

# MEJORES PRÁCTICAS OPERATIVAS EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES



Ing . Químico  
Carlos Andrés Vargas O.  
Tecnova Limitada-Colombia

# CONTENIDO



1. Conceptos Básicos de Diseño.

2. Prácticas de Operación, Mantenimiento y Optimización STAR

3. Manejo de Documentación

4. Herramientas para monitoreo y control de Variables

5. Cumplimiento Ambiental



# CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO

# DISEÑO STAR

1. Muestreo y  
Caracterización  
del efluente

**INFORMACIÓN  
REQUERIDA**

2. Estudio de  
suelos y  
Levantamiento  
Topográfico

3. Información  
Climatológica

# MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE

**OBJETIVO:** Cuantificar y determinar características físico-químicas del efluente.

## MUESTREO

- Frecuencia: Cada hora.
- Duración: 24 horas.
- Tipo de Muestra: Acumulada.
- Garantizar Proceso Estable y Continuo

## PARÁMETROS REQUERIDOS

- Caudal generado
- pH
- Temperatura
- DBO<sub>5</sub>
- DQO
- Sólidos Totales
- Sólidos Suspendidos
- Sólidos Disueltos
- Fósforo Total
- Nitrógeno Total
- Nitrógeno Amoniacal
- Grasas y Aceites
- Acidez Total
- Alcalinidad Total
- Sedimentables
- Sólidos Volátiles

Deben ser realizado por un laboratorio Acreditado por la Autoridad Ambiental

# ESTUDIO DE SUELOS



**OBJETIVO:** Determinar si el terreno es apto para la construcción del STAR

## PARÁMETROS

- **Textura y estructura.**
- **Resistencia al Corte o capacidad Portante:** Mide la capacidad de soportar cargas.
- **Infiltración:** Mide la capacidad del suelo de permitir el paso del agua.
- **Permeabilidad:** Mide la capacidad del suelo de transporte de agua.
- **Profundidad del nivel freático.**



# ESTUDIO DE SUELOS

## INTERPRETACIÓN DE VALORES DE INFILTRACIÓN

| INFILTRACIÓN BÁSICA (cm/hora) | INTERPRETACIÓN       |
|-------------------------------|----------------------|
| <0,1                          | Muy lenta            |
| 0,1-0,5                       | Lenta                |
| 0,5-2,0                       | Moderadamente lenta  |
| 2,0-6,3                       | Moderada             |
| 6,3-12,7                      | Moderadamente rápida |
| 12,7-25,4                     | Rápida               |
| >25,4                         | Muy Rápida           |

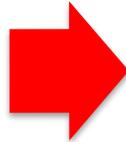
## INTERPRETACIÓN DE VALORES DE PERMEABILIDAD

| PERMEABILIDAD (cm/hora) | INTERPRETACIÓN       |
|-------------------------|----------------------|
| <0,1                    | Muy lenta            |
| 0,1-0,5                 | Lenta                |
| 0,5-1,6                 | Moderadamente lenta  |
| 1,6-5                   | Moderada             |
| 5,0-12,0                | Moderadamente rápida |
| 12,0-18,0               | Rápida               |
| >18                     | Muy Rápida           |

# DISEÑO STAR



Estudio de  
suelos



Levantamiento  
Topográfico

-Diseño definitivo.

-Volúmenes de  
Tierra a Remover.

-Pendiente  
Hidráulica.

-Sitio de Vertimiento  
Final



# INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA



**OBJETIVO:** Determinar el caudal de salida del sistema, teniendo en cuenta el fenómeno de evaporación.

$$Q_s = Q_e - 0,001 \times A_s \times E$$

Donde:

**Q<sub>s</sub>** = Caudal de Salida

**Q<sub>e</sub>** = Caudal de entrada

**A<sub>s</sub>** = Área superficial de la laguna

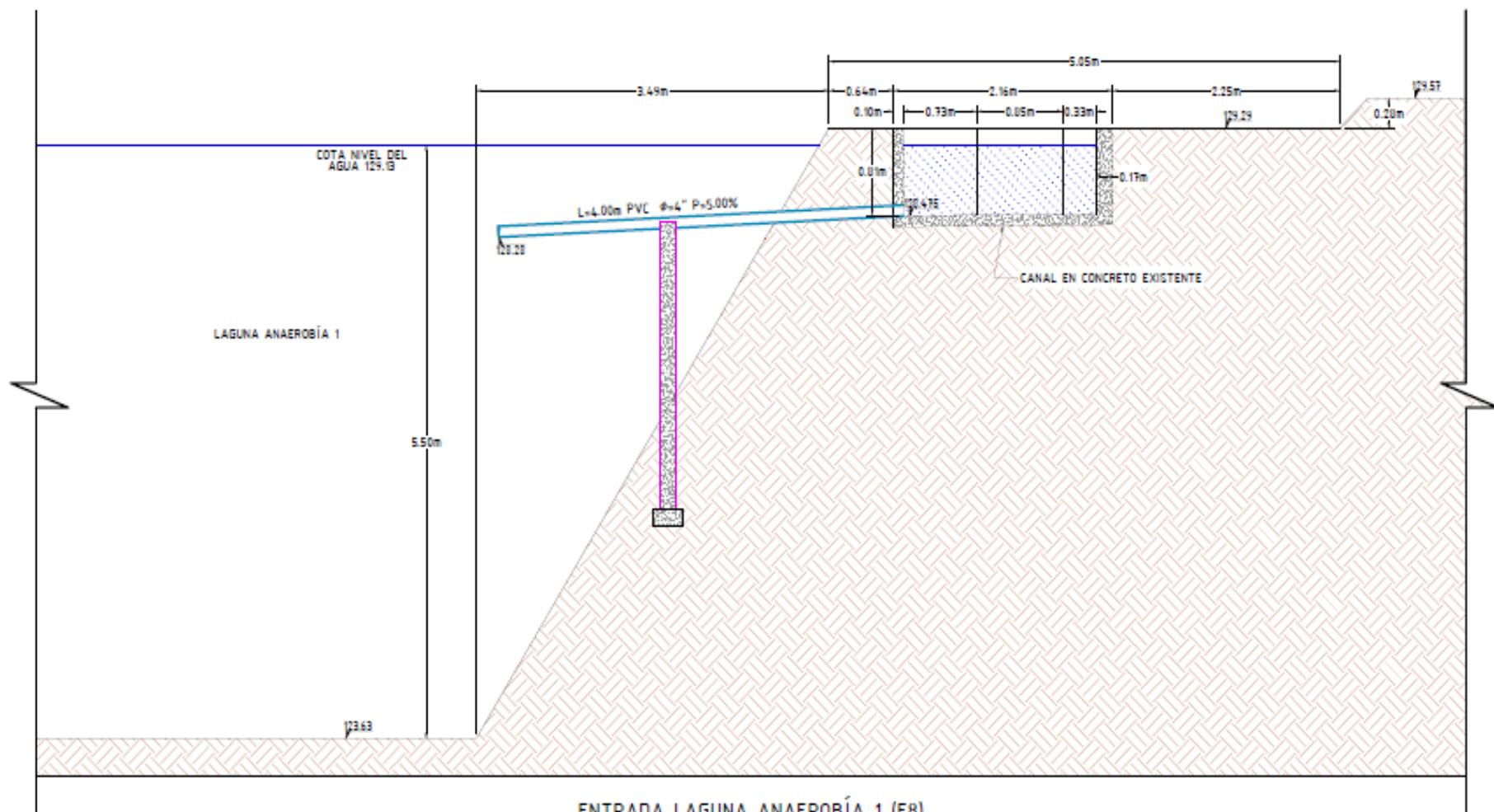
**E** = Evaporación efectiva en mm/d (Diferencia entre precipitación y evaporación)

# OTROS FACTORES DE DISEÑO A CONSIDERAR

- Dirección del viento.
- Ubicación de pozos de agua profundos cercanos.
- Topografía del terreno.
- Vías de acceso.
- Distancia de la planta extractora.
- Evaluación de comunidades cercanas.







ENTRADA LAGUNA ANAEROBÍA 1 (E8)  
CORTE E-E  
ESC. 1/50





# **PRÁCTICAS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN STAR**

# TRATAMIENTOS PRELIMINARES

## **FLORENTINOS:**

- Remover, materiales sedimentables de fácil remoción como arenas y trozos de frutos, para evitar el desgaste de tuberías y bombas.
- Recuperar aceite libre que puede retornarse al proceso. Parametro <7 gr/l.

### RECUPERACIÓN DE ACEITE

- Inmediata, realizarse en cada turno.
- Uso de agua caliente para remoción de lodos livianos.
- Si la temperatura del florentino < 50 C, inyección suave de vapor.

### LIMPIEZA

- General, cada 8 o 15 días.
- Debe incluir línea de succión de la bomba y sistema de recolección de aceite (canaletas o tubos).
- Limpieza del tanque recolector de aceite recuperado.

# TRATAMIENTOS PRELIMINARES



# TRATAMIENTOS PRELIMINARES

Nuevas tecnologías en florentinos: Florentino elevado



# TRATAMIENTOS PRELIMINARES

## Mantenimiento del florentino elevado



# TRATAMIENTOS PRELIMINARES

## Tamiz de sólidos



# ENFRIAMIENTO DEL EFLUENTE



**Objetivo:** Reducir la temperatura en aprox. 30 °C para garantizar el trabajo óptimo de los microorganismos ( $T < 40^{\circ}\text{C}$ )

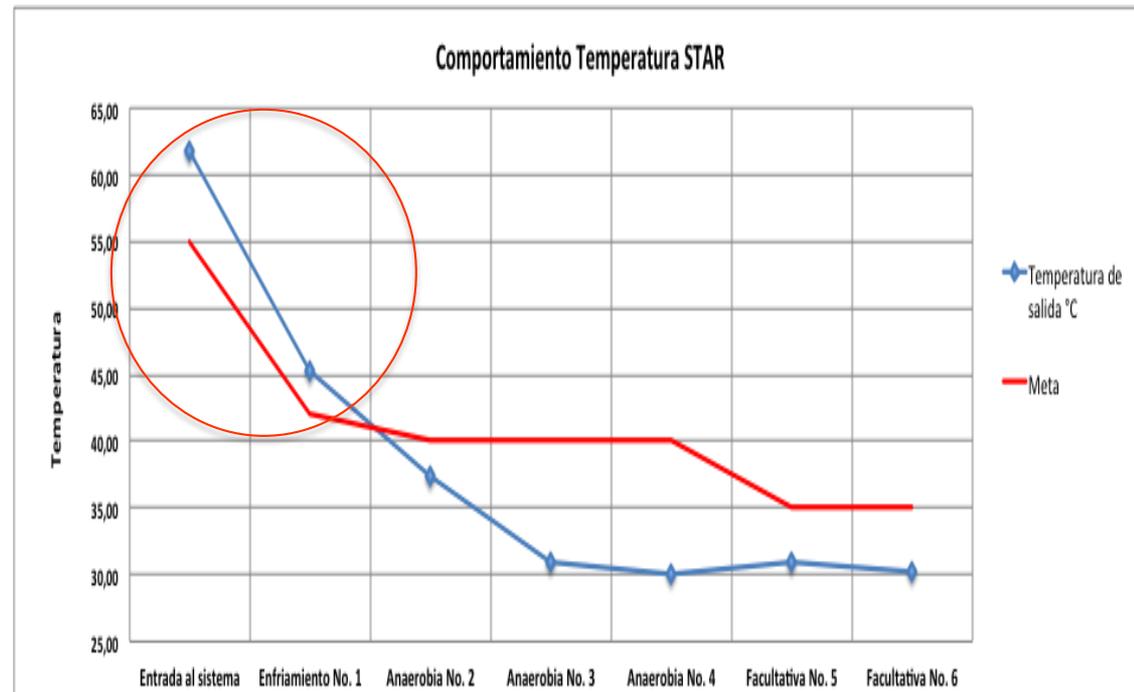
Regular el efluente para aumentar tiempo de residencia del efluente.



Realizar limpieza semanal para aprovechar el volumen de residencia de la torre.

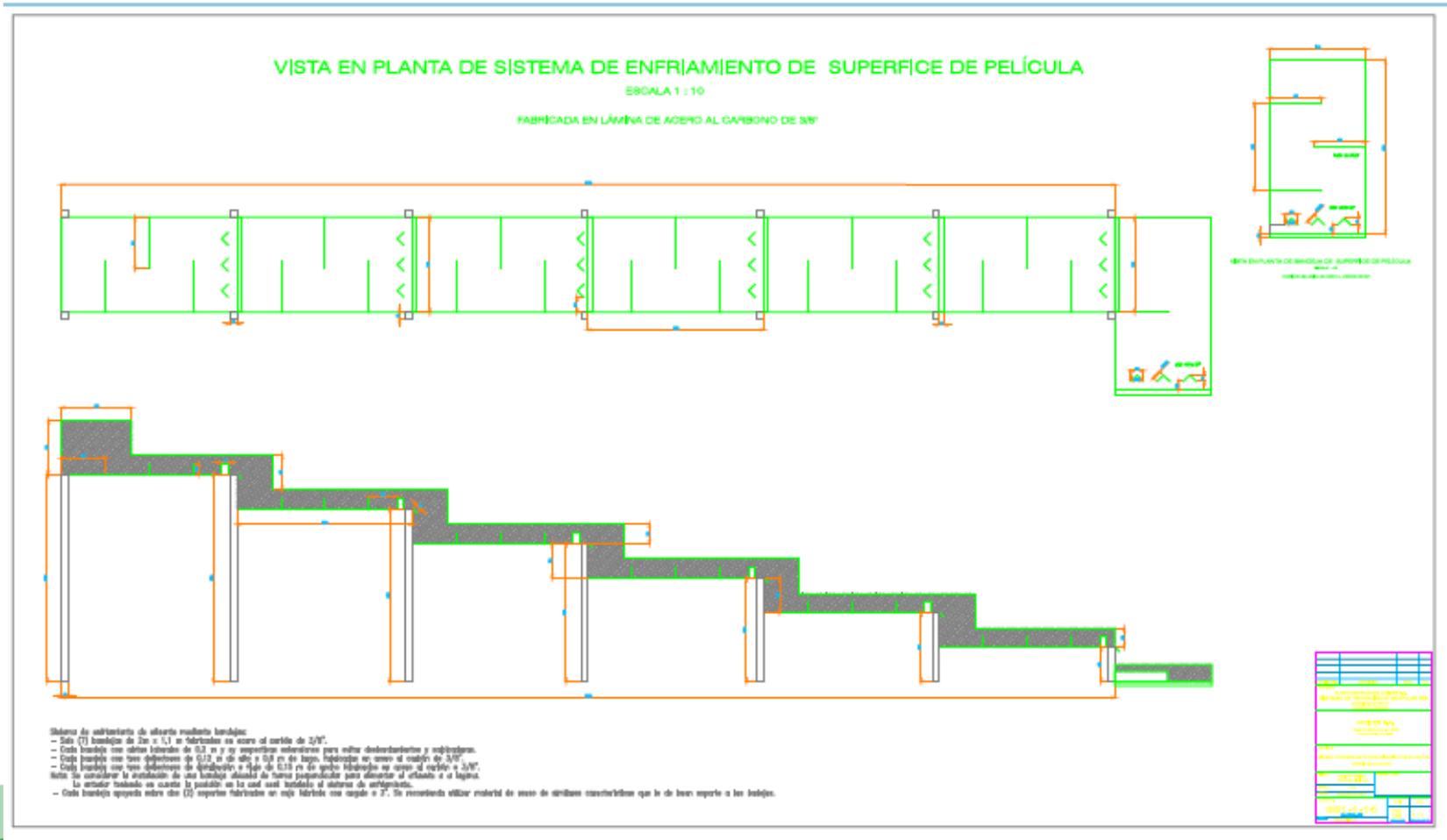


Realizar medición de temperatura al ingreso y salida de la torre y laguna de enfriamiento.



# ENFRIAMIENTO DEL EFLUENTE

## Enfriamiento por superficie de película



# ENFRIAMIENTO DEL EFLUENTE

## Enfriamiento por superficie de película



# ENFRIAMIENTO DEL EFLUENTE



## Enfriamiento por superficie de película



# ENFRIAMIENTO DEL EFLUENTE

## Enfriamiento con torre de tiro natural



# ENFRIAMIENTO DEL EFLUENTE

## Enfriamiento con torre de tiro natural



# RECUPERACIÓN DE TRAZAS DE ACEITE Y DESARENADO

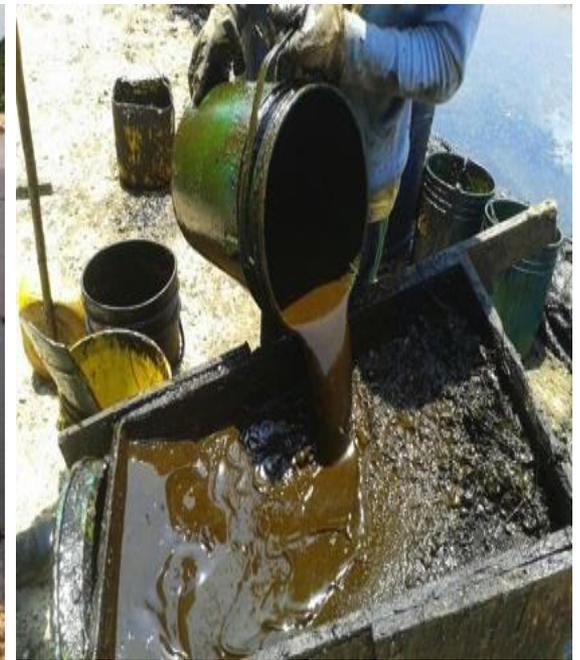
## Objetivo:

Evitar el ingreso de aceites, grasas y arenas que afectan el desempeño de las bacterias metanogénicas de las lagunas anaerobias.

## ACTIVIDADES A REALIZAR:

- ✓ Recuperación de trazas de aceite ácido para venta en jabonería o incorporación cuidadosa al proceso según acidez.
- ✓ Limpieza periódica de la laguna de enfriamiento según perfil de lodos (batimetría) para evitar pérdida de tiempo de residencia.
- ✓ Regulación de flujos o ecualización de caudales con ajuste de compuertas de registro de salida para su distribución al sistema metenogénico.

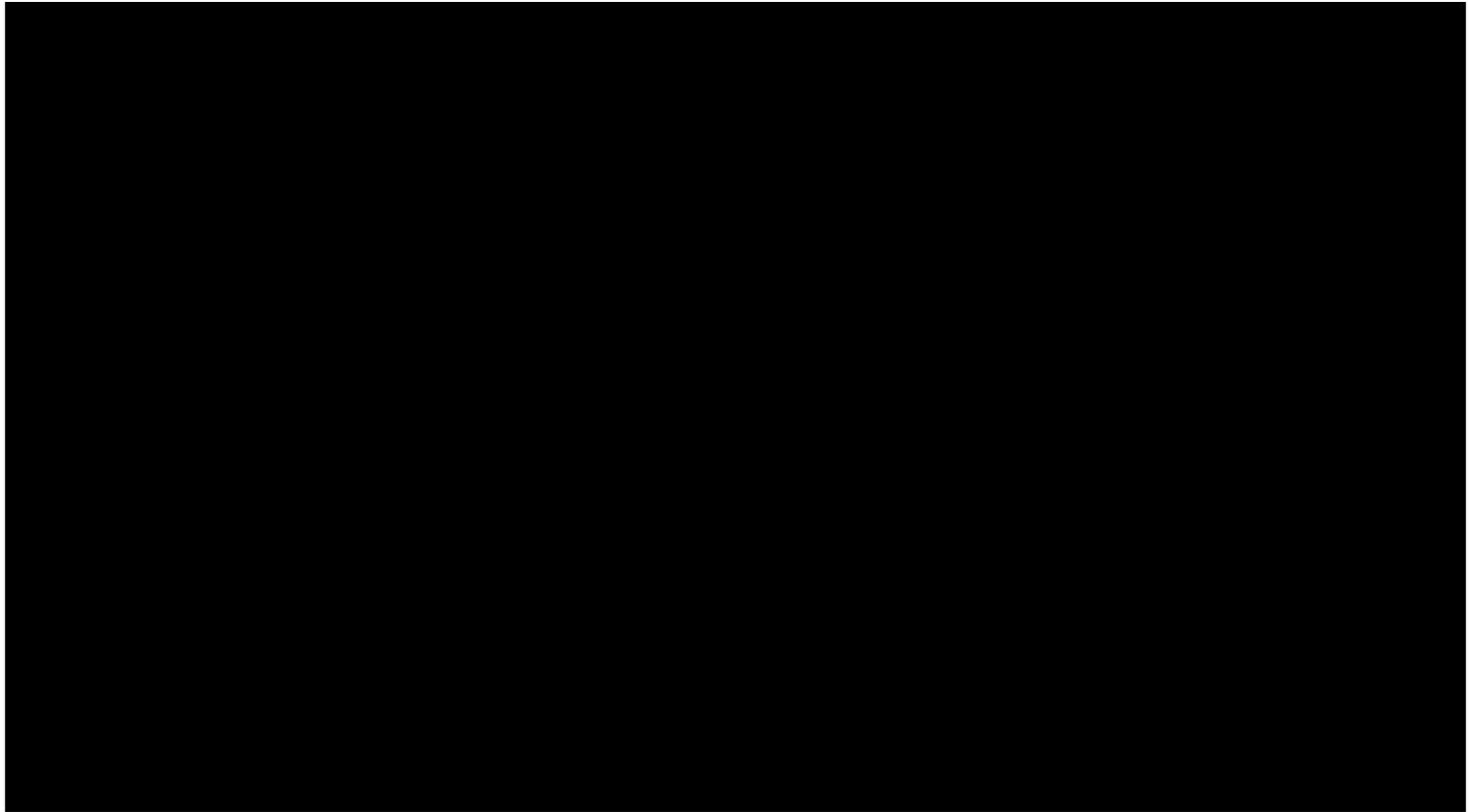
# RECUPERACIÓN DE TRAZAS DE ACEITE



# SISTEMA TIPO SKIMMER PARA RECUPERACIÓN DE ACEITE



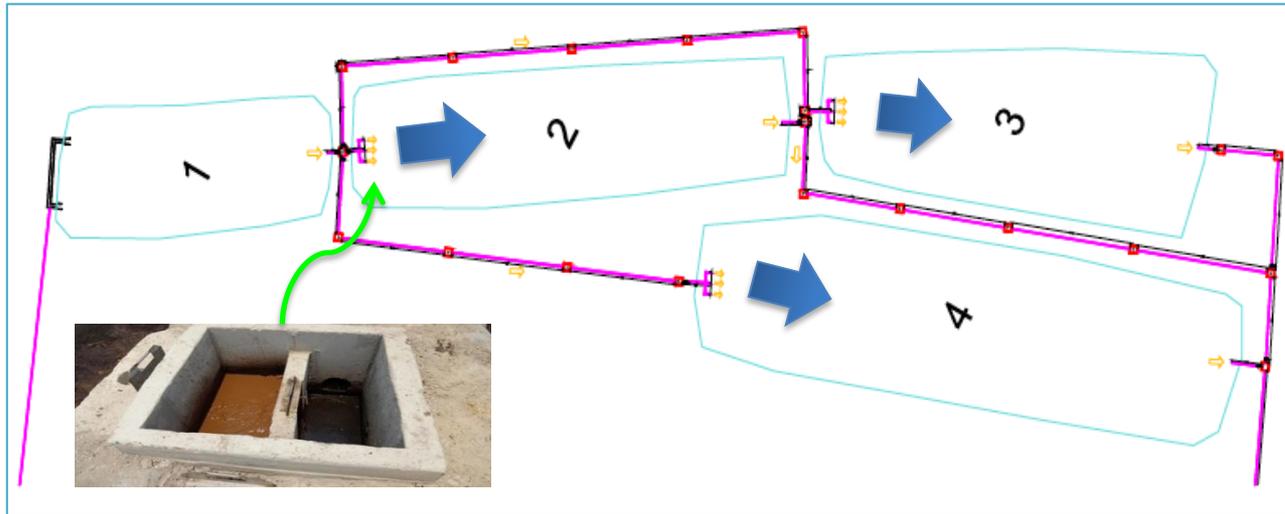
# SISTEMA TIPO SKIMMER PARA RECUPERACIÓN DE ACEITE



# OPERACIÓN DEL SISTEMA ANAEROBIO

## Objetivo:

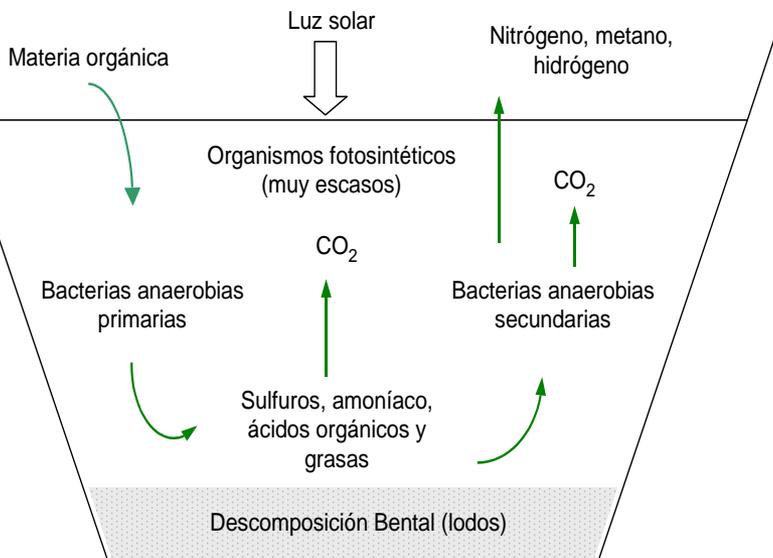
Remover la materia orgánica ( $DBO_5$  y DQO entre 80-90%) por actividad biológica (bacterias) en ausencia de oxígeno.



## RECOMENDADO

- Alimentación constante en paralelo o serie de las lagunas anaerobias.
- Recirculación ahogada.
- Sostenimiento de parámetros de pH y capacidad buffer.

# OPERACIÓN DEL SISTEMA ANAEROBIO



## Recomendaciones para operar:

- ✓ Monitoreo permanente.
- ✓ Nunca dejar el sistema totalmente cerrado (compuertas).
- ✓ Garantizar alimentación a laguna por las tres entradas para evitar zonas muertas.
- ✓ Realización periódica de batimetrías.
- ✓ Verificar la NO existencia de taponamientos en tuberías de entrada y salidas.
- ✓ Realizar limpieza permanente de registros.

# OPERACIÓN DEL SISTEMA ANAEROBIO



Alimentación controlada a lagunas usando registro y compuertas. Se realiza según pH y capacidad buffer.

Si capacidad buffer entre rango de 0,2-0,3 y pH superior a 6,5 se puede realizar alimentación.

Si capacidad buffer con rango  $> 0,3-0,4$  y/o pH  $< 6,5$ , se debe regular o suspender alimentación hasta regular parámetros, recirculando efluente de lagunas facultativas 2 horas al día.

Si capacidad buffer  $< 0,2$ , es indicativo que la laguna requiere mayor alimentación, hasta llegar a parámetros, Es recomendable también realizar recirculación de lagunas facultativas.

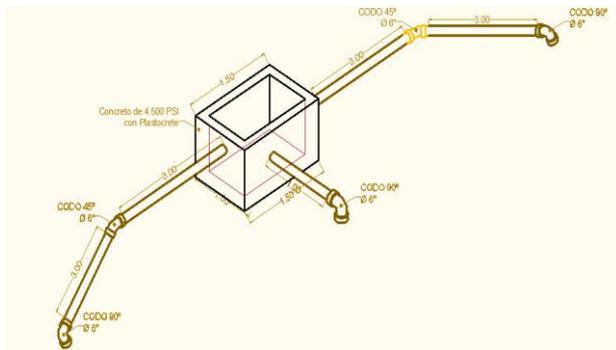
Cuando capa de lodos superficiales sea  $> 5$  cm se debe realizar barrido con caña para su remoción.

# MEJORES PRÁCTICAS EN SISTEMA ANAEROBIO

- Utilizar canales abiertos en concreto para facilitar limpieza y evitar taponamientos.
- Alimentación que garantice efecto pistón, sin generar zonas muertas.
- Uso de bombas especiales para lodos (de tipo diafragma o sumergibles)
- Realizar mantenimiento de los lechos de lodos en época de verano.
- Instalar pantallas o diques para evitar el paso de lodos a las siguientes lagunas.



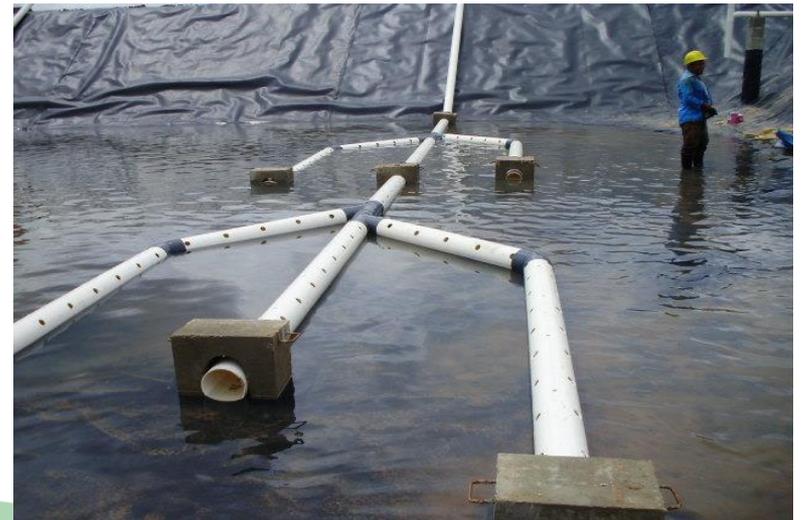
# MEJORES PRÁCTICAS EN SISTEMA ANAEROBIO



# MEJORES PRÁCTICAS EN SISTEMA ANAEROBIO



# MEJORES PRÁCTICAS EN SISTEMA ANAEROBIO



# MEJORES PRÁCTICAS EN SISTEMA ANAEROBIO

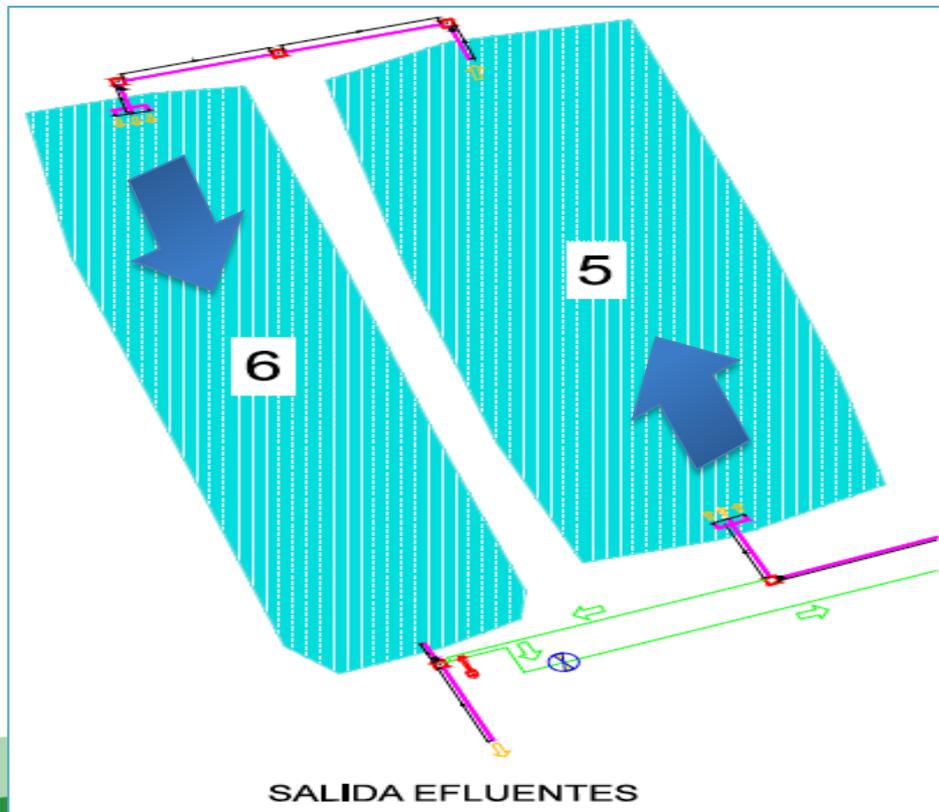
- Incluir sistemas de pulimiento final del efluente (filtros de cáscaras, filtros de grava).
- Uso de boyas para demarcar los sitios donde se debe evacuar lodos.
- Realización de capacidad buffer para conocer la capacidad de amortiguamiento del sistema.
- Determinación de DQO (Adquirir equipos, material y reactivos).



# OPERACIÓN DEL SISTEMA FACULTATIVO

Objetivo:

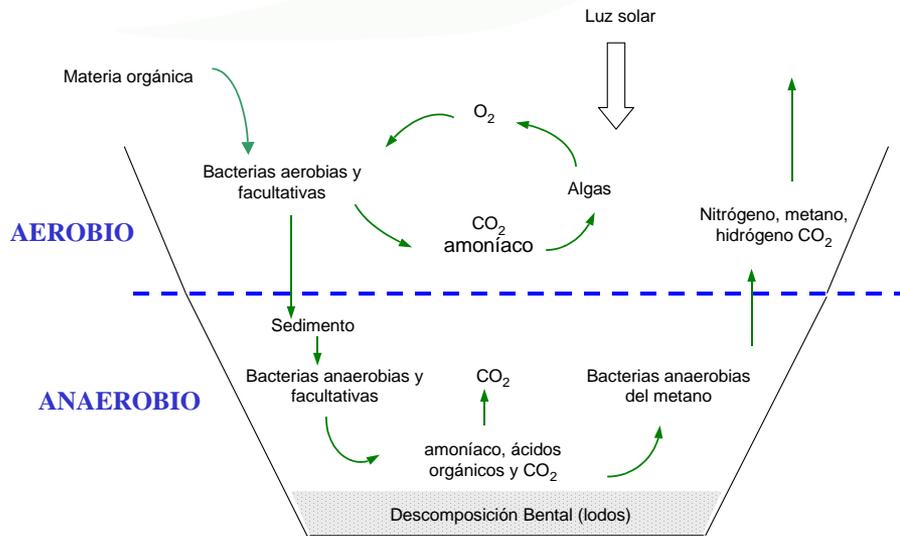
Remover la materia orgánica ( $\text{DBO}_5$  y DQO entre 80-90%) que se escapó del tratamiento del sistema anaerobio.



**Condición ideal de operación:**

Alimentación constante en serie y sostenimiento de parámetros de pH y capacidad buffer, sólidos totales,  $\text{DBO}_5$ , DQO.

# OPERACIÓN DEL SISTEMA FACULTATIVO



## Recomendaciones para operar:

- ✓ Monitoreo permanente.
- ✓ NO dejar el sistema totalmente cerrado (compuertas).
- ✓ Garantizar alimentación a laguna por las tres entradas.
- ✓ Realización periódica de batimetrías.
- ✓ Verificar la NO existencia de taponamientos en tuberías de entrada y salidas.
- ✓ Realizar limpieza permanente de registros.

# OPERACIÓN DEL SISTEMA FACULTATIVO



Alimentación controlada a las lagunas usando registro y compuertas. Se realiza según pH y capacidad buffer.

Evacuar de forma controlada la descarga final del sistema hacia riego de plantaciones con la bomba manipulando las respectivas válvulas.

Evacuar de forma controlada la descarga final del sistema como recirculación con la bomba manipulando las respectivas válvulas.

Cuando la capa de lodos superficiales sea mayor a 5 cm se debe realizar barrido con caña para su remoción y garantizar espejo de agua para proceso aerobio.

# AIREACIÓN



## Objetivo:

Facilitar la aireación del efluente contribuyendo con la actividad aerobia y manteniendo bajo control los parámetros de  $DBO_5$  y DQO.



**VENTAJA:** Evita la formación de islas de lodo y fangos pesados que dificultan el mantenimiento de la lagunas aerobias.

# AIREACIÓN

Realizar la aireación del efluente con el uso de la balsa y sistema de bombeo y aspersión del efluente 4 horas al día máximo.

Realizar la aireación del efluente con el uso de la balsa y sistema de bombeo y aspersión del efluente en la lagunas No. 6 durante 4 horas al día.

Si se eleva en nivel de sólidos en la descarga del sistema se recomienda disminuir los tiempos de aireación en las lagunas para controlar esta variable.



# AIREACIÓN



# AIREACIÓN



# MEJORES PRÁCTICAS EN SISTEMA FACULTATIVO



# AIREACIÓN



# AIREACIÓN

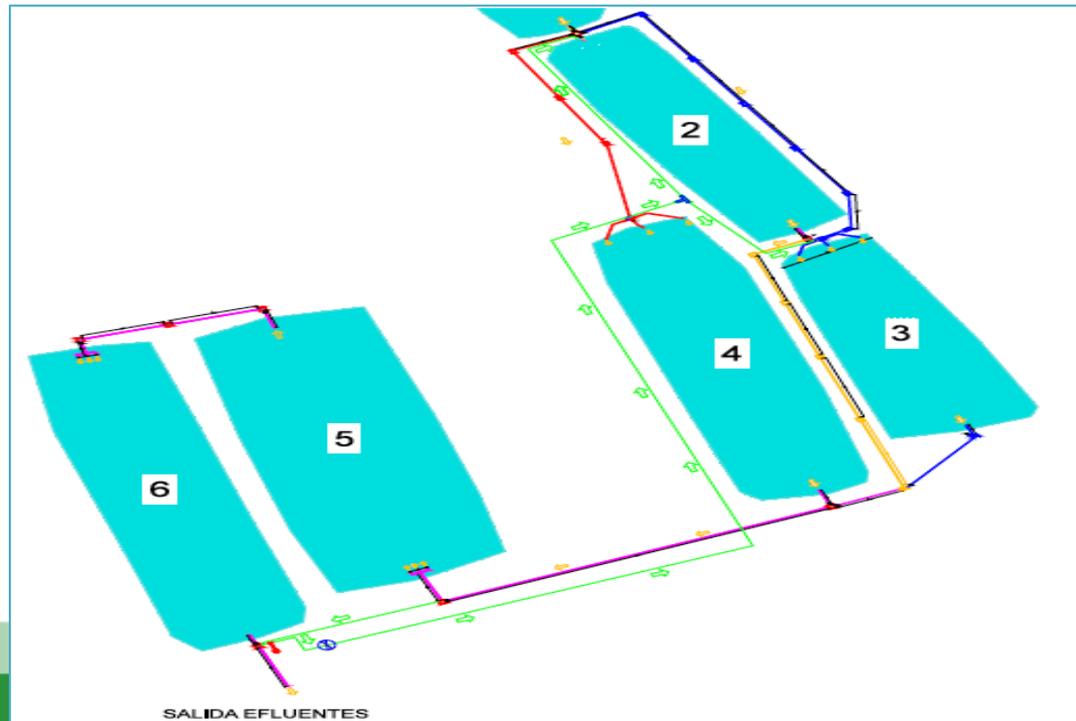


# RECIRCULACIÓN



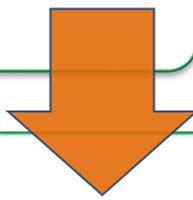
## OB:JETIVO

Ayudar a mantener con efluente de menor carga orgánica el pH por encima de 7 en las lagunas anaerobias, inocular microorganismos adaptados y controlar olores en eventos esporádicos.



# RECIRCULACIÓN

Recirculación usando el sistema de bombeo del efluente en las lagunas facultativas durante 2 horas al día por laguna.



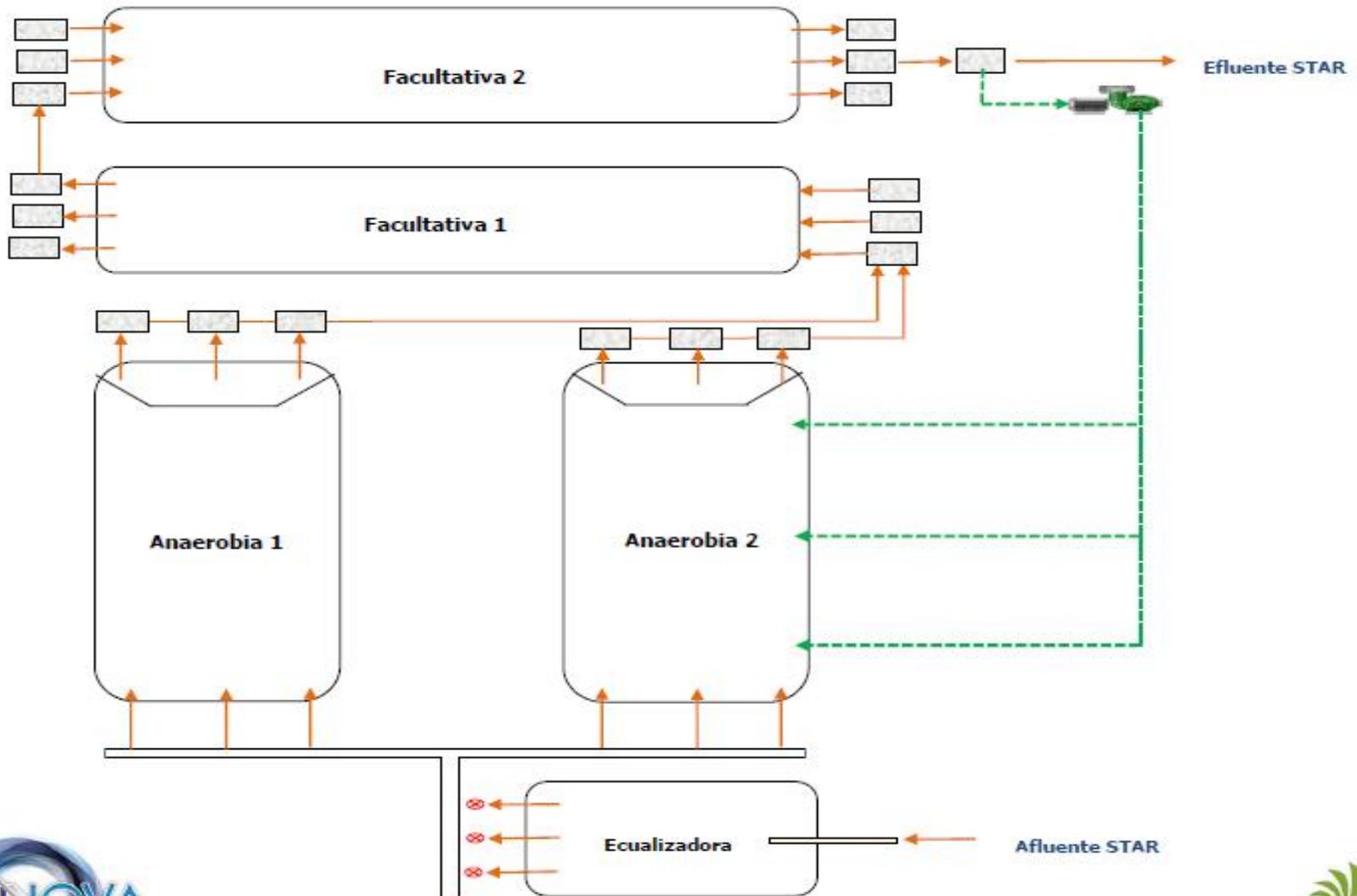
Los tiempos de recirculación deben ser estimados según las condiciones de pH de la laguna final de destino (laguna de enfriamiento y lagunas anaerobias). La recirculación debe ser sumergida (ahogada a 1,5 m de la superficie).



# RECIRCULACIÓN



# RECIRCULACIÓN



# BATIMETRÍA

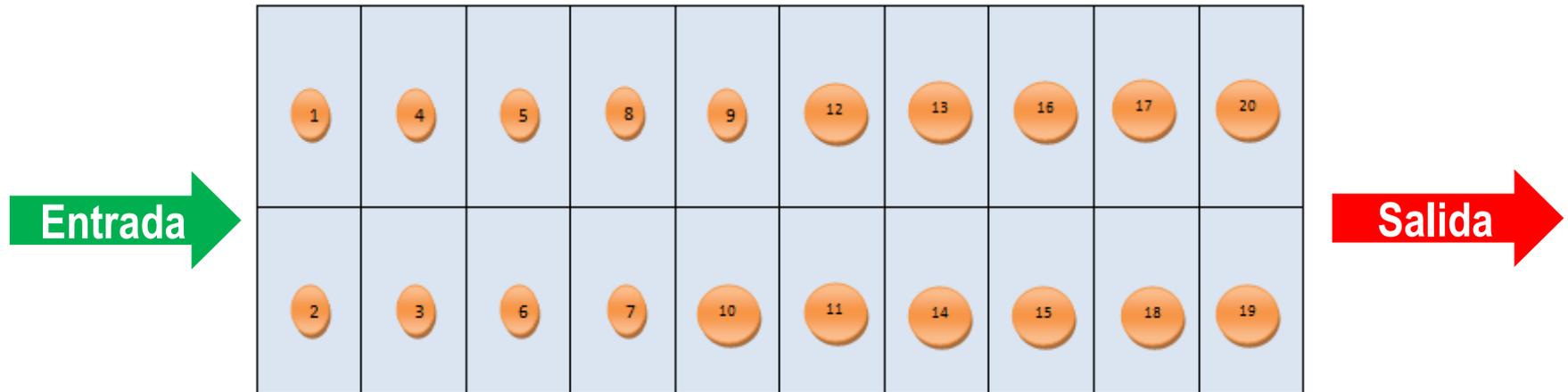
## OBJETIVO

- Determinar la altura promedio del nivel de lodos en las laguna del sistema para determinar los puntos en donde existe exceso de lodos y desde donde se debe bombear éstos hacia los lechos de secado.



# BATIMETRÍA

## Procedimiento



- **Frecuencia:** cada 2 meses
- **Puntos de muestreo:** cada una de las lagunas del sistema
- **Lugar de análisis:** en sitio.
- **Recursos:**
  - Balsa
  - Manila (para mover la balsa)
  - Vara de 5 o 6 m aforada cada 5 cm
  - EPP
  - Formato para registro de datos

# MANEJO DE LODOS SEDIMENTADOS EN LAGUNAS



- Los sedimentos sólidos se deben remover frecuentemente.
- Lo más común es disponerlos en el suelo expuestos a la luz solar para su secado.
- Uso como abono (lechos de secado).

# MANEJO DE LODOS SEDIMENTADOS EN LAGUNAS



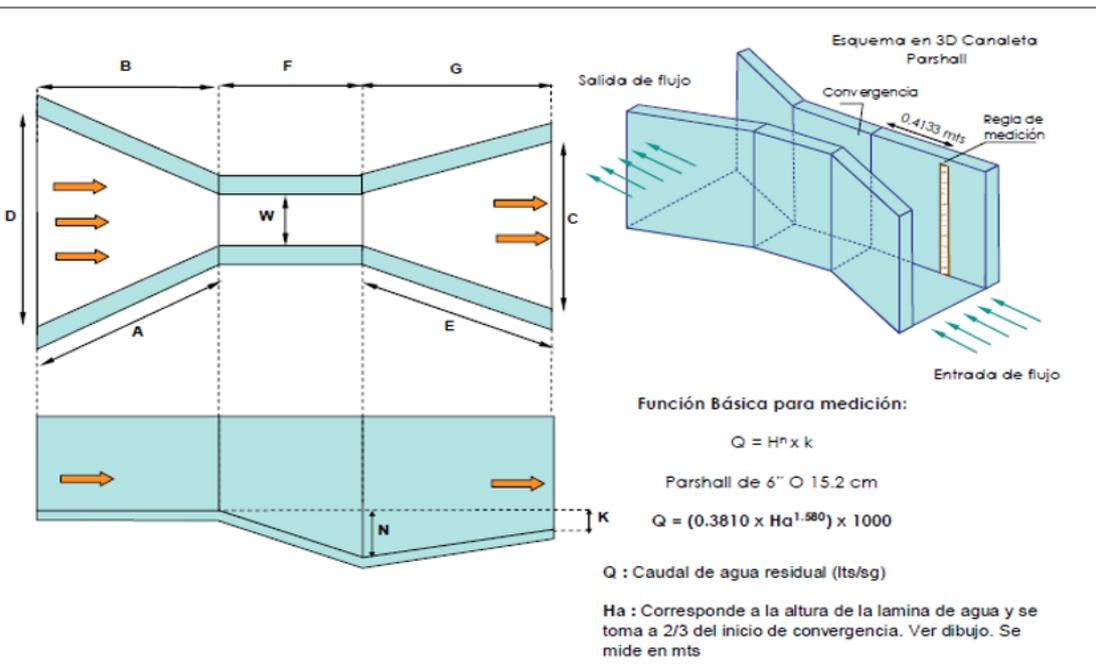
Las lagunas se diseñan con un sistema de tuberías para la evacuación de lodos.

Evitando el uso de motobombas y/o protegiendo la geomembrana..

**Ej. Sistema espina de pescado.**

# MEDICIÓN DE CAUDAL

## Canaleta Parshall o medidor de caudal



# MANTENIMIENTO



- ✓ Remoción de aceite ácido.
- ✓ Limpieza de canales y tuberías.
- ✓ Limpieza de registros.
- ✓ Control de lodos sobrenadantes.
- ✓ Control de lodos sedimentados.
- ✓ Remoción de malezas.
- ✓ Mantenimiento de taludes.
- ✓ Limpieza de torre de enfriamiento.
- ✓ Mantenimiento del sistema de aireación y equipos de bombeo.
- ✓ Instalación de tubería de acero al carbono o inoxidable para evitar deformaciones.

# MANTENIMIENTO

## Remoción de aceite ácido



### Objetivos:

- Evitar el paso de aceite a sistema anaerobio (afecta actividad bacteriana) y al vertimiento final.
- Evitar la acidificación excesiva del aceite (olores fuertes).
- Evitar pérdidas de aceite a la empresa.

### Procedimiento:

- Recolección diaria o cuando se observen trazas de aceite. **(Aprovechar periodo del día con alta °T).**
- Barrer con cañas y acumular en una sección donde será pasado a chazas o tanques y posteriormente a florentino.
- [Registrar en formato.](#)



### Recursos necesarios:

- Cañas
- Manila o cuerda
- Recipientes colectores
- Tanques o chazas para depositar el aceite

# MANTENIMIENTO

## Limpieza de canales abiertos

### Objetivos:

- Evitar colmatación de lodos.
- Evitar la interrupción de los flujos entre lagunas (**disminución del capacidad del sistema**).
- Evitar el la acumulación de lamas y objetos extraños.

### Procedimiento:

- Limpiar semanalmente o según nivel de colmatación.
- Con ayuda de coladores y palas retirar los elementos y lodos colmatados.
- Con los cepillos desprender las lamas y lodos adheridos a las paredes.



### Recursos necesarios:

- Palas
- Cepillos de cerdas duras
- Coladores
- Carretilla

# MANTENIMIENTO

## Limpieza de tuberías

### Objetivos:

- Evitar colmatación de lodos.
- Evitar el la acumulación de objetos extraños.
- Evitar la interrupción de los flujos entre lagunas (**disminución del capacidad del sistema**).
- Buen aspecto visual del sistema

### Procedimiento:

- Sondear con una varilla semanalmente o según nivel de colmatación. **Tubería de menor diámetro requieren mayor frecuencia.**
- Dependiendo de la longitud de la tubería es necesario el uso de agua a presión. (Tuberías largas).
- Tener en cuenta la limpieza interior y exterior de las tuberías de entrada y salida de cada laguna.



### Recursos necesarios:

- Varillas
- Bomba eléctrica o motobomba
- Manguera

# MANTENIMIENTO



## Limpieza de registros

### Objetivos:

- Evitar taponamientos en los registros.
- Evitar taponamientos en tuberías aguas abajo.
- Asegurar el buen flujo de los efluentes en el sistema.

### Procedimiento:

- Inspeccionar diariamente el estado de los registros. Verificar nivel de sedimentos en el fondo y presencia de aceite.
- Con ayuda de coladores y palas retirar los sedimentos y lodos.
- Limpiar las paredes y parte exterior de los registros para un buen aspecto

### Recursos necesarios:

-Palas, coladores y carretilla



# MANTENIMIENTO



## Control de lodos sobrenadantes

### Objetivos:

- Ayudar a la actividad bacteriana (anaerobia).
- Intercambio de sustancias con el exterior.
- Retiro de lodos con aceite degradado.

### Procedimiento:

- Hacer barrido superficial de las laguna anaerobias y facultativas.
- Acumular lodos al final de la laguna y retirar la capa de lodos sobrenadantes.
- El barrido se debe hacer diariamente y la remoción de lodos de acuerdo al espesor de la capa formada.

### Recursos necesarios:

- Varas o cañas
- Coladores



# MANTENIMIENTO



## Control de lodos sedimentados

### Objetivos:

- Evitar colmatación de lodos espesos.
- Evitar pérdidas de capacidad de las lagunas.
- Aprovechar recurso como abono.

### Procedimiento:

- De acuerdo a batimetría, definir puntos de succión.
- Ubicar bombas y succionar los lodos sedimentados y llevarlos hacia lechos de secado.
- Realizar periódicamente batimetrías (cada 2 meses) y controlar perfil de lodos del fondo (**máximo 30 o 40 cm**).
- Por no tener espinas de pescado es posible que se necesite la intervención de maquinaria.

### Recursos necesarios:

- Bomba sumergible y/o motobomba
- Manguera en 3" o 4", acoples y abrazaderas
- Balsa o elemento flotante para ubicar bomba sumergible
- Lechos de secado



# MANTENIMIENTO

## Remoción de malezas, natas y control de larvas



### Objetivos:

- Evitar colmatación natas y espumas en lagunas facultativas que restringen el paso de la luz solar (actividad fotosintética).
- Evitar la proliferación de plagas (moscos, zancudos, etc.)

### Procedimiento:

- Podas frecuentes.
- Variar los niveles de las lagunas para ahogar los insectos.
- Barrido superficial con cañas.
- Con ayuda de coladores, retirar natas sobrenadantes.

### Recursos necesarios:

-Guadaña, Cañas y Coladores



# MANTENIMIENTO

## Mantenimiento de taludes



### Objetivos:

- Protección de partes internas y externas de los taludes.
- Favorecer la estabilidad del terreno.
- Evitar desbordamiento de efluentes.

### Procedimiento:

- Taludes internos: sacos con arena en partes donde se observe erosión (mayor cuidado en lagunas de enfriamiento por altos corrosión de aceite).
- Taludes externos: pasto y material vegetal evitando grietas y efectos negativos de las lluvias.



### Recursos necesarios:

- Sacos
- Arena o material de relleno (para llenado de los sacos)
- Pasto
- Manguera para riego
- Guadañadora, machetes

# MANTENIMIENTO



## Limpieza de torre de enfriamiento

### Objetivos:

- Evitar taponamientos.
- Evitar colmataciones de arenas y elementos que reducen capacidad a las bandejas.

### Procedimiento:

- Sondeo del sistema de disipación (cono, tubo).
- Agua a presión en sistema de disipación y bandejas.
- Retirar lodos y demás sedimentos con pala.



### Recursos necesarios:

- Pala, Carretilla
- Manguera con agua a presión
- Varilla





# MANEJO DE DOCUMENTACIÓN

# MANEJO DE DOCUMENTACIÓN



Registro de Datos de campo den Formatos

Uso de Bitácora para el registro de actividades de Operación y Mantenimiento

Uso de Plantilla electrónica con gráficos de control.

# MANEJO DE DOCUMENTACIÓN



## Registro de Datos de Campo en Formatos

FORMATO PARA TOMA DE DATOS DE pH y TEMPERATURA  
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

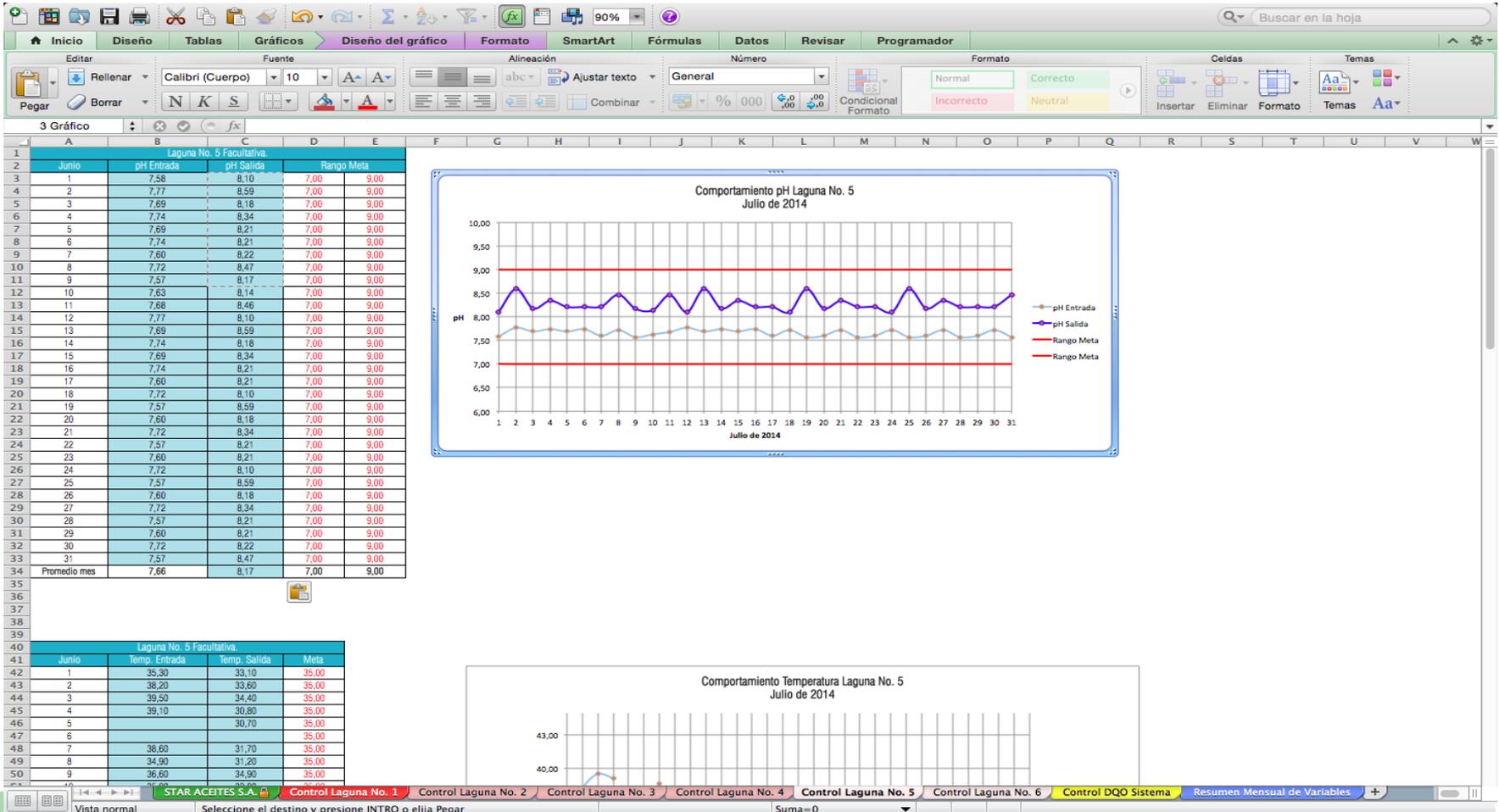
TECNOVA  
tecnología e innovación a su alcance

| Fecha | Variable    | Laguna 1 |        | Laguna 2 |        | Laguna 3 |        | Laguna 4 |        | Laguna 5 |        | Laguna 6 |        |
|-------|-------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|       |             | Entrada  | Salida |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | pH          |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |
|       | Temperatura |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |          |        |

Observaciones

# MANEJO DE DOCUMENTACIÓN

## Uso de Plantilla electrónica con gráficos de control



# Gracias