-Total :						3.280.00
I.G.V :						623.20
TOTAL :						3.903.20

SON : TRES MIL NOVECIENTOS TRES Y 20/100 DÍGITOS 00/100 TOTAL 3.903.20

OBSERVACIONES:  
De acuerdo a los términos de referencia y/o presupuesto adjuntos al presente; los mismos que forman parte integrante del Pedido de Servicio.

EQUIPO SERVICIOS CENTRALES  
 GERENCIA DE LOGISTICA Y SERVICIOS  
 Gerencia de Logística y Servicios



## **BDI** BALANCEO DINAMICO INDUSTRIAL

Lima, 1 de Diciembre del 2004

Señores:  
SEDAPAL PTAR SAN JUAN  
ATT. Ing. JOB HERRERA VILLAIZAN

### INFORME TECNICO

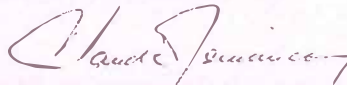
Sirva la presente para saludarlo y a la vez hacerle llegar el siguiente informe sobre el Proceso de Reconstrucción de los Ejes de Aereadores Horizontales de 15 a 20 HP.

#### 1. Proceso de Reconstrucción:

- a. Evaluación de fallas y determinación de zona dañada.
- b. Corte de parte dañada (zona de admisión de aire) L = 300mm
- c. Fabricación de un eje tubo de acero inoxidable 316 SCH40 de Diámetro 60 mm x 300 mm de largo con 08 agujeros lineales distribuidos simétricamente y compartidos de 2 en 2 con medidas iguales al original.
- d. En el eje mayor sano se realiza proceso de verificación, enderezado y acondicionamiento para acoplar ambos tubos con soldadura de arco eléctrico (AWS 316) con proceso térmico adecuado.
- e. Mantenimiento y Revisión de cruceta y sus soportes.
- f. Balanceo estático y dinámico del eje aereador, tomando valores referenciales y con aproximación mínima de 0,5 mm/seg en RMS a 3500 RPM
- g. Prueba operativa final con antecedentes presentados anteriormente con 02 ejes completos entregados en calidad de prueba para aereadores horizontales de 15 a 20 Hp.

Atentamente,

Balanceo Dinámico Industrial



CLAUDIO FERNÁNDEZ ALATRISTA  
GERENTE



**BALANCEO DINAMICO INDUSTRIAL**  
 De: Mónica Vargas Barrionuevo  
**REPARACION Y BALANCEO ELECTRONICO DE CARDANES**  
**CIGUENALES, ROTORES, VENTILADORES, EJES**  
 Av. Aviación N° 1536 La Victoria - Lima  
 Teléfono: 224-2319

**R.U.C. 10005063189**  
**GUIA DE REMISION REMITENTE**  
**003- N° 090002**

Fecha de Emisión: 01-12-2004 Fecha de Inicio de Traslado: 02-12-2004

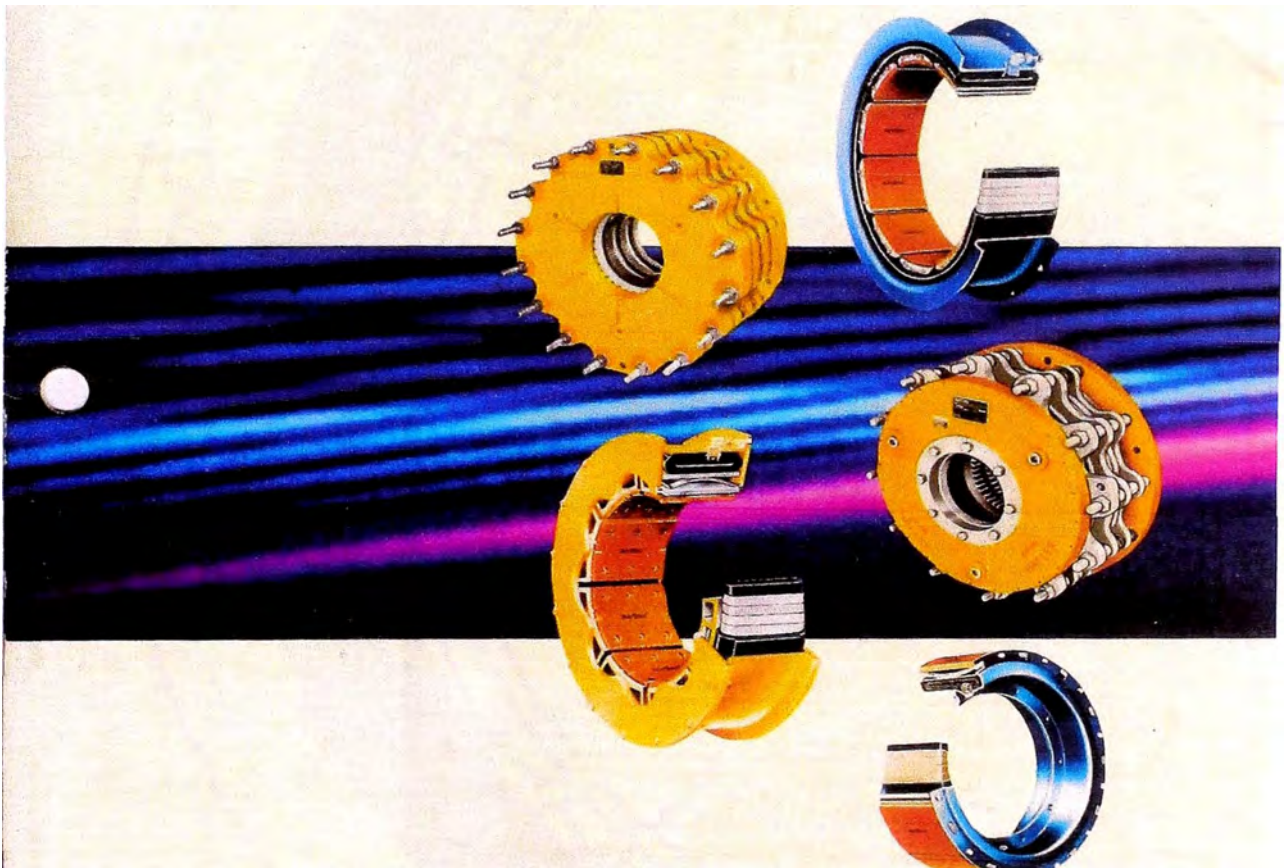
<b>DIRECCION DE PARTIDA</b> Via Tipo: <u>ALRECORRA</u> Via Nombre: <u>ALRECORRA</u> N°: <u>1536</u> Interior: _____ Zona: _____ Distrito: <u>LA VICTORIA</u> Dep: _____		<b>DIRECCION DE LLEGADA</b> Via Tipo: <u>ALRECORRA</u> Via Nombre: <u>ALRECORRA</u> N°: <u>1536</u> Interior: _____ Zona: _____ Distrito: <u>S.J.M.</u> Prov: <u>LIMA</u> Dep: _____	
<b>DESTINATARIO</b> Apellidos y Nombres / Razon Social: <u>SEDA PAL - PTAR SAN JUAN</u> R.U.C. <u>20100152356</u> DI: <u>S.J.M. 3/N</u>		<b>UNIDAD DE TRANSPORTE Y CONDUCTOR</b> Vehículo Marca y Placa N°: <u>FORD SH 4026</u> Certificado de Inscripción N°: _____ Licencia de Conducir N°: <u>H 24561659</u>	

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.	PESO	COSTO MINIMO DEL TRASLADO
<u>EJES DE ADELANTORES DE 15 A 20 HP</u>	<u>224</u>	<u>10</u>		

<b>TRANSPORTISTA</b> Nombre: <u>Claudia Ferrnandez Alariza</u> N° de Licencia: <u>24501659</u>	<b>MOTIVO DE TRASLADO</b> <input type="checkbox"/> 1. Venta <input type="checkbox"/> 2. Compra <input type="checkbox"/> 3. Consignación <input type="checkbox"/> 4. Devolución <input type="checkbox"/> 5. Traslado entre establecimientos de una misma empresa <input type="checkbox"/> 7. Traslado de bienes para transformación <input checked="" type="checkbox"/> 8. Recibo de Bienes Transformados <input type="checkbox"/> 9. Traslado por exterior finalizado de contribuyente de pago <input type="checkbox"/> 10. Traslado zona primaria <input type="checkbox"/> 11. Importación <input type="checkbox"/> 12. Exportación <input type="checkbox"/> 13. Otros	 p. Mónica Vargas Barrionuevo Conformidad del Cliente Sr.(a)(lla) _____
<b>COMPROMISANTE DE PAGO</b> TIPO: _____	<b>DESTINATARIO</b>	

**Airflex®**  
Clutches & Brakes

**EATON**



Catalog 800A

# TABLA PARA EL CÁLCULO INERCIAL GEOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL

**Rectangular Prism**  
 Weight =  $\rho H T L$

$k_{yy}^2 = \frac{H^2 + L^2}{12}$

**Solid Cylinders**  
 Weight =  $\frac{\rho \pi D^2 L}{4}$

$k_{yy}^2 = \frac{D^2}{8}$        $k_{yy}^2 = \frac{L^2}{12} + \frac{D^2}{16}$

**Ellipsoidal Cylinders**  
 Weight =  $\frac{\pi}{4} \rho a b L$

$k_{yy}^2 = \frac{a^2 + b^2}{16}$

**Hollow Cylinders**  
 Weight =  $\frac{\pi}{4} \rho L (D^2 - d^2)$

$k_{yy}^2 = \frac{D^2 + d^2}{8}$        $k_{yy}^2 = \frac{D^2 + d^2}{16} + \frac{L^2}{12}$

**Cones**


$k_{yy}^2 = \frac{\pi a^2}{64} + \frac{L^2}{12}$

**Cones**  
 Weight =  $\frac{\rho \pi D^2 L}{12}$

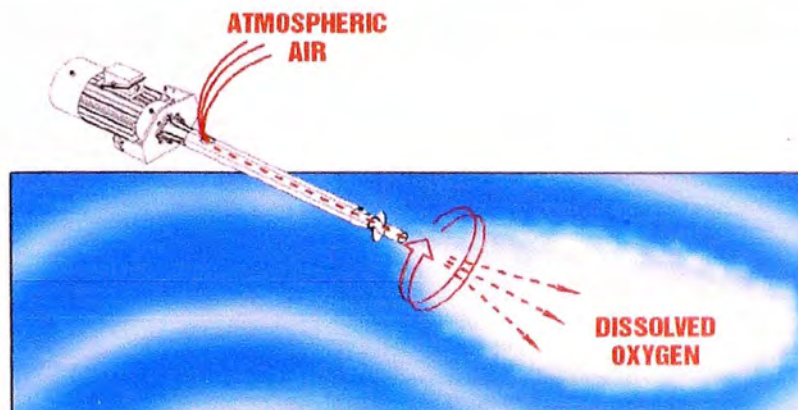
$k_{yy}^2 = \frac{3D^2}{40}$        $k_{yy}^2 = \frac{3D^2 + 3L^2}{80}$

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL ACERO INOXIDABLE 316 AUSTENÍTICO

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Resistencia a la tracción R (N/mm <sup>2</sup> )	>= 515
Deformación elástica a tracción	>= 295
Deformación elástica a torsión	>= 110
Alargamiento (%)	>= 30
Estricción (%)	>= 50
Dureza Brinell	183
Resiliencia KV (J)	100 (típico)
Módulo de elasticidad E (N/mm <sup>2</sup> )	195000 (típico)
Módulo de rigidez G (N/mm <sup>2</sup> )	80000
Densidad (g/cm a 20° C)	8,0
Conductividad térmica (W/m K a 20°C)	16,3
Resistividad eléctrica (K a 20°C)	74
Calos específico (J/Kg C)	500



The  
AIRE-O<sub>2</sub><sup>®</sup> Aspirating  
Aerator

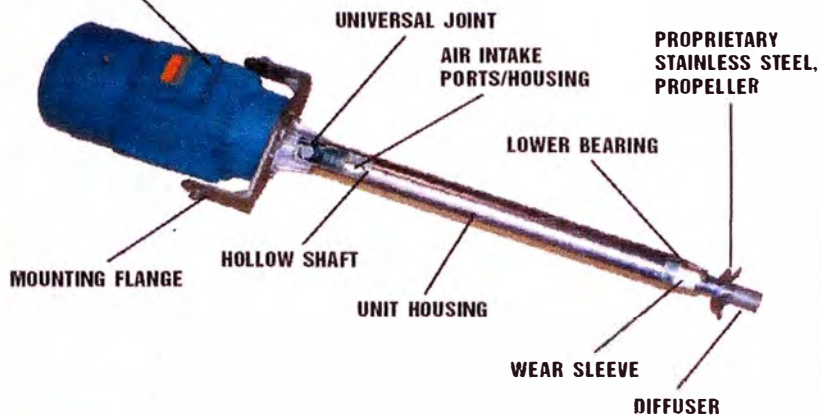


The AIRE-O<sub>2</sub> operates by creating a partial vacuum under the water, drawing air through the shaft, and dispersing the oxygen into the water in a horizontal direction. As the propeller rotates, it induces a flow of atmospheric oxygen through the air intake ports on the shaft located above the water surface. This air is then drawn through the shaft, past the propeller, and exits in a high velocity stream of fine bubbles as it is diffused into the water.

**Theory of Operation**



**ELECTRIC MOTOR  
(W/WIRING TERMINAL BOX)**



The AIRE-O<sub>2</sub> aerator is a statement of simplicity in itself, offering a horizontal aspirating air system on an easily accessible surface mounted flotation system. Consisting of only a few moving parts, the AIRE-O<sub>2</sub> aerator offers easy installation and requires little maintenance.

**Simplicity in Design  
and Maintenance!**



Constantly perfecting the AIRE-O<sub>2</sub> aerator, Aeration Industries invests in and maintains an active R & D program. The research facility has state of the art capability and is monitored by computerized instrumentation capable of simultaneously controlling and measuring numerous operating systems.

The focal point of the R & D center is a 100,000 gallon (378,300 l) test pool facility, the only such facility in the industry. The test pool features more than 18 feet (5.5 m) of windows positioned below the waterline designed for close underwater observation of aeration equipment.

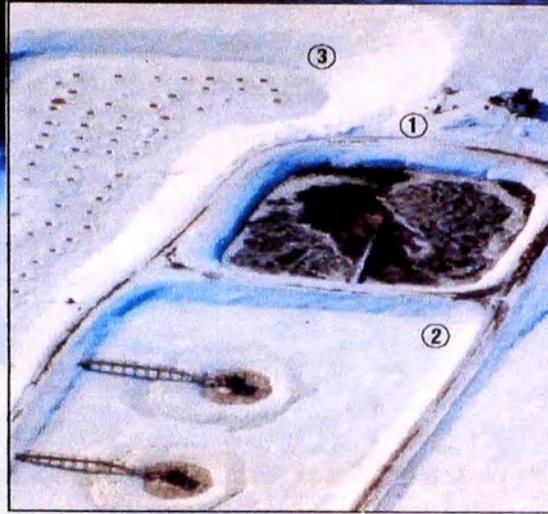
**R & D**

**1.) AIRE-O<sub>2</sub> FLOW-LINKAGE SYSTEM:**

Utilizing multiple AIRE-O<sub>2</sub> units, a circular horizontal flow pattern is created, covering the whole lagoon area, thus preventing short circuiting and maximizing lagoon volume. The result is a highly oxygenated flow pattern that provides complete mixing of the lagoon, keeps solids suspended in any climate, and maintains optimum temperatures year round.

**2.) SURFACE AERATORS:**

The area of influence for surface splashes is limited and has the additional negative affect of cooling the aeration basin through evaporation and aerosols.



**3.) BLOWER/DIFFUSER SYSTEM:**

As seen in the photograph, the diameter of influence for a diffuser system is very limited, requiring a large quantity of diffusers to cover the area needed. Much of the area is still snow covered from lack of aeration and mixing, giving the lagoon a pincushion look.

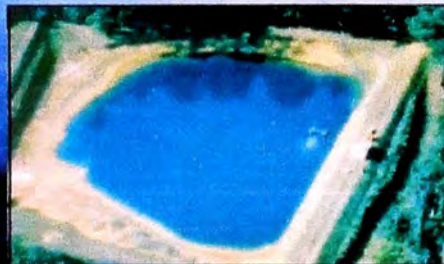
**Three Systems  
Put to the Test...**



8 MINUTES AFTER DYE IS INTRODUCED



AFTER 16 MINUTES



32 MINUTES - COMPLETE MIX

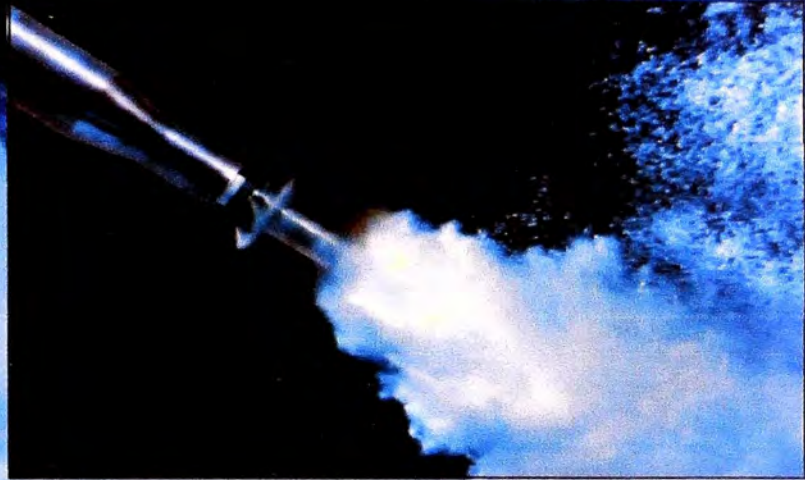


SPLASHER - AFTER 80 MINUTES

An independant dye test clearly shows the effectiveness of an AIRE-O<sub>2</sub> Aerator compared to that of surface splashes, which are confined to their areas of influence.

**The Proof is  
in the Mixing...**





Specifically designed for the AIRE-O<sub>2</sub> Aspirator, Aeration Industries' proprietary propeller is the **technological breakthrough** that places the AIRE-O<sub>2</sub> aerator far above the competition in quality and performance. Developed with **university and naval experts**, our propellers are designed specifically for aspirating technology and are not available anywhere else in the world. AIRE-O<sub>2</sub>'s propeller has been designed to **eliminate cavitation** and to promote **maximum oxygen transfer** while maximizing mixing velocities.

## Propeller Design



**OXIDATION OVALS (DITCHES)**



**LAGOONS AND PONDS**



**AEROBIC BASINS AND DIGESTERS**



**TANK AERATION**

## Applications....