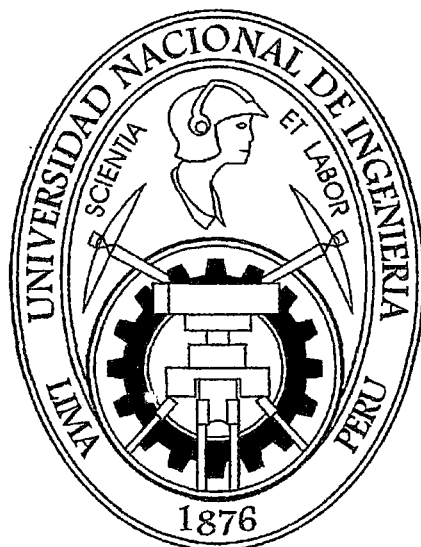


# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



"COMPARACIÓN DE EFICIENCIAS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UN CAMAL UTILIZANDO EN FORMA INDEPENDIENTE REACTORES UASB Y FILTROS CONTENEDORES A ESCALA PILOTO"

### TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO SANITARIO**

PRESENTADO POR:

**BARRAZA FELIX ALAN JAVIER  
PALPA CHAVEZ GINO**

LIMA, PERÚ

2011

Digitalizado por:

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

**GINO PALPA CHAVEZ**

A mi Madre Raquel por ser la motivación de mi vida, a mi Padre Pedro por sus constantes consejos, a mis Hermanos Pedro e Irwin por su apoyo diario, a mi prima Silvia por ser como una madre para mí y a mis primos Javier, Henry y Juan Carlos que siempre me brindaron su apoyo.

**ALAN JAVIER BARRAZA FELIX**

A mis padres, Mónica y Javier, porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. A mis hermanos Flavio y Geraldine, a mi compañera incondicional Eusebia.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación "Tratamiento de las Aguas Residuales provenientes de un Camal utilizando en forma independiente Contenedores Geotube y Reactores UASB a Escala Piloto" fue realizada gracias a la colaboración y apoyo incondicional de personas que son parte del presente trabajo realizado. Es por eso que agradecemos:

- A nuestros Padres por apoyo incondicional día a día y por sus palabras de aliento cada vez que sentíamos caer, por ser amigos y confidentes, por serlo todo en nuestras vidas y por los que nos esforzamos cada día mas en salir adelante.
- Al Ingeniero Otto Bruno Rosasco Gerkes por su eficiente asesoramiento durante el desarrollo de nuestra investigación.
- A nuestros colaboradores Roy Justo Damasio y Luis Felix por su apoyo en la elaboración de la investigación.
- Al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y su personal por su disposición para facilitarnos las instalaciones y los materiales para los análisis propias de la investigación.
- A la Facultad de Ingeniería Ambiental por facilitarnos sus instalaciones para implementar los equipos necesarios para la investigación.
- A los Ingenieros Omar Olivos y Yuri Sánchez por su apoyo en temas propias de la investigación.
- A nuestros familiares que siempre estuvieron pendientes de nuestro avance.

## RESUMEN

Una de las Industrias, que origina desechos de alta carga orgánica es la Industria del Camal o Matadero, la cual, por las características especiales de sus desechos requiere de un tratamiento previo a la descarga al alcantarillado.

El motivo para empezar la presente investigación se basa en la idea de buscar nuevas alternativas de tratamiento para las aguas residuales generadas por las industrias del Camal. Es así que se realiza el estudio de dos tecnologías de tratamiento para estas aguas residuales.

La primera de ellas conocida hace ya varios años y utilizada comúnmente para el tratamiento de aguas residuales, nos referimos a los Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente conocido también como UASB por sus siglas en inglés (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

La segunda tecnología desarrollada es una alternativa propuesta para el tratamiento de aguas residuales industriales, en especial las de un Matadero por su alto contenido de sólidos sedimentables. La tecnología utilizada es a través de un Filtro Contenedor, cuya capacidad de remoción del material orgánico es tan eficiente como la del Reactor UASB con el adicional que su operación y mantenimiento es más sencillo y en el mejor de los casos más económica.

La determinación de las características físicas y químicas de las aguas residuales se obtuvo mediante análisis de laboratorio; asimismo, pruebas efectuadas a escala de laboratorio, nos permitieron obtener los rendimientos de los procesos empleados para la obtención de los resultados esperados.

En el desarrollo de la presente investigación se consideran una serie de variables, las cuales permiten llegar a varias conclusiones para presentar o no recomendaciones para el uso de una nueva tecnología en el tratamiento de aguas residuales industriales y en particular para la industria del Camal.



Para los reactores se consideró el tiempo de retención hidráulica de 2 días ó 48 horas, considerándose un caudal de 24 ml/min. Asimismo, la tasa de aplicación al filtro contenedor, en toda la investigación, tuvo un valor promedio de 42.46 ml/s.

El agua residual cruda de la planta de beneficio, tuvo que ser diluida al 25% con agua fresca pues la concentración de DQO era aproximadamente de 5000 mg/L, siendo demasiado para el arranque de los reactores.

El menor valor de DBO de la muestra cruda fue de 1000.24 mg/L y el mayor 2369.36 mg/L, siendo el valor promedio de 1745.03 mg/L.

Para el reactor N°1, la mínima remoción de DBO se dio en el día 3 con un valor de 33.74% al 25% de dilución y la máxima fue en el día 100 con 92.22% de remoción y al 50% de dilución, siendo el valor promedio de 60.58% de remoción.

La mínima remoción de DBO para el reactor N°2 se dio en el día 8 con un valor de 28.85% al 25% de dilución y la máxima se dio en el día 100 con un valor de 76.86% para una dilución del 50%, siendo en promedio 54.25% de remoción.

La DQO de la muestra cruda, tuvo un valor mínimo de 3260 mg/L y la máxima fue de 6560 mg/L, siendo en promedio 4515.42 mg/L.

Para el reactor N°1 la mínima remoción de DQO se dio en el día 1 con un valor de 24.51% para una dilución del 25%, y la máxima se dio en el día 93 con un valor de 89.23% al 50% de dilución, siendo el valor promedio 65.67% de remoción.

Para el reactor N°2 la mínima remoción de DQO se dio en el día 65 con un valor de 20.94% al 25% de dilución, y la máxima se dio en el día 93 con un valor de 85.38% para una dilución del 50%, siendo el valor promedio de 59.17% de remoción.

La máxima eficiencia de remoción de DBO registrada para el Filtro Contenedor fue de 55.76% y la mínima de 50.21%, siendo en promedio 53.26%.

Asimismo, el mayor valor de eficiencia de remoción de DQO para el Filtro Contenedor fue de 64.65% y el menor de 57.27% siendo en promedio 60.78%.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I	
ASPECTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA DEL CAMAL.....	2
1.1. La Industria del Camal.....	2
1.2. Desechos generados por la Industria del Camal.....	3
1.2.1. Desechos Líquidos.....	4
1.2.1.1. Origen de las Aguas Residuales en los Mataderos (Camal).....	5
1.2.2. Desechos Sólidos.....	6
1.2.3. Desechos Gaseosos.....	7
1.3. Problemas Ambientales originados por la Industria del Camal.....	14
1.3.1. Contaminación del Agua.....	15
1.3.2. Emisiones al Aire.....	17
1.3.3. Disposición de Desechos Sólidos.....	18
1.3.4. Alteración de la Flora y Fauna.....	18
1.3.5. Efecto de la Grasa en el Ambiente.....	19
1.3.6. Mal aprovechamiento del Suelo.....	19
1.3.7. Contaminación de Cursos de Agua o Corrientes.....	19
1.4. Toxicología con relación a los Seres Humanos.....	20
1.5. Efectos de los parámetros de contaminación de la aguas residuales de un Camal en función a sus características principales.....	21
1.6. Distribución de la Carga Orgánica generada por la Industria del Camal.....	21
1.7. Procesos de Tratamiento Aplicados a las Aguas Residuales generados por la Industria del Camal.....	22
1.7.1. Volumen de agua utilizado que puede requerir el	

Tratamiento.....	25
1.7.2. Fases y Sistemas de Tratamiento.....	25
1.7.2.1. Sistemas de Tratamiento Primario – Físico.....	26
1.7.2.2. Sistemas de Tratamiento Primario – Físicoquímico.....	27
1.7.2.3. Sistemas de Tratamiento Secundario – Biológico.....	29
1.8. Legislación existente relacionada al vertido de Aguas Residuales Industriales.....	30
<b>CAPITULO II</b>	
<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>33</b>
2.1. Planteamiento del Problema.....	33
2.1.1. Identificación del problema.....	33
2.1.2. Formulación de la solución.....	34
2.1.3. Justificación de la investigación.....	35
2.2. Objetivo General.....	35
2.3. Objetivos Particulares.....	35
2.4. Hipótesis.....	36
2.5. Variables del Estudio.....	36
2.5.1. Variable Independiente.....	36
2.5.2. Variable Dependiente.....	36
2.6. Sistemas de Tratamiento propuestos.....	37
2.6.1. Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	37
2.6.2. Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor.....	39
2.6.3. Diagrama de Flujo del procedimiento para los Sistemas de Tratamiento propuestos.....	40
<b>CAPITULO III</b>	
<b>TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO CON REACTOR – UASB</b>	
<i>(Upflow Anaerobic Sludge Blanket - Flujo ascendente de manto de lodos anaeróbicos)</i> .....	
	<b>41</b>

3.1. Descripción del proceso de la digestión anaeróbica.....	42
3.2. Reactores UASB.....	44
3.2.1. Funcionamiento y Características de los Reactores UASB.....	45
3.2.2. Ventajas y Desventajas de los Reactores UASB.....	46
3.3. Consideraciones Básicas de Diseño de Reactores UASB.....	48
3.3.1. Fundamentos del Proceso de Reactores UASB.....	48
3.3.2. Parámetros de seguimiento en un reactor UASB.....	49
3.3.2.1. Temperatura.....	49
3.3.2.2. Ph.....	49
3.3.2.3. DBO <sub>5</sub> .....	50
3.3.2.4. DQO.....	50
3.3.2.5. Ácidos Grasos Volátiles (AGV).....	50
3.3.2.6. Alcalinidad.....	51
3.3.2.7. Sólidos.....	51
3.3.3. Inhibición del Proceso Anaerobio.....	52
3.4. Criterios y Parámetros de Diseño.....	53
3.4.1. Cálculo Basado en la Carga Orgánica y en el Criterio de Velocidad de Flujo.....	53
3.4.1.1. Volumen del Reactor.....	53
3.4.1.2. Área del Reactor.....	53
3.4.1.3. Altura Efectiva del Reactor.....	54
3.4.1.4. Flujo Másico.....	54
3.4.1.5. Carga Hidráulica.....	54
3.4.1.6. Velocidad de Flujo en la Campana.....	54
3.4.2. Separador Gas – Líquido – Sólido (GLS).....	55
3.4.2.1. Área de Abertura.....	55
3.4.2.2. Área de Sección Transversal de la Campana.....	55
3.4.2.3. Ancho de la Abertura.....	55
3.4.2.4. Altura de la Campana.....	56
3.4.2.5. Traslapo.....	56

3.4.2.6. Ancho de los Deflectores.....	56
3.4.2.7. Longitud de los Deflectores.....	57
3.5. Sistema de Funcionamiento del Reactor UASB.....	58
3.5.1. Sistema de Distribución del Efluente.....	58
3.5.1.1. Compartimento de Distribución.....	58
3.5.1.2. Tubos de Distribución.....	58
3.5.2. Separador de Gases – Sólidos –Líquidos (GLS).....	60
3.5.3. Recolección de Efluentes.....	61
3.6. Pos-tratamiento de Efluentes provenientes de Reactores UASB.....	61
3.7. Experiencias en el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales con Reactores UASB.....	62

#### CAPITULO IV

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN – REACTORES UASB PILOTO.....69

4.1. Diseño de los Reactores UASB a escala Piloto.....	69
4.1.1. Volumen del Reactor.....	69
4.1.2. Área del Reactor.....	69
4.1.3. Altura Efectiva del Reactor.....	70
4.1.4. Flujo Másico.....	70
4.1.5. Carga Hidráulica.....	70
4.1.6. Velocidad de Flujo en la Campana.....	71
4.2. Diseño del Separador Gas – Líquido – Sólido (GLS).....	73
4.2.1. Área de Abertura.....	73
4.2.2. Área de Sección Transversal de la Campana.....	73
4.2.3. Ancho de la Abertura.....	73
4.2.4. Altura de la Campana.....	74
4.2.5. Traslapo.....	74
4.2.6. Ancho de los Deflectores.....	75
4.2.7. Longitud de los Deflectores.....	75
4.3. Ubicación de los Reactores UASB a escala Piloto.....	76

4.4. Descripción del Sistema de Tratamiento mediante Reactores	
UASB a escala Piloto.....	77
4.4.1. Construcción de los Reactores UASB a escala Piloto.....	78
4.5. Operación del Sistema de Tratamiento UASB a escala Piloto.....	86
4.5.1. Inoculación de los Reactores UASB.....	86
4.5.2. Abastecimiento del Aguas Residual de la Industria del Camal....	90
4.5.2.1. Procedencia de las Aguas Residuales.....	90
4.5.2.2. Tratamiento de las Aguas Residuales en el	
Centro de Beneficio.....	92
4.6. Alimentación al Sistema de Tratamiento UASB a escala Piloto.....	94
<b>CAPITULO V</b>	
<b>TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO CON EL FILTRO CONTENEDOR.....</b>	<b>100</b>
5.1. Especificaciones Técnicas del Filtro Contenedor.....	100
5.2. Fundamentos del Proceso de Tratamiento con el Filtro	
Contenedor.....	102
5.3. Experiencias en el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales	
con Sistemas de Filtro Contenedores.....	104
5.3.1. Tratamiento de Aguas Residuales para aplicaciones	
grandes y pequeñas.....	104
5.3.2. Casos de Estudio de Aplicaciones de Tratamiento de	
aguas residuales con el Filtro Contenedor.....	104
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN – FILTRO CONTENEDOR.....</b>	<b>111</b>
6.1. Ubicación del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor	
a escala Piloto.....	111
6.2. Construcción del Sistema para el Tratamiento con Filtro	

Contenedor a escala Piloto.....	112
6.3. Descripción del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto.....	118
6.4. Operación del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto.....	119
6.5. La Prueba del Cono.....	129
<b>CAPITULO VII</b>	
<b>PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>132</b>
7.1. Resultados de Parámetros Bilógicos.....	135
7.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	135
7.1.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	149
7.2. Resultados de Parámetros Físico – Químicos.....	162
7.2.1. Sólidos Totales.....	162
7.2.2. Sólidos Fijos.....	165
7.2.3. Sólidos Volátiles.....	168
7.2.4. Sólidos Disueltos.....	171
7.2.5. Sólidos Suspendidos.....	174
7.2.6. Sólidos Sedimentables.....	177
7.2.7. Temperatura.....	180
<b>CAPITULO VIII</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>185</b>
8.1. CONCLUSIONES.....	185
8.2. RECOMENDACIONES.....	189
<b>BILIOGRAFÍA.....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO I

Figura 1.1 Instalaciones de la planta de beneficio.....	3
Figura 1.2 Canales por donde drenan las aguas residuales.....	6
Figura 1.3 Canales por donde drenan las aguas residuales.....	7
Figura 1.3 Canales por donde drenan las aguas residuales.....	8
Figura 1.5 Eliminación de pelos de los porcinos.....	9
Figura 1.6 Vista de las entrañas.....	10
Figura 1.7 Lavado de las vísceras.....	11

### CAPITULO II

Figura 2.1 Esquema del Sistema de Tratamiento del Sistema de Tratamiento con reactores UASB.....	37
Figura 2.2 Sistema de Tratamiento del Sistema de Tratamiento con reactores UASB.....	38
Figura 2.3 Sistema de Tratamiento con Filtros Contenedores.....	39
Figura 2.4 Diagrama de Flujo de los Sistemas de Tratamiento propuestos.....	40

### CAPITULO III

Figura 3.1 Esquema de la degradación anaeróbica de la materia orgánica.....	44
Figura 3.2 Esquema de la Estructura general del UASB.....	46
Figura 3.3 Esquema de la Estructura del separador GLS o campana.....	57
Figura 3.4 Esquema del reactor UASB para tanque circular o rectangular.....	60

### CAPITULO IV

Figura 4.1 Esquema de los reactores UASB, a escala piloto, propuestos.....	41
Figura 4.2 Dimensiones del separador GLS.....	76
Figura 4.3 Ubicación de reactores UASB a escala piloto.....	77
Figura 4.4 Instalación de la conexión del sistema de abastecimiento.....	79
Figura 4.5 Instalación de los accesorios del sistema de abastecimiento.....	79



Figura 4.6 Tubería de alimentación.....	80
Figura 4.7 Vista lateral del Regulador de presión.....	80
Figura 4.8 Vista superior del Regulador de presión.....	81
Figura 4.9 Línea de abastecimiento.....	81
Figura 4.10 Habilitado de Reactores.....	82
Figura 4.11 Instalación del soporte del manto de lodos.....	82
Figura 4.12 Vista de instalación de los reactores.....	83
Figura 4.13 Instalación del Reactores.....	83
Figura 4.14 Vista de soporte metálico.....	84
Figura 4.15 Vista del separador de gases GLS.....	84
Figura 4.16 Vista de reactores instalados.....	85
Figura 4.17 Vista del sistema de tratamiento con reactores UASB.....	85
Figura 4.18 Recolección del lodo digerido del RAFA de UNITRAR.....	88
Figura 4.19 Vista del lodo digerido del RAFA de UNITRAR.....	88
Figura 4.20 Vertimiento del lodo digerido al reactor UASB.....	89
Figura 4.21 Vista del reactor UASB con lodo granular digerido.....	89
Figura 4.22 Diagrama de flujo industrial de la planta de beneficio.....	91
Figura 4.23 Vista de la criba de la planta de beneficio.....	92
Figura 4.24 Vista de la planta de beneficio.....	93
Figura 4.25 Vista del sistema de recolección de las aguas residuales de la planta.....	93
Figura 4.26 Recolección de agua residual proveniente de la planta de beneficio.....	95
Figura 4.27 Llenado del tanque de 400 L.....	96
Figura 4.28 Proceso de filtrado antes que ingrese el afluente al tanque de 400 L.....	96
Figura 4.29 Tanque lleno del agua residual diluida.....	97
Figura 4.30 Regulador de presión en operación.....	97
Figura 4.31 Recolección del efluente proveniente de los reactores UASB.....	98
Figura 4.32 Vista panorámica del sistema de tratamiento en operación.....	98
Figura 4.33 Flujograma del sistema de tratamiento con reactores	

UASB a escala piloto.....	99
---------------------------	----

## CAPITULO V

Figura 5.1 Llenado del filtro contenedor con el efluente.....	102
Figura 5.2 Vista del Filtro Contenedor – filtración de efluente.....	103
Figura 5.3 Vista del Filtro Contenedor – saturado.....	103

## CAPITULO VI

Figura 6.1 Criba cerca a la cual se ubicó el sistema de tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto.....	112
Figura 6.2 Forma optada para el Filtro Contenedor.....	113
Figura 6.3 Acoplamiento del accesorio para la entrada del afluente al Filtro Contenedor.....	114
Figura 6.4 Accesorios instalados para el ingreso del agua residual a tratar.....	115
Figura 6.5 Fijación para la entrada del efluente (agua residual).....	116
Figura 6.6 Recipiente de 20L lleno de agua residual del Camal.....	117
Figura 6.7 Grifo para el abastecimiento del agua residual al Filtro Contenedor.....	117
Figura 6.8 Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor propuesto.....	118
Figura 6.9 Vista de los primeros instantes del tratamiento con Filtro Contenedor.....	120
Figura 6.10 Salida de agua residual tratada con Filtro Contenedor durante los primeros minutos.....	121
Figura 6.11 Salida de agua residual tratada transcurridos más de dos minutos.....	121
Figura 6.12 Vista del filtrado transcurridos 3 minutos y medio.....	122
Figura 6.13 Vista transcurridos 5 minutos.....	123
Figura 6.14 Salida de agua residual disminuye.....	123
Figura 6.15 Presionando el Filtro Contenedor.....	124
Figura 6.16 Mayor salida de agua residual filtrada debido a la presión generada por las manos.....	124

Figura 6.17 Corte del Filtro Contenedor.....	125
Figura 6.18 Sólidos retenidos en el Filtro Contenedor.....	126
Figura 6.19 Sólidos retenidos en el Filtro Contenedor.....	126
Figura 6.20 Toma de muestras para posterior análisis en laboratorio.....	127
Figura 6.21 Efluente recolectado y material retenido en el Filtro Contenedor...	128
Figura 6.22 Vista de efluente recolectado.....	128
Figura 6.23 Vista del Cono formado con el material del Filtro Contenedor.....	129
Figura 6.24 Vista de la salida de afluente del Cono.....	130
Figura 6.25 Vista de material retenido.....	130
Figura 6.26 Vista del material retenido.....	131

**CAPITULO VII**

Figura 7.1 Puntos de monitoreo para los sistemas de tratamiento.....	133
Figura 7.2 DBO – Muestra Cruda.....	139
Figura 7.3 DBO – Muestra Diluida.....	141
Figura 7.4 % Remoción DBO – Reactor UASB.....	143
Figura 7.5 DBO Efluente – Filtro Contenedor.....	145
Figura 7.6 % de Remoción DBO – Filtro Contenedor.....	147
Figura 7.7 DQO – Muestra Cruda.....	151
Figura 7.8 DQO – Muestra Diluida.....	153
Figura 7.9 % de Remoción DQO – Reactor UASB.....	155
Figura 7.10 DQO Efluente – Filtro Contenedor.....	158
Figura 7.11 % de Remoción DQO – Filtro Contenedor.....	160
Figura 7.12 Sólidos Totales.....	163
Figura 7.13 % de Remoción de Sólidos Totales.....	164
Figura 7.14 Sólidos Fijos.....	166
Figura 7.15 % de Remoción de Sólidos Fijos.....	167
Figura 7.16 Sólidos Volátiles.....	169
Figura 7.17 % de Remoción de Sólidos Volátiles.....	170
Figura 7.18 Sólidos Disueltos .....	172
Figura 7.19 % de Remoción de Sólidos Disueltos.....	173

Figura 7.20 Sólidos Suspendidos .....	175
Figura 7.21 % de Remoción de Sólidos Suspendidos.....	176
Figura 7.22 Sólidos Sedimentables .....	178
Figura 7.23 % de Remoción de Sólidos Sedimentables.....	179
Figura 7.24 Temperatura - Muestra Cruda.....	183

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO I

Tabla 1.1 Desechos principales producidos en operaciones de beneficio.....	4
Tabla 1.2 Contaminantes Gaseosos Típicos y sus Fuentes más características.....	17
Tabla 1.3 Características de los Desechos de un Matadero.....	22

### CAPITULO III

Tabla 3.1 Tiempos de retención hidráulica en reactores UASB.....	53
Tabla 3.2 Áreas de influencia de distribuidores.....	59

### CAPITULO IV

Tabla 4.1 Dimensiones de los reactores UASB.....	72
Tabla 4.2 Caracterización de las aguas residuales provenientes del camal.....	94
Tabla 4.3 Diluciones en el periodo de la investigación.....	94

### CAPITULO V

Tabla 5.1 Especificaciones Técnicas del Filtro Contenedor.....	101
--	-----

### CAPITULO VI

Tabla 6.1 Dimensiones del Filtro Contenedor.....	113
--	-----

### CAPITULO VII

Tabla 7.1 Frecuencia de muestreo.....	132
Tabla 7.2 Días de monitoreo para el Sistema de Tratamiento con Reactores UASB a escala Piloto.....	134
Tabla 7.3 Días de monitoreo para el Sistema de Tratamiento con Filtros Contenedores.....	135
Tabla 7.4 Resultados de DBO – Muestra Cruda.....	136
Tabla 7.5 Resultados de DBO – Tratamiento con Reactores UASB	

a escala Piloto.....	137
Tabla 7.6 Resumen DBO – Tratamiento con Reactores UASB a escala Piloto.....	138
Tabla 7.7 Dilución de Muestra Cruda.....	142
Tabla 7.8 Remoción de DBO de los Reactores UASB.....	144
Tabla 7.9 Valores de DBO – Sistema de tratamiento con Filtro Contenedor....	146
Tabla 7.10 Resultados de DBO del Filtro Contenedor.....	148
Tabla 7.11 Tasas de aplicación al Filtro Contenedor.....	148
Tabla 7.12 Resultados de DQO – Muestra Cruda.....	149
Tabla 7.13 Resultados de DQO – Sistema de tratamiento con Reactores UASB.....	150
Tabla 7.14 Valores de DQO – Sistema de tratamiento con Reactores UASB.....	150
Tabla 7.15 Dilución de la Muestra Cruda.....	154
Tabla 7.16 Remoción de DQO de los Reactores UASB.....	156
Tabla 7.17 Resultados de DQO del Filtro Contenedor.....	157
Tabla 7.18 Valores de DQO – Sistema de tratamiento con Filtro Contenedor.....	157
Tabla 7.19 Resultados de Sólidos Totales – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	162
Tabla 7.20 Resumen de Sólidos Totales – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	162
Tabla 7.21 Resultados de Sólidos Fijos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	165
Tabla 7.22 Resumen de Sólidos Fijos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	165
Tabla 7.23 Resultados de Sólidos Volátiles – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	168
Tabla 7.24 Resumen de Sólidos Volátiles – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	168
Tabla 7.25 Resultados de Sólidos Disueltos – Sistema de Tratamiento	

con Reactores UASB.....	171
Tabla 7.26 Resumen de Sólidos Disueltos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	171
Tabla 7.27 Resultados de Sólidos Suspendidos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	174
Tabla 7.28 Resumen de Sólidos Suspendidos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	174
Tabla 7.29 Resultados de Sólidos Sedimentables – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	177
Tabla 7.30 Resumen de Sólidos Sedimentables – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	177
Tabla 7.31 Resultados de Temperatura – Muestra Cruda.....	180
Tabla 7.32 Resultados de Temperatura – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	181
Tabla 7.33 Resumen de Temperatura – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB.....	182

## INTRODUCCIÓN

El progreso al que nos vemos abocados hoy, ha traído consigo cambios en el aspecto de este planeta y efectos ambientales de diversas dimensiones y nuestro país, Perú, no ha sido ajena a esta realidad. Muchas de las actividades que hacemos a diario deterioran los recursos y los ecosistemas siendo quizás, los ríos y el mar, los más afectados. Las ciudades costeras vierten a nuestros mares desechos y aguas residuales, las industrias aportan materia orgánica, y sustancias como hidrocarburos y metales pesados y por los ríos escurren tóxicos, producto de la actividad agrícola. Es así que en nuestra sociedad actual es un imperativo restaurar la calidad del agua usada y descargada por las industrias, para la protección del medio ambiente.

Todas las posibilidades para encontrar tratamientos económicos y prácticos deben ser consideradas, en particular los tratamientos biológicos, por la capacidad de biodegradar los compuestos contaminantes a intermediarios sencillos. Dentro de ellos, el tratamiento anaerobio es el más ventajoso. Sin embargo son pocas las industrias que aplican un tratamiento a sus aguas residuales generadas, debido en su mayoría a la poca disposición de invertir y solventar los gastos de la operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento. Es por eso que resulta importante la búsqueda de nuevas formas de tratamiento que sean factibles para la mayoría de las industrias por la facilidad de operación y la alta eficiencia en la remoción, de al menos los principales contaminantes.

En el desarrollo de esta investigación se consideran una serie de variables, las cuales permiten llegar a varias conclusiones para presentar o no recomendaciones para el uso de una nueva tecnología en el tratamiento de aguas residuales industriales y en particular para la industria del Camal.



## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA DEL CAMAL**

#### **1.1. La Industria del Camal**

La industria del Camal o Matadero es el conjunto de operaciones mecánicas, físicas y químicas que tienen por finalidad transformar eficientemente animales sanos en carne y productos cárneos comestibles de calidad, de modo que satisfagan exigencias y preferencias del consumidor.

Podemos pues clasificarla como una industria de proceso con la particularidad de predominar las operaciones de desarme de la materias primas en partes distintas acompañadas en mayor o menor grado por reducciones de tamaño, por lo tanto se trata principalmente de trabajar con materia orgánica que va servir de alimento a seres vivos.

Esta industria está asociada a una alta carga de materia orgánica. En general, esta industria usa grandes cantidades de agua requeridas para lavar los animales, quitarles la piel, limpieza de equipos de procesos, etc. Debido al contacto directo del agua con los materiales crudos durante los varios procesos, cantidades significantes de material orgánico e inorgánico en forma soluble, coloidal o particulado es descargado en las aguas residuales.

La presente investigación estudiara las agua residuales generadas por la planta de beneficio (matanza de reses y cerdos) La Esmeralda Corp. SAC, ubicado en la Carretera Panamericana Sur Km 18.5 Chorrillos - Lima - Perú. La fachada de las instalaciones donde se realiza el beneficio de los animales arriba mencionado se observa en la Figura 1.1.



**Figura 1.1 Instalaciones de la Planta de beneficio**

## **1.2. Desechos generados por la Industria del Camal**

Todos los procesos que tiene que ver con la producción de carne contribuyen a la formación de desechos, excepto las actividades de recuperación de materiales, las cuales son utilizadas para producir subproductos y reducir la carga contaminante.

Es importante destacar, que en ocasiones, resulta más práctico reutilizar los desechos como método de manejo, que verterlos al ambiente; esta es una manera de hacer una mejor utilización de los recursos. Los sistemas de manejo y tratamiento de los desechos deben tomar ventaja de las características de esos desechos especialmente del contenido de microorganismos, sólidos, etc.

La disposición final de los desechos en los cuerpos de agua, contribuyen apreciablemente a aumentar las concentraciones de nutrientes, que fertilizan las aguas, y de materia orgánica que demanda oxígeno para la oxidación. De esta manera se degrada la calidad de las aguas y resultan no aptas para usos benéficos y en ocasiones se producen efectos drásticos sobre los ecosistemas acuáticos, especialmente sobre las especies de valor comercial como los peces. Los cambios en las concentraciones de oxígeno disuelto, nutrientes y temperatura en el medio acuático natural provocan alteraciones que favorecen el

crecimiento de unas especies a costas de otras de menor valor siendo el resultado el cambio en los ecosistemas acuáticos.

Por lo general en la Industria del Matadero se dan una diversidad de desechos (ver Cuadro N° 1) en los cuales el tratamiento de estos no es una solución aislada. Casi todas las operaciones, desde la salida de los corrales de descanso, son fuentes de desecho y aguas de lavado. El animal que circula deja caer orinas, estiércol y restos intestinales de diferente naturaleza, de acuerdo con las especies faenadas, ya sea de alimentación herbívora u omnívora. En el primer caso materia de origen celulósico en diferente estado de descomposición, y en el segundo, heces de diversa naturaleza de acuerdo a la alimentación.

Todos estos desechos son altamente putrescibles, se vuelven sépticos rápidamente, tienen una alta demanda de oxígeno y un olor desagradable.

**Cuadro N° 01 Desechos principales producidos en operaciones de beneficio**

<b>Fuente</b>	<b>Desecho</b>
Corrales	Estiércol
Cuarto de matanza	Sangre
Remoción de pelo	Pelo y suciedades
Remoción interior	Estiércol de las barrigas
Limpieza de la res abierta	Carne, grasa, sangre, estiércol
Subproducto	Grasa, asaduras

Fuente: Andres Incer A., Tecnología disponible para el tratamiento de las aguas de las principales industrial costarricenses.

En la industria del Camal se generan los siguientes desechos:

### **1.2.1. Desechos Líquidos**

Las aguas residuales de los mataderos contienen principalmente heces, orina, sangre, pelusa, lavazas, residuos de la carne y grasas de la res abierta sin las tripas y demás despojos; así como también residuos de los suelos, utensilios, alimentos no digeridos por los intestinos, las tripas de los animales sacrificados y a veces vapor condensado procedente del tratamiento de despojos.

La industria del camal está obligada a utilizar grandes cantidades de agua, lo que constituye un factor importante en los costos de sus procesos de producción. El posterior tratamiento del agua utilizada y descarga final adecuada aumenta los gastos generales, por lo que resulta esencial que se utilice el volumen mínimo de agua necesario para alcanzar unas normas higiénicas adecuadas y constante verificación de su uso.

Una de las características del contenido de los desechos líquidos, es la sangre proveniente del beneficio de los animales o de restos de la misma que quedan en la carcasa, en las vísceras o en el cuero, y que luego son arrastrados en las respectivas operaciones de limpieza. La sangre descargada en el desagüe contribuye con una fuerte carga orgánica líquida muy concentrada que gravita decididamente sobre las características del efluente final, que se diluye en el mismo, dándole su coloración roja característica y luego no puede separarse si no, por medio de tratamientos costosos. Asimismo es sabido que tiene un alto contenido proteico, lo que determina que en algunos países desarrollados se le utilice inclusive para el alimento humano, con los consiguientes controles higiénicos y de identificación con el animal faenado.

#### **1.2.1.1. Origen de las Aguas Residuales en los Mataderos (Camal)**

Las principales actividades que dan origen a las aguas residuales en los mataderos son: lavazas del suelo y del equipo, preparación de subproductos, preparación de la res abierta sin las tripas y demás despojos, eliminación de los pelos de los porcinos, almacenamiento de los cueros, limpieza de las entrañas, cuarto de las tripas y lavandería.

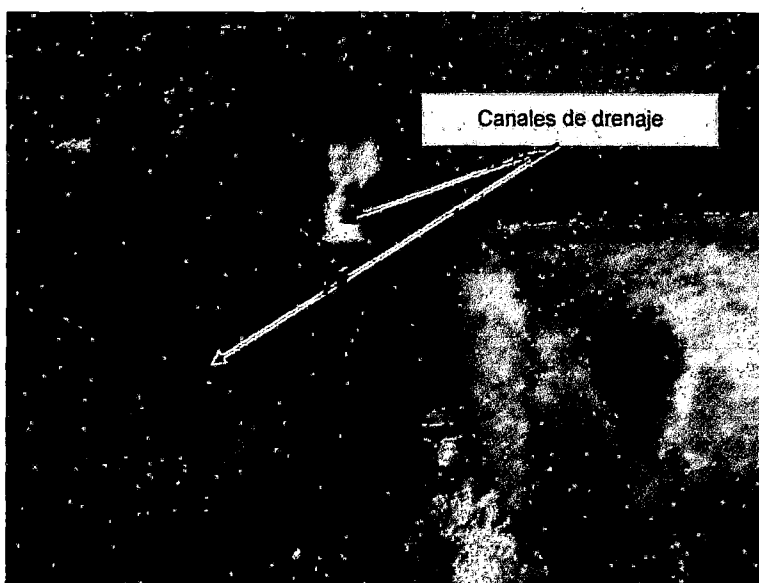
Los corrales o establos anexos a los mataderos suelen estar dotados de canales de captación pavimentados y cubiertos. Las aguas residuales de estos ambientes están constituidas por los desbordamientos de los depósitos, excrementos líquidos y las aguas para lavar los corrales que contienen estiércol. Asimismo los animales antes de ser beneficiados son bañados para retirarles del cuerpo el polvo y las excretas generándose vertidos líquidos que dependen de la frecuencia de lavado. Si los corrales no se encuentran cubiertos, la precipitación pluvial también contribuye a la carga de desecho llevando los desechos hacia el sistema de alcantarillado.

La naturaleza de estos desechos variará considerablemente, según existan o no canales de captación, la limpieza del estiércol o la frecuencia de los lavados, así como el grado en que los materiales de paja de las camas y los restos de alimentos no utilizados se incorporan a la carga diaria. Cuando no se respetan esas prácticas de limpieza, aumentará el número de coliformes y la carga orgánica en las aguas residuales descargadas.

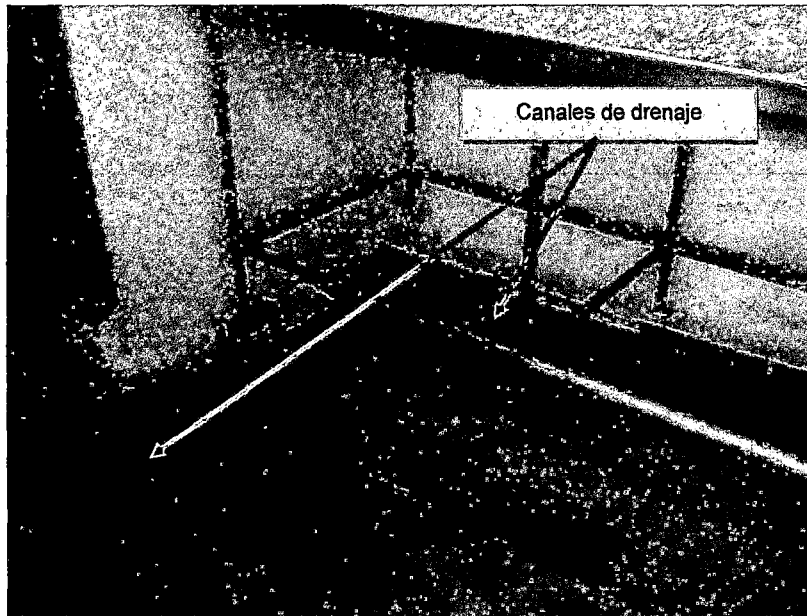
Las actividades mencionadas anteriormente son los procesos primarios realizados en los mataderos a los que se añade quizá las operaciones de tratamiento de subproductos que contribuyen a la carga de aguas residuales. A continuación se describe, con más detalle, los ambientes y las actividades propias en los mataderos:

**a. Piso de los locales de matanza:**

Las operaciones de matanza se concentran en la zona donde se realiza el sacrificio del ganado; la limpieza de las salas de beneficio se realiza con agua a alta presión, siendo conveniente primero recolectar los desperdicios en seco y después realizar la limpieza con agua. Las aguas residuales que se producen en este lugar tienen un color rojizo resultado de los restos de las operaciones de sangrado, lavado de carcasa, productos rojos y lavado de cuero. En las Figuras 1.2 y 1.3 se observa los canales por donde drenan las aguas residuales.



**Figura 1.2 Canales por donde drenan las aguas residuales**



**Figura 1.3 Canales por donde drenan las aguas residuales**

Muchos mataderos recogen la sangre para elaborarla en las plantas de preparación de subproductos o venderla a fabricantes de fertilizantes. Algunas plantas utilizan parte de la sangre para incorporarla a su harina de carne y venden o regalan la restante. Esto reducirá sustancialmente la demanda de oxígeno y colorantes de las aguas residuales descargadas, y por tanto se debe estimular esta actividad.

**b. Estiércol de las tripas:**

Resultan gran cantidad de desechos, aguas de limpieza contaminadas con residuos de excrementos (estiércol), sustancias mucosas y detergentes, las cuales se conocen como desagües verdes.

Se suele segregar de los desechos líquidos y se añade al estiércol de los corrales para la preparación de compost por separado, pudiendo también deshacerse del estiércol con la basura. Una eliminación por separado del estiércol de las tripas reduce materialmente la cantidad de sólidos sedimentables en las aguas residuales que se generan.

**c. Lavazas del suelo y del equipo:**

Contienen en todos los departamentos sangre, excrementos, carne, grasas y partículas de huesos.

**d. Preparación de la res abierta sin las tripas y demás despojos:**

Las aguas con que se ha lavado la res abierta (Figura 1.4) sin las tripas y demás despojos contienen sangre, carne y partículas de grasa de los recortes.



**Figura 1.4 Lavado de la res abierta**

**e. Preparación de subproductos:**

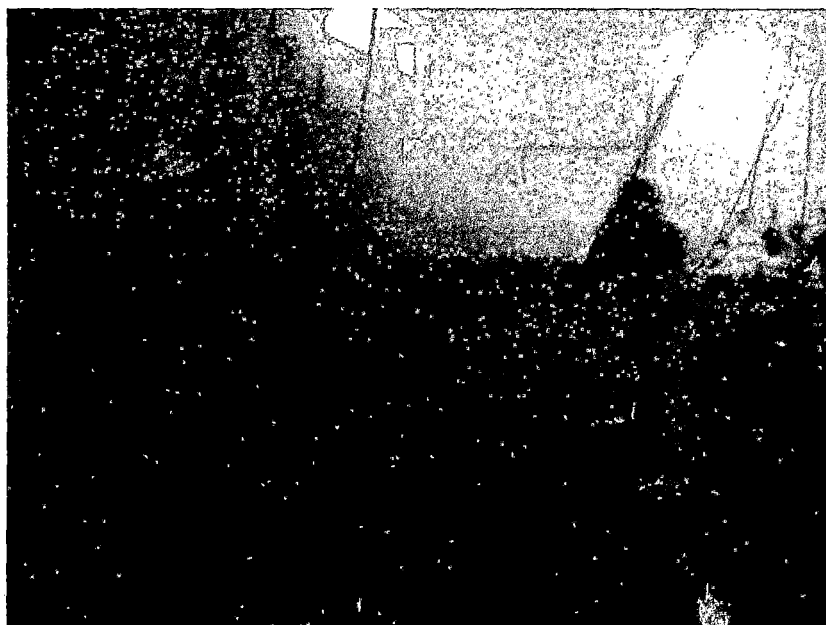
Muchos mataderos utilizan los despojos para preparar sebos y harina de carne no comestible. La materia prima utilizada para la preparación de subproductos se desmenuza y lava. Esta operación incorpora una considerable cantidad de residuos a las aguas negras que están constituidos por pequeñas partículas de carne y grasa y contenido de los intestinos.

El procesamiento del sebo, producto de la fundición de sustancias con contenido graso de origen animal y restos de sangre, transportados en forma semifluida y elaborados en procesos simples y malolientes; originan desagües de elevada concentración orgánica que son caracterizados por su enorme contenido de grasa y temperatura elevada.

**f. Eliminación de pelos de los porcinos:**

Los pelos de los porcinos se aflojan en una caldera, luego se introduce en agua hirviendo y se quitan raspándolas. La descarga de las aguas de la caldera y los restos de los raspados contienen pelo, suciedad y costras de la piel de los cerdos que se añaden a la carga de las aguas residuales.

La Figura 1.5 muestra el proceso de eliminación de pelos de los porcinos



**Figura 1.5 Eliminación de pelos de los porcinos**

**g. Almacenamiento de los cueros:**

Los cueros recién extraídos en el piso para la matanza se apilan con el lado de la carne hacia arriba y se espolvorean con sal. Una pequeña cantidad de residuos de esas pilas, además de las aguas utilizadas para lavar los suelos, van a parar al sistema de drenaje.

**h. Cámara de refrigeración:**

Los desechos líquidos procedentes de esta unidad tienen escasa importancia.

**i. Limpieza de las entrañas:**

Después de extraer el contenido sólido, que se elimina como desecho semisólido destinado a la preparación de compost, las entrañas se lavan para extraerles su



mucosidad, se salan, secan, vuelven a salar y envasan para el despacho. Los recortes y la mucosidad de las tripas se tratan para recuperar las grasas y las proteínas. Las aguas residuales de las máquinas de limpieza se descargan en los canales de captación para recuperar las grasas.

Las Figuras 1.6 y 1.7 muestran como se manejan las entrañas en las instalaciones del centro de beneficio donde se realizó la presente investigación.



**Figura 1.6 Vista de las entrañas**



**Figura 1.7 Lavado de las vísceras**

**j. Cuarto de las tripas:**

La tripa o la parte muscular del estómago de los bovinos se lavan y se introduce en agua hirviendo. Estas aguas que contienen grasas y materia suspendida se descargan en los canales de captación.

**k. Lavandería:**

Las lavanderías de los mataderos grandes son de considerable dimensión y pueden producir aguas residuales con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días de 1300ppm.

**1.2.2. Desechos Sólidos**

Los residuos sólidos generados más importantes son:

Estiércol de los corrales; se define al producto combinado de las deyecciones principalmente sólidas, eliminadas por animales a sacrificar durante su transporte y espera previa a su sacrificio.

Sus características son variables según la especie de los animales, alimentación, etc. El volumen diario operado de este residuo depende del ayuno previo de los animales a su llegada al establecimiento de faena así como del tiempo de permanencia o descanso de los animales en corrales. Por lo general, este último es de 24 a 72 horas para los vacunos y de 12 a 24 horas para los porcinos.

Pelos: resultante de la faena de cerdos durante las operaciones de depilado. Son de fácil separación (tamizado, por ejemplo), por lo que no traen mayores dificultades de manejo.

Sólidos provenientes del procesamiento de vísceras: se define como el alimento parcialmente digerido, contenido en el estómago de los rumiantes. Estos constituyen una fuente significativa de carga contaminante.

Constituyen un material que causan múltiples inconvenientes ya que no se degrada biológicamente en las plantas de tratamiento. Tiende a sedimentar el material en suspensión y endurecerse, así como provocar obstrucciones en bombas. Además la panza de los rumiantes contribuye aproximadamente con el 20% de la carga total de DBO, siendo el 60 - 85% de su DBO soluble en agua. Por ello es recomendable en lo posible, un procedimiento de vaciado en seco de los estómagos. Sin embargo el procedimiento más común consiste en el vaciado húmedo por el que el contenido de los estómagos es transportado con agua y el efluente en algunos casos se somete a separación posterior de sólidos en suspensión mediante tamiz.

Barro: proveniente del procesamiento de intestinos: es la mezcla de la capa mucosa muscular y jugos de intestino acompañados de una cantidad variable de agua.

Posee una atracción muy variada de insectos, en particular moscas, constituyendo una suspensión fácilmente putrescible de manejo dificultoso.

Restos varios: se incluyen aquí, distintos tipos de materiales putrescibles y no putrescibles. Los primeros, constituyen material atractivo a moscas, roedores, etc., por lo que si no se disponen adecuadamente pueden dar lugar a inconvenientes graves, constituyendo un foco de deterioro sanitario.

Como residuos varios se tiene:

- Materiales de envasamiento defectuosos o dañados (envases de cartón, láminas, bolsas plásticas, etc.). Estos no se canalizan por las líneas naturales de procesamiento de residuos y conviene manipularlos por separado.
- Sólidos retirados por la limpieza de las canalizaciones de efluentes, cribas separadoras por la retención primaria de sólidos, etc.

Esta limpieza que debe ser de una frecuencia diaria, permite recuperar materiales que en función de su contaminación pueden ser incorporados o no a las líneas de procesamiento de subproductos no comestibles. Esta acción de limpieza frecuente mejora también el efluente porque evita su contaminación con la materia orgánica que de permanecer en contacto por más tiempo entra en putrefacción y en consecuencia provocan en la DBO de aquel.

Barros separados del efluente en el tratamiento: puede considerarse un subproducto del tratamiento de los efluentes líquidos que consiste en separar las impurezas en suspensión y solubles de un líquido. Este material separado consiste en sustancia orgánica e inorgánica en forma de barro que contiene mucha agua y cuya disposición de las mismas constituyen un problema serio del tratamiento de efluentes.

Los barros en general son de manejo difícil y costoso debido a su consistencia, putrescibilidad y baja concentración.

En general, los barros de los tratamientos primarios y secundarios son biológicamente activos y entra en putrefacción que puede conducir a olores fuertes.

### **1.2.3. Desechos Gaseosos**

Se define como la existencia de sustancias en el aire resultante directa o indirecta de la actividad diaria de la industria en concentraciones tal que pueden afectar la salud, seguridad y bienestar de una comunidad incluyendo sus propiedades.

En general las fuentes potenciales de olores en los establecimientos industriales de carne tienen un origen común. En efecto, los materiales que se obtienen y procesan en las distintas etapas de elaboración son muy putrescibles por lo que deben procesarse lo más rápidamente posible, de lo contrario se descomponen con extremada facilidad dando origen entre los diversos productos de degradación a compuestos de olores ofensivos.

No obstante algunas unidades de procesamiento constituyen fuentes potenciales más frecuentes debido a la coexistencia de distintos factores tales como temperatura, estado de agregación de los materiales, etc., facilitan el desarrollo de las reacciones de descomposición.

Así por ejemplo se da en el procesamiento de los materiales no comestibles para la obtención del sebo y harinas principalmente, para hacer uso más eficiente del equipo de procesamiento de subproductos no comestibles, se requiere a menudo mantener los materiales a procesar almacenados durante ciertos periodos antes de someterlos a cocción.

En los meses de temperatura elevada a menos que estos se enfríen o calienten suficientemente para inactivar enzimas u otros agentes responsables del desdoblamiento de grasas, etc., este almacenamiento prolongado aumenta el contenido en compuestos volátiles de fuerte olor agresivo que contaminan la atmosfera particularmente cuando se volatilizan al iniciarse el proceso de cocción.

### **1.3. Problemas Ambientales originados por la Industria del Camal**

Las aguas residuales de la Industria Cárnica o Mataderos dan lugar a muchos problemas de contaminación de aguas, dados por la naturaleza de sus características. Se encuentra en los mismos, materia orgánica en diferente estado de descomposición, que depende del tipo de animal que se beneficie. En el caso de los bovinos y ovinos aparecerá materia celulosa en diferente estado, y también especialmente si se trata de una industria desarrollada, desagües con elevado contenido de grasas, con concentración muy diferente a la habitual en desagües cloacales.

Los desechos de la Industria Cárnica son similares a las aguas domesticas en lo referente a su composición y efectos en los cuerpos receptores de agua. Sin embargo el contenido total orgánico de estos desechos es considerablemente mayor, que las aguas negras domésticas.

En ausencia de una dilución adecuada, los efectos contaminantes principales de los desechos de esta industria son:

- Disminución del oxígeno disuelto de los cuerpos receptores
- Depósitos de lodos
- Problemas de olor al agua receptora
- Condiciones de molestias generales

### **1.3.1. Contaminación del Agua**

Los desechos de esta industria tienen un contenido generalmente alto en materia orgánica biodegradable que requiere de oxígeno para su oxidación biológica, disminuyendo así la concentración del mismo en el agua del cuerpo receptor, que puede llegar incluso a anularse. Esto genera entonces en el agua procesos anaeróbicos que cambian su condición, creando problemas de producción de olores, desaparición de peces, creación de ambientes insalubres, anulación de actividades deportivas y recreativas, etc.

La descarga de la sangre al alcantarillado no es deseable que sea una operación continua debido a la fuerza del material que se descarga. Igualmente las descargas de los contenidos de las barrigas en el drenaje de la planta también provocan un incremento substancial en la carga orgánica y de sólidos, que al sedimentar disminuyen el diámetro efectivo de las tuberías.

El agua residual se encuentra también a una elevada temperatura y contiene pedazos de carne, sangre, grasa, estiércol y vísceras, que trae como consecuencia continuos atoros en los colectores públicos, poniendo en peligro la salud de la población. Existe un posible contenido de microorganismos patógenos, debido a las descargas conjuntas de los desagües del personal, riesgo que también aparecerá en el desagüe de la industria dependiendo

lógicamente del estado sanitario de los animales sacrificados. Pueden presentarse problemas de enfermedades muchas de ellas transmisibles por la vía del agua y capaces de afectar al mismo hombre o de transmitir la enfermedad a otros animales.

A todo esto por su puesto, cabe resaltar existe una inspección veterinaria de los animales tanto antes y después de ser faenados, decomisando los animales u órganos que al ser examinados hayan sido objetados por su condición sanitaria.

De igual manera estas descargas pueden producir enfermedades a través de los usos de aguas debajo de las contaminadas, tales como captaciones de agua potable, usos de agua con fines agropecuarios, abastecimiento de agua a industrias alimenticias, etc.

El volumen de desperdicios sólidos, acarreados en el efluente líquido de este tipo de industrias, es variable y depende del grado de recuperación y separación practicado en la planta industrial.

Otro efluente de carga orgánica en el efluente de estas industrias lo constituye el proceso de obtención de sebo fundido. Este proceso es una fuente importante de DBO, valor que se estima en un promedio de 32 000 mg/l y en grasas con un contenido promedio de alrededor de 1.5mg/l.

Asimismo, pueden descargarse al desagüe las purgas de sistemas de enfriamiento donde a veces se utilizan productos con contenido de cromo hexavalente (Cr VI), de elevada toxicidad, que pueden interferir en los procesos naturales de autodepuración del cuerpo receptor, representar peligro de toxicidad para los usos de aguas abajo.

Los parámetros más significativos de contaminación en este tipo de desecho son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos totales en suspensión (sst), aceites y grasas, Ph, coliformes fecales, nitrógeno orgánico, ocasionalmente niveles de amoníaco. En algunos mataderos, las pieles se tratan primariamente con arsénico, lo que puede presentar un problema especial.

### 1.3.2. Emisiones al Aire

Los olores son el único problema significativo de contaminación del aire. En general son el resultado de la actividad bacteriana de la materia orgánica. No obstante, algunas etapas de procesamiento constituyen fuentes potenciales más frecuentes debido a la existencia de distintos factores tales como temperatura, estado en que son agregados los materiales en proceso, etc.

Estas emisiones son producto de los procesos de incineración de restos de animales enfermos y partes no aprovechables.

En el procesamiento del sebo los olores varían de acuerdo al grado de frescura de los materiales a fundir. A más deteriorado se encuentre el material, mayor será la intensidad de los olores. Además pueden darse emisiones de gases originados en este mismo proceso.

Igualmente en el ahumado de las cabezas y pezuñas del ganado ovino, se genera humo negro, producido por la combustión completa del instrumento usado para dicha acción.

**Cuadro N° 02 Contaminantes Gaseosos Típicos y sus Fuentes más características**

<b>Elemento Químico predominante</b>	<b>Compuestos Contaminantes</b>	<b>Fuentes Potenciales</b>
S	SO <sub>2</sub>	Gases de chimenea (Calderas)
	H <sub>2</sub> S	Tratamiento efluentes



N	<p style="text-align: center;">NH<sub>3</sub></p> <p style="text-align: center;">Compuestos Nitrogenados</p>	<p style="text-align: center;">Plantas de refrigeración</p> <p style="text-align: center;">Procesamiento de materiales animales no comestibles</p>
C	<p style="text-align: center;">Hidrocarburos orgánicos (Parafínicos)</p> <p style="text-align: center;">Hidrocarburos Oxigenados</p>	<p style="text-align: center;">Operaciones con solventes extracción de grasa con exano.</p> <p style="text-align: center;">Procesos de oxidación parcial operación de ahumado.</p>

Fuente: R. Pareth, Equipment for controlling gaseous

### 1.3.3. Disposición de Desechos Sólidos

Los desechos sólidos (cuernos, pezuñas, huesos, partes no comestibles), suelen ser depositados en botaderos improvisados al aire libre; por esta razón, el efecto en el ambiente se localiza en estos sitios.

Siempre que se mantengan las debidas precauciones en su manejo, algunos de estos desechos se comercializan para diferentes usos.

### 1.3.4. Alteración en la Flora y Fauna

De las actividades desarrolladas en los mataderos se produce una gran cantidad de desechos orgánicos, que afectan la flora y fauna y producen variaciones del Ph en el agua. Hay que agregar que se produce un impacto positivo para la flora con la disposición de desechos orgánicos, ya que los suelos se enriquecen y se hacen más fértiles; esto se traduce en un incremento de la vegetación.

### **1.3.5. Efectos de la Grasa en el Ambiente**

Las sustancias grasas son perturbadoras de las aguas corrientes por su lenta degradación, tienden a flotar en el cuerpo receptor y dificultan la reoxigenación natural de la masa de agua, y por tanto interfieren en los procesos de autopurificación.

Ello obliga al uso de procesos físico-químicos para la floculación y la decantación en las plantas de depuración.

Estos compuestos impiden el paso de la luz a través del agua, retardando el crecimiento de las algas. Dan a las corrientes un aspecto desagradable, además, las grasas son tóxicas para ciertos peces y organismos de vida acuática, crean peligro de incendio cuando están en las aguas superficiales en grandes cantidades y destruye la vegetación a lo largo de los cauces, con la consecuente erosión de sus orillas.

Asimismo los desechos gruesos, restos de tejidos de animales, vísceras recortes de cuero producen acumulación de flotantes y sólidos gruesos sobre las orillas del cuerpo de agua, que afectan gravemente su estética y sus usos y posibilitan la acción de vectores tales como ratas y moscas.

### **1.3.6. Mal aprovechamiento del Suelo**

Los suelos de los alrededores de un matadero suelen ser más fértiles que los circundantes, debido a los nutrientes que lleva el agua de desecho. Estos suelos se pueden aprovechar para el cultivo agrícola, siempre y cuando el agua no lleve microorganismos patógenos. En caso de que no fuera posible utilizar estos terrenos con fines agrícolas, se podría coleccionar el abono orgánico, principalmente del ganado vacuno, para utilizarlo en otros terrenos.

### **1.3.7. Contaminación de Cursos de Agua o Corrientes**

La sangre y restos de elaboración, con su contenido de sustancias nitrogenadas, pueden contribuir a la producción de fenómenos de eutroficación, particularmente en cuencas cerradas.

La eutroficación es la causante de múltiples alteraciones en la biota de un ecosistema, tales como la disminución en la densidad de la especie. También provoca cambios de la biota dominante, aumento de la biomasa vegetal y animal, incremento de la turbiedad y del grado de sedimentación, acortando el periodo de vida del sistema hídrico.

Un alto contenido de DBO de las aguas residuales pueden producir un retraso en la autopurificación de los cursos de agua, llegando incluso a anularse dicho proceso.

En la autodepuración de los ríos o cursos de agua, en general, acontece la transformación de la materia orgánica en materia inorgánica por acción combinada de los propios microorganismos.

De igual manera la contaminación de las aguas costeras de ríos y del mar, puede originar la contaminación de playas, con grave riesgo en su utilización para balnearios o criaderos de mariscos.

#### **1.4. Toxicología con relación a los Seres Humanos**

En los mataderos de ganado, quienes trabajan directamente con los animales en las tareas de lavado, pesaje, matanza, pelado, corte, preparación de tripas, limpieza y preparación de pieles, pueden adquirir enfermedades infecciosas, como brucelosis, carbunco, fístula, tuberculosis, entre otras. También se exponen a parasitosis, tales como la triquinosis, lateniasis, lahidatidosis y otras. En esta fase del proceso se desprenden además, gases de descomposición, tales como el ácido sulfhídrico y el amoníaco, que tienden a irritar los ojos, la piel y el sistema respiratorio si no se actúa con precaución. El uso de detergentes para la limpieza puede desencadenar alergias en la piel y los ojos de los obreros.

Para evitar efectos negativos en la salud se deben tomar medidas preventivas como ventilación adecuada del lugar de trabajo, utilización de gafas protectoras, mascarilla con filtro mecánico, guantes de goma, delantales impermeables y botas impermeables.

### 1.5. Efectos de los parámetros de contaminación de las aguas residuales de un Camal en función a sus características principales

DBO y DQO	:	Reducen la concentración de Oxígeno Disuelto en el agua.
Ph	:	Normalmente próximo a 7 o algo superior al valor neutro.
Grasa	:	Alcanzan concentraciones elevadas, produciendo serios problemas a las alcantarillas o plantas de tratamiento.
Cromo	:	Aparece cuando se trata el agua de refrigeración con sales de cromo VI, puede causar problemas a la salud humana ya que tiene efectos tóxicos.
Color	:	Perjudica la actividad fotosintética de las plantas acuáticas provocando su muerte.
Fosfato	:	No afecta a la salud por no ser toxico, pero es un rico nutriente para las plantas. Puede generar problemas de eutroficación.
C. Fenol	:	Dependiendo de su concentración puede afectar con un sabor desagradable al agua, como también puede dar lugar a problemas de afectación de la vida acuática, comunicar sabor a la carne de los peces, etc.

### 1.6. Distribución de la Carga Orgánica generada por la Industria del Camal

La sección de sangrado constituye una de las fuentes principales de carga orgánica en una Industria de carne. El peso promedio de sangre generado por animal con un peso de 500kg se ha encontrado que es de 14.77kg con una DBO de 150 500mg/l. esto resulta de una contribución de 2.12kg de DBO por cada 454.55kg de animal. Por lo tanto la sangre incrementa la DBO del efluente en un 72%. La sangre descargada en el desagüe se diluye en el mismo. De esta manera se DBO disminuye en 32 000mg/l aproximadamente.

Las descargas de los contenidos de barriga de igual forma contribuyen en el aumento de carga orgánica. Se estima que varía entre 18 a 27kg con un promedio de 24.5kg por animal y consiste principalmente en hierbas y cereales. La DBO de esta mezcla ha sido estimada en 52 000mg/l y contribuye con

1.14kg de DBO por cada 454.55kg de peso vivo del animal. El contenido de sólidos en este desecho es también considerable y está alrededor de 15 000mg/l de sólidos suspendidos. Otro efluente de carga orgánica importante lo constituye el procesamiento del sebo. Esta agua contiene alrededor de un 75% del contenido de proteínas, por lo tanto es una fuente importante de DBO. Se ha estimado que el promedio de DBO del agua es de 32 000mg/l además de un alto contenido de grasas.

**Cuadro N° 03 Características de los Desechos de un Matadero**

<b>Tipo de animal sacrificado</b>	<b>Sólidos Suspendidos (mg/l)</b>	<b>Nitrógeno Total (mg/l)</b>	<b>DBO (mg/l)</b>	<b>Volumen por animal (litros)</b>
Ganado	820	154	996	1495
Cerdos	717	122	1048	541
General	925	324	2240	1353

Fuente: Andrés Incer Arias, Tecnología disponible para el tratamiento de las aguas residuales.

### **1.7. Procesos de Tratamiento Aplicados a las Aguas Residuales generados por la Industria del Camal**

Cualquier clasificación de los métodos de tratamiento es arbitraria, debiendo obedecer a una política integral para que las soluciones sean económicas y enmarcadas en un plan de desarrollo, por ende, para la aplicación de algún sistema de tratamiento, se debe tener en consideración lo existente y rescatable presente en la industria.

Las aguas de desagüe y residuales deben ser recogidas, tratadas y eliminadas teniendo en cuenta las cantidades, el tipo de ganado, la índole de los líquidos y sólidos, las posibilidades de su uso después del tratamiento, la necesidad de evitar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud pública.

La instalación de acopio de las aguas residuales debe estar diseñada de manera que reciba las descargas de las diversas actividades propias de la industria de; camal, como son los siguientes:

- a. Drenaje de la sangre.
- b. Desagües de los corrales y del estiércol de las tripas.
- c. Desagüe de las áreas de la matanza, los subproductos y su tratamiento.
- d. Desagüe de residuos domésticos.
- e. Desagüe de las aguas caldeadas, y de las zonas de venta, aparcamiento y servicios.

Los caudales vertidos por los mataderos varían según la forma de evacuación de los excrementos, la importancia del proceso de sacrificio y la naturaleza de los animales sacrificados.

Ha quedado demostrado que las aguas servidas de un matadero son las más peligrosas, por cuanto, ellas contienen, equinococcus, ditomas, tenias, materias tuberculares, y algunas veces bacilos del corbunclo; están cargados de sangre, partículas intestinales, estiércol, etc., productos de descomposición nauseabundos (hidrogeno sulfurado) y además están absolutamente privadas de oxígeno. Estas condiciones exigen desde el punto de vista higiénico una especial atención.

Algunas ciudades utilizan las aguas servidas como abono, en otras partes de vuelcan al sistema de redes de alcantarillado que consecuentemente desaguan en un río o el mar.

Los métodos más corrientes para el tratamiento positivo de las aguas residuales se han desarrollado y siguen desarrollándose solo y sencillamente con dos propósitos; la captación de los sólidos sedimentables y la estabilización biológica de los sólidos restantes.

La carga de contaminación de estos vertidos depende del grado de recuperación de la sangre, de la importancia del sacrificio y de la forma de evacuación de los excrementos.

Antes de efectuar un vertido de aguas de matadero a una red de alcantarillado u otro cuerpo receptor, se requiere obligatoriamente efectuar un pretratamiento de desarenado y desengrasado, de desbaste y, si es posible, un tamizado fino, con el fin de reducir del 10 al 15% la carga contaminante.

El tratamiento químico de estos vertidos, por floculación-decantación parece descartarse definitivamente, ya que sólo reduce su contaminación orgánica en un 50% y produce cantidades muy grande de lodos. Estos lodos son muy coloidales y de carácter muy fermentable, por lo que presentan problemas de desecación y evacuación desde el punto de vista económico.

El tratamiento adecuado, por tanto, consiste en un tratamiento biológico, empleando aeración prolongada o la depuración a pequeña carga, con estabilización aerobia separada de los lodos, ya que, además del buen rendimiento que se obtiene, se evita la digestión anaerobia del lodo.

Las cantidades de agua residuales estarán en lo esencial relacionadas con el número de animales sacrificados y el agua total (caliente y fría) consumida en los ambientes de sacrificio y las áreas para subproductos y su tratamiento, con inclusión de todos los desechos que contengan lavazas y sólidos suspendidos.

Sea cual sea el tratamiento y el sistema de eliminación posteriores, las medidas de pretratamiento de las aguas residuales son obligatorias y es prescriptivo que las aguas residuales crudas no contengan más de 50 partes por millón de grasas que puedan flotar y deben haber atravesado una rejillas.

En esas situaciones los efluentes, hayan recibido tratamiento secundario o no, pueden descargarse en los cursos de agua o en los canales de regadío. La descarga, sin embargo, sólo debe autorizarse cuando la corriente de agua de todas las fuentes es suficiente en todas las estaciones del año para arrastrar las aguas residuales lejos de la planta o, en las zonas de fuertes precipitaciones, cuando el aumento de la corriente durante la estación de las lluvias no las acumulará en los locales del matadero.

Es importante, entonces, que el tratamiento de las aguas residuales comienza en la planta, donde se debe hacer todo lo posible por adoptar una recuperación eficiente de los subproductos y una limpieza en seco, no sólo porque ese material es en sí valioso, sino también porque la cantidad de desechos en el agua y el volumen efectivo del agua utilizada disminuyen asimismo, reduciendo de ese modo los gastos.

#### **1.7.1. Volumen de agua utilizado que puede requerir el Tratamiento**

La evaluación del volumen de agua necesaria para convertir a un animal en carne depende obviamente del grado de tratamiento de los subproductos que se lleva a cabo en los locales. En el extremo inferior de la escala se utiliza la cifra de 1700 litros de agua por res procesada como pauta, con un aumento del 25% si se lleva a cabo el tratamiento de los productos no comestibles. La demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales podría girar en torno a las 1500 ppm. Estos niveles medios parten del supuesto de una recuperación máxima de los desechos en la fuente mediante una eficaz administración y la recuperación de subproductos.

La comparación del agua y la materia contaminantes con el número de reses sacrificadas se considera un procedimiento más satisfactorio que la tonelada de carne elaborada ya que el peso medio de los animales varía de una región a otra, en particular en nuestro país. Obviamente dos o más animales de menor tamaño siguen requiriendo el mismo procedimiento de preparación de la carne individual y, por consiguiente, más agua que el peso equivalente de un animal mayor.

#### **1.7.2. Fases y Sistemas de Tratamiento**

Tras la separación inicial de las diversas categorías de aguas residuales, el grado y el método tecnológico de tratamiento varía considerablemente debido en parte a la falta de uniformidad de la producción, la tecnología de elaboración, el equipo de tratamiento de las aguas residuales y su emplazamiento.



Siempre que es posible, las aguas residuales deben dirigirse a un sistema de alcantarillado público, aunque este procedimiento requerirá cierto grado de tratamiento primario o pretratamiento como requisito mínimo.

Los procedimientos de tratamiento que se pueden emplear se clasifican en tres categorías distintas, a saber: primario, es decir, tratamiento físico y químico; secundario, es decir, tratamientos biológicos anaeróbicos o aeróbicos y, por último, una combinación de los dos tratamientos secundarios. Todos los tratamientos indicados garantizan cierto grado de control, si no un control total, de los patógenos y de los niveles de contaminación.

#### **1.7.2.1. Sistemas de Tratamiento Primario – Físico**

En muchos casos deberán efectuarse tratamientos previos, con el fin de evitar contaminaciones secundarias y de eliminar las impurezas físicas más importantes, para no sobrecargar el tratamiento principal.

Estos tratamientos previos consisten, especialmente, en: desbaste, desarenado, desaceitado, decantación, etc. El buen funcionamiento de la instalación principal de tratamiento depende, en general, de una buena concepción de estos pretratamientos.

Los procedimientos de tratamiento físico comúnmente utilizados son los siguientes: procedimientos de ordenación y de limpieza propiamente dicha seguidos del tamizado para la eliminación de los sólidos pesados y sedimentables, tubos en U para grasas y depósitos de despumación para la eliminación de los sólidos finos y las grasas y aceites.

En el pretratamiento de las aguas residuales de la industria de la carne se utiliza invariablemente el paso por una rejilla para excluir la carne, los huesos, las descarnaduras de pieles y cueros y otros sólidos gruesos de las aguas de desecho. Su función es sumamente importante y produce la eliminación de condiciones perjudiciales (bloqueos de la bomba o de las tuberías), corriente abajo, así como el mejoramiento de la eficiencia de los procedimientos de pretratamiento. Ese método tiene escaso efecto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno, las grasas y los aceites o los sólidos en suspensión.

Aunque en general no se consideran muy favorablemente las rejillas de barrotes, por obstruirse fácilmente y requerir una constante atención para evitar bloqueos, esta desventaja se puede pasar por alto cuando existe abundancia de mano de obra barata. Una serie de rejillas fabricadas localmente podría también resultar adecuada, cuando se utilicen dos o tres rejillas de barras con aperturas comprendidas entre los 5 cm y los 0,5 cm.

Las altas concentraciones de grasas que se dan en las aguas residuales de la industria de la carne se pueden reducir si los canales de desagüe del suelo y el equipo de los departamentos competentes se dotan de tubos en U antes de pasar por la criba para evitar el bloqueo de las tuberías, los desagües y otro equipo. Las grasas pueden causar problemas en las cámaras de sedimentación que cuentan con separadores de espumas insuficientes cuya acumulación puede bloquear el filtro y provocar un posterior estancamiento y problemas de olor, en el cieno activado a causa de la acumulación y en los digestores al formar una capa en la superficie que no se degradará. La eliminación de hasta el 90 por ciento de las grasas que flotan libremente mediante la utilización de tubos en U para grasas es posible, pero de tratarse de desechos de carne, particularmente cuando se transportan trozos de carne, es más eficiente la flotación por aire disuelto.

La flotación por aire disuelto es el procedimiento de flotación más común y se utiliza principalmente para el tratamiento primario de las aguas residuales de los mataderos. El aire se disuelve en el agua residual bajo presión (3–4m<sup>3</sup>/hora por m<sup>3</sup> de depósito) y posteriormente se transforma en microburbujas (de 50 mm a 200 mm de diámetro) a presión atmosférica. La flotación por aire disuelto facilita la recuperación de sebos, aceites y grasas, sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno, por un total de un 30% a un 60% de sólidos suspendidos y de un 50% a un 80% de sebos, aceites y grasas.

#### **1.7.2.2. Sistemas de Tratamiento Primario – Físicoquímico**

Una tecnología relativamente sencilla permite extraer hasta el 95 por ciento de los sólidos en suspensión y posiblemente el 70 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno por medio del tratamiento físicoquímico.

En lo esencial, el procedimiento fisicoquímico consiste en lo siguiente:

Condicionamiento o pretratamiento de las aguas residuales mediante la incorporación de coagulantes y agentes de floculación para facilitar la sedimentación de los sólidos en suspensión. Esta fase va seguida de la clarificación: paso a través del depósito de sedimentación que separa el sedimento pesado del flotante, que es un líquido claro casi desprovisto de sólidos en suspensión y con unos niveles muy reducidos de demanda bioquímica de oxígeno.

Cuando las aguas residuales se tratan íntegramente en el lugar del matadero, es esencial facilitar la sedimentación primaria, que es probablemente necesaria si los desechos van a pasar posteriormente por filtros. Se utilizan dos tipos de depósitos de sedimentación y las dimensiones varían considerablemente.

Los depósitos de sedimentación de corriente horizontal son necesarios para las cargas pesadas y sus dimensiones deben permitir un período de retención de seis horas. Esos depósitos requieren, sin embargo, la eliminación regular del lodo, por lo que es necesario disponer de un depósito de reserva. La eliminación del lodo puede efectuarse por gravedad o con una bomba de lodo después de haber bombeado las materias flotantes al depósito de reserva. Para corrientes de más de 1000 m<sup>3</sup>/día pueden resultar rentables raspadores mecánicos.

Manejo y eliminación del lodo: El lodo resultante de los sistemas de sedimentación descritos debe estar libre de sustancias tóxicas y resultaría aceptable en muchas regiones como fertilizante agrícola. El lodo resultante contendrá de un 3 por ciento a un 5 por ciento de sólidos y podrá pasar por gravedad o por bombeo al área de eliminación; de lo contrario se necesitarán lechos para el secado.

Lechos para el secado o bandejas de evaporación: Se recomiendan para mataderos de tamaño pequeño o mediano, aunque sólo si están situados en la periferia de las ciudades. Para regiones con amplios recursos de tierras, la disponibilidad de lodo en las zonas de engorde del ganado puede mejorar la viabilidad económica y proporcionar empleo. Estas tareas requieren mucha

mano de obra y el vaciado se debe efectuar a mano cuando la concentración de sólidos alcanza aproximadamente 1m<sup>3</sup> por 40 kg de lodo.

Construcción de los lechos o bandejas: Normalmente se construyen con capas de materiales de filtración provistas de tuberías en la base que conducen a las tierras agrícolas para recoger los materiales de desecho líquidos que deben volver a reciclarse en un depósito para proceder a un nuevo tratamiento. Los tanques de evaporación se recomiendan para países con altas tasas de transpiración y escasas precipitaciones y se construyen de manera análoga con revestimiento interior para contener el lodo y con tubos de desbordamiento y terraplenes para retener las aguas residuales en períodos de aguaceros o de las lluvias cortas.

### **1.7.2.3. Sistemas de Tratamiento Secundario – Biológico**

Se necesitarán procedimientos adicionales principalmente cerca de zonas urbanas donde las descargas de desechos tratados pueden ir a parar a capas freáticas o cerca de éstas. Se requieren normas superiores a las aceptables para los sistemas de tratamiento en regiones remotas, entre las cuales las siguientes:

- Aeróbicos
- Procedimiento de lodo activado (convencional)
- Procedimiento de lodo activado (pozo de oxidación)
- Tratamiento biológico anaeróbico (formación de estanques)

El diseño y utilización de estos sistemas interesara, debido a las normas y salvaguardias que se han de respetar, a las autoridades locales competentes y no al explotador del matadero quien tendrá, no obstante, que pagar una carga por esos servicios. Sólo los grandes mataderos que descargan en las redes de alcantarillado municipales pueden considerar que la imposición de otro tratamiento secundario resultará económicamente justificable para producir posteriormente una reducción de sus descargas de aguas residuales.

La elección del sistema más adecuado depende de los costos, del nivel de demanda bioquímica de oxígeno requerido, de la superficie de tierras disponibles, del nivel de olores y de los requisitos municipales, en la forma en que proceda. Estos sistemas secundarios que se mencionan en la sección siguiente, deben ser selectivos y requieren un gran capital. Un tratamiento secundario de ese tipo para una planta de tamaño intermedio estaría justificado únicamente si se comparte con otros usuarios industriales o si se incluye una carga doméstica de la ciudad de que se trate para sacar partido de las economías de escala necesarias. En todos los sistemas mencionados, se da por supuesto que es necesario un tratamiento preliminar en el matadero, particularmente en la sedimentación, cuando las aguas residuales pasan por filtros como en los sistemas aeróbicos.

#### **1.8. Legislación existente relacionada al vertido de Aguas Residuales Industriales**

##### ***DECRETO SUPREMO N° 003-2002-PRODUCE***

Aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales aplicables por la Autoridad Competente, a las actividades industriales manufactureras de cemento, cerveza, **curtiembre** y papel, en los términos y condiciones que se indican.

##### ***DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM***

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en los diseños y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

**DECRETO SUPREMO N° 023-2009-MINAM**

Aprueban las disposiciones para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Para esta implementación se tendrá en cuenta las categorías de los ECA para el agua presentada en este decreto.

**DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM**

Aprueban los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RECURSOS HÍDRICOS (DS N° 001-2010-AG)*****Autorización de Vertimientos***

- Cuando sean sometidas a un tratamiento y cumplan los LMP
- Cuando no trasgredan los ECAs
- Las condiciones del cuerpo receptor permitan la autodepuración
- No se cause perjuicio a otro uso
- No se afecte la conservación del ambiente acuático
- Se cuente con el instrumento ambiental aprobado por la autoridad sectorial competente
- Su lanzamiento submarino o subacuático, con tratamiento previo, no cause perjuicio al ecosistema y otras actividades lacustres, fluviales o marino costeras según corresponda.

***Disposición complementaria final******Sexta, vertimiento de aguas residuales al mar***

Está prohibido efectuar vertimientos de aguas residuales al mar sin tratamiento previo.

Tratándose de vertimientos mediante emisarios submarinos, el tratamiento previo debe ser definido por el Sector correspondiente, no deben causar perjuicio al ecosistema y otras actividades marino costeras. En este caso será exigible únicamente el cumplimiento de los ECAs para agua.

***Disposición complementaria transitoria***

***Tercera, Programas de Adecuación y Manejo Ambiental***

Las personas que a la entrada en vigencia del reglamento de LGRH, efectúen vertimientos no autorizados a los cuerpos naturales de agua o teniendo la autorización correspondiente, no cumplan con lo establecido en el Título V del Reglamento, están obligados a presentar a la autoridad ambiental competente un PAMA o el instrumento de gestión ambiental que determine el Sector correspondiente, el mismo que deberá contener los plazos de remediación, mitigación y control ambiental, así como la implementación de los correspondientes sistemas de tratamiento.

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Planteamiento del Problema**

##### **2.1.1. Identificación del Problema**

La principal fuente de contaminación de las aguas residuales de los mataderos se originan de las heces y orina, sangre, pelusa, lavazas y residuos de la carne y grasas de la res abierta y sin despojos, los suelos, los utensilios, alimentos no digeridos por los intestinos, las tripas de los animales sacrificados y de vapor condensado procedente del tratamiento de los despojos.

Debido al alto consumo de agua en todas las etapas de sacrificio, los mataderos constituyen uno de los sectores de la industria alimenticia que aportan mayor carga contaminante a los cuerpos de agua y en general al medio ambiente. Son aguas con alto contenido de grasas, alto contenido de sólidos flotantes, suspendidos y disueltos, una demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) elevada, una alta carga orgánica, con grandes aportes de compuestos fosforados y nitrogenados (nitrógeno orgánico y ocasionalmente nitrógeno amoniacal), estos últimos producto del alto contenido proteínico de la sangre. Su degradabilidad es alta y rápida, con gran producción de olores indeseables. Asimismo los mataderos realizan grandes aportes de organismos coliformes.

En nuestro país es una práctica poco común que la industria del camal (mataderos) traten sus aguas residuales generadas antes de descargarlas al sistema de alcantarillado o a un cuerpo receptor, originando de esta manera el deterioro acelerado de las líneas de alcantarillado y problemas de funcionamiento en las plantas de tratamiento, o en el peor de los casos, si son descargadas directamente a un cuerpo receptor (ríos, mar, etc.) ocasionan un gran impacto negativo, alterando el ecosistema natural de dichos cuerpos receptores.



### **2.1.2. Formulación de la Solución**

Frente a estos problemas existen varias tecnologías para el tratamiento de estas aguas pero que muchas veces no son tomadas en cuenta por las industrias debido a que representan un alto costo para su implementación y posterior operación y mantenimiento, originando eso que se descargue estas aguas contaminadas directamente a la red de alcantarillado o a un cuerpo receptor natural.

Los caudales vertidos por los mataderos varían según la forma de evacuación de los excrementos, la importancia del proceso de sacrificio y la naturaleza de los animales sacrificados.

La disminución del aporte contaminante de estas aguas se lograría por ejemplo realizando una recolección adecuada de la sangre, que es la que aporta la mayor parte de la carga contaminante al agua.

Resulta entonces necesario que la industria del camal realice un tipo de tratamiento a las descargas de sus aguas residuales, adquiriendo para esto una tecnología de tratamiento que se adecue a sus requerimientos que podrían ser por ejemplo la disponibilidad de terreno para el tratamiento, la cantidad que se desea invertir y los gastos para operación y mantenimiento. De acuerdo a esto se evalúa alternativas, quedando aquella que resulte más conveniente para la industria.

Los tratamientos de aguas residuales tiene como objetivo principal eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente, de tal manera que el agua residual se pueda ajustar a la calidad de agua vertida a las especificaciones legales existentes

Muchas veces por desconocimiento de nuevas alternativas, las industrias descartan la posibilidad de tratamiento o emplean de forma inadecuada un tipo de tratamiento. Es por eso que se debe conocer y experimentar nuevas alternativas de tecnologías de tratamiento de aguas residuales que podrían dar mejores resultados que las tradicionales o trabajar conjuntamente para obtener una mayor eficiencia de polución de contaminantes.

### **2.1.3. Justificación de la Solución**

El tratamiento de los desechos y eliminación de las aguas residuales provenientes de mataderos y plantas procesadoras de carne es una necesidad económica y de higiene pública. Por lo tanto, debido a su alto potencial contaminante, estas aguas deberán ser pre tratadas o tratadas de una manera eficiente antes de ser descargadas al alcantarillado o a cualquier corriente de agua utilizando cualquiera de las instalaciones biológicas con digestión anaerobio, instalaciones biológicas convencionales con digestión anaerobia de lodos, reactores anaeróbico, bioreactores UASB o a través del empleo de nuevas tecnologías que puedan ser usadas en proyectos grandes y pequeños, y cuyo empleo se justifique en una razón muy sencilla: simplicidad y bajo costo.

### **2.2. Objetivo General**

En el tratamiento de aguas residuales, el objetivo de la optimización del proceso es principalmente para obtener una eficiencia de un buen tratamiento de un contaminante específico.

En ese sentido se determinara la eficiencia utilizando la tecnología del Filtro Contenedor frente a los reactores UASB en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un Camal.

### **2.3. Objetivos Particulares**

- Caracterización inicial de las aguas residuales procedentes de un Camal.
- Establecer los parámetros de operación y funcionamiento de una planta piloto.
- Establecer los parámetros de operación y funcionamiento del Filtro Contenedor.
- Caracterización final de las aguas residuales luego del tratamiento empleando el Filtro Contenedor.
- Comparar las eficiencias de ambas tecnologías utilizadas.

## **2.4. Hipótesis**

El Tratamiento Anaerobio mediante reactores UASB ha contribuido a la reducción de la materia orgánica en las aguas residuales provenientes de la industria del Camal, estas aguas se caracterizan por tener una elevada concentración de materia orgánica. Por lo tanto, esta investigación buscará demostrar que el tratamiento con la tecnología del Filtro Contenedor, puede ser más eficiente en la reducción de la materia orgánica de las aguas residuales provenientes de un Camal frente al tratamiento anaerobio mediante reactores UASB. Además se buscará demostrar que el tratamiento con la tecnología del Filtro Contenedor resulta más sencillo y a un bajo costo.

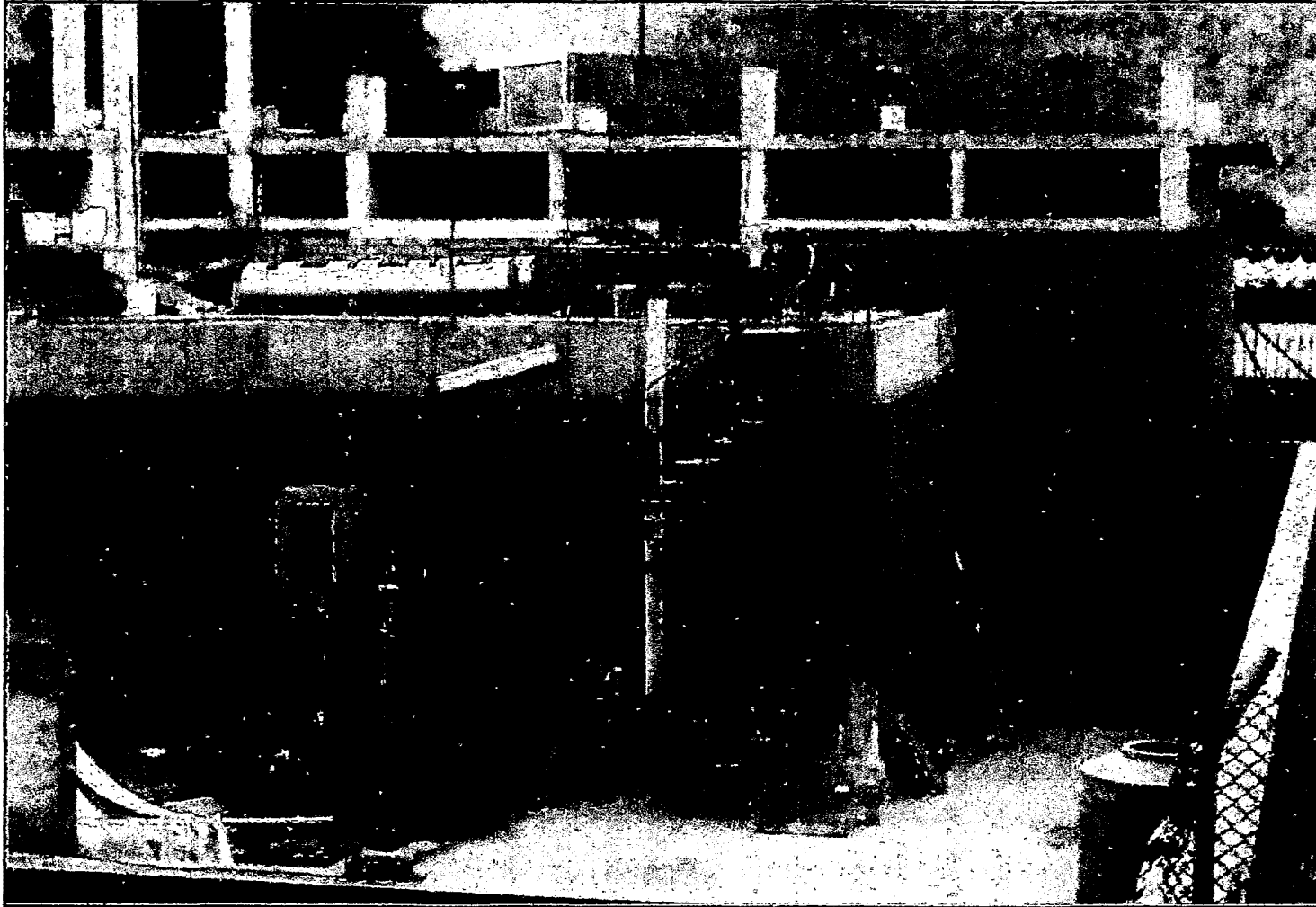
## **2.5. Variables del Estudio**

### **2.5.1. Variable Independiente**

- Tiempo

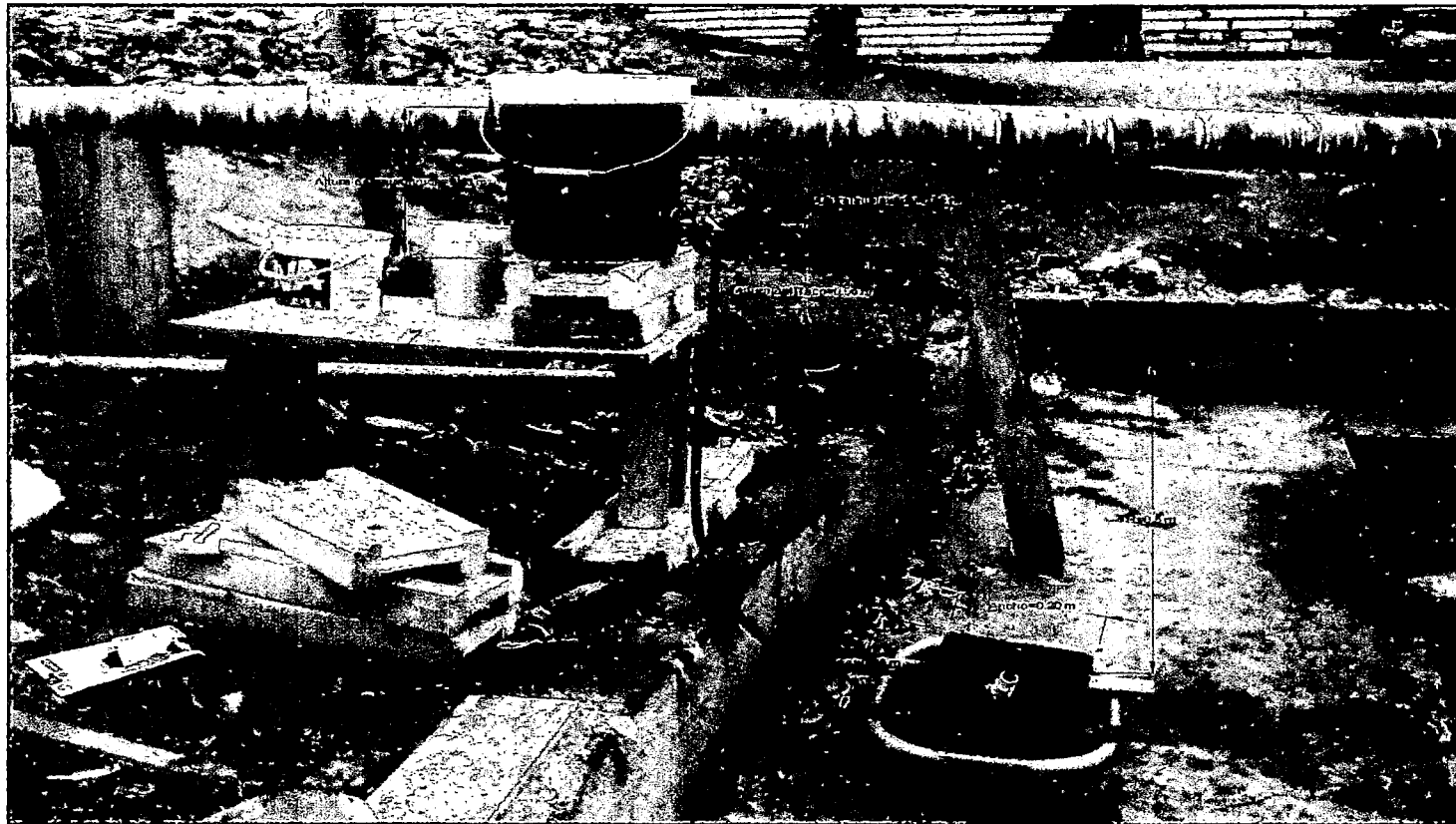
### **2.5.2. Variable Dependiente**

- DBO(5)
- DQO
- Sólidos Fijos
- Sólidos Volátiles
- Sólidos Disueltos
- Sólidos Suspendidos
- Sólidos Totales
- Sólidos Sedimentables
- Temperatura



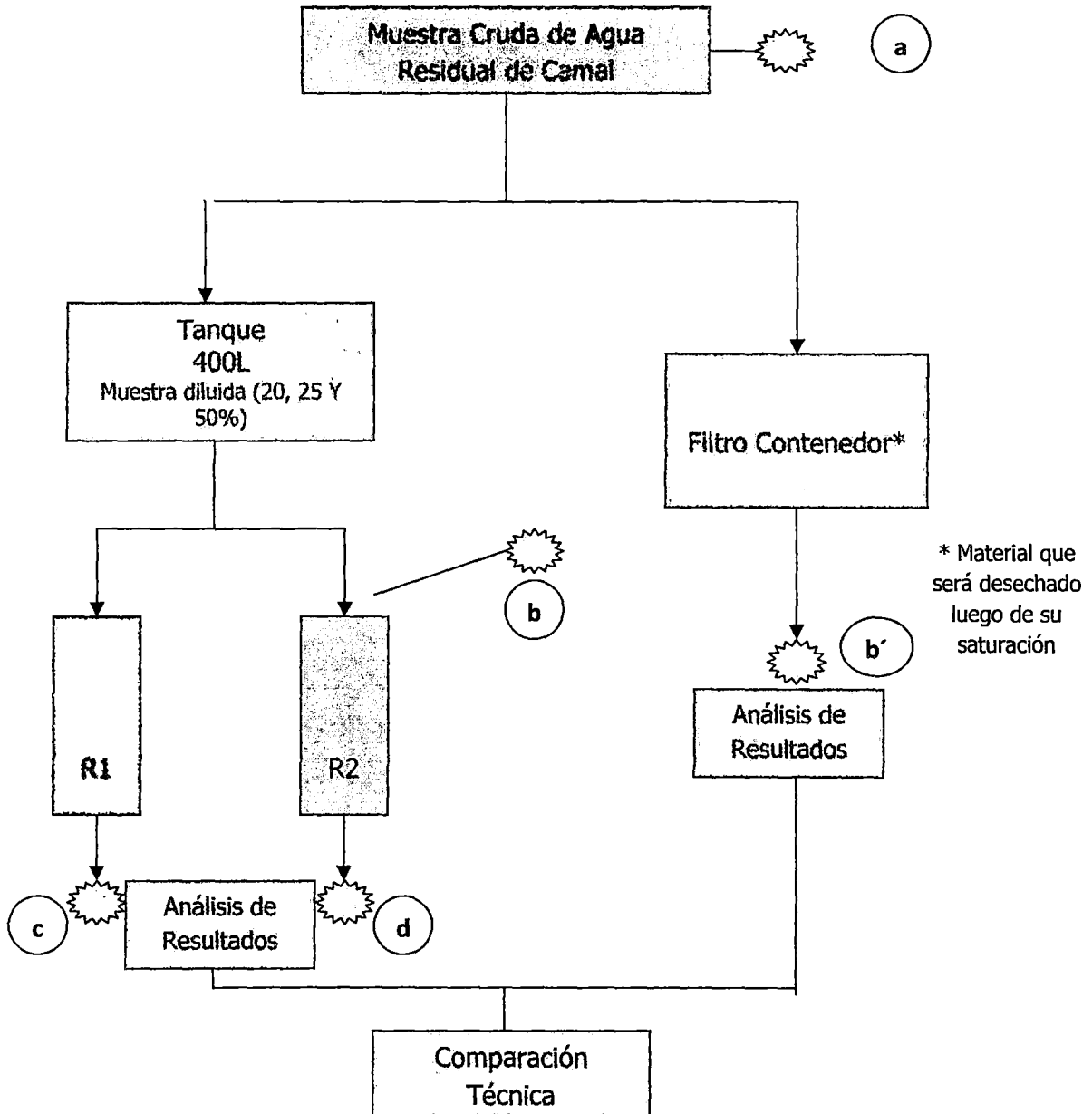
**Figura 2.2 Sistema de Tratamiento del Sistema de Tratamiento con reactores UASB.** El sistema se instaló en el Patio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima-Perú. Compuesto por: Tanque de almacenamiento de 400 L de capacidad, Regulador de altura de agua, dos reactores UASB, dos recolectores de Gases. Además de los accesorios como válvulas de paso y tubería todos de material PVC.

### 2.6.2. Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor



**Figura 2.3 Sistema de Tratamiento con Filtros Contenedores.** Este sistema se instaló en la planta de beneficio, Esmeralda Corp S.A.C. Panamericana Sur Km. 18.5

### 2.6.3. Diagrama de Flujo del procedimiento para los Sistemas de Tratamientos propuestos



Puntos de Muestreo de los parámetros: DBO, DQO, Sólidos, Temperatura.

**Figura 2.4 Diagrama de Flujo de los Sistemas de Tratamiento propuestos, estos son: Reactor Anaeróbico UASB y Filtro Contenedor**

### CAPÍTULO III

#### **TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO CON REACTOR – UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket - Flujo ascendente de manto de lodos anaeróbicos*)**

Debido a su capacidad de degradar ciertos compuestos tóxicos, así como contaminantes orgánicos comunes en aguas residuales industriales, la biotecnología anaerobia ha avanzado a niveles elevados de aplicación y se ha establecido como una opción viable en el tratamiento y restauración de muchos efluentes de las industrias. El tratamiento anaerobio de aguas residuales con niveles de contaminación medianos y altos, es en el presente aceptada como una tecnología probada (Wheatley, 1990).

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico complejo que se realiza en ausencia de oxígeno, donde la materia orgánica es transformada a biomasa y compuestos orgánicos, la mayoría de ellos volátiles. Aunque es un proceso natural, sólo en los últimos veinticinco años ha llegado a ser una tecnología competitiva en comparación con otras alternativas. Esto ha sido posible gracias a la implementación de sistemas que separan el tiempo de retención hidráulico (TRH), del tiempo de retención celular (TRC) los cuales han sido denominados reactores de alta tasa. Durante este proceso también se obtiene un gas combustible (biogás) y lodos con propiedades adecuadas para ser usados como bioabonos.

Las tecnología del tratamiento anaerobio como el reactor de flujo ascendente de manto de lodos anaeróbicos (UASB), está siendo rápidamente aceptado para el tratamiento industrial de aguas residuales que no cumplen con las regulaciones ambientales para descarga directa a cuerpos receptores y/o alcantarillas por su elevada DQO, bajo pH y presencia de sólidos en suspensión, además de sus grandes volúmenes (Noyola, 1995). La tecnología de la digestión anaerobia se encuentra firmemente establecida a nivel mundial y en América Latina y puede ser adaptable a las características del residual a tratar y el lugar donde se quiera implementar. En Cuba se ha trabajado en el tratamiento anaerobio de vinazas provenientes de melazas, fundamentalmente en el ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar) empleando reactores UASB, a escala piloto (Ramos et al., 1992) y en el tratamiento de residuos de

centros porcinos, mediante el empleo de filtros anaerobios (Sánchez et al., 1995).

Existen numerosas aguas residuales industriales las cuales resultan buenas candidatas para el tratamiento anaerobio, pero en cuya composición existe uno o algunos compuestos que resultan tóxicos para la biomasa anaerobia. Es raro actualmente encontrar un agua residual industrial libre de compuestos tóxicos, por lo que se hace necesario el estudio desde nivel de laboratorio, de cada residual en particular. Afortunadamente ambos procesos, aerobios y anaerobios, han demostrado consistentemente su capacidad para la remoción eficiente de varios contaminantes de aguas que contienen tóxicos, si las condiciones favorables son establecidas.

### 3.1. Descripción del proceso de la digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica de las aguas residuales, es un proceso en el cual los materiales de descomposición pasan por varias etapas: Licuefacción, gasificación, y mineralización, obteniéndose un producto final inerte con liberación de gases.

**La licuefacción** se produce por enzimas extracelulares que hidrolizan los carbohidratos complejos a simples azúcares, las proteínas a péptidos y los aminoácidos y grasas a glicerol y ácidos, siendo el producto final de la licuefacción ácidos orgánicos volátiles, que en algunos casos pueden ser limitantes en las reacciones siguientes.

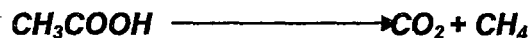
Durante **la gasificación**, estos productos se convierten en gases, cuyos principales componentes son el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), pero también se pueden encontrar otros compuestos en pequeñas cantidades como sulfuro de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), mercaptano ( $\text{RSH}$ ) e hidrogeno ( $\text{H}_2$ ).

Finalmente, la materia orgánica soluble es también descompuesta. La digestión pasa por distintas fases, siendo las principales la fermentación ácida y la fermentación alcalina, de donde resulta la importancia del pH en el control de estas fases.



En la etapa **de fermentación ácida**, los compuestos orgánicos complejos del agua residual (proteínas, grasas e hidratos de carbono) se hidrolizan en primer lugar para producir unidades moleculares menores, las cuales a su vez son sometidas a bio-oxidación, convirtiéndose principalmente en ácidos orgánicos de cadena corta, tales como acético ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ), propiónico ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ) y butílico ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ). Una población heterogénea de bacterias facultativas y anaerobias es responsable de estas reacciones de hidrólisis y oxidación. En la etapa de fermentación ácida no se produce una disminución importante de la DQO, ya que principalmente lo que ocurre es la conversión de las moléculas orgánicas complejas en ácidos orgánicos de cadena corta que ejercen también una demanda de oxígeno (*Hernández Aurelio "Depuración de aguas residuales" Libro 3° Edición Colegio de caminos y puentes; Madrid 1986*).

En la etapa de **fermentación alcalina o metánica** "organismos metanogénicos" que son estrictamente anaerobios convierten los ácidos de cadena más larga en metano, dióxido de carbono y ácidos volátiles de cadenas más cortas. Las moléculas ácidas se rompen repetidamente dando lugar finalmente a ácido acético que se convierte en  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ :



El grupo de bacterias facultativas y anaerobias responsables de la fermentación ácida tiene una velocidad de crecimiento más elevada que las bacterias metanogénicas responsables de la fermentación metánica. Como resultado, la etapa de fermentación ácida es relativamente rápida por lo que la etapa de fermentación metánica es la que controla la velocidad en los procesos anaerobios.

Ya que la fermentación metánica controla la velocidad del proceso, es importante mantener las condiciones de una fermentación metánica eficaz. El tiempo de residencia para organismos metánicos debe ser adecuado o si no son eliminados del sistema.

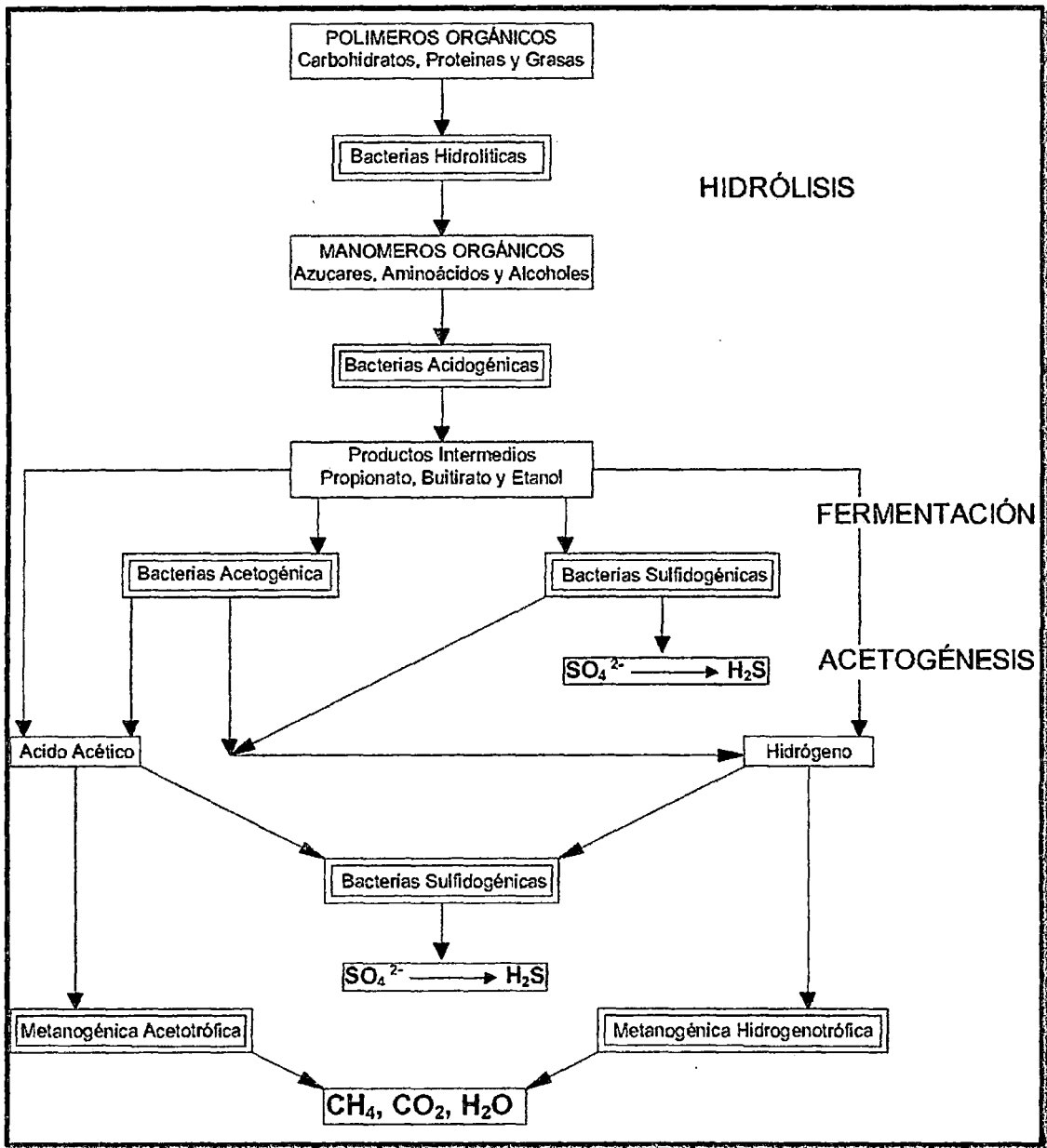


Figura 3.1 Esquema de la degradación anaeróbica de la materia orgánica

### 3.2. Reactores UASB

Un tipo de reactor anaerobio hoy utilizado muy frecuentemente en el tratamiento de aguas residuales es el reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos (UASB).

El reactor UASB fue desarrollado en Holanda por Lettinga y asociados (Lettinga, G. Et al., *Biotechnology and bioengineering*, 22, 4, 1980) y se ha utilizado en

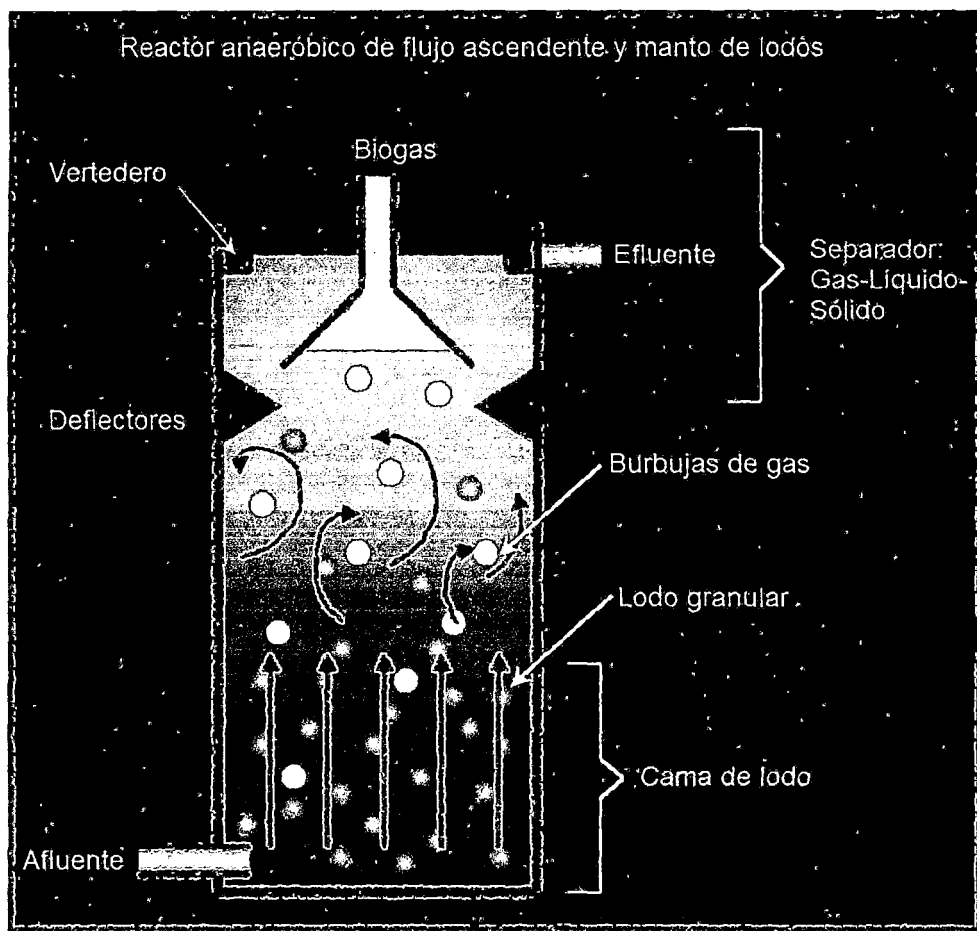
industrias de producción de alimentos, plantas azucareras, cervecerías, fábricas de conservas alimenticias, industrias de celulosa y papel, etc.

### **3.2.1. Funcionamiento y Características de los Reactores UASB**

El agua residual entra por debajo del reactor, y el efluente tratado sale por la parte superior. El lodo formado en el reactor puede considerarse dividido en dos zonas. La primera, formada en la parte inferior, llamada "lecho de lodo" y la segunda formada en la parte superior de la primera llamada "manto de lodo". La diferencia entre las dos zonas es que el lodo en la primera es mucho más compacto que la segunda.

El reactor UASB es alimentado por el afluente (agua residual) pasa hacia arriba a través de un lecho de lodos anaerobios, donde los microorganismos en el lodo de entrar en contacto con las aguas residuales de sustratos. La cama de lodos está compuesta de microorganismos que, naturalmente, formar gránulos (pellets) de un diámetro de 0,5 a 2mm que tienen altas velocidades de sedimentación, y por consiguiente son casi totalmente retenidos en el reactor. Habrá acumulación de biomasa en el reactor si la producción neta supera las pérdidas por arrastre en el efluente, o sea la purga.

El proceso de degradación anaeróbica resultante es normalmente responsable de la producción de gas (por ejemplo, el biogás contiene  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ). El movimiento ascendente de las burbujas de gas liberado provoca turbulencias hidráulicas que proporciona el reactor la mezcla sin ningún tipo de piezas mecánicas. En la parte superior del reactor, la fase acuosa se separa de los sólidos del fango y de gas en un separador de tres fases (también conocido que el gas-líquido-sólido de separación). Los deflectores se utilizan para desviar el gas a la apertura de captación del biogás. Los deflectores crean una zona de bajo nivel de turbulencia donde un 99% del lodo en suspensión se sedimenta y es retornado al reactor.



**Figura 3.2 Esquema de la Estructura general del UASB**

Otras características que posee el reactor UASB:

- Mayor superficie para la adhesión de microorganismos.
- Mayor concentración de bacterias que en otros sistemas, lo cual permite operar con velocidades de carga orgánica más elevadas.
- Minimización de problemas de colmatación por sólidos.
- Elevada velocidad de transferencia de materia, que facilita el tratamiento de aguas con un alto contenido de materia orgánica.
- Pérdida de presión en el lecho moderada.
- Concentración de lodos volátiles en la fuente moderada.

### 3.2.2. Ventajas y Desventajas de los Reactores UASB

Las principales ventajas que posee el reactor UASB con respecto a otros tipos de reactores anaerobios son las siguientes:

- Bajo costo de inversión debido a que se ocupan cargas de diseño de 10 kgDQO/m<sup>3</sup>d o más altas; por lo tanto el volumen del reactor es pequeño.
- Las fermentaciones ácidas y metánicas, así como la sedimentación tienen lugar en el mismo tanque. Por lo tanto, las plantas son muy compactas, con considerable economía de espacio.
- Como no hay relleno, se elimina la posibilidad de corto circuitos y obstrucciones.
- El consumo de potencia es bajo puesto que el sistema no requiere ninguna agitación mecánica.
- La retención de biomasa es muy buena y por lo tanto no es necesario reciclar el lodo.
- La concentración de biomasa es alta (p.ej., 8% de sólidos). Por consiguiente el sistema es resistente a la presencia de sustancias tóxicas y fluctuaciones de carga.

#### Ventajas sobre otros sistemas de tratamiento:

- Baja producción de lodos (10% en relación al tratamiento aerobio).
- Bajos requerimientos nutricionales.
- El proceso puede manejarse con altas cargas intermitentes.
- Los lodos se conservan (sin alimentación) por largos períodos de tiempo.
- Producción de metano aprovechable.
- Bajos costos de operación al no requerir oxígeno.
- Identificación y medición de productos intermedios que proporcionan parámetros de control adicionales.
- Costo de inversión bajo.
- La fermentación ácida y metánica, así como la sedimentación tienen lugar en el mismo tanque, por lo cual las plantas son muy compactas.
- Como no hay relleno, se reduce la posibilidad de cortos circuitos, obstrucciones y puntos muertos.
- El consumo de potencia es bajo, puesto que el sistema no requiere ninguna agitación mecánica.
- La retención de biomasa es muy buena y por eso no es necesario reciclar el lodo.

Desventajas sobre otros sistemas de tratamiento:

- Las bacterias anaerobias (particularmente las metanogénicas) se inhiben por un gran número de compuestos.
- El arranque del proceso es lento.
- Su aplicación debe ser monitoreada.
- Puede requerir un pulimamiento posterior de su efluente.
- Generación de malos olores si no es eficazmente controlado.

### **3.3. Consideraciones Básicas de Diseño de Reactores UASB**

#### **3.3.1. Fundamentos del Proceso de Reactores UASB**

El desarrollo de tecnologías anaerobias para el tratamiento de fangos y residuos de alto contenido de materia orgánica se ha incrementado en los últimos 10 años.

En condiciones anaerobias suelen ocurrir procesos como la desnitrificación, reducción de sulfatos, hidrólisis y fermentación acetogénica y metanogénica. La conversión de la materia presente en el agua residual en metano es realizada por una comunidad microbiológica heterogénea compuesta por dos bacterias: No Metanogénicas y Metanogénicas.

La relación simbiótica que debe mantener el grupo de bacterias conserva una asociación sintrófica ya que las bacterias acetogénicas conocidas como bacterias productoras obligadas de Hidrógeno producen Acetato e hidrógeno, el cual es utilizado por las bacterias metanogénicas y hidrogenofílicas.

Los métodos de tratamiento anaerobio se han desarrollado en dos líneas.

- Bajas tasas de aplicación (Digestores de Biogás, Tanques Sépticos, Lagunas Anaerobias).
- Altas tasas de Carga Orgánica (Reactores con Crecimiento Celular en Suspensión, Reactores con Biopelícula Fija).

El reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodo describe un reactor de Biopelícula fija sin medio de empaque o soporte, con una cámara de digestión

que tiene flujo ascendente y a cierta altura se desarrolla un manto de lodos anaerobios que es altamente activa y en el cual se da la estabilización de la materia orgánica del afluente hasta  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ .

### **3.3.2. Parámetros de seguimiento en un reactor UASB**

La operación del reactor está basada en el monitoreo de varios parámetros. Estos parámetros están relacionados ya sea con el agua residual, el lodo, el reactor, el contacto del agua residual con el lodo y la forma como esté distribuido en el interior del reactor. En esta parte se discutirán los parámetros más importantes los cuales son necesarios para la operación del sistema UASB.

#### **3.3.2.1. Temperatura**

La temperatura es una de las variables que más influyen en el proceso, cuya eficacia decrece por debajo de  $15^\circ\text{C}$  ya que la depuración se debe fundamentalmente a la sedimentación, mientras que por encima de  $15^\circ\text{C}$  la biodegradación se incrementa. La temperatura afecta la actividad de los microorganismos, determina la cantidad de energía neta producida e influye en la relación pH-alcalinidad. Los ambientes anaeróbicos en relación con la temperatura pueden subdividirse en tres categorías:

- Psicofílico de  $0$  a  $20^\circ\text{C}$ ,
- Mesofílico de  $20$  a  $40^\circ\text{C}$  y
- Termofílico de  $45$  a  $65^\circ\text{C}$ .

Si el intervalo de temperatura en el reactor cambia, es necesario arrancar el reactor de nuevo. En el rango mesofílico, la actividad y el crecimiento de las bacterias disminuye a la mitad por cada  $10^\circ\text{C}$  de descenso por debajo de  $35^\circ\text{C}$ .

Los cambios de temperatura en el intervalo mesofílico pueden tolerarse normalmente, pero cuando la temperatura desciende la carga también debe disminuirse de acuerdo con el descenso de la actividad esperada.

#### **3.3.2.2. Ph**

La influencia del pH sobre la producción de metano está relacionada con la concentración de AGV. Los diferentes grupos bacterianos presentan niveles de

actividad satisfactorios a pH próximos pero un poco diferentes; los hidrolíticos entre 7,2 y 7,4, los acetogénicos entre 6,5 y 7,5. Las bacterias metanogénicas disminuyen su actividad si el pH aumenta por encima de 7,8. Cuando la capacidad metanogénica está continuamente sobrecargada y no se añade la base necesaria para neutralizar los AGV presentes, el sistema de tratamiento se convertirá en un reactor de acidificación, el pH de este efluente estará entre 4,5 y 5.

#### **3.3.2.3. DBO<sub>5</sub>**

Es una prueba analítica que permite determinar el contenido de materia orgánica biodegradable en una muestra de aguas residuales midiendo el consumo de oxígeno por una población microbiana heterogénea (durante 5 días generalmente), a una temperatura de incubación de 20 °C y en presencia de nutrientes. La importancia de esta prueba radica en que es un parámetro ambiental que da una medida del grado de contaminación. Se utiliza para el cobro de la tasa retributiva.

Medida en el afluente y efluente del reactor permite calcular la remoción del mismo.

#### **3.3.2.4. DQO**

Es una medida de la materia orgánica en la muestra equivalente, a la cantidad de oxígeno que se puede oxidar químicamente en un medio ácido. Puede relacionarse con la DBO<sub>5</sub>. La oxidación se realiza con un agente oxidante fuerte en un medio ácido. Tiene la misma importancia que la DBO<sub>5</sub>.

#### **3.3.2.5. Ácidos Grasos Volátiles (AGV)**

Son la mayoría de los productos intermedios de la digestión anaeróbica del material degradable a metano: ácidos acético, propiónico, butírico y valérico. Se mide en mg Ac. Acético/L. La concentración de AGV en el efluente debe ser muy baja y debe mantenerse en estos niveles ya que los incrementos de éstos por encima de la capacidad buffer del sistema tiene un efecto inhibitorio de los compuestos intermedios que se produce en función de su grado de ionización.



La actividad metanogénica está, así mismo, relacionada con la capacidad de tiempo que el lodo tiene para adaptarse a los AGV del sustrato usado. Los AGV son degradados por bacterias acetogénicas hasta ácido acético, que constituye el mayor sustrato de las bacterias metanogénicas.

#### **3.3.2.6. Alcalinidad**

Cuantifica la capacidad del agua residual de neutralizar ácidos. Se mide en mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . Es debida principalmente a la presencia de iones bicarbonato, carbonato e hidroxilo. Se ha demostrado que cuando la relación entre AGV y la alcalinidad del medio supera 0,3-0,4 es indicador de fallo inminente en el sistema de digestión anaerobia.

#### **3.3.2.7. Sólidos**

La materia suspendida o disuelta que se encuentra en un agua residual recibe el nombre de sólidos. Se divide en tres categorías:

- Sólidos Totales: sedimentables, suspendidos y disueltos.
- Sólidos Suspendidos: porción retenida por el papel filtro de 1,3  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro.
- Sólidos Disueltos: porción que pasa por el papel filtro de 1,3  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro.

Estos a su vez se dividen en fijos (quedan después de la ignición de la muestra) y volátiles (pérdida de peso de la muestra durante la ignición). La determinación de los sólidos es una prueba indispensable para la operación de reactores biológicos, que junto con otros parámetros, proporciona información de la eficiencia de remoción del proceso, e indirectamente, de la concentración de biomasa bacteriana en el reactor.

Los sólidos suspendidos volátiles (SSV) representan la porción orgánica de los sólidos suspendidos totales (SST); estos últimos representan el parámetro ambiental para el cobro de tasa retributiva.

### 3.3.3. Inhibición del Proceso Anaerobio

El proceso de la digestión anaerobia no es ajeno al ataque de numerosos compuestos que de una forma u otra, inciden de manera negativa en el proceso.

Es por consiguiente un requisito, al trabajar con un proceso anaerobio, poder identificar la inhibición de la metanogénesis en una fase temprana para poder prevenir el fracaso del sistema. Los parámetros comúnmente usados para determinar los indicadores de inhibición son:

- Reducción en la producción de Metano.
- Incremento en la concentración de AGV.
- Fallas en la Remoción de DQO.
- Problemas con el pH.
- Pobre estabilidad al someterlo a sobrecargas.
- Respuesta lenta a condiciones de parada y arranque del sistema.

Existen sustancias que en cualquier concentración son inhibitorias de la metanogénesis como hidrocarburos clorados, cianuros, detergentes, antibióticos, formaldehídos y ácidos como el fluoracético.

Los efectos de algunos cationes, como Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio, en la degradación anaerobia son de gran importancia en el arranque de un reactor anaerobio, al igual que los efectos producidos por el ácido sulfhídrico a 30°C.

Investigaciones realizadas indican que la producción de gas no es una función lineal de la concentración de ácido sulfhídrico y que a concentraciones mayores de 200 mg/l producen severos efectos de inhibición y la producción de gas se detiene por completo. El factor más importante en la inhibición de la metanogénesis por azufre es la habilidad de las bacterias sulfato - reductoras por competir con las bacterias metanogénicas por el hidrógeno libre y otros donadores de electrones tales como el metanol, acetato y propionato.

La toxicidad de detergentes es importante ya que estos compuestos estarán ocasionalmente presentes en las aguas residuales. Los detergentes aniónicos y catiónicos causan una inhibición metanogénica del 50% a una concentración de 50 y 20 mg/L respectivamente.

### 3.4. Criterios y Parámetros de Diseño

#### 3.4.1. Cálculo Basado en la Carga Orgánica y en el Criterio de Velocidad de Flujo

Para la determinación de la velocidad de flujo ascendente como uno de los parámetros de diseño, se partió de variables conocidas tales como:

- Área y volumen del reactor a partir del diámetro y la altura efectiva,
- Carga típica máxima de diseño y concentración promedio del agua residual.

##### 3.4.1.1. Volumen del Reactor

$$V_R = TRH \times Q \dots\dots (1)$$

Donde:

- ✓  $V_R$ : Volumen del reactor
- ✓ TRH: Tiempo de retención hidráulica o tiempo de residencia
- ✓ Q: Caudal de diseño

**Tabla 3.1 Tiempos de retención hidráulica en reactores UASB**

T° del Desagüe	Tiempo de retención hidráulica (h)	
	Media diaria	Mínimo (durante 4 a 6 h)
16 – 19	>10 – 14	>7 – 9
20 – 26	>6 – 9	>4 – 6
>26	>6	>4

Fuente: Lettinga (1991)

##### 3.4.1.2. Área del Reactor

$$A_R = \pi \times \frac{D^2}{4} \dots\dots (2)$$

Donde:

- ✓  $A_R$ : Área del reactor

- ✓ D: diámetro interno del reactor

### 3.4.1.3. Altura Efectiva del Reactor

$$L = \frac{4 \times V_R}{\pi \times D^2} \dots \dots (3)$$

Donde:

- ✓ L: altura efectiva del reactor
- ✓  $V_R$ : Volumen del reactor
- ✓ D: diámetro interno del reactor

### 3.4.1.4. Flujo Másico

$$F = V_R \times \text{Carga} \dots \dots (4)$$

Donde:

- ✓ F: flujo másico
- ✓  $V_R$ : Volumen del reactor
- ✓ Carga: se utilizará la carga típica del agua residual a tratar

### 3.4.1.5. Carga Hidráulica

$$C_H = \frac{Q}{A_R} \dots \dots (5)$$

Donde:

- ✓  $C_H$ : Carga hidráulica
- ✓  $A_R$ : Área del reactor
- ✓ Q: Caudal de diseño

Nota: El resultado de (5) no debe exceder  $C_H$  típica, la cual es igual a 1 m/h.

### 3.4.1.6. Velocidad de Flujo en la Campana

$$V_F = 4 \times C_H \dots \dots (6)$$

Donde:

- ✓  $V_H$  : velocidad de flujo de campana
- ✓  $C_H$ : Carga hidráulica

### 3.4.2. Separador Gas – Líquido – Sólido (GLS)

#### 3.4.2.1. Área de Abertura

$$A_{Abertura} = \frac{Q}{V_F} \dots \dots (7)$$

Donde:

- ✓  $A_{Abertura}$  : área de abertura
- ✓  $V_F$ : velocidad de flujo en la campana
- ✓  $Q$ : Caudal de diseño

#### 3.4.2.2. Área de Sección Transversal de la Campana

$$A_{Campana} = A_R - A_{Abertura} = \pi \times R_C^2 \dots \dots (8)$$

Donde:

- ✓  $A_{Campana}$  : área de la campana
- ✓  $A_R$ : área del reactor
- ✓  $A_{Abertura}$ : área de la abertura
- ✓  $R_C$ : radio mayor de la campana

#### 3.4.2.3. Ancho de la Abertura

$$W_A = R_R - R_C \dots \dots (9)$$

Donde:

- ✓  $W_A$  : ancho de la abertura
- ✓  $R_R$ : radio del reactor
- ✓  $R_C$ : radio mayor de la campana

Para el diseño se asumirán, tanto el ancho mínimo interno de la campana ( $W_T$ ) y la altura tope del separador GLS sobre la superficie del líquido ( $H_T$ ) iguales a 2 cm. Por lo tanto:

$$W_G = R_R - W_A - 0.5xW_T \dots\dots (10)$$

Donde:

- ✓  $W_G$  : ancho hasta el borde del diámetro menor

#### 3.4.2.4. Altura de la Campana

$$H_G = W_G x \text{Tan}\alpha \dots\dots (11)$$

Donde:

- ✓  $H_G$  : altura de la campana
- ✓  $W_G$ : longitud de abertura de la campana
- ✓  $\alpha$ : ángulo de inclinación de la campana

#### 3.4.2.5. Traslapo

$$T_V = 1.5x W_A \dots\dots (12)$$

Donde:

- ✓  $T_V$  : traslapo
- ✓  $W_A$ : ancho de la abertura

#### 3.4.2.6. Ancho de los Deflectores

$$W_D = T_V + W_A \dots\dots(13)$$

Donde:

- ✓  $W_D$  : ancho de deflectores
- ✓  $T_V$ : traslapo
- ✓  $W_A$ : ancho de la abertura

### 3.4.2.7. Longitud de los Deflectores

$$L_D = 2xW_DxTan\beta \dots\dots (14)$$

Donde:

- ✓  $L_D$  : longitud de deflectores
- ✓  $W_D$ : ancho de deflectores
- ✓  $\beta$ : ángulo de inclinación del deflector Figura 2.3.

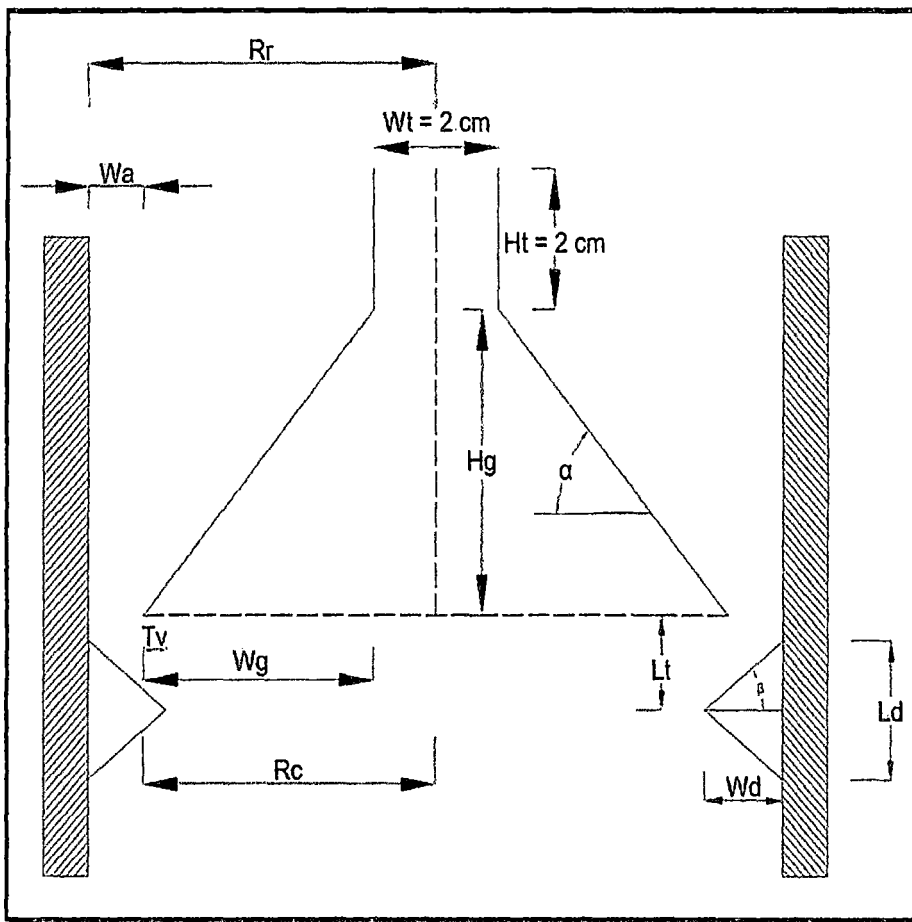


Figura 3.3 Esquema de Estructura del separador GLS o campana

### **3.5. Sistema de Funcionamiento del Reactor UASB**

#### **3.5.1. Sistema de Distribución del Efluente**

Para obtener una buena eficiencia de los reactores UASB el efluente tendrá que ser distribuido uniformemente por la parte inferior de los reactores con el objetivo de garantizar un contacto óptimo entre la biomasa presente en los reactores.

La alimentación al reactor puede hacerse mediante una bomba peristáltica la cual permitirá dosificar y mantener un caudal aproximadamente constante del desagüe al reactor. Esta bomba se conecta mediante una manguera a una tubería de ½ '' que estará en el fondo del reactor y permitirá que el desagüe se distribuya por la parte inferior del sistema poniéndose en contacto con el manto de lodos.

Otra manera de alimentación es utilizando la fuerza de la gravedad, empleando un tanque de un volumen tal que asegure el abastecimiento de afluente al sistema de tratamiento UASB para un tiempo determinado; este tanque tendrá que estar ubicado a una altura tal que venza las pérdidas de carga presentes en el sistema UASB hasta la salida del efluente.

##### **3.5.1.1. Compartimento de Distribución**

Tiene como función dividir el caudal de forma que en cada punto de entrada en el reactor UASB tenga el mismo caudal a fin de obtener un óptimo régimen de mezcla y la disminución de la ocurrencia de zonas muertas en el lecho del lodo, estos compartimentos también posibilitarán la visualización de eventuales incrementos de pérdida de carga en el reactor.

##### **3.5.1.2. Tubos de Distribución**

Deben presentar diámetros tal que deben proporcionar una velocidad descendente del desagüe inferior a 0.2 m/s de tal manera que las burbujas de aire eventualmente arrastradas hacia dentro de los tubos puedan digerirse de forma ascensional, también se debe evitar que los sólidos presentes en el desagüe provoquen la obstrucción de los tubos. Empíricamente los diámetros de 75 mm y 100 mm cumplen satisfactoriamente estos requisitos.



Tener en cuenta que el extremo inferior del tubo, el cual debe ser pequeño para proporcionar una mayor velocidad de flujo y así garantizar una buena mezcla y un mayor contacto con el lodo. . Empíricamente los diámetros de 40 mm y 50 mm pueden ser utilizados para este fin.

Está definida por la siguiente expresión:

$$N_d = \frac{A}{A_d}$$

Donde:

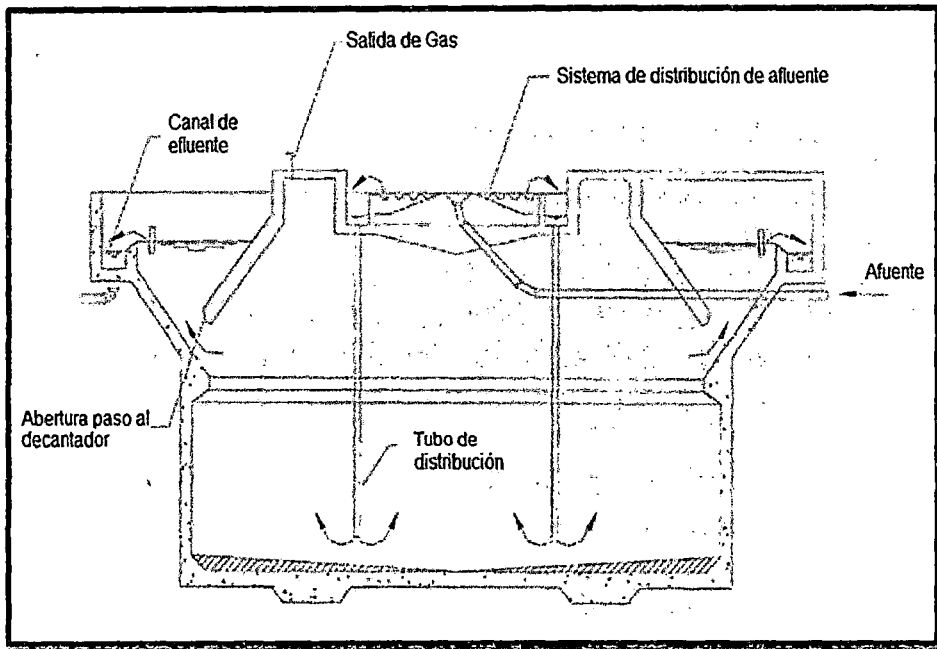
- ✓ N: número de distribuidores
- ✓ A: área de la sección transversal del reactor (m<sup>2</sup>)
- ✓ A<sub>d</sub>: área de influencia de cada distribuidor (m<sup>2</sup>)

**Tabla 3.2 Áreas de influencia de distribuidores**

Tipo de Lodo	Carga orgánica aplicada (Kg DQO/m <sup>3</sup> .d)	Área de influencia de cada distribuidor (m <sup>2</sup> )
Denso y floculento Concentración >40 KgSST/m <sup>3</sup>	<1.0	0.5-1.0
	1.0-2.0	1.0-2.0
	>2.0	1.0-3.0
Medianamente denso y floculento Concentración 20-40 KgSST/m <sup>3</sup>	<1.0-2.0	1.0-2.0
	>3.0	1.0-5.0
Granular	<2.0	0.5-1.0
	2.0-4.0	0.5-2.0
	>4.0	>2.0

Fuente: Lettinga & Huishoff Pol (1995)

Se recomienda que las áreas de influencia de cada distribuidor sean del orden de 2.0 a 3.0m<sup>2</sup>, otro factor a tener en cuenta es el económico por el bajo costo de los tubos de distribución. A continuación se muestra un ejemplo de distribución:



**Figura 3.4 Esquema reactor UASB para tanque circular o rectangular**

### 3.5.2. Separador de Gases – Sólidos –Líquidos (GLS)

Otra parte importante y crítica en el diseño de un reactor UASB es la campana o separador GLS, el cual es fundamental para lograr un buen funcionamiento del reactor a fin de mantener un lodo sedimentable (en su mayoría granular), un efluente clarificado (libre de gases) y unos gases adecuadamente separados.

#### Objetivos del separador GLS

Los objetivos a lograr con la implementación de las campanas para cada reactor son:

- Separación y descarga adecuadas del biogás en cada reactor.
- Permitir el deslizamiento del lodo dentro del compartimiento de digestión.
- Servir como una clase de barrera (stop per) para expansiones excesivas rápidas
- del manto de lodos (en su mayoría), dentro del sedimentador.
- Prevenir el lavado (salida) de lodo granular flotante (y floculento).

Para la construcción del separador GLS se tienen en cuenta parámetros recomendados por la literatura, los cuales indican que la campana convencional

es la mejor estructura, gracias a su fácil construcción, simplicidad de instalación y funcionamiento, y eficiencia. Los aspectos a tener en cuenta en el diseño de las campanas son:

- La velocidad de flujo ascendente en la abertura.
- La carga hidráulica superficial.
- El ángulo de los lados de la campana.
- El traslapeo vertical.

### **3.5.3. Recolección de Efluentes**

Esta recolección se lleva a cabo en la parte superior, junto al compartimiento de decantación; los dispositivos más usados para este fin son las placas con vertederos triangulares y tubos sumergidos, si se utilizan canaletas con vertederos se debe tener especial cuidado en la nivelación de los mismos, ya que pequeños desniveles en el canal podría representar una variación significativa de caudal recolectado, adicionalmente este tipo de recolección necesita de un dispositivo retenedor de espuma a lo largo de la misma.

Al utilizar tubos sumergidos se obtienen ventajas como mantener caudales uniformes, se eliminan los riesgos de turbulencia y no necesitan dispositivos retenedores de espuma.

### **3.6. Pos-tratamiento de Efluentes provenientes de Reactores UASB**

En la mayoría de los casos en los que se ha empleado el reactor UASB como proceso depurador de aguas residuales, se ha incluido en el proceso global, un pos tratamiento. Las principales razones por las cuales el efluente de un reactor UASB puede requerir de un pos tratamiento son:

- Remoción de materia orgánica remanente (DQO y DBO) en el efluente, debido a que la digestión anaerobia tiene un límite de remoción que depende, básicamente, de la cinética global de degradación, y por lo tanto de la temperatura, el contenido de biomasa activa y del grado de contacto entre el sustrato y los microorganismos.

- Remoción de nutrientes (N y P), ya que la digestión anaerobia tiene bajos requerimientos de nutrientes y prácticamente no remueve nitrógeno ni fósforo. Esta remoción, sin embargo, puede no ser necesaria, ya que si el agua será usada para riego, la presencia de estos elementos puede ser muy valiosa como nutrientes de las plantas.
- Remoción de organismos patógenos, debido a que el reactor UASB no es eficiente en la remoción de bacterias y virus patógenos, aunque sí tiene capacidad de remoción de huevos y quistes de protozoarios, pero con un pos tratamiento se aseguraría una remoción del 100 %. Con excepción de las lagunas de oxidación, todos los procesos biológicos tienen, sin embargo, esta limitante.
- Remoción de sólidos sedimentables que hayan permanecido en el efluente o que se hayan descargado en una desestabilización del reactor.

La necesidad y el tipo pos tratamiento del efluente de un reactor UASB que trate aguas residuales está determinada, fundamentalmente, por los parámetros de calidad del efluente que la legislación haya fijado en particular. Cabe aclarar que en ciertas ocasiones, sólo cierto tipo de pos tratamiento, aplicable también a cualquier proceso aerobio, será necesario para cumplir con los niveles de depuración establecidos.

### **3.7. Experiencias en el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales con Reactores UASB**

#### ***Experiencia N°1***

*Lugar:* San Luis de Potosí – México

*Propietario:* Empresa Ricolino S.A.

*Actividad:* Fábrica de chocolates confitados

*Descripción:* Planta UASB de un volumen de 400 m<sup>3</sup> (2 módulos de 200 m<sup>3</sup> cada uno) El parámetro de diseño utilizado fue el de carga orgánica volumétrica, expresada en KgDQO/m<sup>3</sup>/d, el reactor entró en operación después de 70 días momento en que se procedió a alimentar en continuo con eficacias de remoción de DQO total siempre por encima del 90%. Sin embargo, hay que señalar que el

flujo descargado por la planta productiva desde ese momento hasta el día de hoy nunca ha sobrepasado los 120 m<sup>3</sup>/d (70% del flujo de diseño del reactor anaerobio). En las siguientes tablas se muestran los datos de diseño de la planta de tratamiento y la eficiencia de remoción de la misma respectivamente:

Parámetro	Unidad	Valor
Flujo de diseño	m <sup>3</sup> /d	172.40
Temperatura media del agua cruda	°C	42.00
pH	Unidades de pH	5.40
DQO total	mgO <sub>2</sub> /L	23.363
DBO total	mgO <sub>2</sub> /L	12.820
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2.178

Fuente: Datos de diseño de la planta de tratamiento de Ricolino S.A.

Parámetro	Unidad	Valor de diseño	Valor promedio actual del agua cruda	Valor promedio efluente del sedimentador secundario	Eficiencia de remoción
pH	Unidades de pH	5	5.50	8.00	-
Temperatura	°C	-	37.20	26.00	-
DQO total	mg/L	23.363	10.870	248	97.60
DBO <sub>5</sub> total	mg/L	12.820	5.945	112	98.10
SST	mg/L	2.178	637	101	84.20

Fuente: Datos de eficiencia de la planta de tratamiento de Ricolino S.A.

## **Experiencia N°2**

*Lugar:* Cosoleacaque – Veracruz

*Propietario:* Tereftalatos Mexicanos S.A.

*Actividad:* Petroquímica

*Descripción:* El agua cruda es una mezcla compleja de ácidos orgánicos con diferentes cinéticas de degradación, el diseño multietapas tomó en cuenta esta consideración al incorporar un patrón de flujo pistón. En las dos primeras secciones, donde la parte superior está cubierta con una membrana flexible de

confección italiana, se degradan parcialmente los ácidos acético y tereftálico (volúmenes de sección de 5.813 y 8.719 m<sup>3</sup> respectivamente). Por su parte, la tercera sección (6.276 m<sup>3</sup>) tiene la configuración de un reactor UASB convencional en el cual el biogás se colecta por un sistema de campanas superpuestas. Esta última sección funciona realmente como sedimentador y tiene la intención de eliminar parcialmente los últimos dos componentes del agua cruda, el ácido p-toluico y tereftálico, cuya degradación es inhibida por la presencia de los dos primeros. En la siguiente tabla se observa los parámetros de diseño de la planta de tratamiento:

Parámetro	Unidad	Valor
Flujo de diseño	m <sup>3</sup> /d	5.52
Temperatura media del agua cruda	°C	40.00
pH	Unidades de pH	4.50
DQO total	mg/L	10.30
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2.178

Fuente: Datos de diseño de la planta de tratamiento de Tereftalatos Mexicanos S.A.

Actualmente, la laguna anaerobia trata 3.120 m<sup>3</sup>/d (57% del flujo volumétrico de diseño) pero sólo el 30% del flujo másico de diseño, con una eficacia de remoción de DQO total del 63%, lo cual se encuentra dentro de lo esperado conforme con la dificultad de degradación de este sustrato.

### **Experiencia N°3**

*Lugar:* Veracruz – México

*Propietario:* Cinthya Sosa

*Actividad:* Destilería de Alcohol

*Descripción:* Montaje de escala en laboratorio de "Arranque de un reactor UASB para el tratamiento de Vinazas", la destilería de alcohol tiene como subproducto a la vinaza, líquido con carga orgánica muy alta, pH bajo y materias en suspensión, que las hacen potencialmente contaminantes.

La problemática principal radica en que por cada hectolitro de alcohol producido a partir de miel final, se obtiene adicionalmente 15 hectolitros del residual. La elevada carga orgánica resulta viable para aplicar digestión anaerobia con utilización de reactores de alta carga como el RAFA (reactor anaerobio de flujo ascendente). Sin embargo, las vinazas presentan remociones de tratamiento variables en función del proceso y del origen del agua residual.

El objetivo de estudio es el arranque del reactor tipo RAFA, considerando particularmente formación y actividad de gránulos.

Se realizó un montaje a escala laboratorio; volumen de 2.4 L, construido con acrílico (7.5 cm de diámetro interno, 2 mm de espesor, 53 cm de altura), con dos salidas en la parte superior, una conectada hacia la parte inferior formando una corriente de recirculación y provocando un flujo ascendente.

El flujo ascendente genera una presión de selección, resultado de la carga hidráulica y la tasa de producción de gas, favoreciendo separación de fracciones de lodos pesados y ligeros y obligando a las poblaciones bacterianas agregarse. La inoculación se llevó a cabo con lodos floculentos provenientes de una planta de tratamiento con un proceso anaerobio. El arranque fue en modo batch, con carga volumétrica aplicada ( $C_{va}$ ) de 0.5 g DQO/L.d y velocidad ascensional ( $V_a$ ) de 0.5 m/h, posteriormente, se operó en modo continuo, con  $C_{va}$  de 1g DQO/L.d y  $V_a$  de 2 m/h. Se utilizó glucosa como sustrato, debido a que la vinaza presenta una biodegradabilidad variable.

Se observó desarrollo de granulo en lodos, lográndose diámetros de 0.75 mm y coeficiente de esfericidad de 0.5 Al cambiar la velocidad ascensional a 2 m/h, resultan diámetros de 1.5 mm y coeficiente de esfericidad de 0.5.

Al principio del experimento, la eficiencia del sistema tomando la DQO soluble como parámetro principal; alcanza valores de 90% de remoción, al realizar modo continuo, con mayor  $C_{va}$  resulta 81% de remoción.

Finalmente, debido al aumento de velocidad ascensional, se obtiene; mayor granulación, favoreciendo el tamaño de los gránulos y el coeficiente de esfericidad. La eficiencia del sistema es alta, y el aumento de carga volumétrica aplicada puede efectuarse. Finalmente el periodo de arranque del reactor se

realizó con éxito aplicando un sustrato simple, por lo cual el sistema está preparado para recibir la vinaza como sustrato.

#### ***Experiencia N°4***

*Lugar:* Universidad Autónoma de Coahuila – Facultad de Química – Departamento de Biotecnología – México

*Propietario:* Jesús Rodríguez Martínez

*Actividad:* Maíz industrializado

*Descripción:* "Uso de un reactor piloto UASB híbrido para el tratamiento de aguas residuales de la industria Minsa (maíz industrializado del norte), la puesta en marcha de este trabajo se llevó a cabo en un reactor tipo UASB -.Híbrido enchaquetado de 1.70 m de altura y 10.5cm de diámetro con un volumen de trabajo de 14L. En la parte superior fue colocado un soporte de material poroso donde quedaron inmovilizadas las células. La temperatura de operación del reactor se controló termostáticamente a 38°C mediante un sistema de recirculación. La adaptación del inóculo se llevó a cabo en una incubadora en un periodo de 30 días a 38°C utilizando 5L de agua residual y un volumen de inóculo de 3.5L. Después de la adaptación, el inóculo fue adicionado al reactor por la parte inferior y se mantuvo en recirculación por un periodo de 3 días a una velocidad de 400 ml/min para ayudar a la formación de gránulos. Posteriormente se procedió a la alimentación continua de agua residual partiendo de una carga orgánica volumétrica (COV) de 0.9 gr DQO/L.día. Durante la alimentación al reactor, el agua residual fue continuamente agitada para prevenir la sedimentación de S.S.

La alimentación al reactor se inició con COV de 0.9 g DQO/L.día, con incrementos graduales de 0.5 llegando hasta 7 g DQO/L. día. La concentración de DQO en el influente varió de 5.83-20.35 g /L debido a los diferentes días en que se colectó. La DQO en el efluente osciló entre 8.79 – 0.469 g DQO/L. La experimentación se efectuó en un período de 90 días. Durante los primeros 62 días de operación se apreció claramente las eficiencias de remoción alcanzadas por el reactor (> 90 %) conforme se incrementa la COV. Después del día 62 se presentó el fenómeno de flotación de lodos y material no digerible dentro del



reactor, esto a una COV de 7 g DQO/L.día. Para controlar el fenómeno se suspendió la alimentación al reactor por 3 días; durante este tiempo el reactor se restableció y continuó produciendo biogás debido a la digestión del material orgánico atrapado. Después de la sedimentación de los lodos se reanudó la alimentación continua con COV de 1.78 g DQO/L.día, aumentando el T.R.H de 1.7 (antes de suspender la alimentación) hasta 6.67. La COV se fue incrementando hasta llegar nuevamente a 7 g DQO/L.día, consecuentemente la eficiencia cayó hasta 59.21% siendo este fenómeno un indicativo de inestabilidad y de la máxima carga orgánica utilizable por el reactor (fig. 2). La concentración de AGV's durante toda la experimentación osciló dentro de los valores aceptables ( $< 0.3$  g/l para acético y butírico), solamente después del día 62 en adelante la concentración de ácido propionico se incremento, pero aún manteniéndose por debajo de 1 g/L que es el valor límite. La producción de metano mostró un indicativo positivo de la optimización del funcionamiento del reactor llegando al producir arriba de 1400 ml/h. El muestreo continuo de la alcalinidad mostró una excelente capacidad buffer del sistema manteniendo su significado por arriba de 0.5 de igual manera el pH tanto interno como del efluente se mantuvo dentro de los valores óptimos de operación (6.68 –7.5) sin sufrir cambios por los incrementos bruscos de carga orgánica. Los resultados de nuestra investigación muestran la factibilidad de sistemas UASB en el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. También se demostró que los fenómenos presentados, tales como flotación de lodos y acumulación de materia no digerida, se pueden controlar mediante la aplicación de índices de cargas orgánicas no muy elevadas variando directamente los T.R.H.

En conclusión:

La digestión anaerobia ha demostrado ser una de las técnicas más benéficas de estabilización, por su capacidad para reducir el volumen de lodos y su capacidad de biotrasformar el DQO del agua residual en energía en forma de gas metano. Este proceso ha llegado a ser mucho más eficiente cuando el influente es pretratado antes de entrar al digestor. Como en todos los procesos, existen varios problemas asociados con la digestión anaerobia, estos problemas deben ser entendidos y mantenidos bajo control para asegurar la máxima eficiencia y

seguridad dentro del reactor la formación de espuma y natas puede llegar a representar un ligero problema, especialmente durante el arranque. La formación de espuma ocurre cuando existe excesiva cantidad de orgánicos, o cuando existe un desbalance entre los diferentes tipos de bacterias. Por lo general estos problemas van asociados con aguas residuales complejas que presentan altas concentraciones de sólidos suspendidos. Las aguas generadas por la industria son clasificadas como aguas con altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos y sedimentables y un pH básico, las cuales son características adecuadas para emplear tecnología anaerobia.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN – REACTORES UASB PILOTO

En el presente capítulo se desarrollarán los procedimientos para la construcción y operación de los dos reactores UASB utilizados para el tratamiento del afluente provenientes del camal o planta de beneficio (matanza de reses y cerdos) La Esmeralda Corp. SAC.

#### 4.6. Diseño de los Reactores UASB a escala Piloto

Teniendo en cuenta el ítem 2.5.1 del capítulo II, se procedió a dimensionar los reactores UASB, los cálculos están basados en el criterio de la carga orgánica y el criterio de la velocidad del flujo.

##### 4.1.1. Volumen del Reactor

$$V_R = TRH \times Q \dots (1)$$

Donde:

- ✓  $V_R$ : Volumen del reactor
- ✓ TRH: Tiempo de retención hidráulica o tiempo de residencia (días)
- ✓ Q: Caudal de diseño (ml/min)

$$\Rightarrow V_R = 2 \times 25 \times \frac{24 \times 60}{1000}$$

$$\therefore V_R = 72 \text{ L}$$

Se consideró el tiempo de retención hidráulica o tiempo de residencia un valor de 2 días ó 48 horas.

##### 4.1.2. Área del Reactor

$$A_R = \pi \times \frac{D^2}{4} \dots (2)$$

Donde:

- ✓  $A_R$ : Área del reactor
- ✓ D: diámetro interno del reactor (cm)

$$\Rightarrow A_R = \pi \times \frac{25^2}{4}$$

$$\therefore A_R = 490.87 \text{ cm}^2$$

#### 4.1.3. Altura Efectiva del Reactor

$$L = \frac{4 \times V_R}{\pi \times D^2} \dots \dots (3)$$

Donde:

- ✓ L: altura efectiva del reactor
- ✓  $V_R$ : Volumen del reactor ( $\text{m}^3$ )
- ✓ D: diámetro interno del reactor (m)

$$\Rightarrow L = \frac{4 \times 0.072}{\pi \times 0.25^2}$$

$$\therefore L = 1.47 \text{ m}$$

#### 4.1.4. Flujo Másico

$$F = V_R \times \text{Carga} \dots \dots (4)$$

Donde:

- ✓ F: flujo másico
- ✓  $V_R$ : Volumen del reactor ( $\text{m}^3$ )
- ✓ Carga: se utilizará la carga típica del agua residual a tratar ( $\text{KgDQO}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ )

$$\Rightarrow F = 0.072 \times 3.50$$

$$\therefore F = 0.252 \text{ KgDQO/d}$$

La carga utilizada de  $3.50 \text{ KgDQO}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$  corresponde al valor promedio del agua residual industrial proveniente de una planta de beneficio de reses y/o cerdos.

#### 4.1.5. Carga Hidráulica

$$C_H = \frac{Q}{A_R} \dots \dots (5)$$

Donde:

- ✓  $C_H$  : Carga hidráulica
- ✓  $A_R$ : Área del reactor ( $\text{cm}^2$ )
- ✓  $Q$ : Caudal de diseño (mL/min)

$$\Rightarrow C_H = \frac{25}{490.87} \times \frac{60}{100}$$

$$\therefore C_H = 0.031 \text{ m/h}$$

La carga hidráulica ( $C_H$ ) no excede al valor típico de  $C_H$  de 1 m/h, se garantiza incrementos mayores de carga orgánica sin exceder la carga hidráulica típica.

#### 4.1.6. Velocidad de Flujo en la Campana

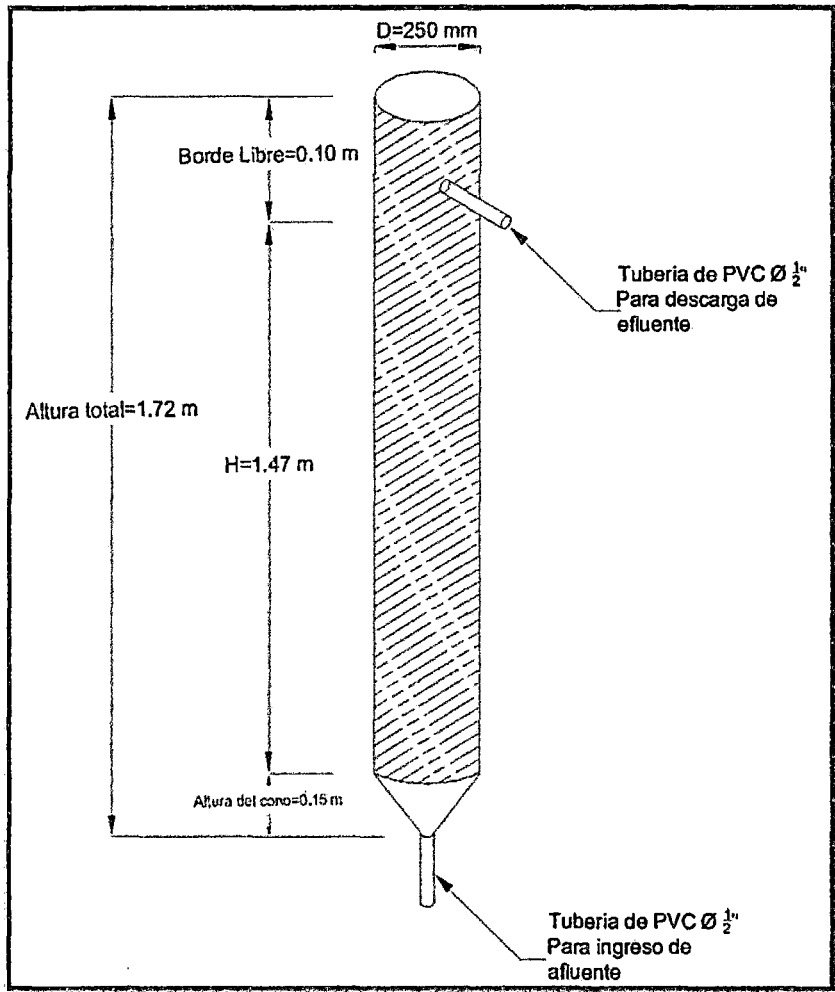
$$V_F = 4 \times C_H \dots \dots (6)$$

Donde:

- ✓  $V_H$  : velocidad de flujo de campana
- ✓  $C_H$ : Carga hidráulica (m/h)

$$\Rightarrow V_F = 4 \times 0.031$$

$$\therefore V_F = 0.122 \text{ m/h}$$



**Figura 4.1 Esquema de los reactores UASB, a escala piloto, propuestos**

En la figura 2.1 se observa que el reactor UASB tiene una altura efectiva de 1.47 m, y un borde libre de 0.10 m. El material del reactor es de PVC y tiene un diámetro de 250 mm. Presenta dos tuberías de PVC de 1/2" para el ingreso de afluente (diluida) y salida de efluente.

**Tabla 4.1 Dimensiones de los reactores UASB**

Dimensiones	Reactor UASB 1	Reactor UASB 2
Borde Libre (m)	0.10	0.10
Altura total (m)	1.72	1.72
Altura del cono (m)	0.15	0.15
Diámetro (mm)	250	250

Fuente: Propias del diseño

#### 4.6. Diseño del separador Gas – Líquido – Sólido (GLS)

##### 4.2.1. Área de la Abertura

$$A_{Abertura} = \frac{Q}{V_F} \dots \dots (7)$$

Donde:

- ✓  $A_{Abertura}$  : área de abertura
- ✓  $V_F$ : velocidad de flujo en la campana (m/h)
- ✓  $Q$ : Caudal de diseño ( $m^3/h$ )

$$\Rightarrow A_{Abertura} = \frac{0.0015}{0.122} \times 10000$$

$$\therefore A_{Abertura} = 122.72 \text{ cm}^2$$

##### 4.2.2. Área de la Sección Transversal de la Campana

$$A_{Campana} = A_R - A_{Abertura} = \pi \times R_C^2 \dots \dots (8)$$

Donde:

- ✓  $A_{Campana}$  : área de la campana
- ✓  $A_R$ : área del reactor ( $cm^2$ )
- ✓  $A_{Abertura}$ : área de la abertura ( $cm^2$ )
- ✓  $R_C$ : radio mayor de la campana

$$\Rightarrow A_{Campana} = 490.87 - 122.72 = \pi \times R_C^2$$

$$\therefore A_{Campana} = 368.16 \text{ cm}^2$$

$$\therefore R_C = 10.83 \text{ cm}$$

##### 4.2.3. Ancho de la Abertura

$$W_A = R_R - R_C \dots \dots (9)$$

Donde:

- ✓  $W_A$  : ancho de la abertura

- ✓  $R_R$ : radio del reactor (cm)
- ✓  $R_C$ : radio mayor de la campana (cm)

$$\Rightarrow W_A = 12.50 - 10.83$$

$$\therefore W_A = 1.67 \text{ cm}$$

$$W_G = R_R - W_A - 0.5xW_T \dots\dots (10)$$

Donde:

- ✓  $W_G$ : ancho hasta el borde del diámetro menor

$$\Rightarrow W_G = 12.50 - 1.67 - 0.5x2$$

$$\therefore W_G = 9.83 \text{ cm}$$

#### 4.2.4. Altura de la Campana

$$H_G = W_G x \text{Tan}\alpha \dots\dots (11)$$

Donde:

- ✓  $H_G$ : altura de la campana
- ✓  $W_G$ : longitud de abertura de la campana (cm)
- ✓  $\alpha$ : ángulo de inclinación de la campana, el ángulo elegido para la campana fue de  $60^\circ$  debido a que se acomodaba mejor a las condiciones de diseño, tanto de la campana como de la tubería.

$$\Rightarrow H_G = 9.83x \text{Tan}60^\circ$$

$$\therefore H_G = 17.02 \text{ cm}$$

#### 4.2.5. Traslapo

$$T_V = 1.5x W_A \dots\dots (12)$$

Donde:

- ✓  $T_V$ : traslapo
- ✓  $W_A$ : ancho de la abertura (cm)



$$\Rightarrow T_V = 1.5 \times 1.67$$

$$\therefore T_V = 2.51 \text{ cm}$$

#### 4.2.6. Ancho de los Deflectores

$$W_D = T_V + W_A \dots \dots (13)$$

Donde:

- ✓  $W_D$  : ancho de deflectores
- ✓  $T_V$ : traslapo (cm)
- ✓  $W_A$ : ancho de la abertura (cm)

$$\Rightarrow W_D = 2.51 + 1.67$$

$$\therefore W_D = 4.19 \text{ cm}$$

#### 4.2.7. Longitud de los Deflectores

$$L_D = 2 \times W_D \times \tan \beta \dots \dots (14)$$

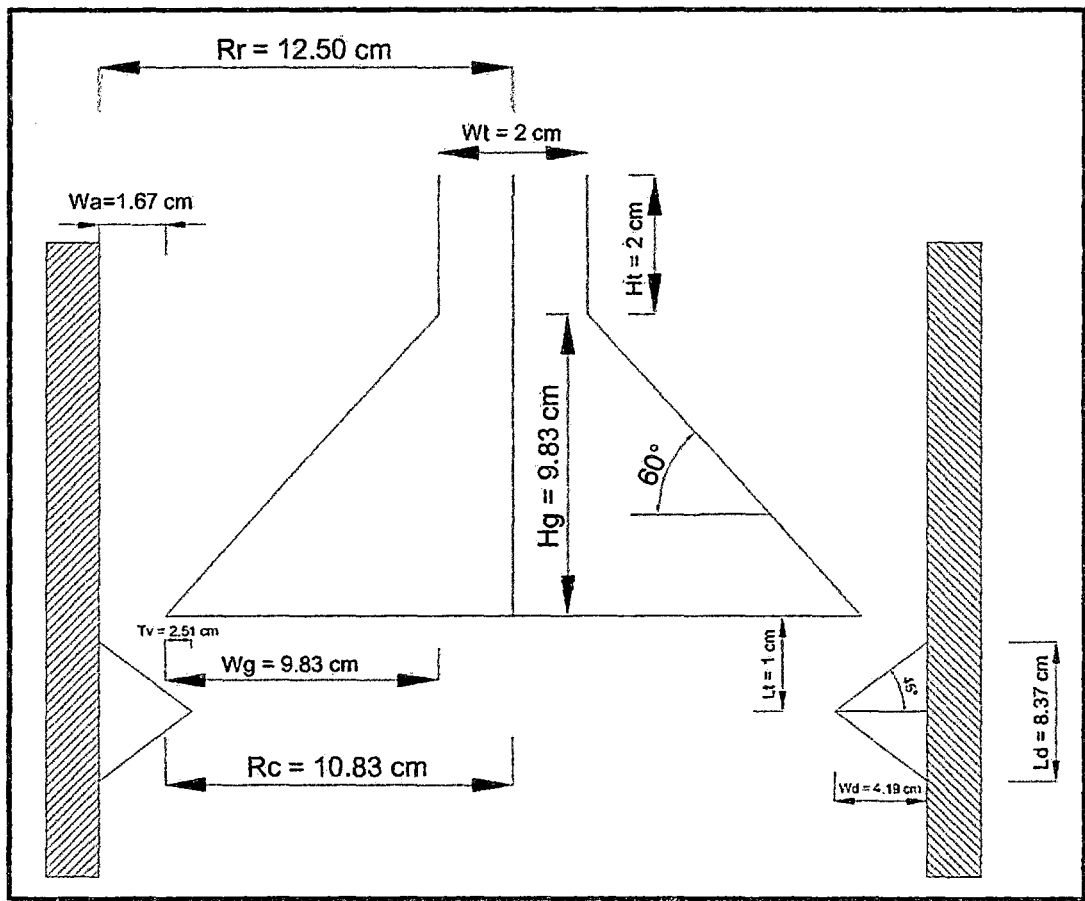
Donde:

- ✓  $L_D$  : longitud de deflectores
- ✓  $W_D$ : ancho de deflectores (cm)
- ✓  $\beta$ : ángulo de inclinación del deflector, se consideró un ángulo de  $45^\circ$ .

$$\Rightarrow L_D = 2 \times 4.19 \times \tan 45^\circ$$

$$\therefore L_D = 8.37 \text{ cm}$$

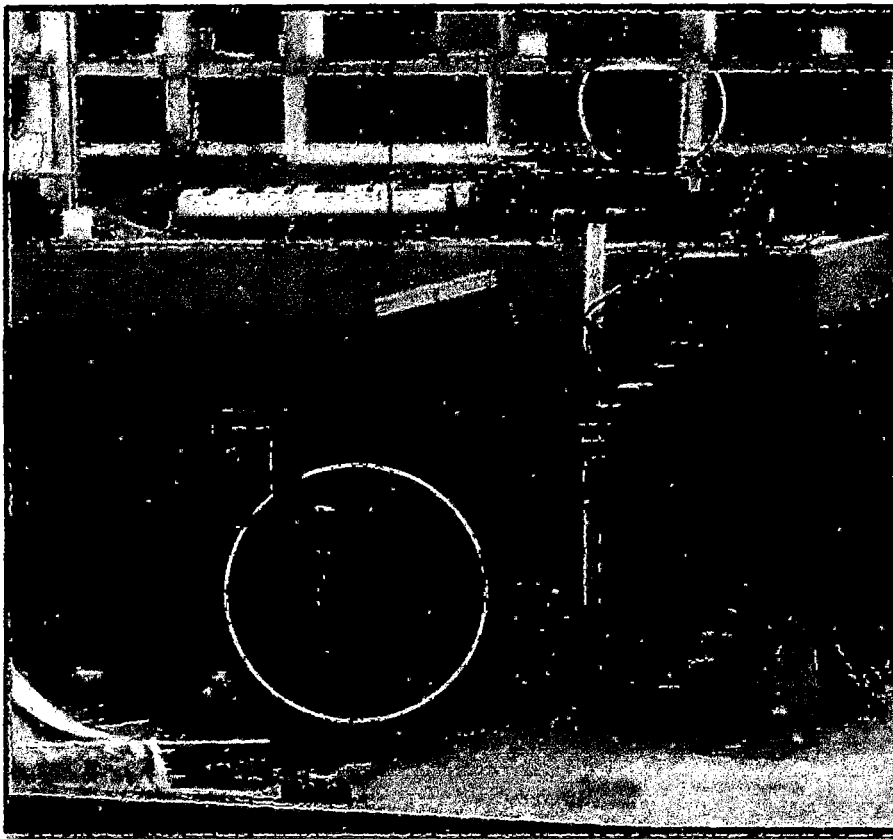
Luego de obtener las dimensiones del separador GLS, se muestra a continuación el esquema propuesto con dimensiones del separador GLS:



**Figura 4.2 Dimensiones del separador GLS**, se observa las dimensiones del separador Gas-Líquido-Sólido, las cuales han sido calculadas en base al caudal de diseño (20 ml/min para cada reactor). Los deflectores están en función de las dimensiones del separador GLS.

#### 4.6. Ubicación de los reactores UASB a escala Piloto

Los reactores UASB fueron ubicados en el patio de la Facultad de Ingeniería Ambiental - Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú



**Figura 4.3 Ubicación de reactores UASB a escala piloto**

En la Figura 4.3 se observa una vista panorámica del Sistema de Tratamiento con Reactores UASB a escala piloto la cual está conformada básicamente por: Tanque de 400 L de capacidad, regulador de presión y/o caudal, tuberías de conducción del agua de camal diluida (PVC de  $\frac{1}{2}$ "), dos reactores UASB de uno de PVC de 250 mm de diámetro (color naranja) y el otro acrílico de 250 mm de diámetro forrado con plástico negro para evitar formación de algas, dos bidones de 40 L para recolección de efluentes y dos bidones de 20 L para recolección de gases

#### **4.6. Descripción del Sistema de Tratamiento mediante Reactores UASB a escala Piloto**

El diseño de un reactor UASB de alta tasa es la que se propone en la siguiente investigación, puede hacerse en forma rectangular o cilíndrica.

Para la presente investigación se escogió la forma cilíndrica en virtud que presenta mayores ventajas hidrodinámicas como por ejemplo, la menor posibilidad de formación de zonas muertas, además del tamaño, volumen, carga y caudal que se propuso manejar. El sistema de tratamiento mediante reactores UASB a escala piloto está conformada por:

- Tanque de 400 L de capacidad, cuya función es almacenar la muestra de agua residual que se desea tratar (afluente) y alimentar por gravedad, mediante tuberías, a los reactores UASB.
- Regulador de caudal, tiene como objetivo mantener una altura de afluente constante y presión constante. Cuenta con una válvula flotador.
- Sistema de conducción, compuesta 8m de tubería de PVC ½", 6 codos de PVC ½" y 1 Tee de PVC ½", cumplen la función de conductores de agua residual desde el tanque hacia los reactores UASB.
- Reactores UASB, 01 tubo de PVC 250mm y 01 Tubo acrílico de 250mm, componente donde se llevará a cabo los procesos de tratamiento anaerobio.
- Captación de agua tratada (efluente), constituida por 20cm de tubería de ½" y una manguera de 50cm de polietileno ½".
- Sistema de captura de gas que se produce en los reactores, tubería conectada a la parte superior de los reactores UASB y que transfiere el gas capturado a unos recipientes de 20L cada una.

La presente investigación se realizó en los meses de enero a mayo del 2011, el inicio de operaciones fue el 12 de febrero del 2011.

#### **4.4.1. Construcción de los Reactores UASB a escala Piloto**

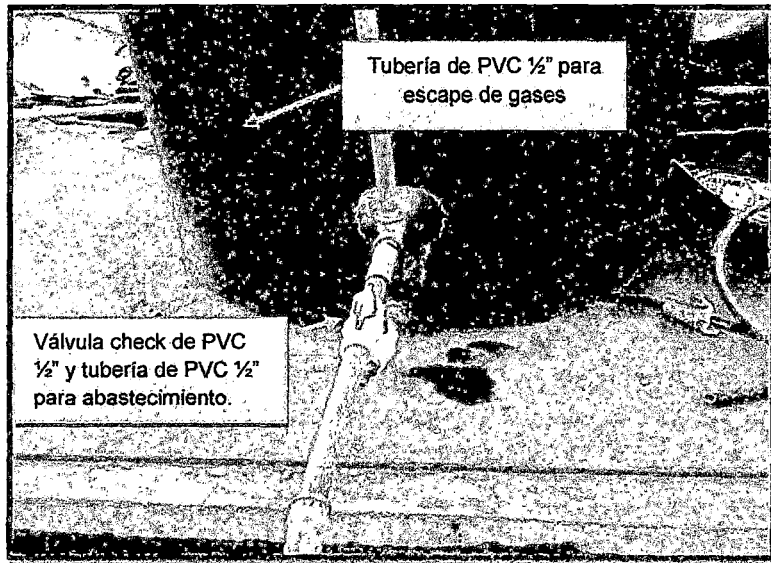
A continuación se muestra el panel fotográfico de la construcción e instalación del Sistema de Tratamiento con Reactores UASB a escala piloto propuesto:



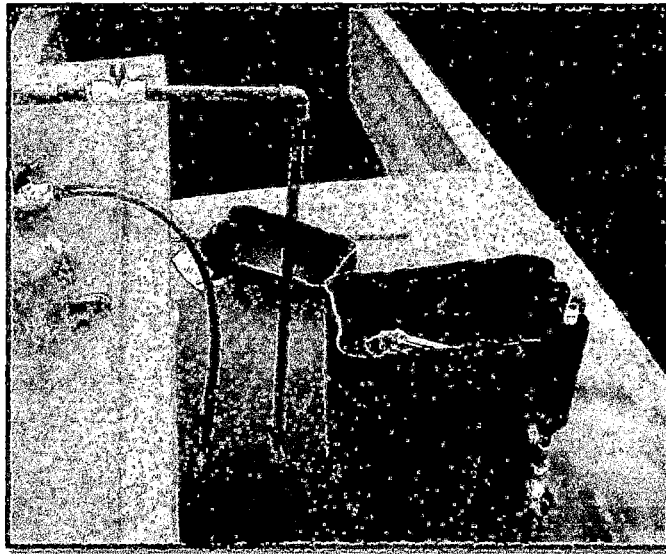
**Figura 4.4.** Instalación de la conexión del sistema de abastecimiento, se observa la instalación de la tubería de salida del afluente diluido la cual está constituido por la misma salida y la tubería de purga de aire; ambos de PVC de  $\frac{1}{2}$ ".



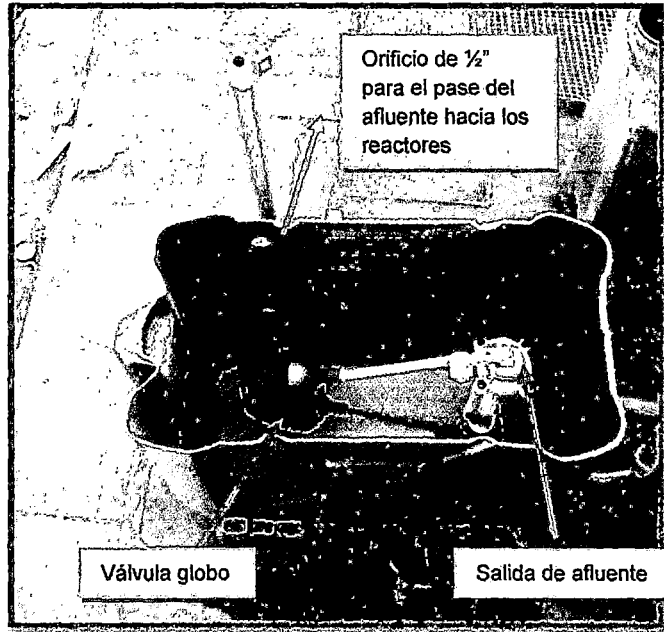
**Figura 4.5** Instalación de los accesorios del sistema de abastecimiento, se observa la instalación accesorios, tales como en la línea de conducción, de PVC de  $\frac{1}{2}$ ".



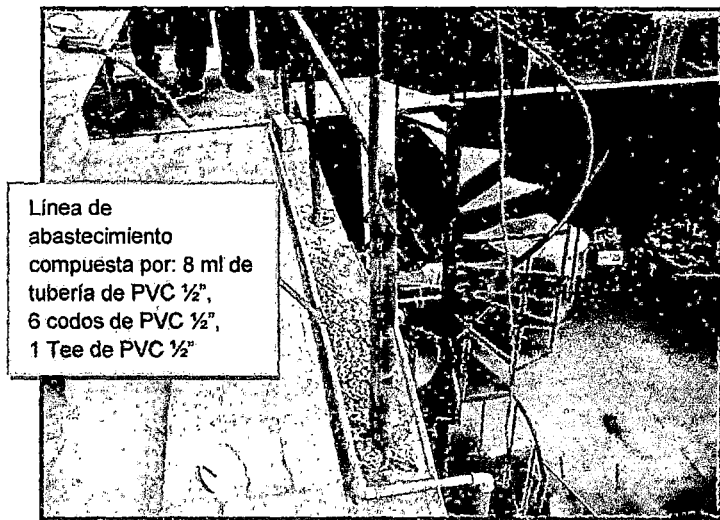
**Figura 4.6** Tubería de alimentación, se observa la tubería de PVC de  $\frac{1}{2}$ " y una válvula de paso por donde se regularizó la salida de agua diluida hacia el regulador de presión.



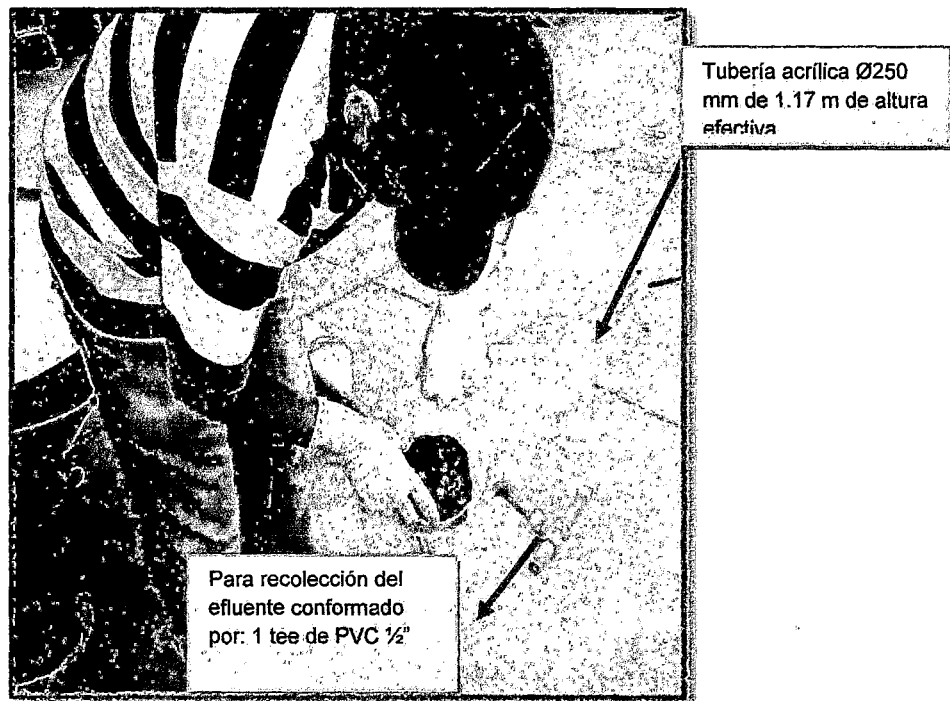
**Figura 4.7** Vista lateral del Regulador de presión, se observa el regulador de presión de dimensiones 50x25x30 cm, se adaptó una tubería para la salida del agua de camal diluida de PVC de  $\frac{1}{2}$ " regulada por una válvula de paso de PVC de  $\frac{1}{2}$ ". La salida cuenta con una tubería de purga de aire de PVC de  $\frac{1}{2}$ ".



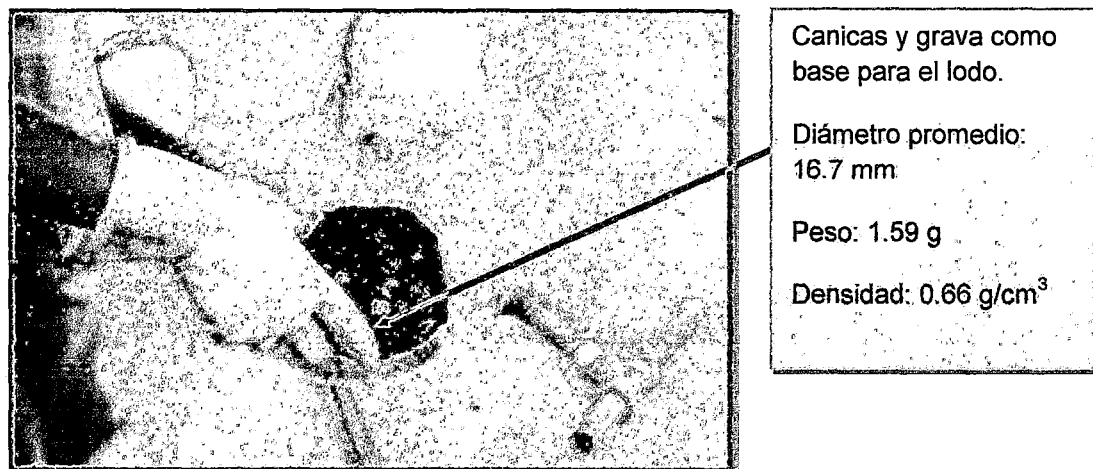
**Figura 4.8 Vista superior del Regulador de presión, se observa los componentes del regulador de presión tales como: válvula globo que cumple la función de regular la altura de agua diluida, accesorio de salida de afluente llena el regulador desde la parte inferior.**



**Figura 4.9 Línea de abastecimiento, ingreso del agua diluida proveniente del regulador de presión.**



**Figura 4.10** Habilitado de Reactores, la tubería sirvió como el reactor UASB, tuvo una altura efectiva de 1.47 m. Las canicas sirvieron como soporte del lodo.



**Figura 4.11** Instalación del soporte del manto de lodos, se utilizaron canicas como soporte.

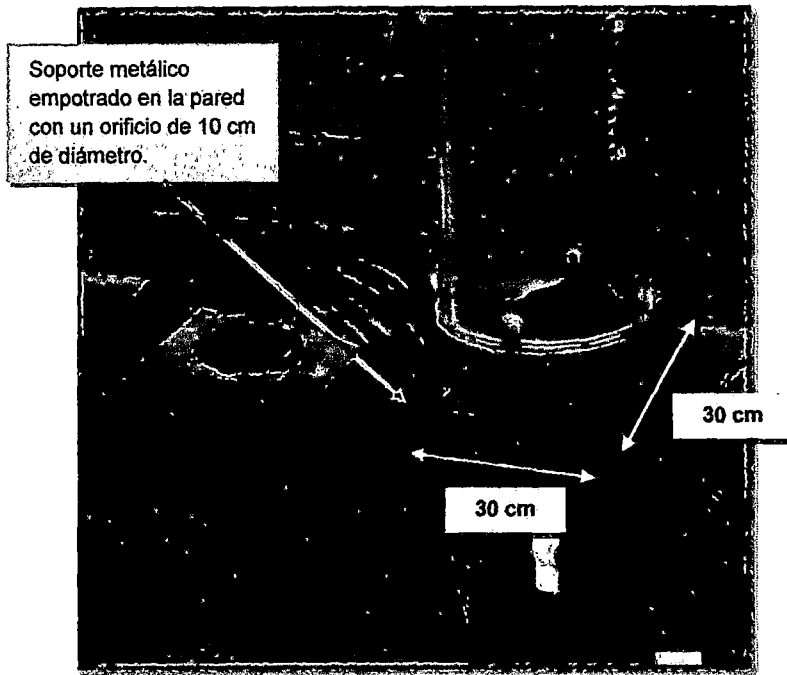




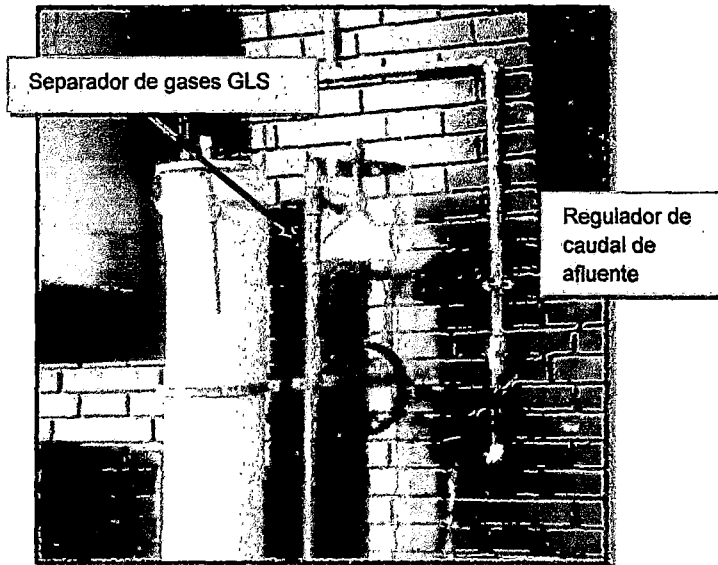
**Figura 4.12 Vista de instalación de los reactores, cada reactor tiene una altura efectiva de 1.47 m.**



**Figura 4.13 Instalación del Reactores, puesta de la tubería acrílica de 200 mm de diámetro en la base metálica que la soportara.**



**Figura 4.14** Vista del soporte metálico, incrustada en la pared de dimensiones de 30x30 cm.



**Figura 4.15** Vista del separador de gases GLS, cuya función principal es de la separar la fase gaseosa, líquida y sólida para obtener un efluente libre de partículas sobrenadantes.



Figura 4.16 Vista de reactores instalados, se observa el sistema de tratamiento con reactores UASB utilizado.

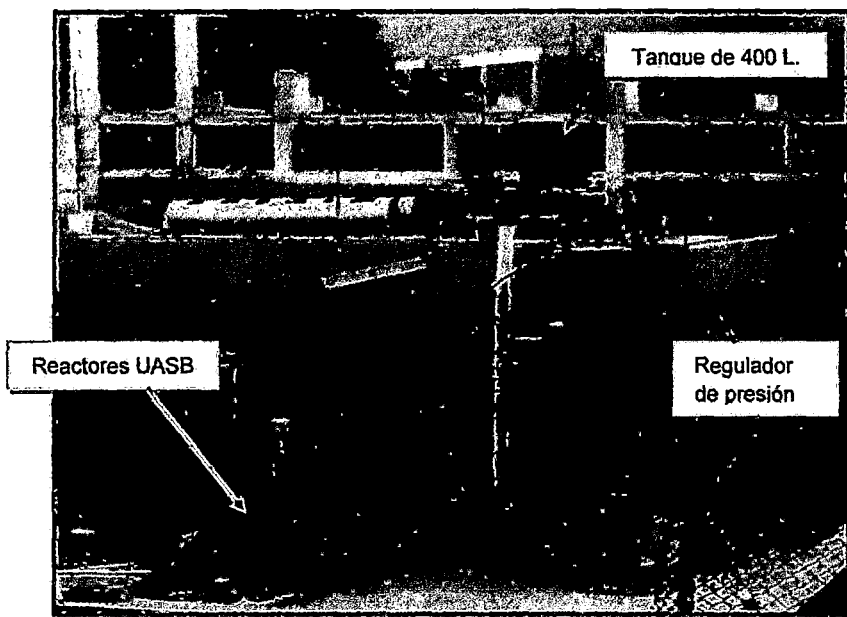


Figura 4.17 Vista del sistema de tratamiento con reactores UASB, se muestra el sistema integral: Tanque de 400 L, regulador de presión, tuberías de conducción de PVC  $\frac{1}{2}$ ", reactores anaeróbicos UASB y tanques de 20 L c/u recolectores de Gas.

## 4.6. Operación del Sistema de Tratamiento UASB a escala Piloto

### 4.5.1. Inoculación de los Reactores UASB

El arranque de un reactor UASB usualmente toma mucho tiempo, principalmente a la baja tasa de crecimiento de las bacterias metanogénicas. Entre los factores que puedan influir en el periodo de tiempo requerido para el arranque tenemos:

- **La calidad de la semilla de lodo**, un gránulo de lodo es un conjunto de microorganismos que se forman durante el tratamiento de aguas residuales en un ambiente con un régimen de flujo ascendente hidráulica constante. En ausencia de cualquier matriz de soporte, las condiciones de flujo crea un ambiente de selección en el que sólo a los microorganismos, capaces de unirse entre sí, sobrevivir y proliferar. Eventualmente, los agregados en forma densa biofilms compacto denominado "gránulos". Debido a su gran tamaño de partícula (por lo general oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro), los gránulos de resistir lavado del reactor, lo que permite altas cargas hidráulicas. Además, las biopelículas son compactas permiten una alta concentración de microorganismos activos y las cargas orgánicas de alta por lo tanto el espacio en los reactores UASB. Un gramo de lodos granulares de materia orgánica (peso seco) pueden catalizar la conversión de 0.5 a 1 g de DQO por día para el metano. En términos simples significa que en un lodo base granular diaria puede procesar su propio peso corporal del sustrato de aguas residuales.
- **El contacto entre el agua residual y el lodo**, depende de la mezcla en el reactor y del diseño del sistema de distribución de la alimentación.
- **Una reducción de la tasa de crecimiento**, por inhibición o por escasez en nutrientes es muy probable en aguas residuales industriales. En algunas ocasiones se pueden tomar medidas contra la inhibición, sin embargo muchas veces esto no es posible porque se desconoce por ejemplo el factor inhibitorio. Bajo estas condiciones el arranque puede ser considerablemente largo.

Los reactores UASB entraron en operación el 22 de enero del 2011, para el arranque de los reactores se tuvo que regular la velocidad ascensional, ya que si esta fuese muy elevada las bacterias pueden ser arrastradas fuera del reactor originando un mal arranque, lo cual indica que se deberá volver a inocular lodo para un nuevo arranque.

El lodo digerido granular se recolecto de la planta de tratamiento de las aguas domésticas "UNITRAR" de la UNI, que tratan las aguas residuales domésticas de los AAHH El Milagro y el Ángel del distrito de Independencia. La altura del lodo granular digerido en cada reactor UASB fue de 30 cm que representa el 20% de la altura efectiva.

### **Primera fase del arranque**

El objetivo principal es de hacer crecer las bacterias metánicas, pues son estas las que están en menor proporción en el lodo (inóculo). El agua residual industrial, proveniente de la planta de beneficio, se diluyó al 25% con agua fresca ya que la concentración de DQO del agua residual industrial era aproximadamente 5000 mg/L, esto debido a las altas concentraciones de compuestos tóxicos.

### **Segunda fase del arranque**

Mantener constante la velocidad de carga hidráulica, los reactores UASB arrancarán una vez que la calidad del efluente sea constante esto se graficará en los resultados obtenidos.

A continuación se muestran las figuras de la puesta en marcha de los reactores UASB:



**Figura 4.18** Recolección del lodo digerido del RAFA de UNITRAR, se recolecto 40 L el lodo de una profundidad de 2 m.



**Figura 4.19** Vista del lodo digerido del RAFA de UNITRAR, 40 L de lodo digerido la cual se instalaron en los reactores para empezar el proceso de arranque y tratamiento del afluente.



**Figura 4.20** Vertimiento del lodo digerido al reactor UASB, se vertió una altura 30 cm de lodo que equivalen a un volumen de  $0.00943 \text{ m}^3$  por cada reactor.



**Figura 5.21.** Vista del reactor UASB con lodo granular digerido, se selló el reactor con el separador de GLS y luego se forro con plástico negro para evitar la formación de algas a causa de actividad fotosintética.

## **4.5.2. Abastecimiento del Aguas Residual de la Industria del Camal**

### **4.5.2.1. Procedencia de las Aguas Residuales**

Las aguas residuales industriales provienen de la Agropecuaria Esmeralda S.A. Frigorífico - Planta de procesamiento de productos hidrobiológicos centro de Beneficio vacuno – porcino, ubicado en el Km 18.5 Autopista Panamericana Sur s/n – Distrito de San Juan de Miraflores.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso industrial de la planta de beneficio:



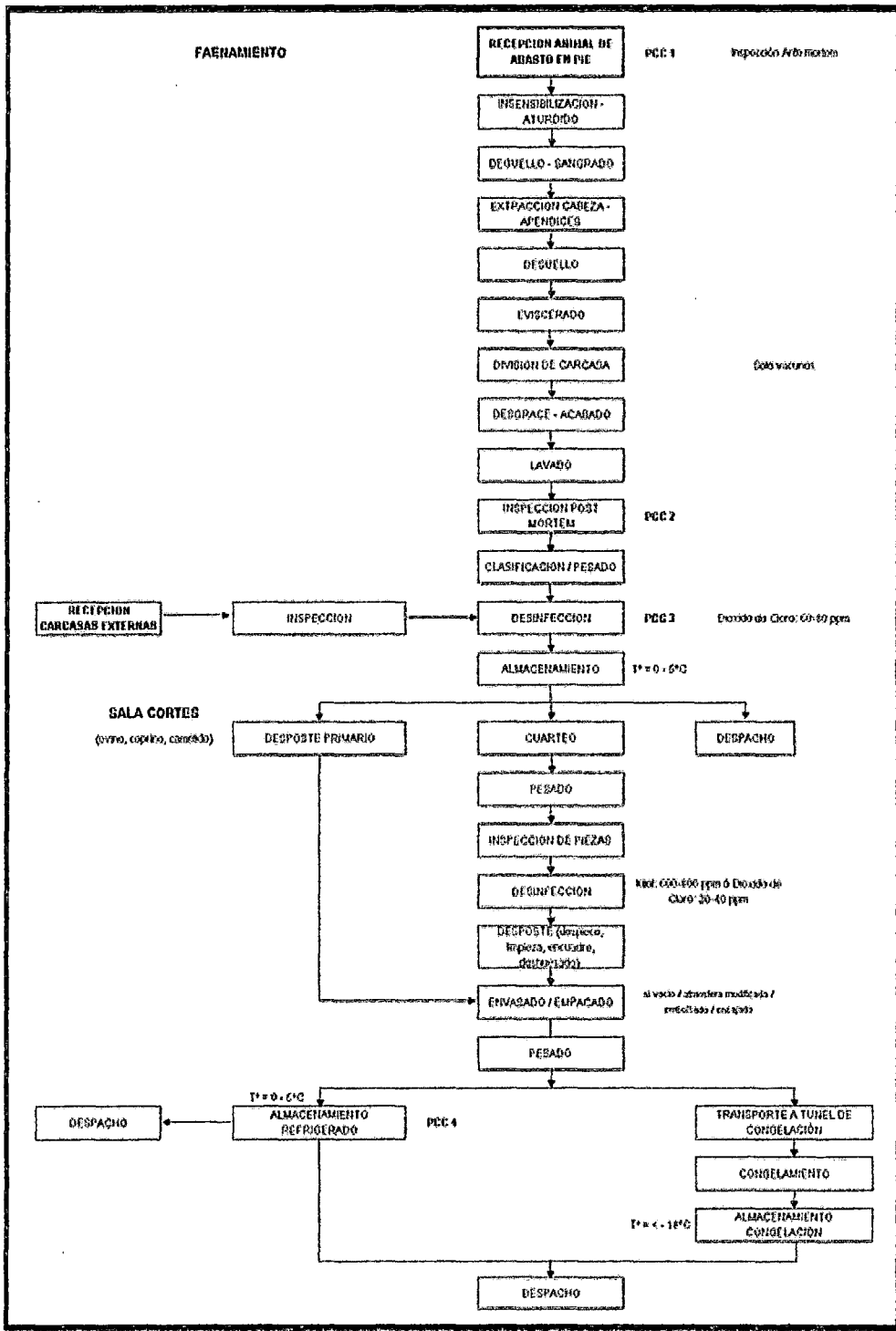


Figura 4.22 Diagrama de flujo proceso industrial de la planta de beneficio, se explica lo flujo grama de los procesos que existen en la planta de beneficio

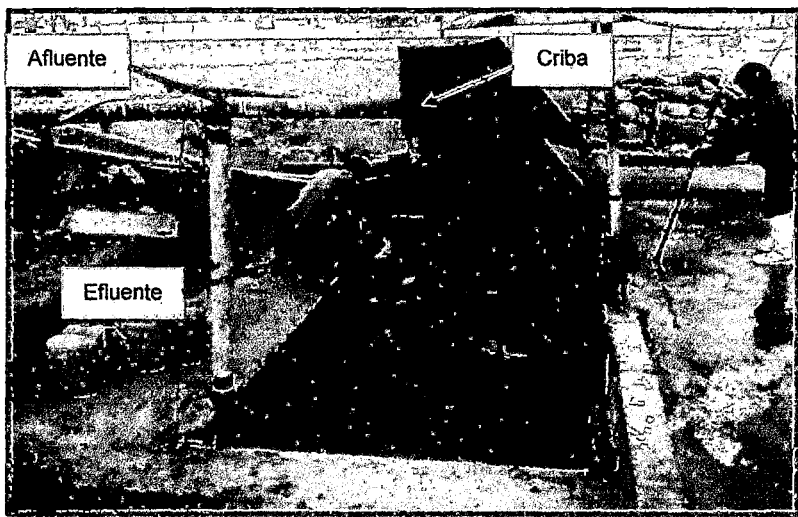
#### 4.5.2.2. Tratamiento de las Aguas Residuales en el Centro de Beneficio

El agua residual industrial que se captará para la investigación proviene del sacrificio de reses y cerdos. Los procesos que emplea el Centro de Beneficio para el tratamiento de las aguas residuales que genera son las siguientes:

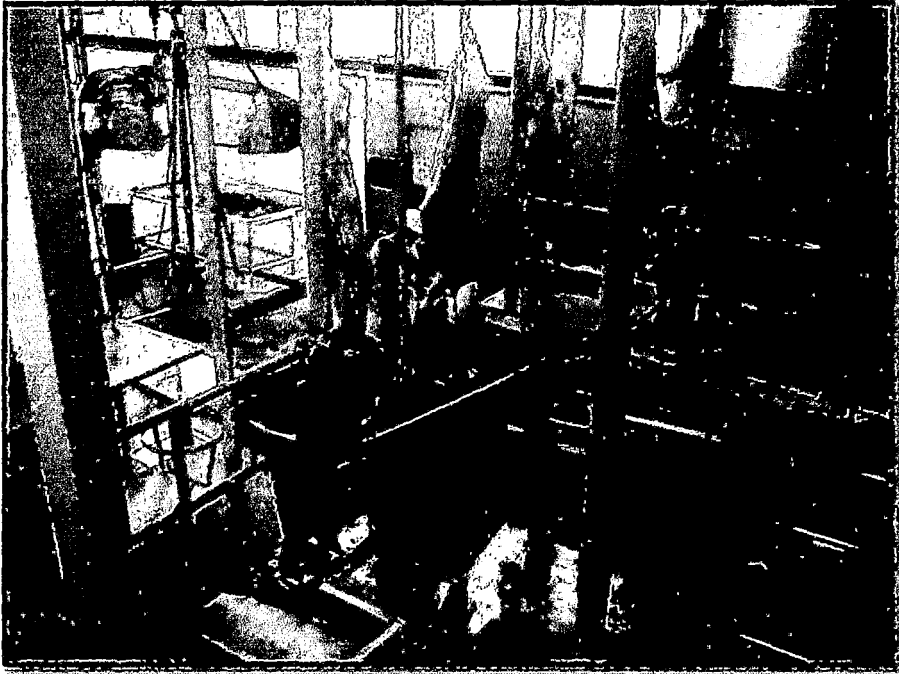
- Criba tornillo: posee un tamiz de 1mm de abertura que retiene gran parte de los sólidos
- DAF: Sistema de burbujas para eliminar aceites y grasas y algunos otros sólidos

El agua residual industrial entran al tanque de ecualización luego es derivado a cada uno de los 3 tanques aireadores SBR (Secuencial Batch Reactor), hasta que cumplan con el tratamiento correspondiente (48 horas). Adicionalmente a estos tanques SBR hay un tratamiento por Membrana Biológica, micro filtros, una vez que pasa por la membrana pasa al reservorio de agua tratada y este efluente es usado para riego en las instalaciones de la planta.

A continuación vistas de la planta de beneficio de reses y cerdos también llamada planta faena:



**Figura 4.23** Vista de la criba de la planta de beneficio, proceso de separación del material grueso como tripas, pelos y bazofia. Solo se separa el 70% de bazofia.



**Figura 4.24** Vista de las instalaciones de la planta de beneficio, desollado de las reses diariamente se sacrifican 80 vacunos en promedio.



**Figura 4.25** Vista del sistema de recolección de las aguas residuales de la planta de beneficio

**Tabla 4.2 Caracterización de las aguas residuales provenientes del camal**

Parámetro	Unidad	Valor
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2688
DQO	mg/L	6667
Fósforo Total	mg/L	44.575
Nitrógeno Total	mg/L	264.45

Fuente: Planta de Beneficio

Nota: Solo se captará agua residual del beneficio de reses y porcinos.

#### 4.6. Alimentación al Sistema de Tratamiento UASB a escala Piloto

Para llevar el agua residual industrial desde la planta de beneficio a las instalaciones de la planta de tratamiento con reactores UASB a escala piloto y posterior operación de la misma se llevó a cabo lo siguiente:

- La recolección de las aguas residuales provenientes del camal se llevó a cabo los días sábados a las 09:00 horas, a partir del mes de enero hasta junio del 2011 en galones de 20 L, dependiendo de la dilución a emplear en cada semana se llevó el volumen necesario para el funcionamiento del reactor.
- Una vez en las instalaciones del sistema de tratamiento a escala piloto con reactores UASB se procede a llenar el tanque de 400 L, previa filtración del afluente, dependiendo de la dilución a emplear se llenará el tanque con un volumen determinado de agua fresca y el resto de agua residual industrial proveniente del camal.
- Después se abren las válvulas para la alimentación a los reactores con agua residual industrial diluida.

**Tabla 4.3 Diluciones en el periodo de la investigación**

Semanas	Dilución
02/02 – 03/03	25%
09/03 – 18/03	20%
24/03 – 14/05	25%
20/4 – 11/06	25%

Fuente: Propias de la investigación

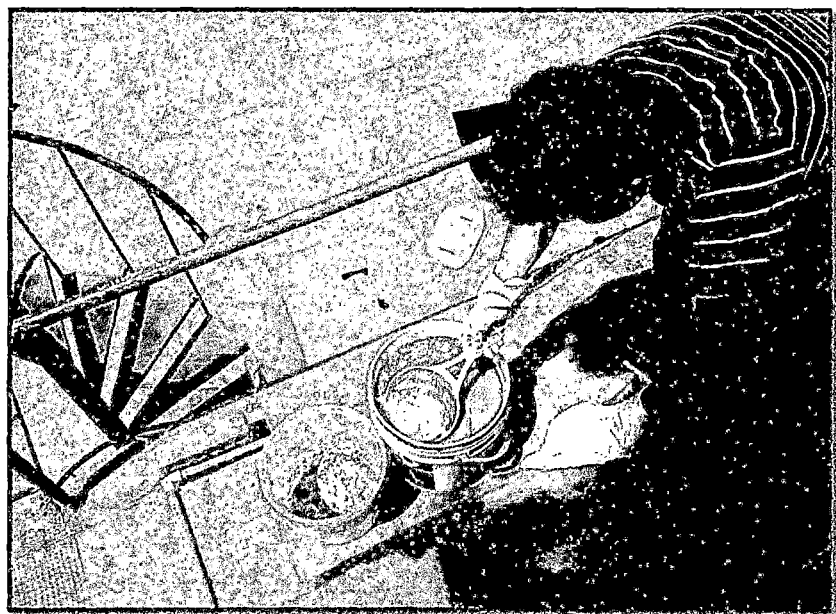
A continuación vistas de la alimentación al sistema de tratamiento:



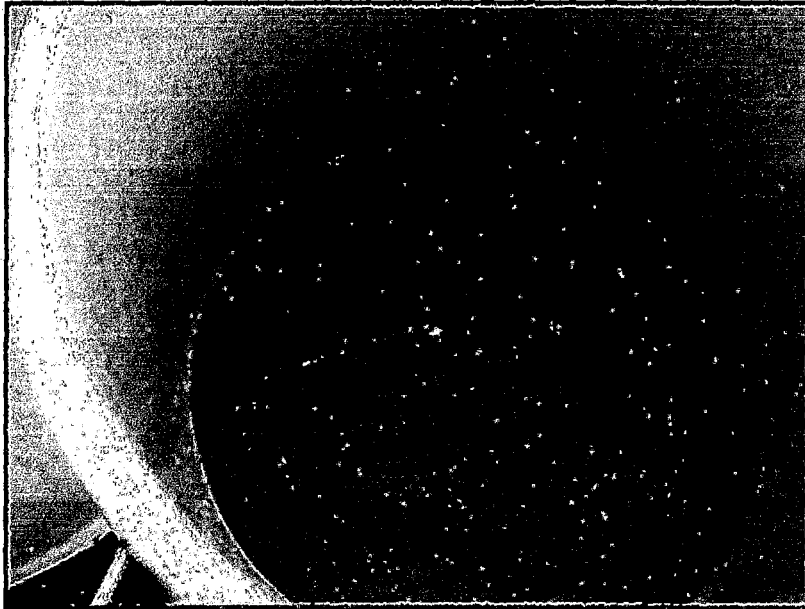
**Figura 4.26** Recolección de agua residual proveniente de la planta de beneficio, punto de recolección, buzóneta de inspección, antes de llegar a las cribas. El caudal es tratamiento es variable y depende de la cantidad de vacunos que se sacrifiquen.



**Figura 4.27** Llenado del tanque de 400 L, según la dilución a utilizar se vertían los volúmenes de agua a tratar en baldes de 20 L c/u. Si la dilución era del 25% se vertían 5 baldes de agua a tratar y 15 baldes de agua fresca.



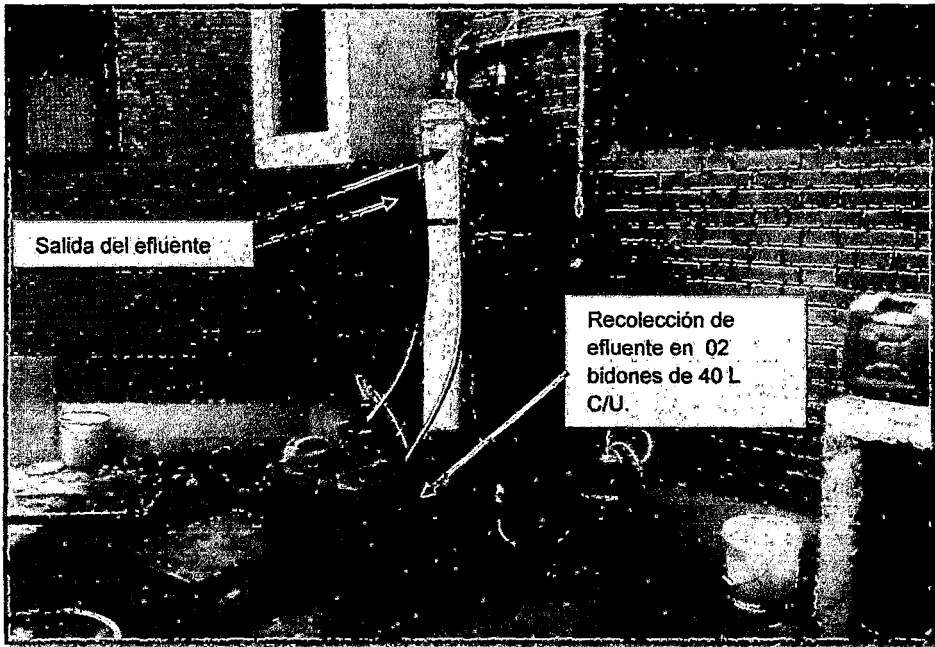
**Figura 4.28** Proceso de filtrado antes que ingrese el afluente al tanque de 400 L, como medida preventiva se filtraron los restos sobrenadantes para evitar la obstrucción de las tuberías del sistema de tratamiento con los Reactores UASB a escala Piloto.



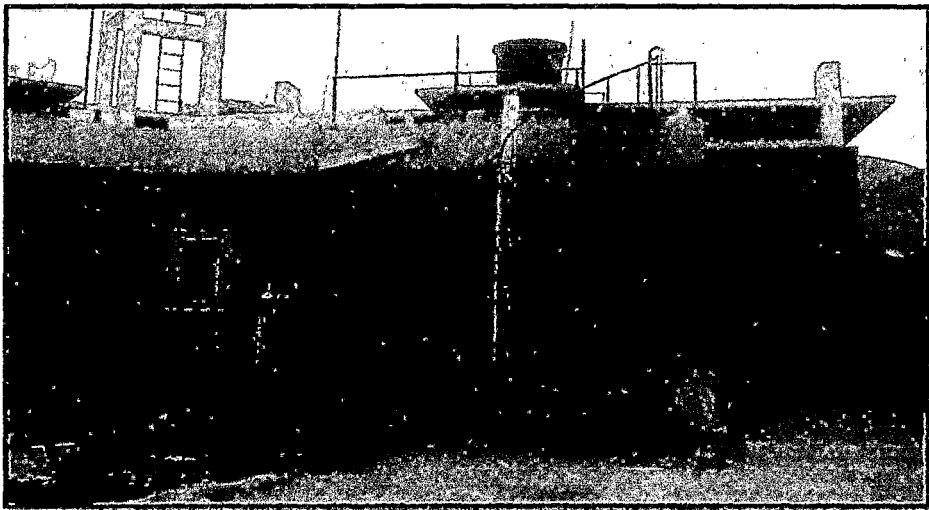
**Figura 4.29** Tanque lleno del agua residual diluida, se observa la formación de una capa de nata, el retiro de esta nata fue constante para evitar obstrucciones del sistema.



**Figura 4.30** Regulador de presión en operación, se observa que el nivel de agua diluida permanece constante garantizando el abastecimiento a los reactores UASB.



**Figura 4.31** Recolección del efluente proveniente de los reactores UASB, mediante un accesorio en forma de tee donde se recogían las muestras para ser analizadas; los bidones de 40 L sirvieron como soporte para el efluente que se trataba diariamente.



**Figura 4.32** Vista panorámica del sistema de tratamiento en operación, se observa el sistema de tratamiento operando a un caudal de 20 ml/min para c/reactor.



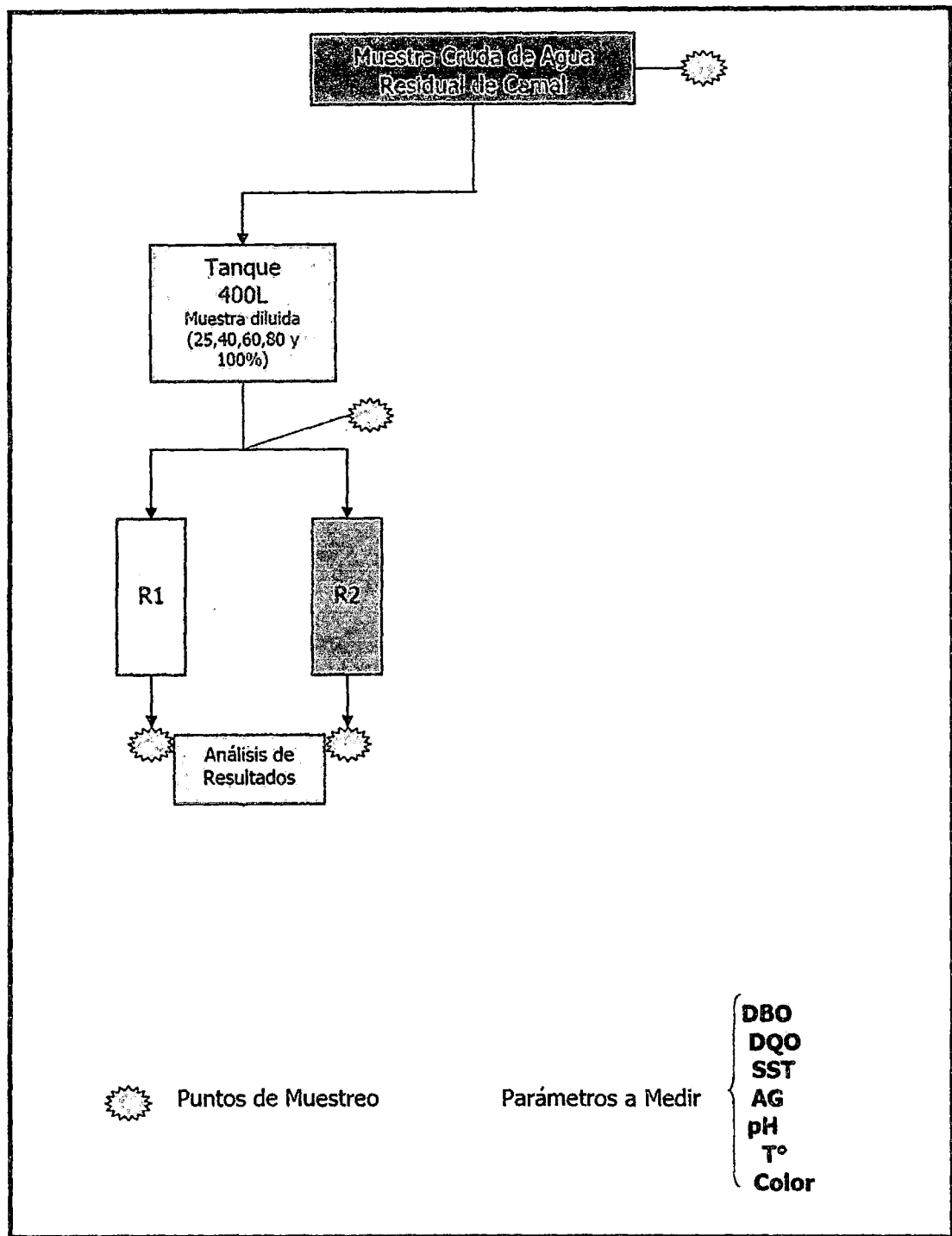


Figura 4.33 Flujoograma del sistema de tratamiento con reactores UASB a escala piloto, se observa los parámetros medidos en el periodo de investigación

## **CAPÍTULO V**

### **TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO CON EL FILTRO CONTENEDOR**

La tecnología de filtro contenedor se ha convertido en el método preferido por organizaciones alrededor del mundo, sin embargo en nuestro país aun no es utilizada como una opción para el tratamiento de aguas residuales. Esta tecnología de filtración es usada para proyectos grandes y pequeños, y la razón es muy sencilla: simplicidad y bajo costo.

Los Filtros Contenedores pueden ser usados en una variedad de tamaños, dependiendo del volumen y la disponibilidad del espacio. Los sistemas de filtración hasta pueden ser montados en contenedores con ruedas que pueden ser transportados alrededor de la propiedad si es necesario. Es una tecnología de filtración muy sencilla y podría resultar una de las más efectivas, pues la reducción del volumen puede ser de hasta un 90%, con un alto contenido de sólidos, lo que hacen la disposición y remoción fácil.

Las fábricas de papel, industrias químicas, plantas industriales y plantas de energía nuclear son algunas de las industrias que han utilizado los Filtros de Contención que en otros países son considerados la solución de bajo costo, resultando rentable pues no requiere equipos especiales para su operación.

#### **5.1. Especificaciones Técnicas del Filtro Contenedor**

El Filtro Contenedor es una tela textil industrial (geotextil) de polipropileno, conformado por un sistema de cintas planas, tejidas entre sí. Los geotextiles son fabricados bajo los requerimientos de la norma de calidad ISO 9001:2000 y un sistema de gestión ambiental bajo la norma internacional ISO 14000. Es altamente resistente a la degradación biológica y química que normalmente se encuentran en los afluentes de las plantas industriales.

A continuación se presenta las especificaciones técnicas del material del Filtro Contenedor:

Tabla N° 5.1 Especificaciones Técnicas del Filtro Contenedor

PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	VALOR TÍPICO <sup>1</sup>
Método Grab Resistencia a la Tensión Elongación	ASTM D - 4632	N (Lb) %	2500 (568) 23
Método de tiro Ancha Resistencia a la Tensión Sentido Longitudinal Elongación Máxima	ASTM D - 4595	kN/m %	64 27
Sentido Transversal Elongación Máxima	ASTM D - 4595	kN/m %	64 18
Resistencia al Punzonamiento CBR	ASTM D - 6241	kN	9.5
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D - 4533	N (Lb)	730 (164)
Método Mullen Burst Resistencia la Estallido	ASTM D - 3786	kPa (psi)	8556 (1240)
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D - 4833	N (Lb)	1330 (302)
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D - 4751	mm (N° Tamiz)	0.300 (50)
Permeabilidad	ASTM D - 4491	cm/s	$6.5 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D - 4491	S <sup>-1</sup>	0.5
Tasa de Flujo	ASTM D - 4491	l/min/m <sup>2</sup>	1446
Espesor	ASTM D - 5199	mm	1.32
Rollo Ancho	Medido	m	3.83
Rollo Largo	Medido	m	100
Rollo Área	Calculado	m <sup>2</sup>	383
Resistencia UV (% retenido @ 500 h)	ASTM D - 4365	%	>80

Valores corresponden al sentido más desfavorable del geotextil. Los valores típicos corresponden al promedio de todos los datos históricos

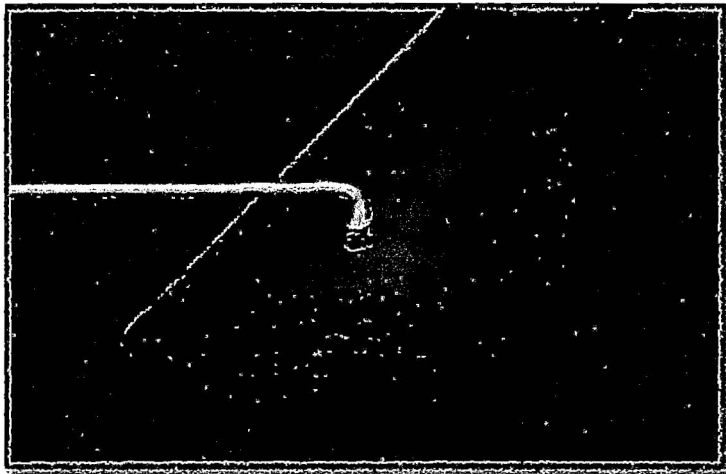
## 5.2. Fundamentos del Proceso de Tratamiento con el Filtro Contenedor

El proceso de filtración es simple y eficaz debido a que presenta una contención eficaz de alto volumen de sólidos y drenaje eficiente. El fundamento básico es la presión de ingreso que puede hacerse por bombeo o por gravedad.

El proceso de bombeo se repite hasta que el filtro de contención este lleno (saturado). Y existe la posibilidad de que con el tiempo, los sólidos (dependiendo de la procedencia del agua residual) pueden ser manejados como material seco, lo que aumenta las opciones de transporte y eliminación.

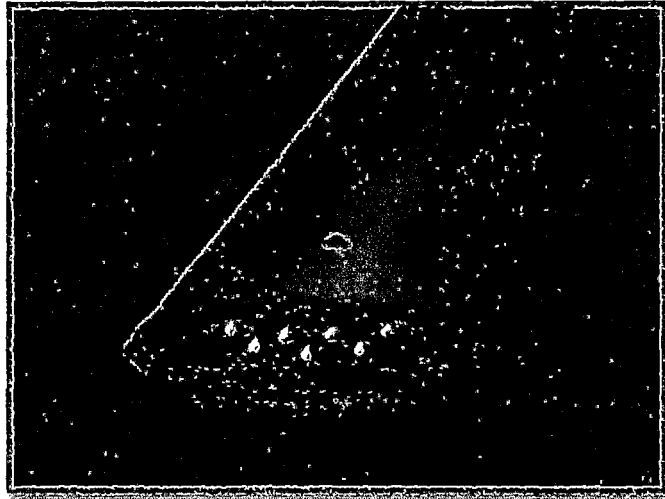
A continuación tres pasos que explican el funcionamiento:

**Paso 1:** Llenar el Filtro Contenedor con el agua a tratar, mediante bombeo o por gravedad.



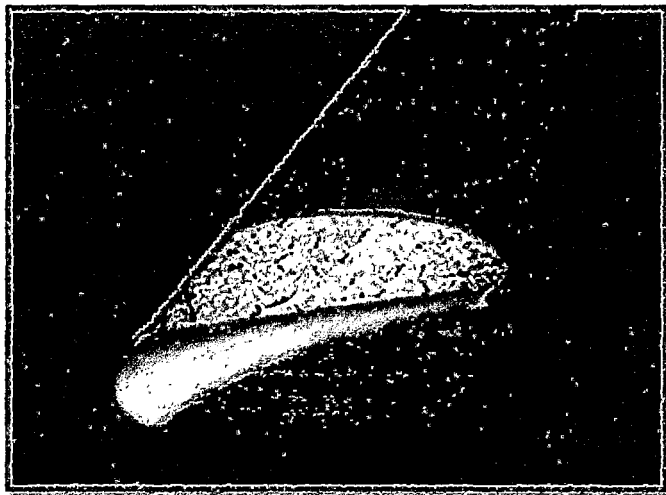
**Figura 5.1.** Llenado del filtro contenedor con el efluente

**Paso 2:** El efluente de agua residual tratada drena desde el filtro contenedor a través de los poros pequeños. Esto resulta en deshidratación eficaz y eficiente de la reducción del volumen de los materiales contenidos. Casi 99% de los sólidos pueden ser capturados, y una vez filtrado se pueden recoger y se recircula a través del sistema. El agua decantada es a menudo de una calidad que pueden ser reutilizados, devueltos para su procesamiento o descargados al sistema de alcantarillado sin tratamiento adicional.



**Figura 5.2. Vista del Filtro Contenedor – filtración de efluente**

**Paso 3:** Después del ciclo final de llenado y drenaje, los sólidos quedan en el filtro contenedor. La reducción del volumen puede ser tan alta como 90% y una vez lleno, el filtro contenedor y el contenido puede ser destinado en un relleno sanitario.



**Figura 5.3. Vista del Filtro Contenedor – saturado**

### **5.3. Experiencias en el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales con Sistemas de Filtros Contenedores**

#### **5.3.1. Tratamiento de Aguas Residuales para aplicaciones grandes y pequeñas**

La tecnología de filtración ha sido usada en aplicaciones de tratamiento de aguas y aguas residuales incluyendo lagunas, Tanques y limpieza de digestores. Puede proveer filtración y Contención en una sola operación, con reducción del 85% al 95% del DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

La tecnología de filtración puede ser usada estacionalmente, con sólidos guardados confiablemente en el sitio entre usos. Trabaja hasta con sedimentos muy finos, y los sólidos pueden ser dispuestos en un relleno, o aplicados a la tierra, además son unidades a medida para caber en los lechos de secado.

### **5.3.2. Casos de Estudio de Aplicaciones de Tratamiento de aguas residuales con el Filtro Contenedor**

#### ***Aguas residuales domésticas***

Aplicación: Aumento para triplicar la capacidad de drenaje

Localización: Rio das Ostras, Brasil

La población de Rio das Ostras de Brasil, aumenta al triple de lo normal durante el período de vacaciones, sobrecargando las plantas de tratamiento de agua de la ciudad. La tecnología de filtración fue usada para crear la capacidad extra requerida. En adición a las unidades de filtración en la pequeña planta de tratamiento de la ciudad, una operación para recepción a gran escala de drenaje fue construida en un relleno de la ciudad, utilizando filtros contenedores de 20 metros de circunferencia por 65 metros de largo.

El sistema de filtrado fue tan eficiente que el efluente pudo ser filtrado a través de un cañaveral y descargado en arroyos locales sin necesidad de tratamiento adicional.

#### ***Agricultura***

Tecnología de filtración en contenedores es un medio efectivo para el manejo de desperdicio de operaciones de animales estabulados. Trabaja para la limpieza y clausura de lagunas, y maneja nutrientes muy efectivamente (removiendo más del 90% del fósforo y de metales pesados; reducción del 50% o más del nitrógeno). También controla el olor y produce agua con calidad para riego.

La tecnología de filtración es usada como una Práctica Estándar (Práctica Federal número 632) por el Servicio de Conservación de Recursos.

Natural de USDA. Como tal califica hasta para el 75% de los fondos dentro del Programa de Incentivos de Calidad Ambiental (EQIP).

Se puede instalar un sistema en línea de filtración en contenedores para prevenir la entrada de sólidos a la laguna. Ud. almacena agua para riego, no desperdicios con los que tiene que lidiar posteriormente. El sistema no interrumpe otras operaciones.

Aplicación: Limpieza de laguna de granja

Localización: New Bern, California del Norte

Una laguna de una granja de puercos llegó a su capacidad y requería limpieza. La tecnología de filtración en contenedores fue utilizada como una manera simple y efectiva de lograrlo.

Se bombearon sólidos al 4% de la laguna. Estos se desaguaron al 25% dentro del filtro contenedor. El contenedor retuvo 93% de los sólidos, más 78% del nitrógeno y 90% del fósforo.

Los costos de filtración fueron menos de ½ centavo de dólar por galón de lodo bombeado

### ***Acuicultura***

Limpieza de desechos, simple, efectiva en costos para aplicaciones grandes y pequeñas

Ahora aprobada como una de las "Mejores Prácticas para Acuicultura" por el estado de Carolina del Norte, la tecnología de filtros contenedores trabaja para agua fresca o especies marinas de aleta, camarones, y otras especies acuáticas. Simplifica el proceso para recirculación de agua, y retiene más del 99% de los sólidos suspendidos.

La tecnología de filtración en contenedores reduce la carga de los nutrientes en el filtro. Esta puede ser usada continua o intermitentemente todo el año en la

mayoría de los climas. Es ideal para la aplicación de filtrado de lagunas, y estanques de retención y filtros de desperdicios. Puede ser usado para la remoción de desperdicio de jaulas, limpieza de desperdicio de lodos bénticos, recirculación de desperdicio de criadero, y procesamiento de filtrado de desperdicio de plantas de proceso. Los sólidos filtrados pueden ser devueltos a la tierra, o dispuestos en un vertedero.

La tecnología de filtración en contenedores ha sido probada extensivamente en programas en la Universidad Estatal de Carolina del Norte, el Instituto de Aguas Frescas, el Parque de Acuicultura Marina Mote, y el Instituto de Tecnología de Virginia. Más importante, la tecnología de filtración en contenedores ha sido usada con un éxito total en el campo.

### ***Remediación Ambiental***

Ríos, bahías, puertos, marinas, y facilidades portuarias han estado acumulando sedimentos contaminados de desechos industriales por muchos años. En muchos casos, estos sedimentos significan un peligro ambiental, y la remediación es una tarea difícil y costosa.

Los sedimentos marinos pueden ser contenidos y filtrados fácilmente con la tecnología de filtración en contenedores.

Esto puede ser logrado muy cerca del sitio, utilizando una celda de filtrado donde los filtros contenedores pueden ser apilados a varias alturas para maximizar el espacio.

Las unidades de filtración pueden ser adecuadas para aplicaciones de gran o pequeña escala, y contener efectivamente hasta materiales peligrosos, reduciendo su volumen dramáticamente, ahorrando miles en costos de disposición.

**Aplicación: Filtrado de Suelo, Contaminado con Poli-Cloruros Bifenílicos (PCB)**

**Localización: Appleton, Wisconsin**

Por más de 50 años, fábricas de papel sobre el río Fox, han contribuido a contaminar las aguas locales con PCB.



La tecnología de filtración, mediante filtros contenedores, está siendo usada para limpiar 570 a 750 m<sup>3</sup> de suelos contaminados.

Contenedores de 20 metros de circunferencia han sido apilados en Alturas de 3 a 4 capas y han podido mantener el ritmo de trabajo de las dragas, procesando a mas de 7.5 litros por minute. Los sólido filtrados son superiores al 50% y el proceso es mucho más eficiente que el proceso de filtros bandas u otros métodos de filtración.

### ***Celulosa y Papel***

La tecnología de filtración, mediante filtros contenedores, es usada por una multitud de aplicaciones en la fábrica de celulosa y papel, incluyendo:

- Limpieza de lagunas primarias y secundarias
- Lodos de alumbre y ceniza volátiles
- Sedimentos contaminados
- Clarificadores continuos,
- Centrifugadores y agua del proceso
- Rechazos y desperdicios del proceso
- Estanques de separación
- Usos de emergencia, tales como limpieza, derrames, vertidos, o descargas excediendo los límites.

La rapidez con la que una operación de filtrado puede ser puesta en marcha, ha sido una ventaja en las fábricas de papel, particularmente en situaciones de emergencia cuando las fábricas estuvieron en riesgo de parar las operaciones.

### ***Procesamiento de Minería y Minerales***

Desechos de minería, lodos de carbón, y otros materiales pueden ser controlados y manejados eficazmente con tecnología de filtración debido a que los filtros de contención pueden ser fabricados a la medida de la aplicación, pueden ser colocados en los espacios disponibles entre las estructuras existentes, y removidos una vez que la filtración se termine.

La tecnología de filtración es una alternativa eficaz en costo al proceso mecánico. Reduce el costo de disposición al producir altos contenidos de sólidos

con muy poco mantenimiento. El efluente puede ser bombeado directamente del proceso; o si es utilizado un clarificador o sedimentador, el efluente de la parte inferior puede ser desviado a través del contenedor eliminando el requerimiento de un costoso sistema de filtración mecánico. Las unidades de filtración pueden ser usadas para retener finos, limos, y arcillas de los desechos antes de la descarga a los estanques o a los arroyos. Los filtros contenedores separarán y filtrarán los finos y permitirán la disposición sin costosas operaciones de dragado y transporte.

En algunos casos, acondicionadores o polímeros son usados para promover la floculación, incrementando la retención de la calidad de sólidos y filtrado. Los filtros contenedores también pueden ser utilizados para usar estos materiales llenos de finos para construir diques y terraplenes de contención.

**Aplicación:** Filtrado de los Residuos - Ácidos de una Mina

**Localización:** Skytop Mountain, Pensilvania

Durante la construcción de la carretera I-99 en Pensilvania, los trabajadores desenterraron más de 530 m<sup>3</sup> de roca pirítica dejada por la minería. El ácido derramado de este material, amenazaba los arroyos y mantos locales. La solución: un proceso usando tecnología de filtración.

La roca pirítica es molida y tratada con un agente neutralizante. El ácido derramado del proceso es colectado en estanques de sedimentación, el cual es tratado y bombeado a los filtros contenedores.

El agua, clara y neutralizada, fluye de los filtros contenedores sin requerir tratamientos adicionales.

### ***Generación de Energía***

**Una Solución para Ceniza y Volátiles.**

La generación de energía produce ceniza y volátiles que puede ser un desafío para remover y manejar. Pero la tecnología simple de la filtración permite a plantas grandes y pequeñas la fácil consolidación de estos materiales y ajustarse cuando se necesite basado en el volumen generado.

La tecnología de filtración confina confiablemente la ceniza, previniendo que partículas contaminantes vuelen por efecto del viento en los patios de cenizas. La ceniza puede ser entonces usada para aplicaciones como base de carpeta asfáltica, o hasta para construir los terraplenes alrededor de las lagunas para incrementar su capacidad. En muchas de las aplicaciones de ceniza, no hay necesidad de añadir polímero al proceso de filtración, haciéndolo sencillo y accesible.

#### **Aplicación: Filtrando Ceniza de las Calderas**

Localización: Camden, Texas

La tecnología de filtración fue usada para filtrar el lodo de una laguna que contenía 4.000 m<sup>3</sup> de cenizas de las calderas con 2.6% de sólidos en base seca. Intentos previos usando equipos tipo Trac Hoe habían sido solo parcialmente exitosos y el lodo había sido puesto en lechos de secado al lado de la laguna lo cual no es un resultado ideal.

Sin embargo, usando la tecnología de filtración la planta fue capaz de remover y consolidar prácticamente todos los sólidos de la laguna. Después de 30 días el material se había consolidado al 37% de sólidos. Se estima que esta forma de atacar el problema ahorra a la planta \$/. 60000 (sesenta mil dólares americanos) anuales.

#### ***Industria Ligera***

Para muchas aplicaciones industriales, el filtrado es un mal necesario. Interrumpe las operaciones, añade costos y requiere de equipo complicado y costoso. Pero esto no debe ser el caso. Una de las virtudes reales de la tecnología de filtración es que puede proveer una solución de limpieza de lagunas rápida, o puede añadir capacidad para hacer los lechos de secado más eficientes.

En algunos casos, compañías han filtrado los materiales de sus lagunas utilizando tecnología de filtración y posteriormente usado los filtros contenedores rellenos de sólidos como terraplenes para aumentar la capacidad de sus lagunas.

La eficiencia del filtrado puede ser mejorada debido a que los filtros contenedores protegen a los sólidos filtrados de volverse a humedecer con el clima húmedo. Y los filtros contenedores pueden ser apilados uno sobre otro para añadir más capacidad.

**Aplicación:** Filtrando residuos de producción de adhesivos

**Localización:** Panama City, Florida

El material residual del proceso de la producción de la planta de adhesivos de Arizona Chemical, contiene compuestos inorgánicos que son demasiado abrasivos para filtrar con filtros banda. La tecnología de filtros contenedores probó ser una solución más efectiva.

La torta del filtrado de los sólidos de la tecnología de filtración excedió por mucho cualquier otra forma de filtrado usada anteriormente. Esto incrementó la eficiencia del filtrado ahorrando 38% sobre los filtros bandas y además, un 50% del tiempo en terminar el trabajo. Debido a que la eficiencia del filtrado fue tan grande, y la torta de sólidos tan seca hubo una reducción en los costos de disposición del 40%.

## **CAPÍTULO VI**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN – FILTRO CONTENEDOR**

En el presente capítulo se desarrollara el procedimiento para la construcción y operación del Sistema de Tratamiento con el Filtro Contenedor a escala Piloto.

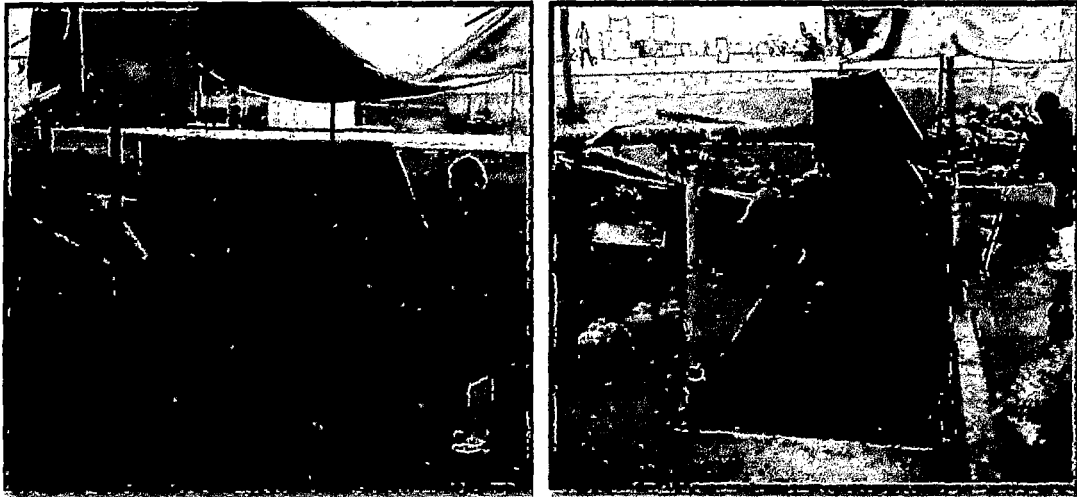
El sistema de tratamiento se implementó en las instalaciones de la planta de beneficio (matanza de reses y cerdos) La Esmeralda Corp. SAC debido a la disponibilidad de gran cantidad de agua residual para la alimentación al sistema de tratamiento a implementar y además porque la forma y el tamaño establecido para el Filtro Contenedor es de fácil transporte.

Los ensayos para este tratamiento propuesto se realizaron los días sábados aproximadamente entre las 8:30 y 10:00am horas durante los meses de febrero a mayo del año 2011.

A diferencia de los reactores UASB el efluente (agua residual) proveniente del Camal no tuvo la necesidad de ser diluida, ya que no se identificó problema alguno para que el sistema trabaje con el agua residual cruda. Además se decidió aplicar al sistema agua residual cruda con la finalidad de probar la eficiencia del Filtro Contenedor en el tratamiento de estas aguas residuales.

#### **6.1. Ubicación del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto**

El sistema de tratamiento con Filtro Contenedor, se ubicó en las instalaciones de la planta de beneficio La Esmeralda Corp. SAC, exactamente cerca a las cribas donde llega el agua cruda proveniente de la zona de matanza de reses y cerdos.



**Figura 6.1 Criba cerca a la cual se ubicó el sistema de tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto**

En la Figura 6.1 se observa las cribas empleadas por la planta de beneficio y donde llegan directamente las aguas residuales generadas por la matanza de reses y cerdos. Es a la salida de este componente de donde se toma el agua residual para los ensayos y cerca de la cual se ubicó el Sistema de Tratamiento propuesto con el Filtro Contenedor por razones ya explicadas.

## **6.2. Construcción del Sistema para el Tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto**

Para la construcción del Sistema de Tratamiento mediante el Filtro Contenedor a escala Piloto se necesitó los siguientes materiales:

- 01 recipiente de 20L de capacidad
- 02 baldes de 4L de capacidad
- 01 Filtro Contenedor de forma rectangular (forma de almohadilla) sellado, de 20x30cm
- 01 manguera de  $\varnothing \frac{1}{2}$ "
- 02 uniones de PVC  $\varnothing \frac{1}{2}$ "

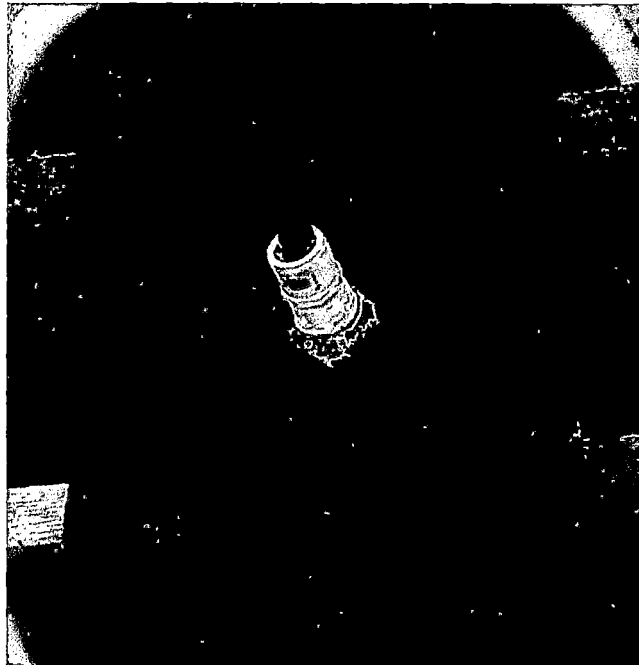
El diseño del filtro contenedor, se puede realizar en forma rectangular o cilíndrica, optándose para la presente investigación por la forma rectangular debido a la simplicidad de su diseño y a la facilidad de manejo para el tratamiento propuesto.

Se procedió a armar los Filtros Contenedores utilizando un Geotextil, dándole una forma rectangular (forma de almohadilla), sellada y de dimensiones 0.20x0.30m. La forma rectangular dada al Filtro Contenedor es tal como se observa en la Figura 6.2.

**Tabla 6.1. Dimensiones del Filtro Contenedor**

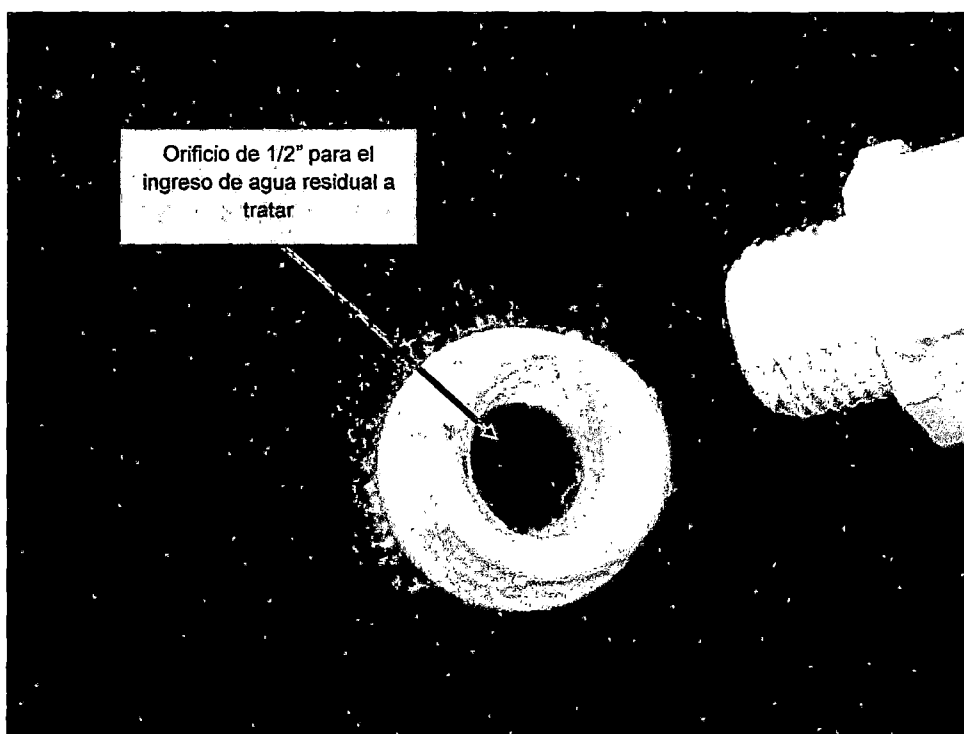
Dimensiones	Filtro Contenedor
Largo (m)	0.30
Ancho (m)	0.20
Área de contacto (m <sup>2</sup> )	0.12
Diámetro de ingreso del afluente (pulg.)	1/2

Fuente: Propias del diseño



**Figura 6.2 Forma optada para el Filtro Contenedor**

Asimismo, en una de las caras del Filtro Contenedor se dejó un orificio de 1/2 pulgada para el ingreso del agua residual que se desea tratar, tal como se observa en la Figura 6.3.



**Figura 6.3 Acoplamiento del accesorio para la entrada del afluente al Filtro Contenedor**

En la Figura 6.3 y 6.4 se observa la forma de como se acondicionó una entrada en el Filtro Contenedor para el ingreso del agua residual que se desea tratar con este sistema. Es así que la entrada se acondicionó de tal manera que no se produzca filtraciones por los bordes del accesorio instalado (unión de 1/2") cuando el agua residual está ingresando ni cuando esta ejerza una presión cuando el Filtro Contenedor empiece a colmatarse. Para evitar los sucesos antes mencionados, se utilizó un fuerte pegamento que permitía que el accesorio instalado (unión de 1/2") quede fijo al material del Filtro Contenedor y se pueda llegar a las condiciones requeridas para el buen funcionamiento del sistema.

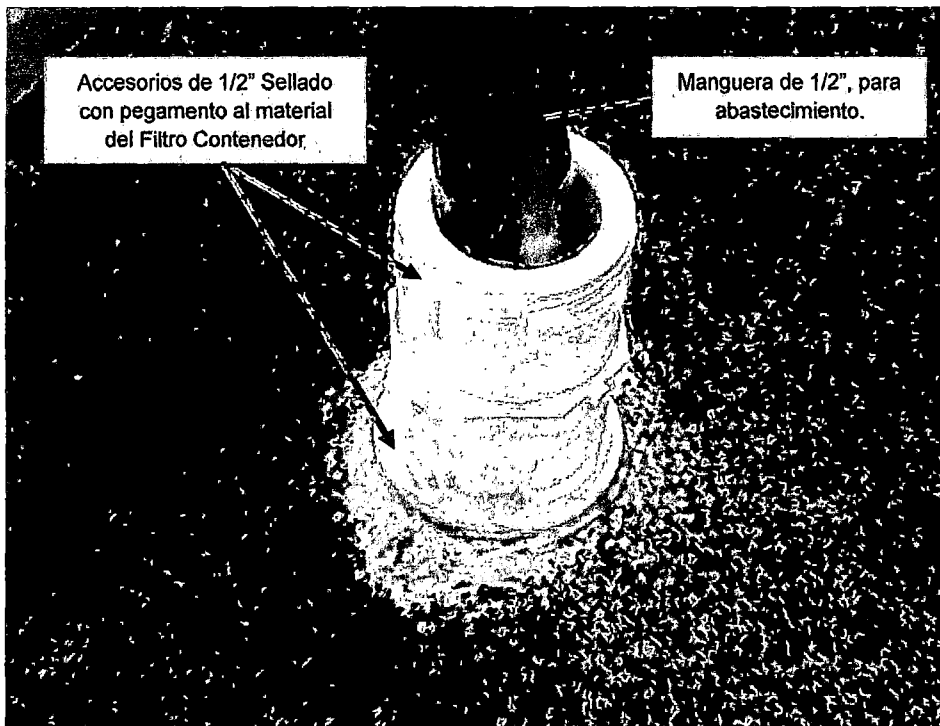




**Figura 6.4 Accesorios instalados para el ingreso del agua residual a tratar**

En la Figura 6.4 y 6.5 se puede observar los accesorios utilizados e instalados (unión de  $\frac{1}{2}$ " ) para el ingreso del agua residual. También se observa una manguera como parte de la línea de abastecimiento del agua residual proveniente del recipiente de 20 litros de capacidad hacia el Filtro Contenedor. La manguera también tiene un diámetro de  $\frac{1}{2}$ " y además tiene un accesorio roscado que se acopla fácilmente al del Filtro Contenedor evitando cualquier tipo de filtración en dicho acoplamiento.

De esta manera se trata de asegurar que toda el agua residual ingrese al Filtro Contenedor y no haya problemas de fugas entre los accesorios instalados, aun cuando llegue el momento en que el agua residual ejerza una presión debido a la colmatación progresiva del Filtro Contenedor.



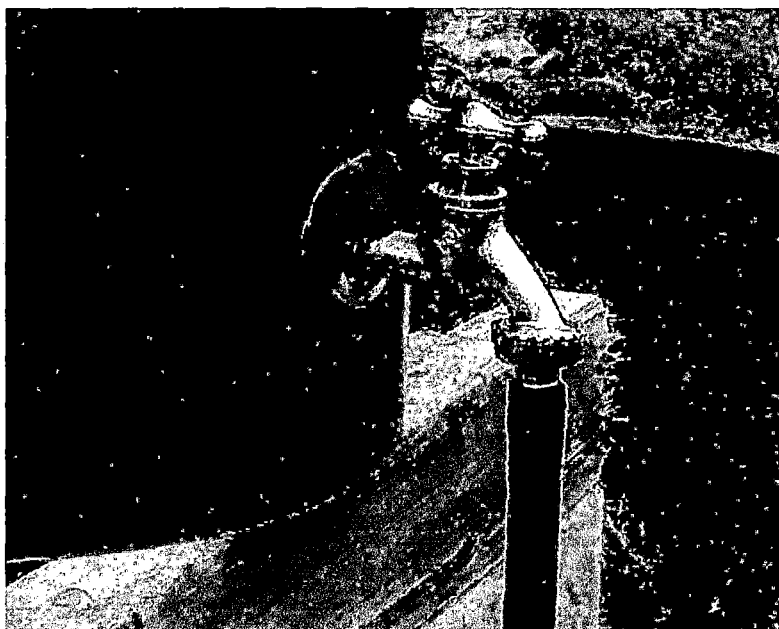
**Figura 6.5 Fijación para la entrada del efluente (agua residual)**

El resto de componentes del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedores lo conforman el recipiente de 20 litros de capacidad con un grifo para el abastecimiento del agua residual hacia el Filtro Contenedor.

En la Figura 6.6 se observa el recipiente lleno de agua residual proveniente del camal y es así como se mantendrá durante el tiempo que dura el ensayo. Asimismo, en la Figura 6.7 observamos la instalación del grifo de donde se traslada el agua residual hacia el Filtro Contenedor mediante una línea de conducción que lo compone una manguera de 1/2".



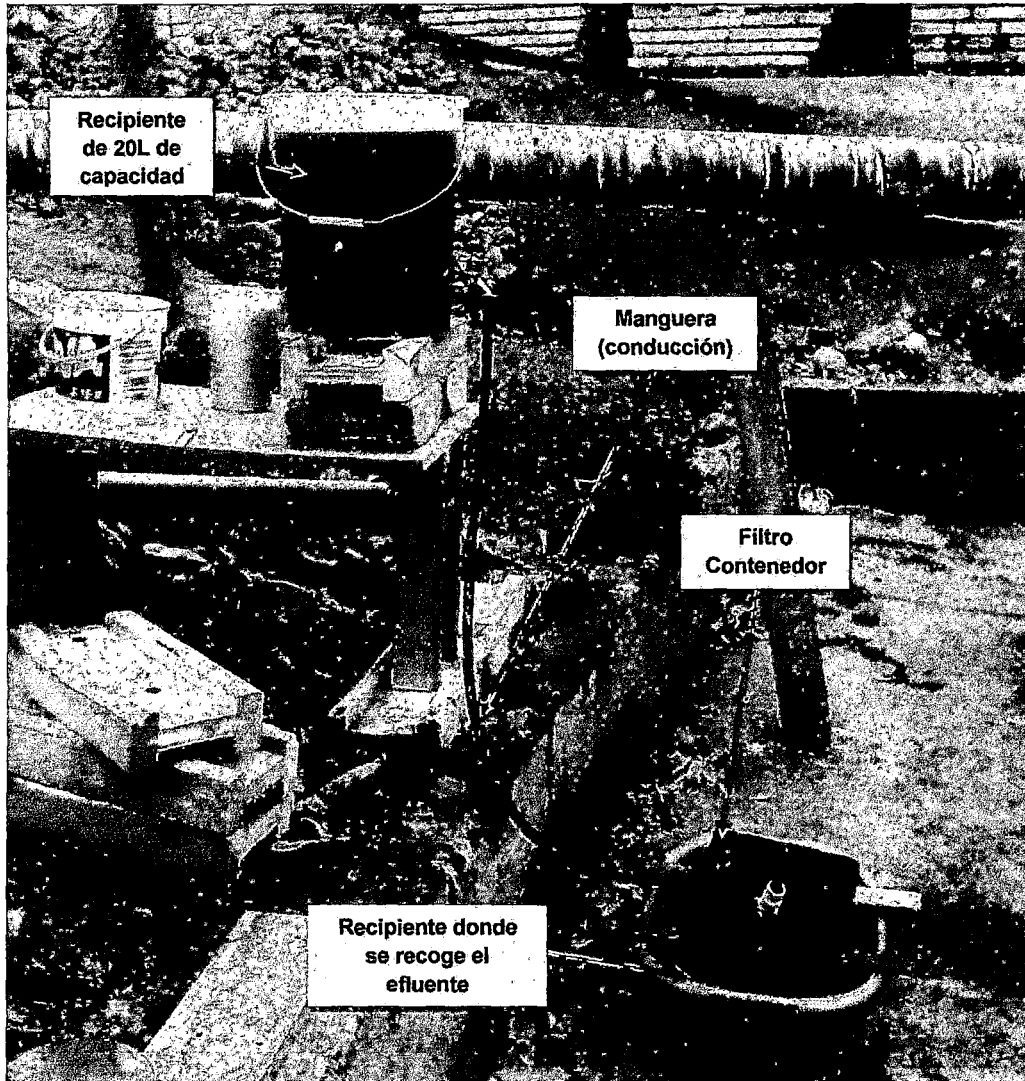
**Figura 6.6 Recipiente de 20L lleno de agua residual del Camal**



**Figura 6.7 Grifo para el abastecimiento del agua residual al Filtro Contenedor**

Finalmente con todos los componentes listos se procede al armado del sistema quedando tal como se muestra en la Figura 6.8 donde se observa el lugar que ocupa cada componente que intervendrá para los ensayos del tratamiento de las

aguas residuales provenientes del beneficio de reses y cerdos utilizando como una alternativa propuesta el Filtro Contenedor.



**Figura 6.8 Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor propuesto**

### **6.3. Descripción del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto**

La presente investigación fue realizada durante los meses de enero a mayo del 2011, siendo el inicio de operaciones para el Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor, el mes de febrero.

Para los ensayos del Tratamiento de aguas residuales con los Filtros Contenedores se armó un sistema de forma tal que el recipiente de almacenamiento de agua residual del camal tenga una altura determinada que pueda proporcionar una presión adecuada para el funcionamiento del sistema. Esto se puede observar en la Figura 6.8.

El Sistema de Tratamiento con el Filtro Contenedor fue alimentado llenando el recipiente de 20 litros de capacidad, y manteniendo esta cantidad en el tiempo llenando constantemente el recipiente para mantener el mismo nivel, de tal forma que la presión también se mantenga constante. Esto con la finalidad de que la experiencia se realice a un caudal constante.

#### **6.4. Operación del Sistema de Tratamiento con Filtro Contenedor a escala Piloto**

En este punto se describe la operación y el funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto durante los ensayos de la investigación con el Filtro Contenedor a una escala Piloto.

Una vez instalado el sistema tal como se observa en la Figura 6.8, se pone en funcionamiento; procediendo para esto con la apertura de la válvula y al mismo tiempo empezando a llenar constantemente el recipiente de 20 litros con agua residual del camal para mantener el nivel constante.

Ya en funcionamiento el sistema se observa que aproximadamente durante los primeros 30 segundos empieza la salida de los primeros restos de agua residual filtrada, tal como se muestra en la Figura 6.9.



**Figura 6.9 Vista de los primeros instantes del tratamiento con Filtro Contenedor**

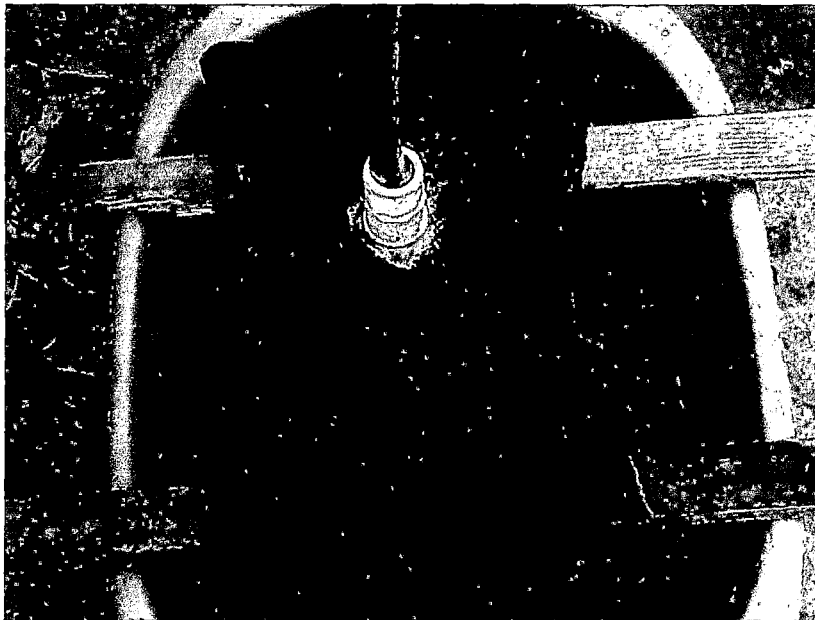
Luego de transcurrido aproximadamente 1 minuto y medio, el Filtro Contenedor va tomando la forma de una almohadilla el cual va creciendo conforme la saturación dentro de la misma avanza. La salida de agua filtrada se da en mayor cantidad y por todo el contorno del Filtro Contenedor, tal como se observa en la Figura 6.10. Esto sucede debido a que en estos primeros minutos la saturación del Filtro Contenedor es mínima.

Es importante mencionar que el Filtro Contenedor fue sostenido por dos listones pequeños con la finalidad de evitar que quedara sumergido en el recipiente donde se recoge el agua residual tratada. Si el Filtro Contenedor queda sumergido, no se tendrá las condiciones para que el agua residual a tratar dentro del Filtro Contenedor fluya con facilidad hacia el exterior. Debido a esto se recomienda que el recipiente donde se recibe el agua residual tratada tenga un drenaje que facilite el libre flujo hacia otro receptor.



**Figura 6.10 Salida de agua residual tratada con Filtro Contenedor durante los primeros minutos**

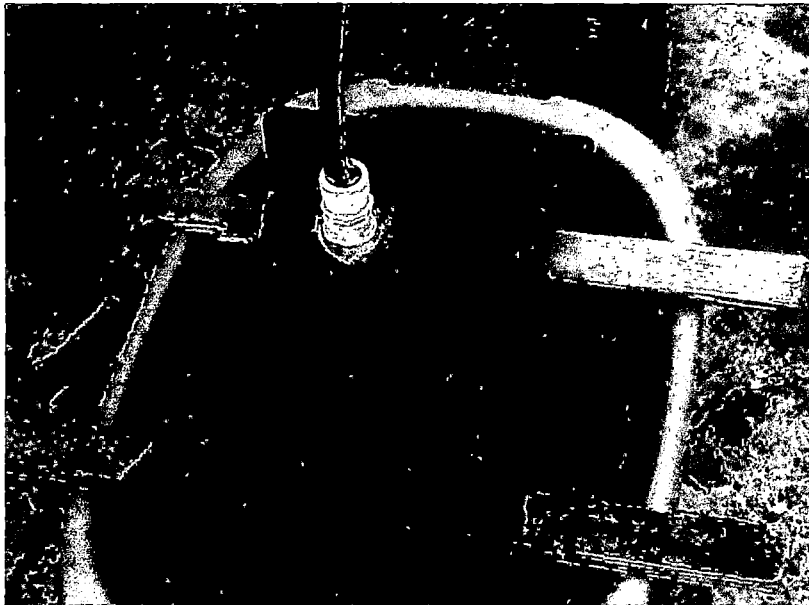
Transcurrido aproximadamente 2 minutos y medio, el Filtro Contenedor toma la forma mostrada en la Figura 6.11, donde se observa que la salida del agua residual filtrada es aun constante y en gran cantidad.



**Figura 6.11 Salida de agua residual tratada transcurridos más de dos minutos**

La Figura 6.12 muestra que la salida de agua residual tratada disminuye debido a que los poros del Filtro Contenedor están siendo saturados. Esto ocurre

aproximadamente cuando han transcurrido 3 minutos y medio; tiempo transcurrido desde el inicio de la puesta en marcha del sistema de tratamiento propuesto en la presente investigación.

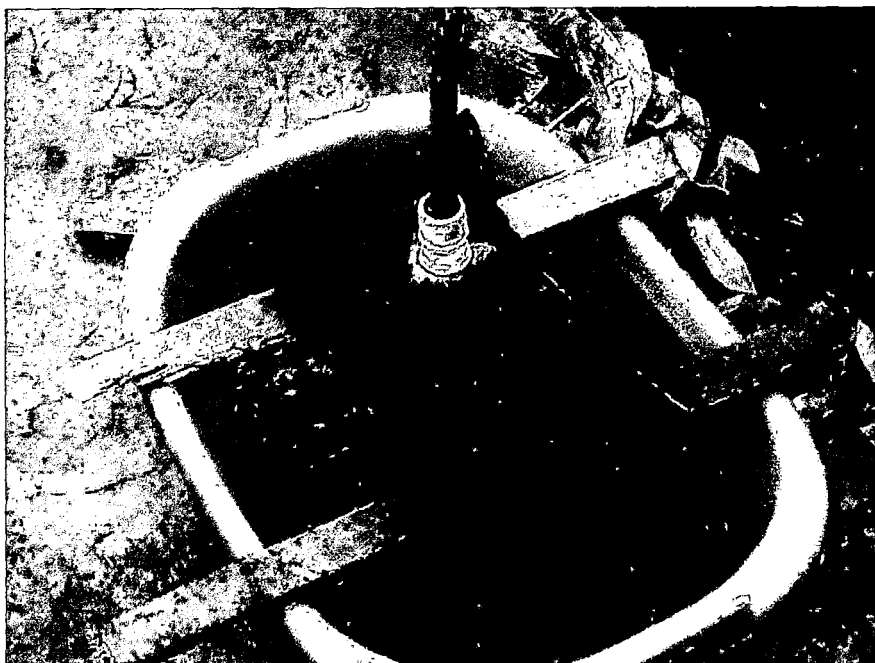


**Figura 6.12 Vista del filtrado transcurridos 3 minutos y medio**

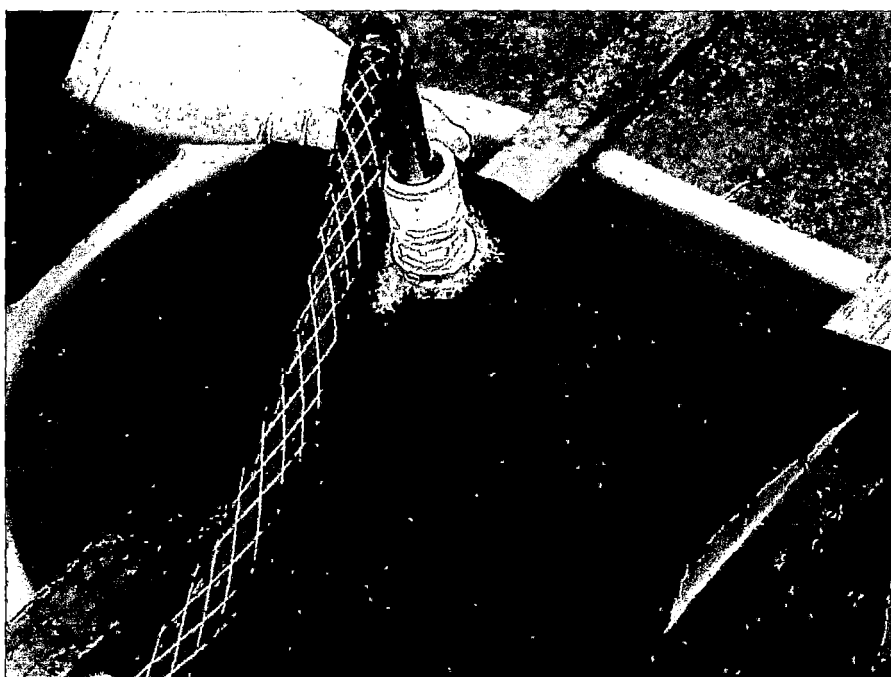
Aproximadamente a partir del minuto 5 la salida de agua residual filtrada disminuye, tal como se observa en las Figuras 6.13 y 6.14. Esto debido a que con el paso del tiempo y la cantidad de agua residual tratada, los sólidos retenidos han empezado a saturar el Filtro Contenedor, por lo que la entrada de agua residual a tratar requiere de una mayor presión para que la salida de agua residual tratada sea mayor.

La necesidad de requerir una mayor presión para facilitar la salida de agua residual tratada se dedujo de la experiencia de presionar el Filtro Contenedor con las manos observándose que se provoca el aumento de la salida de agua residual filtrada. En la Figuras 6.15 y 6.16 se pueden observar esta experiencia.





**Figura 6.13 Vista transcurridos 5 minutos**



**Figura 6.14 Salida de agua residual disminuye**



**Figura 6.15 Presionando el Filtro Contenedor**

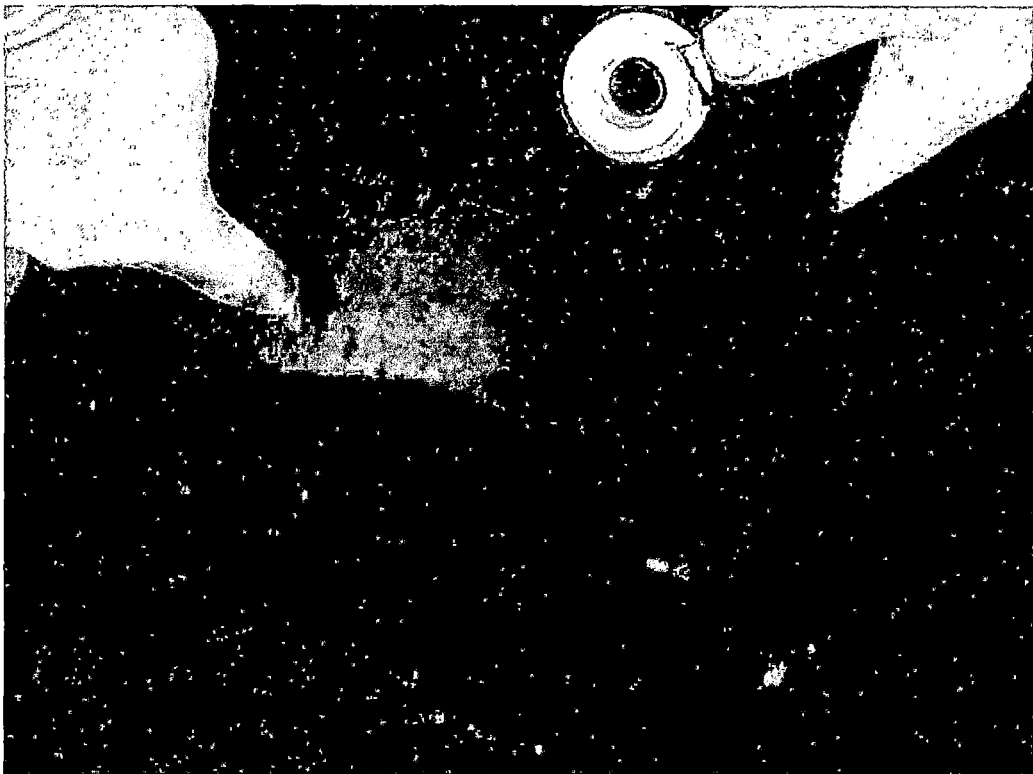


**Figura 6.16 Mayor salida de agua residual filtrada debido a la presión generada por las manos**

Es así que luego de aumentar paulatinamente la presión a medida que la saturación del Filtro Contenedor lo requiera, finalmente este quedara completamente saturado, quedando solo una gran cantidad de sólidos que han sido retenidos durante el proceso de tratamiento propuesto con el Filtro Contenedor.

Una vez saturado el Filtro Contenedor se procedió a abrirlo haciendo un corte cuidadoso por uno de sus lados para que de este modo se pueda visualizar de mejor manera los sólidos que han sido retenidos por el Filtro Contenedor.

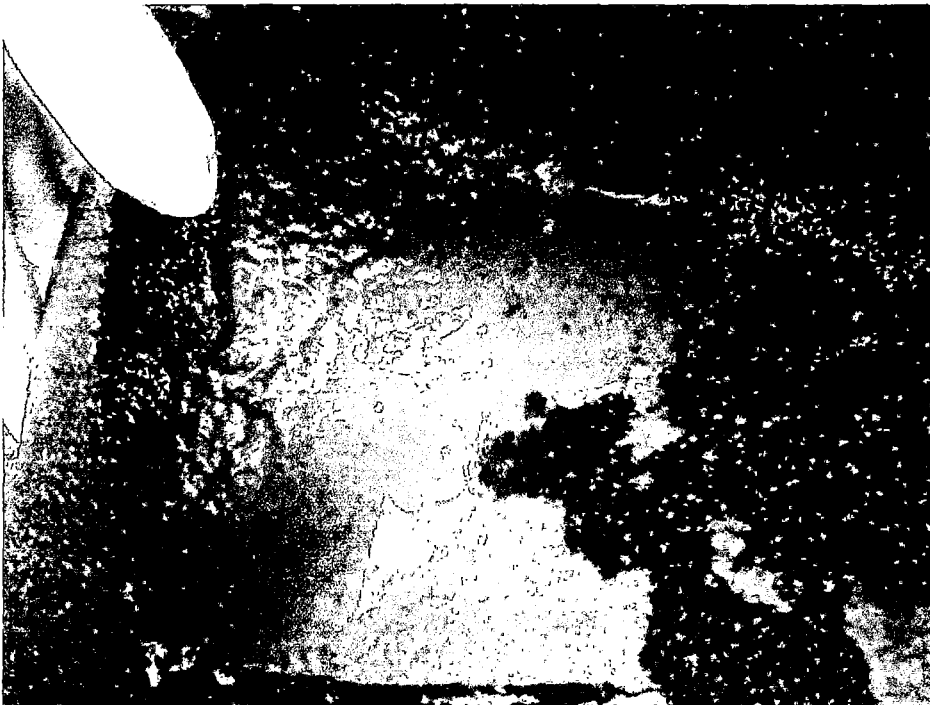
La visualización de esta experiencia se muestra en las Figuras 6.17, 6.18 y 6.19.



**Figura 6.17 Corte del Filtro Contenedor**



**Figura 6.18 Sólidos retenidos en el Filtro Contenedor**



**Figura 6.19 Sólidos retenidos en el Filtro Contenedor**

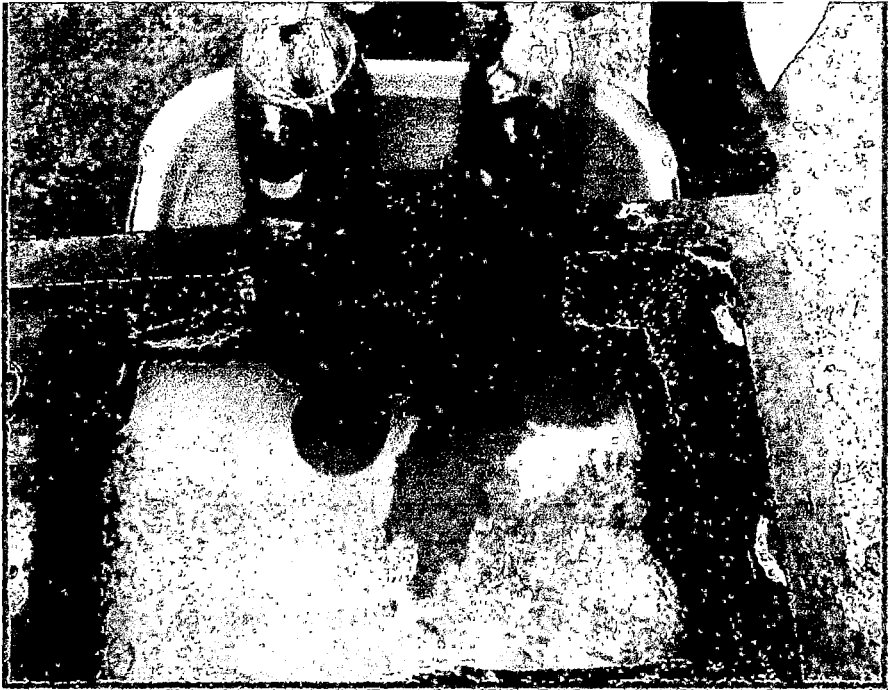
Las muestras para los análisis respectivos fueron tomadas del efluente acumulado del tratamiento con el Filtro Contenedor en un recipiente. En la Figura 6.20 se observa la forma de cómo se tomaron las muestras para su posterior traslado al laboratorio.



**Figura 6.20 Toma de muestras para posterior análisis en laboratorio**

Asimismo se recogió muestra en envases transparentes con la finalidad de mostrar una comparación del agua residual tratada con el Filtro Contenedor y los materiales retenidos que fueron retenidos por este último.

En las Figuras 6.21 y 6.22 se observan las muestras del agua residual tratada y la comparación con el material retenido dentro del Filtro Contenedor.



**Figura 6.21 Efluente recolectado y material retenido en el Filtro Contenedor**



**Figura 6.22 Vista de efluente recolectado**

## 6.5. La Prueba de Cono

Otra de las formas de realizar el ensayo y medir la eficiencia de remoción del Sistema de Tratamiento propuesto con el Filtro Contenedor es mediante la prueba del cono.

La prueba de cono es una prueba rápida y fácil para determinar que tan bien desagua un lodo en el Filtro Contenedor. La prueba está diseñada para evaluar la eficiencia en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del camal en estudio.

Con el material del Filtro Contenedor se formó una especie de cono por el cual se vertió el agua residual cruda, tal como se observa en la Figura 6.23.



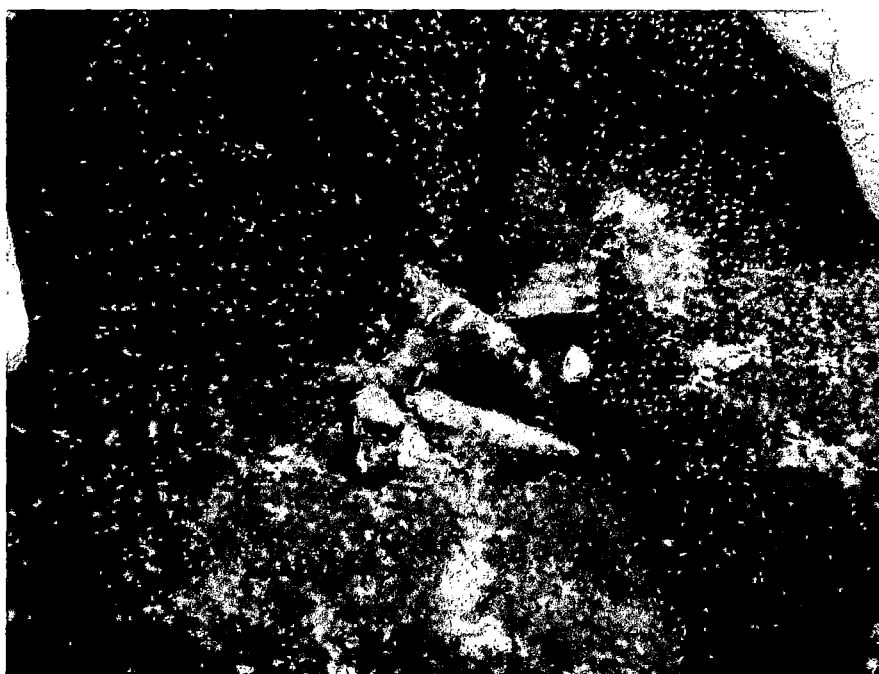
**Figura 6.23 Vista del Cono formado con el material del Filtro Contenedor**

El proceso es similar al realizado con el material en forma de almohadilla, descrito y mostrado anteriormente.

Al igual como sucedió con la experiencia descrita anteriormente, al inicio el filtrado es constante tal como se observa en las Figura 6.24, y a medida que se acumulan los sólidos retenidos, la salida de agua filtrada disminuye paulatinamente, por lo que se tiene que hacer presión (en este caso manualmente) para provocar que el agua residual filtrada siga saliendo y finalmente se logre retener una gran cantidad de sólidos.



**Figura 6.24 Vista de la salida de afluente del Cono**



**Figura 6.25 Vista de material retenido**





**Figura 6.26 Vista del material retenido**

El material retenido en este ensayo es tal como se observa en las Figuras 6.25 y 6.26. Dicha muestra del material retenido fue llevada al laboratorio para ser caracterizado con la finalidad de conocer la cantidad de materia orgánica e inorgánica que contiene dicho material retenido.

Los resultados del laboratorio arrojaron lo siguientes:

- Sólidos Fijos: 0.19mg/L
- Sólidos Volátiles: 4.09mg/L

Se sabe que los sólidos volátiles son, por lo general, productos orgánicos y los sólidos fijos, materia inorgánica o mineral.

Es así que se pudo constatar que el material retenido es mayoritariamente material orgánico representando el 95.56% del total, mientras que el material inorgánico, representado por los sólidos fijos, significan el 4.44% del total del material retenido.

## CAPÍTULO VII

### PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos del muestreo de los efluentes provenientes de los dos Reactores UASB y del Filtro Contenedor, ambos a escala piloto. A continuación se muestra la frecuencia de muestreo para los dos sistemas trabajados en la investigación:

**Tabla 7.1 Frecuencia de muestreo**

SISTEMA	LLENADO DE TANQUE DE ALMACENIMIENTO Y/O FILTRO CONTENEDOR	MUESTREO
Sistema de Tratamiento con Reactores UASB	Sábados	Miércoles – Jueves – Viernes
Sistema de Tratamiento con Filtros Contenedores	Sábados	Sábados

Fuente: Propias de la investigación

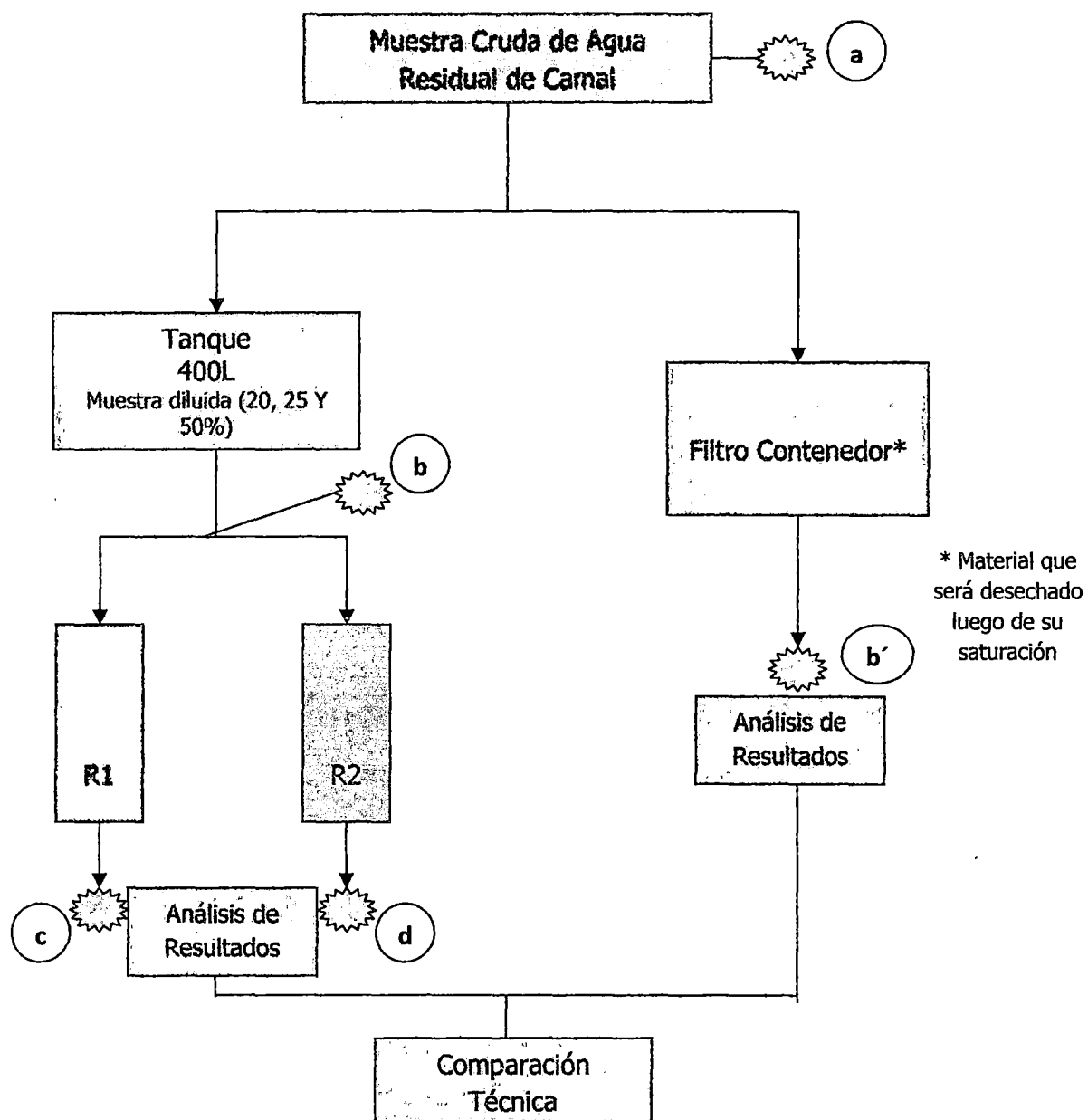
Nota: El periodo de muestreo corresponde principalmente para los parámetros de DBO y DQO.

Los puntos de muestreo para el sistema de tratamiento de con reactores UASB a escala piloto son los siguientes:

- Punto (a): Muestra Cruda del agua residual industrial, en la misma planta de beneficio.
- Punto (b): Entrada a los reactores UASB piloto del agua residual diluida.
- Punto (c): Salida del Efluente del Reactor UASB piloto N° 1.
- Punto (d): Salida del Efluente del Reactor UASB piloto N° 2.

Los puntos de muestreo para el sistema de tratamiento de con Filtros Contenedores son dos:

- Punto (a): Muestra Cruda del agua residual industrial, en la misma planta de beneficio.
- Punto (b'): Salida del Efluente del Filtro Contenedor.



 Puntos de Muestreo de los parámetros: DBO, DQO, Sólidos, Temperatura.

**Figura 7.1 Puntos de monitoreos para los sistemas de tratamiento**

Los días empleados en la investigación fueron de 130, siendo el último monitoreo para el Sistema de Tratamiento con Reactores UASB a escala Piloto el día N° 100 (12 de mayo del 2011-Parámetros DBO y DQO), mientras que el último monitoreo para el Sistema de Tratamiento con Filtros Contenedores se dio en el día N° 130 (11 de junio del 2011-Parámetro DBO).

**Tabla 7.2 Días de monitoreo para el Sistema de Tratamiento con Reactores UASB a escala Piloto**

N°	DÍA DE LA SEMANA	FECHA DE MONITOREO	N°	DÍA DE LA SEMANA	FECHA DE MONITOREO
1	Miércoles	02-feb	43	Miércoles	16-mar
2	Jueves	03-feb	44	Jueves	17-mar
3	Viernes	04-feb	45	Viernes	18-mar
8	Miércoles	09-feb	51	Jueves	24-mar
9	Jueves	10-feb	52	Viernes	25-mar
15	Miércoles	16-feb	64	Miércoles	06-abr
16	Jueves	17-feb	65	Jueves	07-abr
17	Viernes	18-feb	71	Miércoles	13-abr
22	Miércoles	23-feb	72	Jueves	14-abr
23	Jueves	24-feb	78	Miércoles	20-abr
24	Viernes	25-feb	86	Jueves	28-abr
29	Miércoles	02-mar	87	Viernes	29-abr
30	Jueves	03-mar	93	Jueves	05-may
36	Miércoles	09-mar	99	Miércoles	11-may
37	Jueves	10-mar	100	Jueves	12-may
38	Viernes	11-mar			

Fuente: Propias de la investigación

**Tabla 7.3 Días de monitoreo para el Sistema de Tratamiento con Filtros Contenedores**

<b>Nº</b>	<b>DÍA DE LA SEMANA</b>	<b>FECHA DE MONITOREO</b>
11	Sábado	12-feb
18	Sábado	19-feb
25	Sábado	26-feb
32	Sábado	05-mar
39	Sábado	12-mar
46	Sábado	19-mar
60	Sábado	02-abr
88	Sábado	30-abr
95	Sábado	07-may
102	Sábado	14-may
130	Sábado	11-jun

Fuente: Propias de la investigación

Teniendo en cuenta los puntos de monitoreo y los días de monitoreo a continuación se procedió a desarrollar el análisis de los resultados empezando con los resultados obtenidos del sistema de tratamiento con reactores UASB a escala piloto, luego los resultados obtenidos del sistema de tratamiento con Filtros Contenedores.

## **7.1. Resultados de Parámetros Bilógicos**

### **7.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es uno de los parámetros biológicos de mayor importancia para la determinación de eficiencias de remoción de materia orgánica. Se dio seguimiento de este parámetro en el tiempo que duro la investigación, tanto para los reactores UASB como para el Filtro Contenedor.

El análisis de este parámetro se realizó en el Laboratorio N°20 de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería Lima – Perú. Estos valores son los mostrados en el siguiente cuadro:

**Tabla 7.4 Resultados de DBO - Muestra Cruda**

DÍA N°	Fecha	DBO (mg/L) Muestra Cruda
1	02-feb	1730,98
4	05-feb	1881,54
11	12-feb	1894,86
18	19-feb	1814,98
25	26-feb	1789,21
32	05-mar	1204,19
39	12-mar	1828,63
46	19-mar	1899,24
60	02-abr	2121,43
67	09-abr	1748,50
78	20-abr	1317,24
85	27-abr	1000,24
88	30-abr	1421,74
95	07-may	1709,56
102	14-may	2369,36
130	11-jun	2188,80

Fuente: Resultados del análisis de DBO de la muestra cruda durante la investigación.

De la tabla 7.4 se observa que el menor valor de la muestra de DBO es de 1000.24 mg/L y corresponde para el día 85 de la investigación, uno de los factores que influyen en la DBO es la baja producción de vacunos para dicho día, igualmente el mayor valor de la DBO se da para el día 102 con un valor de 2369.36 mg/L esto se debe a la alta producción de la planta de beneficio.

Para todo el proceso de investigación se tiene un valor promedio de 1745.03 mg/L de valor de DBO para la muestra cruda.

**Tabla 7.5 Resultados de DBO – Tratamiento con Reactores UASB a escala Piloto**

DÍA N°	Fecha	DBO (mg/L) Muestra Diluida	DBO (mg/L) Efluente Reactor 1	DBO (mg/L) Efluente Reactor 2	Eficiencia de Remoción (1)%	Eficiencia de Remoción (2)%	Dilución
1	02-feb	433,87	262,33	270,21	39,54	37,72	25%
2	03-feb	425,72	266,89	269,99	37,31	36,58	25%
3	04-feb	421,25	279,13	283,25	33,74	32,76	25%
8	09-feb	471,51	283,27	335,47	39,92	28,85	25%
9	10-feb	457,07	277,51	301,69	39,28	33,99	25%
15	16-feb	474,84	278,19	275,15	41,41	42,05	25%
16	17-feb	473,55	265,14	260,00	44,01	45,10	25%
17	18-feb	471,68	255,17	256,00	45,90	45,73	25%
22	23-feb	454,87	270,58	274,62	40,51	39,63	25%
23	24-feb	456,54	210,20	223,25	53,96	51,10	25%
24	25-feb	460,87	196,20	201,11	57,43	56,36	25%
29	02-mar	502,20	173,90	185,64	65,37	63,03	25%
30	03-mar	444,07	151,30	158,92	65,93	64,21	25%
36	09-mar	113,00	40,16	48,23	64,46	57,32	20%
37	10-mar	112,33	39,21	47,00	65,09	58,16	20%
38	11-mar	110,45	36,24	44,13	67,19	60,05	20%
43	16-mar	258,41	67,50	82,53	73,88	68,06	20%
44	17-mar	255,8	65,30	70,77	74,47	72,33	20%
45	18-mar	242,6	60,67	65,00	74,99	73,21	20%
51	24-mar	481,72	183,16	180,00	61,98	62,63	25%
52	25-mar	474,69	180,00	175,15	62,08	63,10	25%
64	06-abr	424,83	160,31	200,27	62,26	52,86	25%
65	07-abr	390,74	140,12	175,97	64,14	54,96	25%
71	13-abr	438,25	150,94	210,57	65,56	51,95	25%
72	14-abr	349,77	112,43	165,00	67,86	52,83	25%
78	20-abr	326,77	114,60	155,00	64,93	52,57	50%
86	28-abr	500,87	151,23	231,96	69,81	53,69	50%
87	29-abr	488,08	130,30	212,81	73,30	56,40	50%
93	05-may	1185,43	224,54	415,24	81,06	64,97	50%
99	11-may	855,53	100,74	234,65	88,22	72,57	50%
100	12-may	720,26	56,04	166,67	92,22	76,86	50%

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

**Tabla 7.6 Resumen DBO – Tratamiento con Reactores UASB a escala Piloto**

PROCEDENCIA	DBO (mg/L)		
	MÍNIMO	MAXIMO	PROMEDIO
<b>CRUDO</b>	1000.24	2369.36	1745.03
<b>DILUCIÓN 20%</b>	110.45	258.41	182.10
<b>DILUCIÓN 25%</b>	349.77	502.20	447.79
<b>DILUCIÓN 50%</b>	326.77	1185.43	679.49
<b>EFLUENTE N°1 (20%)</b>	36.24	67.50	51.51
<b>EFLUENTE N°1 (25%)</b>	112.43	283.27	215.62
<b>EFLUENTE N°1 (50%)</b>	56.04	224.54	129.58
<b>EFLUENTE N°2 (20%)</b>	44.13	82.53	59.61
<b>EFLUENTE N°2 (25%)</b>	158.92	335.47	231.70
<b>EFLUENTE N°2 (50%)</b>	155.00	415.24	129.58

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

Nota: La dilución se realizó con agua fresca.

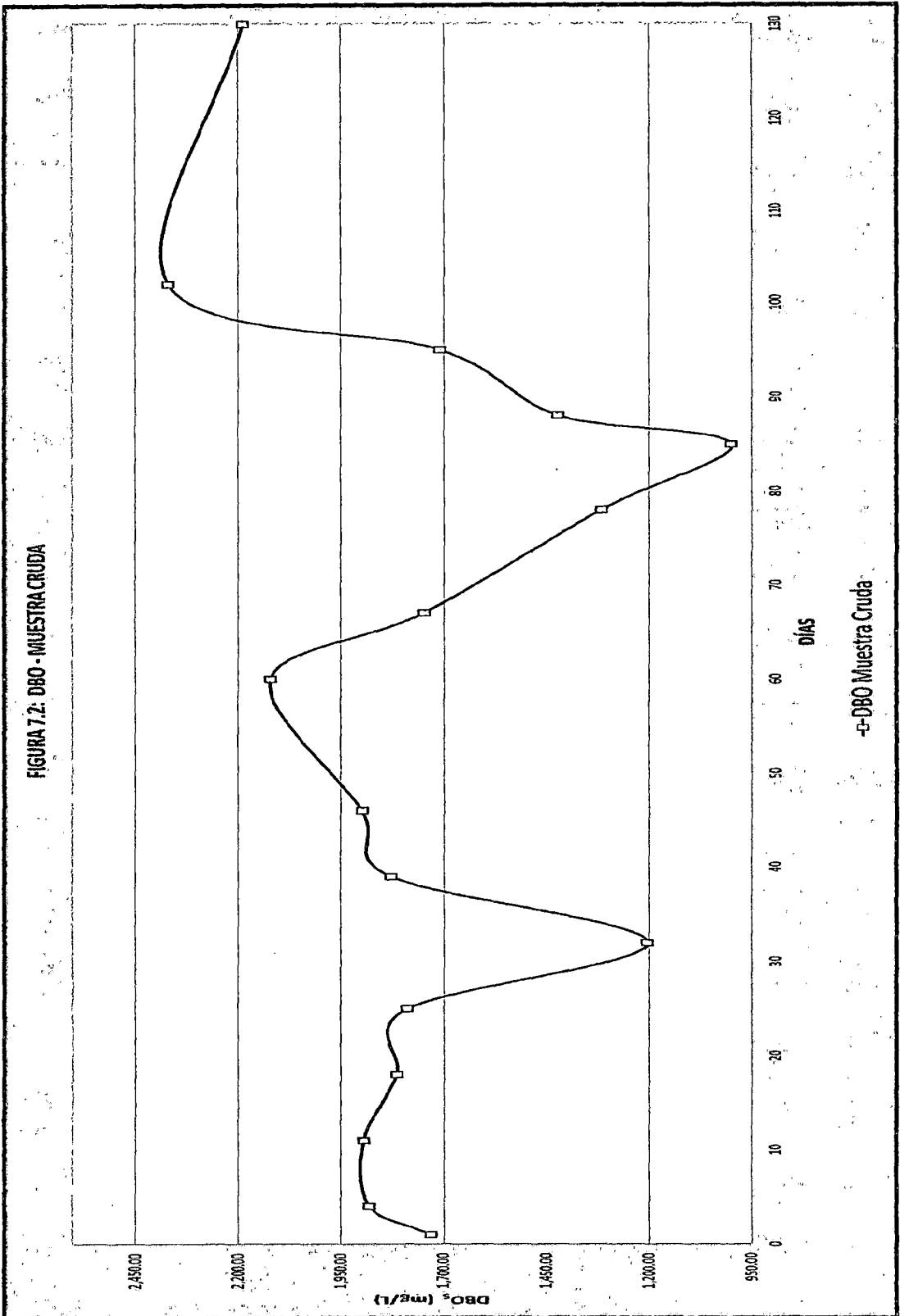
A continuación se muestra gráficamente la variación de la DBO durante el tiempo que duro la investigación de las siguientes muestras:

- Muestra cruda de agua residual
- Muestra diluida de agua residual
- Efluente de los Reactores
- Efluente del Filtro contenedor

Asimismo se representa el comportamiento de las eficiencias de ambas tecnologías propuestas para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del Camal.



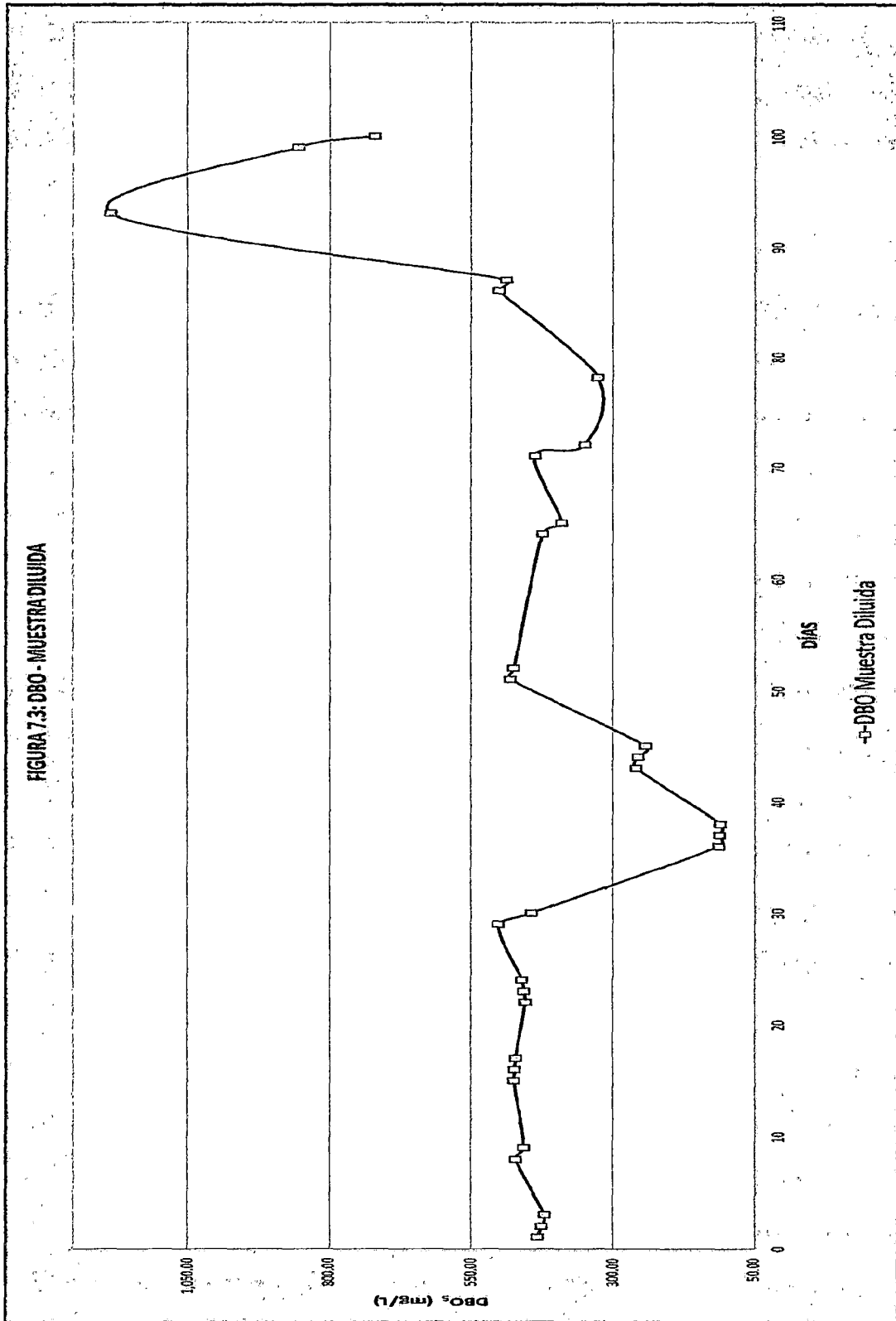
FIGURA 7.2: DBO - MUESTRA CRUDA



-G- DBO Muestra Cruda

Analizando la figura 7.2 se observa la variación de la DBO de la muestra cruda (sin diluir) en el tiempo total de la investigación, teniendo la mínima medida de 1000.24 mg/L para el día 85 (27-abr) de la investigación y la máxima de 2369.36 mg/L para el día 102 (14-may) de la investigación.

El valor promedio de DBO de la muestra cruda de la planta de beneficio Corporación La Esmeralda es de 1745.03 mg/L. La concentración de la muestra cruda no es constante, presenta diferentes valores en todo el periodo de investigación debido a la variabilidad, diaria y horaria, de materia orgánica contenida en el afluente industrial por la matanza de reses y cerdos.



En la figura 7.3 se observa la variación de la DBO de la muestra diluida, la cual se llevó a cabo tal como se muestra la siguiente tabla:

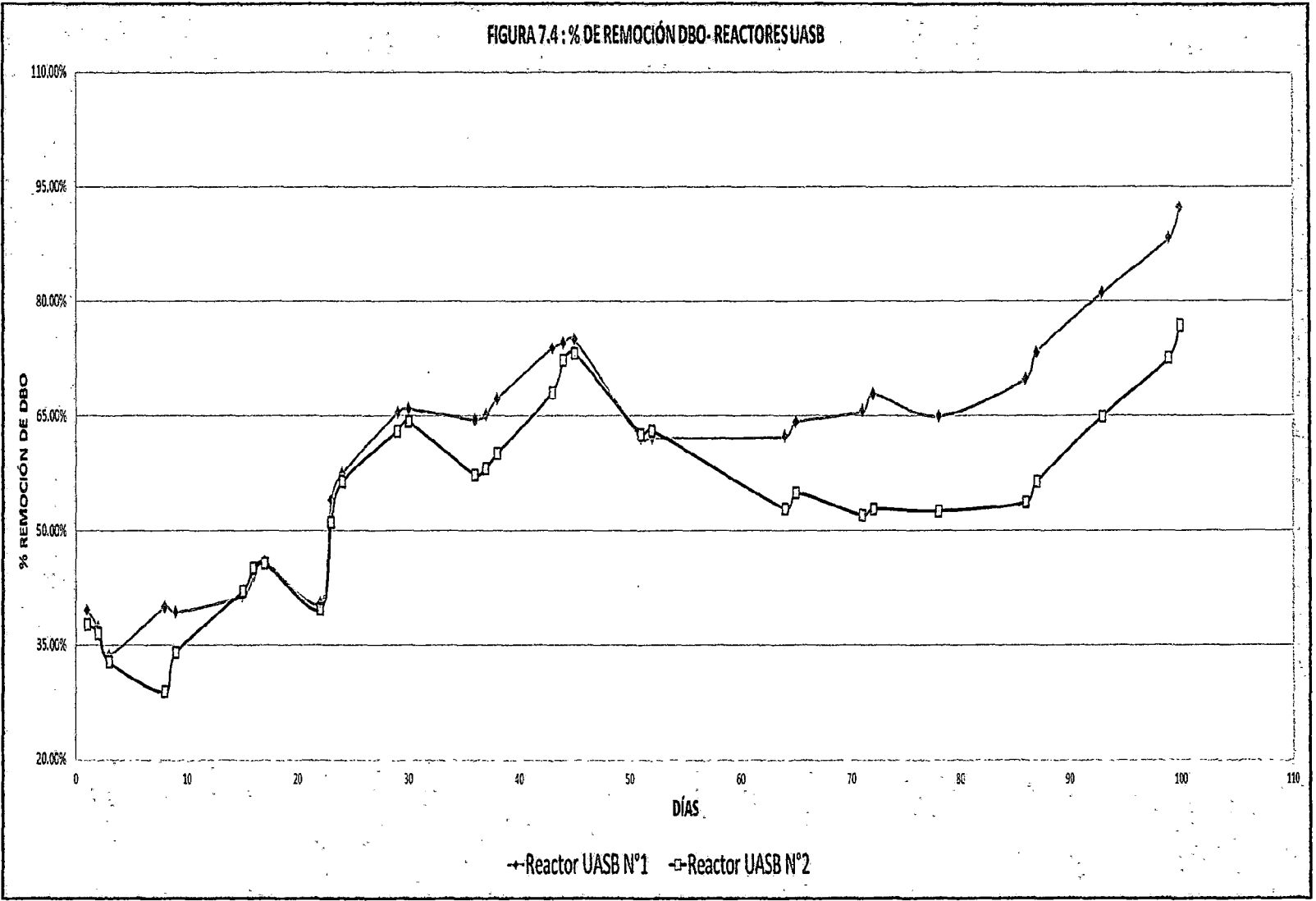
**Tabla 7.7 Dilución de la Muestra Cruda**

DÍAS	DILUCIÓN
1 al 30	25%
36 al 45	20%
51 al 72	25%
78 al 100	50%

Fuente: Propias de la investigación

Una de las condiciones de la investigación fue que la muestra diluida se quedaba almacenada en el tanque de 400 litros durante un periodo de 7 días. Es así que el tanque de almacenamiento funcionó como un sedimentador, añadiendo al proceso un pre tratamiento; es por eso que, en la figura 7.3 y/o Tabla 7.5, se observan una ligera disminución de la DBO de la muestra diluida en cada periodo de llenado del tanque, debido principalmente, al pre tratamiento de sedimentación en el tanque.

En la figura 7.4 se observa la variación de la remoción de la DBO de los reactores N°1 y N°2. Estos valores de remoción varían de acuerdo a la dilución



de la muestra cruda, siendo las diluciones utilizadas para la presente investigación de 20%, 25% y 50%.

**Tabla 7.8 Remoción de DBO de los Reactores UASB**

REACTOR	DILUCIÓN %	EFICIENCIA DE REMOCIÓN %		
		MÍN	MÁX	PROM
Nº1	20	64.46	74.99	70.01
	25	33.74	67.86	52.01
	50	64.93	92.22	78.26
Nº2	20	57.32	73.21	64.85
	25	28.85	64.21	48.18
	50	52,57	76,86	62,84

Fuente: Resultados de cálculos de remoción

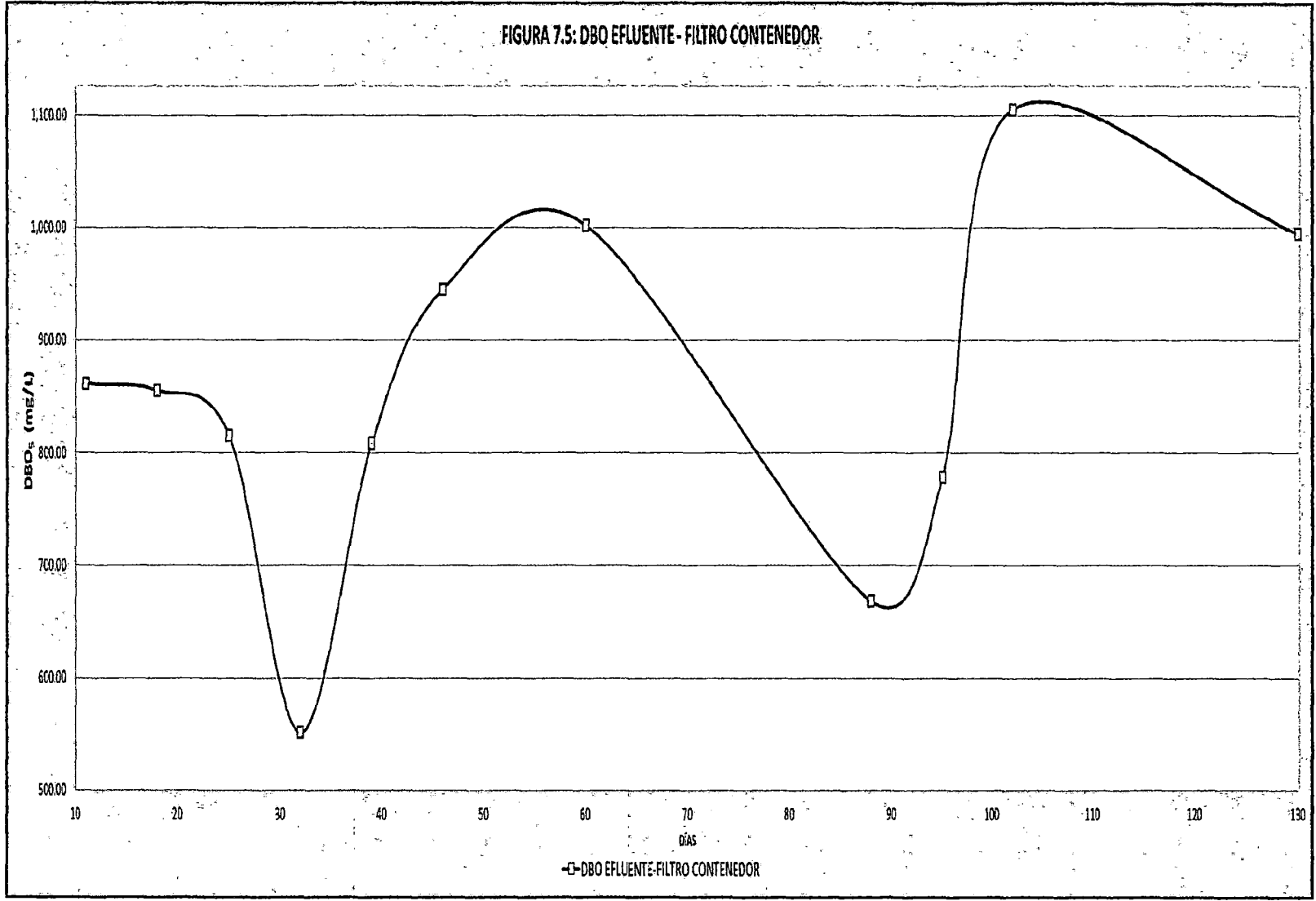
La mínima remoción de DBO para el reactor Nº1 se da en el día 3 de la investigación y tiene un valor de 33.74% para una dilución del 25% y la máxima remoción de DBO se da en el día 100 de la investigación y tiene un valor de 92.22% para una dilución del 50%.

La mínima remoción de DBO para el reactor Nº2 se da en el día 8 de la investigación y tiene un valor de 28.85% para una dilución del 25% y la máxima remoción de DBO se da en el día 100 de la investigación y tiene un valor de 76.86% para una dilución del 50%.

La remoción promedio de DBO para el reactor Nº1 es de 60.58% mientras para el reactor Nº2 es de 54.25%.

La tasa de aplicación de la muestra diluida, en toda la investigación, fue constante de un valor de 40 mL/min, tasa de aplicación de 20 mL/min para cada reactor.

FIGURA 7.5: DBO EFLUENTE-FILTRO CONTENEDOR



En la figura 7.5 para el día 32 se tiene el menor valor de la DBO del efluente con un valor de 551.21 mg/L y para el día 102 se tiene el mayor valor de DBO del efluente de 1105.23 mg/L, teniendo en promedio un valor de 853.40 mg/L de valor de DBO del efluente.

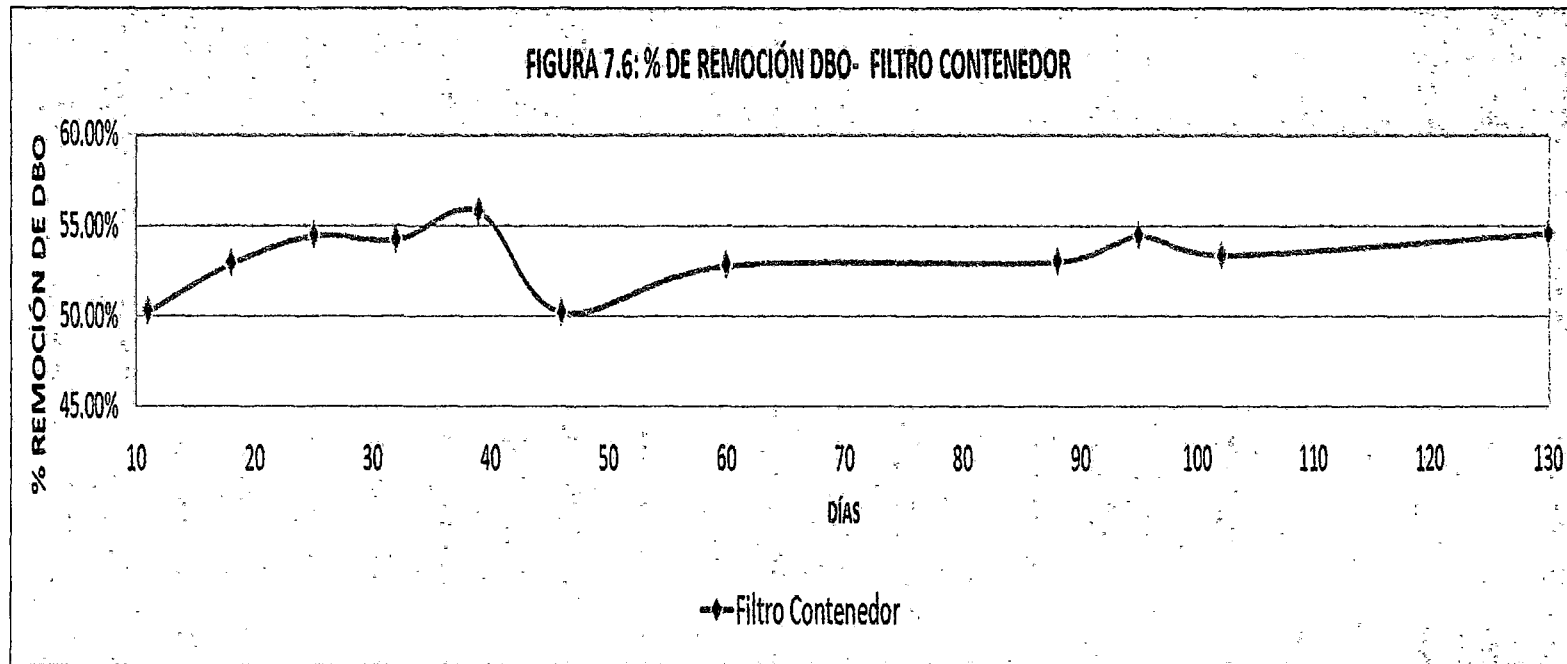
**Tabla 7.9 Valores de DBO – Sistema de tratamiento con Filtro Contenedor**

PROCEDENCIA	DBO (mg/L)		
	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
<b>CRUDO</b>	1204.19	2369.36	1825.28
<b>EFLUENTE</b>	551.21	1105.23	853.40

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

Se realizaron 11 pruebas para el Filtro Contenedor, se tomó la decisión de no realizar más pruebas debido a que no se observó una variación considerable en el valor de la remoción promedio del 53.26% (Figura 7.6).





En la figura 7.6 se observa la variación de la remoción de la DBO del filtro contenedor. Estos valores de remoción varían de acuerdo a cada día de realizado los análisis.

**Tabla 7.10 Resultados de DBO del Filtro Contenedor**

DIA N°	Fecha	DBO (mg/L) Muestra Cruda	DBO (mg/L) Efluente	Eficiencia de Remoción %
11	12-feb	1730.98	861.45	50.23
18	19-feb	1814.98	855.51	52.86
25	26-feb	1789.21	815.54	54.42
32	05-mar	1204.19	551.21	54.23
39	12-mar	1828.63	808.97	55.76
46	19-mar	1899.24	945.67	50.21
60	02-abr	2121.43	1002.08	52.76
88	30-abr	1421.74	668.28	53.00
95	07-may	1709.56	778.54	54.46
102	14-may	2369.36	1105.23	53.35
130	11-jun	2188.8	994.87	54.55

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

La máxima eficiencia de remoción de DBO registrada fue de 55.76% y la mínima de 50.21%.

La remoción promedio de DBO para el filtro contenedor es de 53.26%. La tasa de aplicación de la muestra cruda es variable en toda la investigación, y se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 7.11 Tasas de aplicación al Filtro Contenedor**

Altura de caída del agua residual (cm)	Tasas de aplicación (ml/s)
130	50.00
142	35.71
154	41.67

Fuente: Propia de la investigación, la altura de caída de agua comprende la diferencia entre la cota de salida del recipiente alimentador y del ingreso del agua residual al filtro contenedor

### 7.1.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

El seguimiento de la DQO se realizó una vez por semana en el tiempo que duró la investigación, para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

El análisis de este parámetro se realizó en el Laboratorio N°20 de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería Lima – Perú.

**Tabla 7.12 Resultados de DQO - Muestra Cruda**

DÍA N°	Fecha	DQO (mg/L) Muestra Cruda
1	02-feb	4986.39
4	05-feb	4878.70
11	12-feb	4852.23
18	19-feb	4158.98
25	26-feb	4205.87
32	05-mar	4010.21
39	12-mar	3852.00
46	19-mar	3900.47
60	02-abr	6540.00
67	09-abr	4587.15
78	20-abr	3260.00
85	27-abr	3578.91
88	30-abr	6560.00
95	07-may	4316.00

Fuente: Propia de la investigación

**Tabla 7.13 Resultados de DQO – Sistema de tratamiento con Reactores UASB**

DÍA N°	Fecha	DQO (mg/L) Muestra Diluida	DQO (mg/L) Efluente Reactor 1	DQO (mg/L) Efluente Reactor 2	Eficiencia de Remoción (1)%	Eficiencia de Remoción (2)%	Dilución
1	02-feb	1800,00	1358,87	1330,21	24,51	26,10	25%
8	09-feb	2040,00	635,00	727,50	68,87	64,34	25%
16	17-feb	1960	424,00	396,00	78,37	79,80	25%
23	24-feb	1100	352,00	424,00	68,00	61,45	25%
30	03-mar	2240	508,00	1288,00	77,32	42,50	25%
36	09-mar	380	216,00	238,00	43,16	37,37	20%
43	16-mar	700	188,00	208,00	73,14	70,29	20%
51	24-mar	1640	624,00	764,00	61,95	53,41	25%
65	07-abr	1380	652,00	1091,00	52,75	20,94	25%
72	14-abr	2760	500,00	640,00	81,88	76,81	25%
78	20-abr	960	332,00	312,00	65,42	67,50	50%
86	28-abr	2000	500,00	728,00	75,00	63,60	50%
93	05-may	2600	280,00	380,00	89,23	85,38	50%
100	12-may	2158	867,00	456,00	59,82	78,87	50%

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

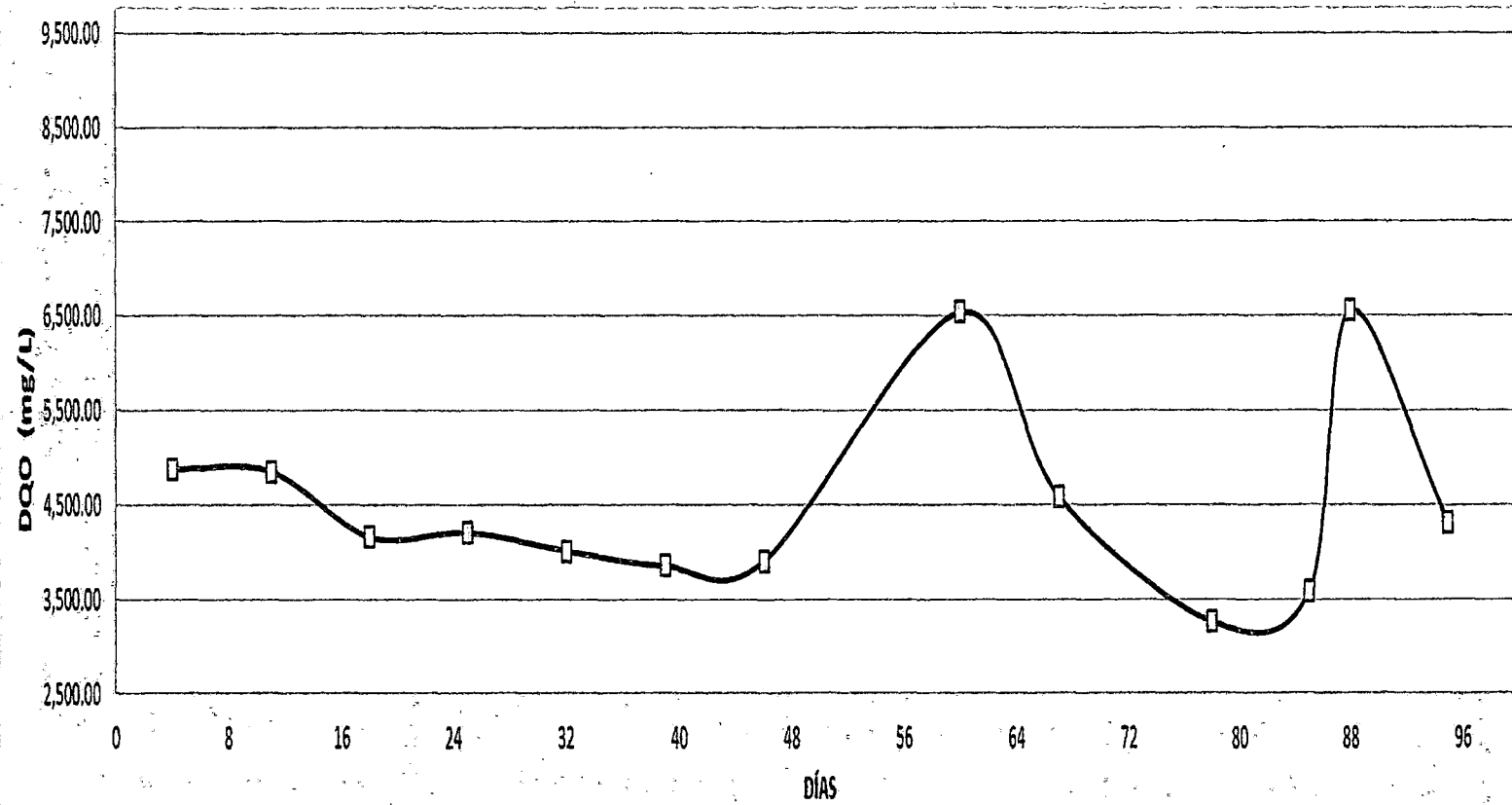
**Tabla 7.14 Valores de DQO – Sistema de tratamiento con Reactores UASB**

PROCEDENCIA	DQO (mg/L)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
CRUDO	3260.00	6650.00	4515.42
DILUCIÓN 20%	380.00	700.00	540.00
DILUCIÓN 25%	1100.00	2760.00	1865.00
DILUCIÓN 50%	960.00	2600.00	1929.50
EFLUENTE N°1 (20%)	188.00	216.00	202.00
EFLUENTE N°1 (25%)	352.00	1358.87	631.73
EFLUENTE N°1 (50%)	280.00	867.00	494.74
EFLUENTE N°2 (20%)	208.00	238.00	223.00
EFLUENTE N°2 (25%)	396.00	1330.21	832.59
EFLUENTE N°2 (50%)	312.00	728.00	469.00

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

Nota: La dilución se realizó con agua fresca.

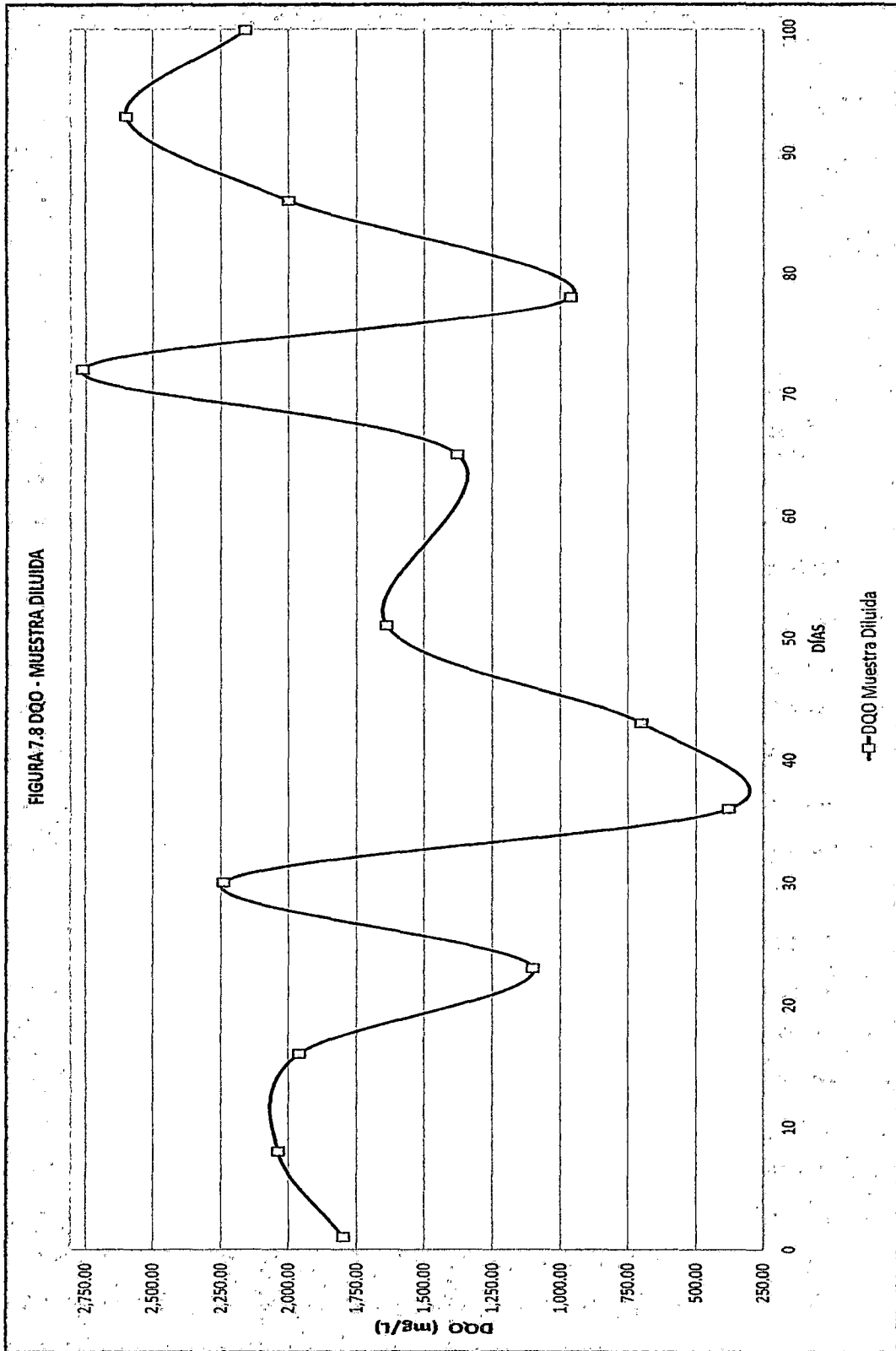
FIGURA 7.7 DQO - MUESTRA CRUDA



□-DQO Muestra Cruda

Analizando la figura 7.7 se observa la variación de la DQO de la muestra cruda (sin diluir) en el tiempo total de la investigación, teniendo la mínima medida de 3260 mg/L para el día 78 (20-abr) de la investigación y la máxima de 6560 mg/L para el día 88 de la investigación (30-abr), este valor máximo se da por la alta concentración de materia orgánica capaz de ser oxidada.

El valor promedio de DQO de la muestra cruda de la planta de beneficio Corporación La Esmeralda es de 4515.42 mg/L. La variación de la muestra cruda no es constante, presenta diferentes valores en todo el periodo de investigación esto debido a la variabilidad de la materia orgánica contenida en el afluente industrial por la matanza de reses y cerdos; a pesar que las muestras se recolectaban los días sábados de cada semana; el valor no es constante para un mismo día.



En la figura 7.8 se observa la variación de la DQO de la muestra diluida. La dilución se llevó a cabo tal como se muestra la siguiente tabla:

**Tabla 7.15 Dilución de la Muestra Cruda**

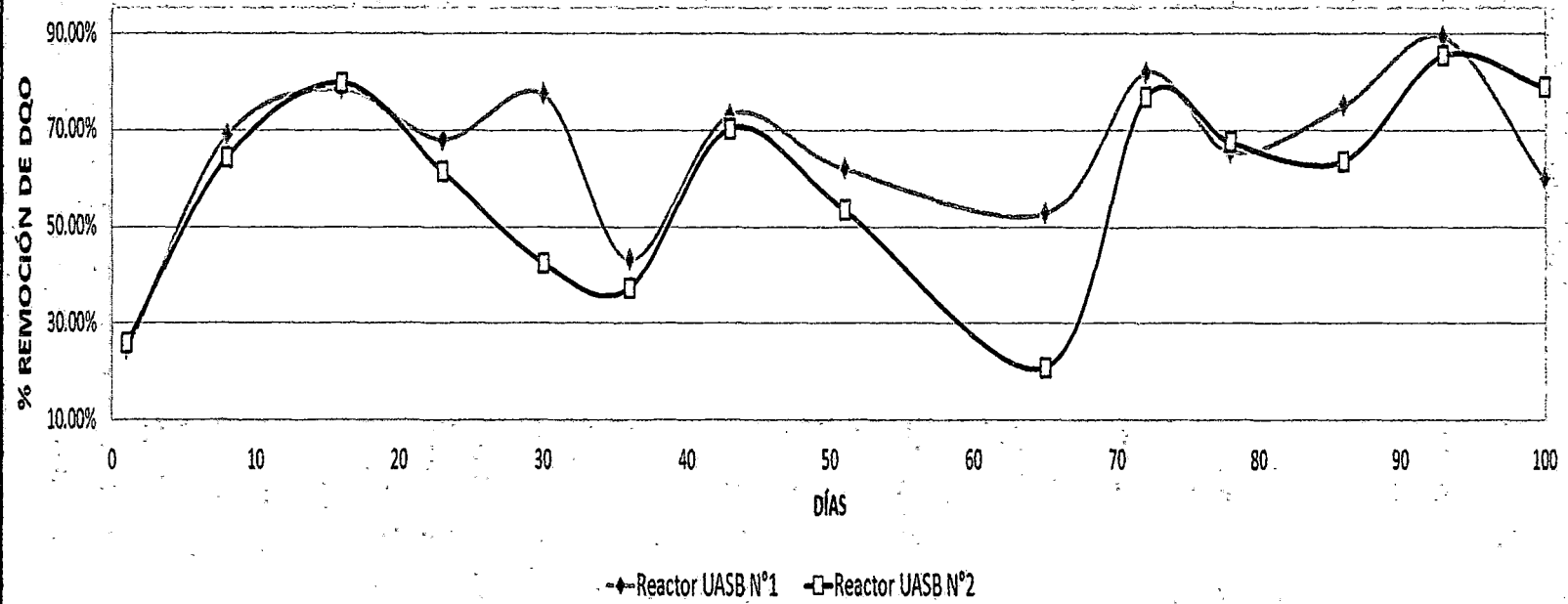
DÍAS	DILUCIÓN
1 al 30	25%
36 al 43	20%
51 al 72	25%
78 al 100	50%

Fuente: Propias de la investigación

Una de las condiciones de la investigación es que la muestra diluida se quedaba en el tanque de almacenamiento de 400 litros durante un periodo de 7 días, el tanque de almacenamiento funcionó como un tanque sedimentador añadiendo al proceso de tratamiento un pre tratamiento. La DQO disminuye en días consecutivos debido a este pre tratamiento.



FIGURA 7.9% DE REMOCIÓN DE DQO - REACTORES UASB



En la figura 7.9 se observa la variación de la remoción de la DQO los reactores N°1 y N°2, los valores de remoción varían de acuerdo a la dilución de la muestra cruda, por ejemplo si queremos llenar un tanque de 100 litros a una dilución del 25% tendremos 25 litros de muestra cruda y 75 litros de agua fresca, para la investigación se utilizó un tanque de almacenamiento de 400 litros, los resultados obtenidos son:

**Tabla 7.16 Remoción de DQO de los Reactores UASB**

REACTOR	DILUCIÓN %	EFICIENCIA DE REMOCIÓN %		
		MÍN	MÁX	PROM
N°1	20	43.16	73.14	58.15
	25	24.51	81.88	64.21
	50	59.82	89.23	72.37
N°2	20	37.37	70.29	53.83
	25	20.94	79.80	53.17
	50	63.60	85.38	73.84

Fuente: Resultados de cálculos de remoción

La mínima remoción de DQO para el reactor N°1 se da en el día 1 (02-feb) de la investigación y tiene un valor de 24.51% para una dilución del 25% y la máxima remoción de DQO se da en el día 93 (05-may) de la investigación y tiene un valor de 89.23% para una dilución del 50%.

La mínima remoción de DQO para el reactor N°2 se da en el día 65 (07-abr) de la investigación y tiene un valor de 20.94% para una dilución del 25% y la máxima remoción de DQO se da en el día 93 (05-may) de la investigación y tiene un valor de 85.38% para una dilución del 50%.

La remoción promedio de DQO para el reactor N°1 es de 65.67% mientras para el reactor N°2 es de 59.17%.

La tasa de aplicación de la muestra diluida, en toda la investigación, fue constante de un valor de 40 mL/min, tasa de aplicación de 20 mL/min para cada reactor.

Analizando al Filtro Contenedor se tiene:

**Tabla 7.17 Resultados de DQO del Filtro Contenedor**

DIA N°	Fecha	DQO (mg/L) Muestra Cruda	DQO (mg/L) Efluente	Eficiencia de Remoción %
11	12-feb	4852.23	1754.20	63.85
18	19-feb	4158.98	1698.24	59.17
25	26-feb	4205.87	1569.00	62.69
32	05-mar	4010.21	1602.00	60.05
39	12-mar	3852.00	1597.00	58.54
46	19-mar	3900.47	1502.00	61.49
65	02-abr	6540.00	2312.00	64.65
72	09-abr	4587.15	1695.20	63.04
83	20-abr	3260.00	1304.00	60.00
90	27-abr	3578.91	1507.90	57.87
93	30-abr	6560.00	2803.00	57.27

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

**Tabla 7.18 Valores de DQO – Sistema de tratamiento con Filtro Contenedor**

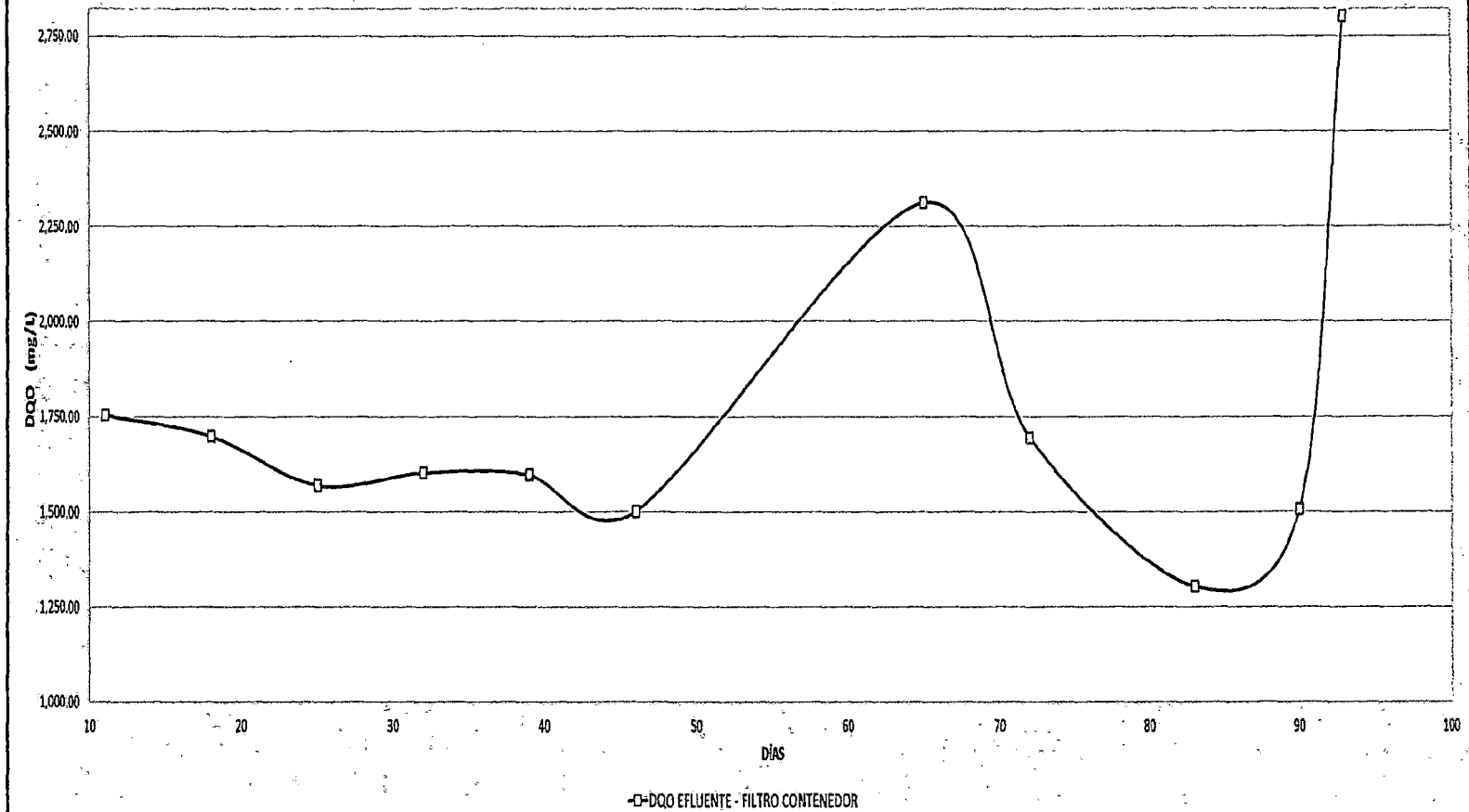
PROCEDENCIA	DQO (mg/L)		
	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
CRUDO	3260.00	6560.00	4549.07
EFLUENTE	1304.00	2803.00	1758.59

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

Se realizaron 11 pruebas para el Filtro Contenedor, para el día 83 (20-abr) se tiene el menor valor de la DQO del efluente con un valor de 1304.00 mg/L y para el día 93 (30-abr) se tiene el mayor valor de DQO del efluente de 2803.00 mg/L, teniendo en promedio un valor de 1758.59 mg/L de valor de DQO del efluente.

El mayor valor de eficiencia de remoción de DQO fue de 64.65% y el menor de 57.27% siendo el valor de la remoción promedio del 60.78% de DQO.

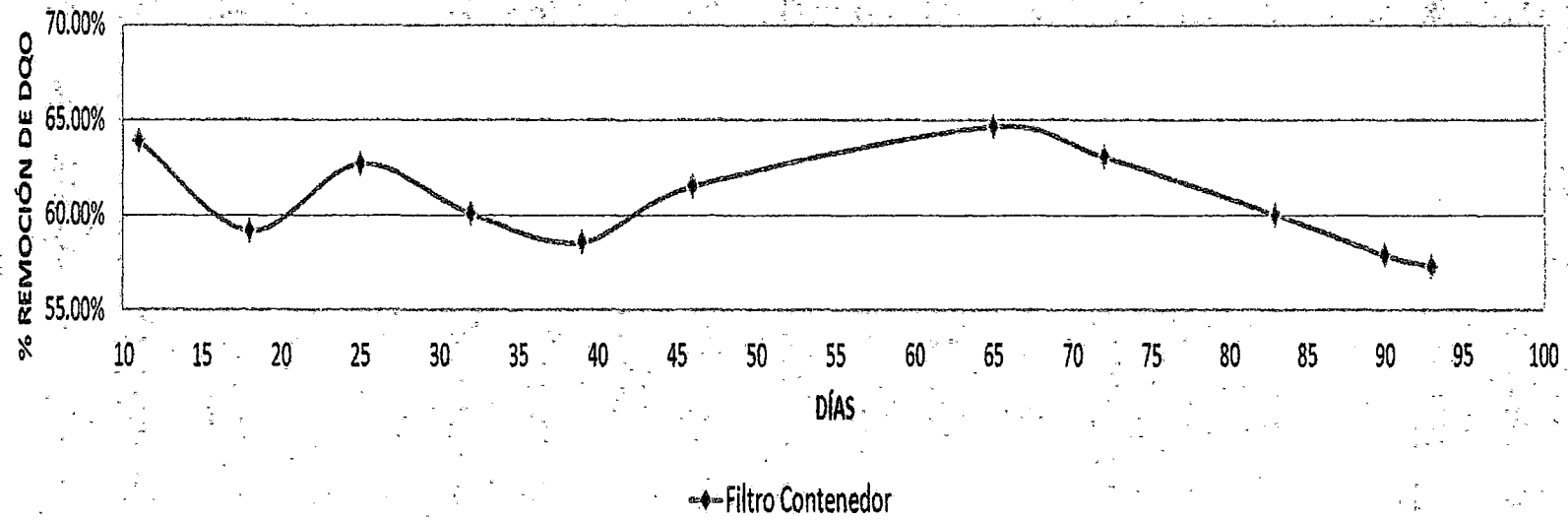
FIGURA 7.10 DQO EFLUENTE - FILTRO CONTENEDOR



Analizando la figura 7.10 se observa la variación de la DQO de la muestra cruda en el tiempo total de la investigación, teniendo la mínima medida de 3260 mg/L para el día 78 (20-abr) de la investigación y la máxima de 6560 mg/L para el día 88 de la investigación (30-abr), este valor máximo se da por la alta concentración de materia orgánica capaz de ser oxidada.

El valor promedio de DQO de la muestra cruda de la planta de beneficio Corporación La Esmeralda es de 4549.07 mg/L. La variación de la muestra cruda no es constante, presenta diferentes valores en todo el período de investigación esto debido a la variabilidad de la materia orgánica contenida en el afluente industrial por la matanza de reses y cerdos; a pesar que las muestras se recolectaban los días sábados de cada semana; el valor no es constante para un mismo día.

FIGURA 7.11 % DE REMOCIÓN DQO - FILTRO CONTENEDOR



Analizando la figura 7.11, la mínima remoción de DQO para el filtro contenedor se da en el día 93 de la investigación y tiene un valor de 57.27%, la máxima remoción de DQO se da en el día 65 de la investigación y tiene un valor de 64.65%.

El valor promedio de remoción de DQO del filtro contenedor en el periodo de la investigación fue de 60.78%.

La tasa de aplicación al filtro contenedor, en toda la investigación, tuvo un valor promedio de 42.46 ml/s.

## 7.2. Resultados de Parámetros Físico – Químicos

El análisis de este parámetro también se realizó en el Laboratorio N°20 de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería.

### 7.2.1. Sólidos Totales

La medición de los Sólidos Totales se realizó cinco (05) veces, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.19 Resultados de Sólidos Totales – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/l)</b>						
<b>Día N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra Diluida</b>	<b>Efluente Reactor 1 (Naranja)</b>	<b>Efluente Reactor 2 (Negro)</b>	<b>% Eficiencia Reactor 1</b>	<b>% Eficiencia Reactor 2</b>
76	18-abr	3811	2248	2080	41.01	45.42
83	25-abr	3685	2167	2049	41.19	44.40
93	05-may	3844	2380	2238	38.09	41.78
100	12-may	4142	2491	2465	39.86	40.49
102	14-may	3548	2632	2528	25.82	28.75

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.20 Resumen de Sólidos Totales – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>SÓLIDOS TOTALES (mg/L)</b>		
	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Muestra Diluida</b>	3548	4142	3806
<b>Efluente N°1</b>	2167	2632	2384
<b>Efluente N°2</b>	2049	2528	2272
<b>% Eficiencia N°1</b>	25.82	41.19	37.19
<b>% Eficiencia N°2</b>	28.75	45.42	40.17

Fuente: Resultados de análisis de las muestras.

Nota: La dilución se realizó con agua fresca.



A continuación se muestra gráficamente la variación de la concentración de los Sólidos Totales y su remoción en relación al tiempo, asimismo se representa el valor de las eficiencias en el transcurso del tiempo.

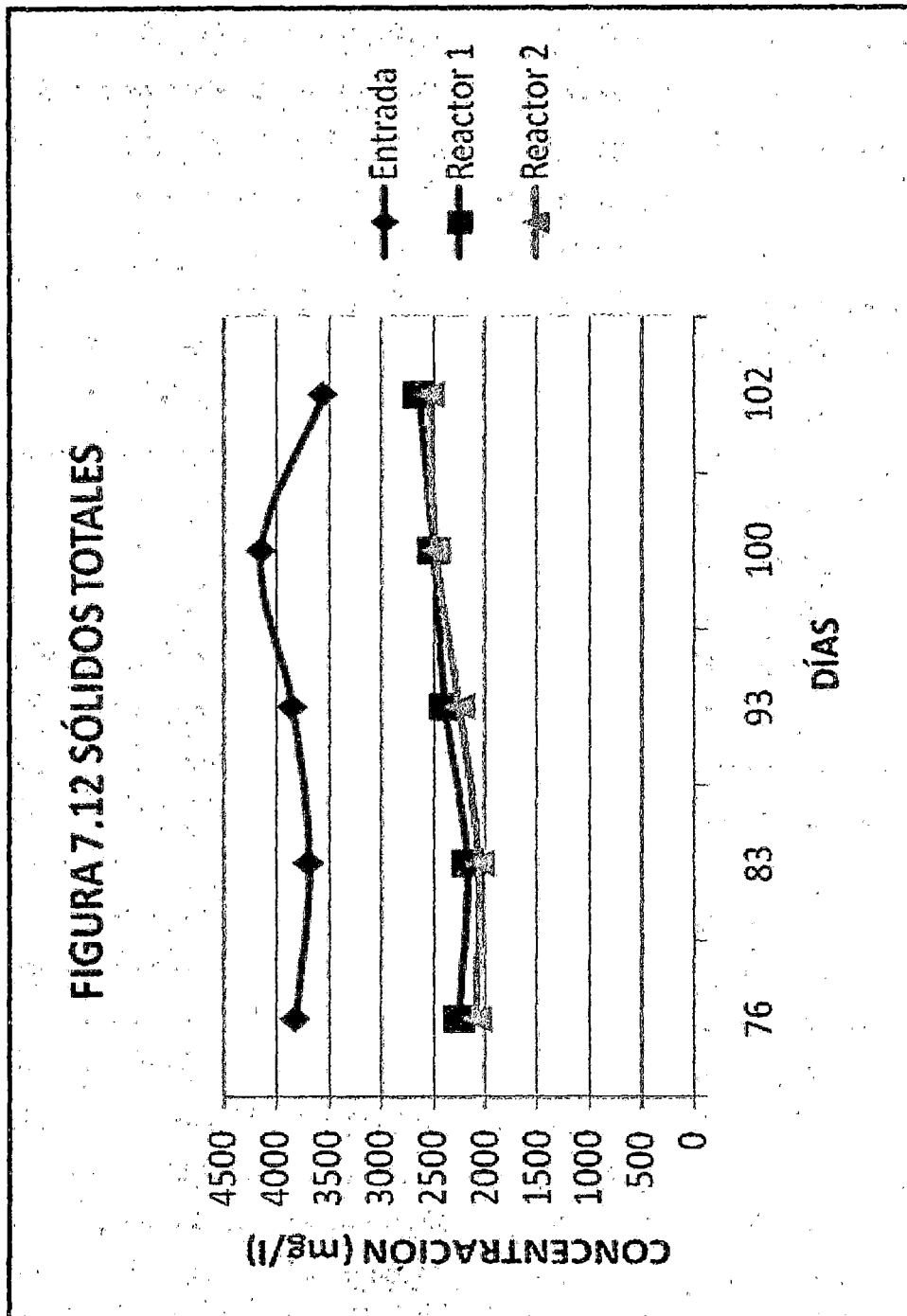
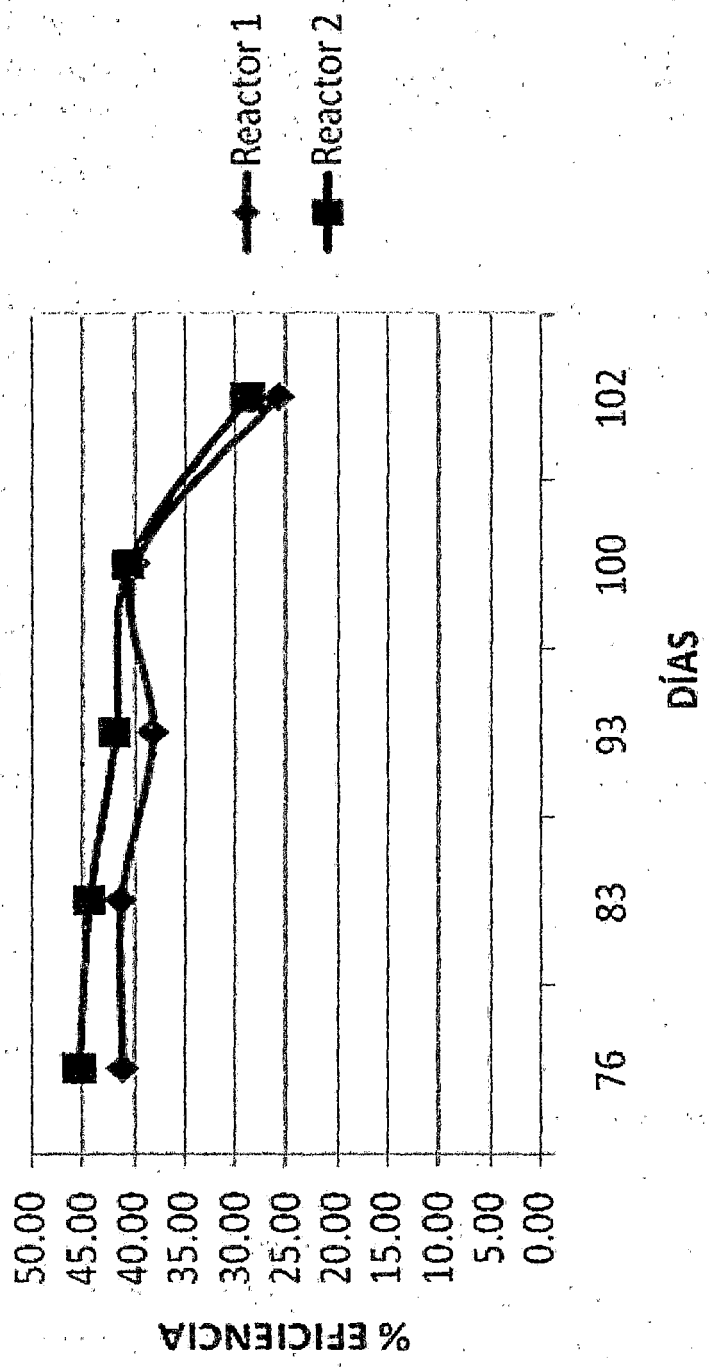


FIGURA 7.13 SÓLIDOS TOTALES



### 7.2.2. Sólidos Fijos

La medición de los Sólidos Fijos se realizó cinco (05) veces, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.21 Resultados de Sólidos Fijos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>SÓLIDOS FIJOS (mg/l)</b>						
<b>Día N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra Diluida</b>	<b>Efluente Reactor 1 (Naranja)</b>	<b>Efluente Reactor 2 (Negro)</b>	<b>% Eficiencia Reactor 1</b>	<b>% Eficiencia Reactor 2</b>
76	18-abr	2756	1640	1516	40.49	44.99
83	25-abr	2208	1382	1244	37.41	43.66
93	05-may	2636	1588	1580	39.76	40.06
100	12-may	2356	1346	1401	42.87	40.53
102	14-may	2308	2220	2176	3.81	5.72

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.22 Resumen de Sólidos Fijos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>SÓLIDOS FIJOS (mg/L)</b>		
	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Muestra Diluida</b>	2208	2756	2453
<b>Efluente N°1</b>	1346	2220	1635
<b>Efluente N°2</b>	1244	2176	1583
<b>% Eficiencia N°1</b>	3.81	42.87	32.87
<b>% Eficiencia N°2</b>	5.72	44.99	34.99

A continuación se muestra gráficamente la variación de la concentración de los Sólidos Fijos y su remoción en relación al tiempo, asimismo se representa el comportamiento de las eficiencias.

FIGURA 7.14 SÓLIDOS FIJOS

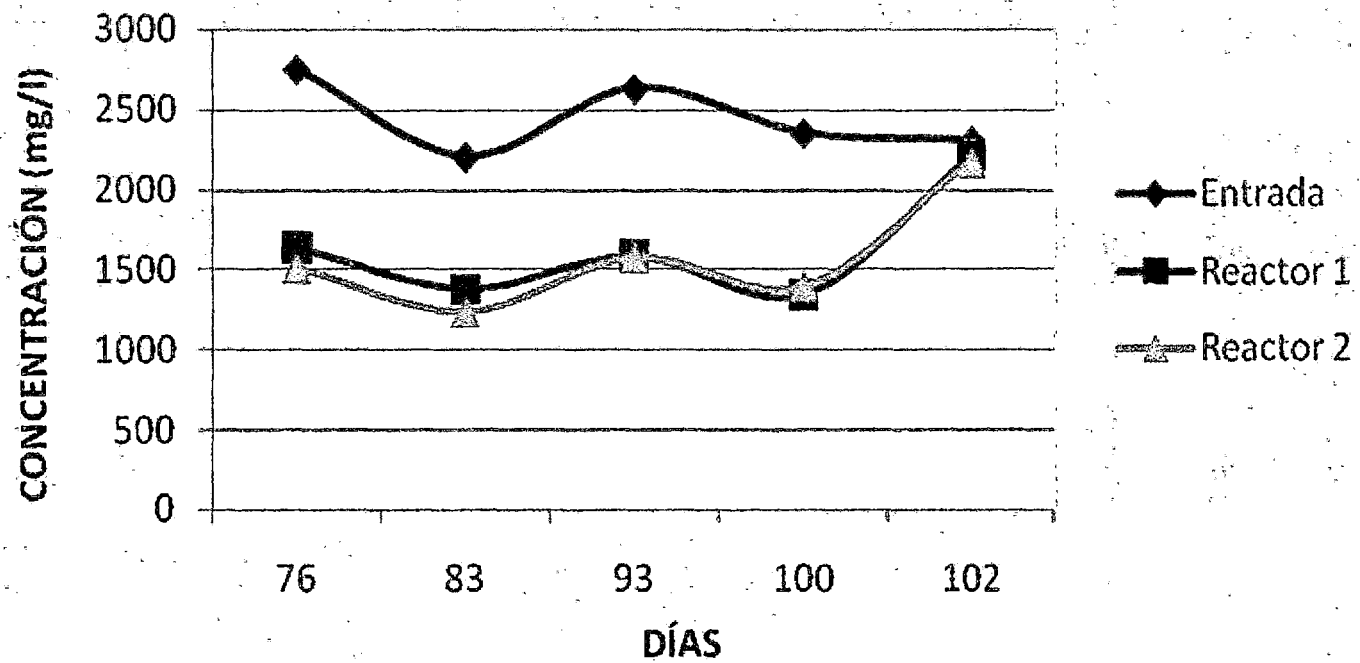
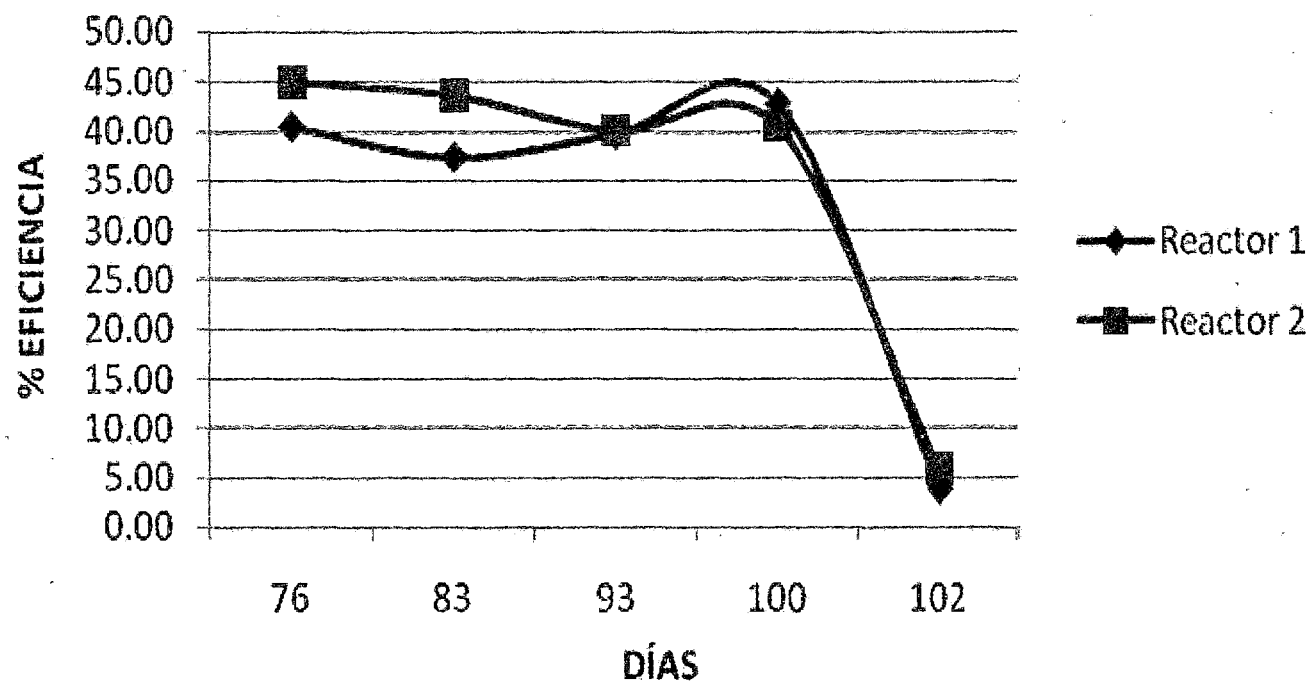


FIGURA 7.15 SÓLIDOS FIJOS



### 7.2.3. Sólidos Volátiles

La medición de los Sólidos Fijos se realizó cinco (05) veces, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.23 Resultados de Sólidos Volátiles – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/l)</b>						
<b>Día N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra Diluida</b>	<b>Efluente Reactor 1 (Naranja)</b>	<b>Efluente Reactor 2 (Negro)</b>	<b>% Eficiencia Reactor 1</b>	<b>% Eficiencia Reactor 2</b>
76	18-abr	1055	608	564	42.37	46.54
83	25-abr	1477	785	805	46.85	45.50
93	05-may	1208	792	658	34.44	45.53
100	12-may	1786	1145	1064	35.89	40.43
102	14-may	1240	412	352	66.77	71.61

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.24 Resumen de Sólidos Volátiles – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/L)</b>		
	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Muestra Diluida</b>	1055	1786	1353
<b>Efluente N°1</b>	412	1145	748
<b>Efluente N°2</b>	352	1064	689
<b>% Eficiencia N°1</b>	34.44	66.77	45.26
<b>% Eficiencia N°2</b>	40.43	71.61	49.92

A continuación se muestra gráficamente la variación de la concentración de los Sólidos Volátiles y su remoción en relación al tiempo, asimismo se representa el comportamiento de las eficiencias.

FIGURA 7.16 SÓLIDOS VOLÁTILES

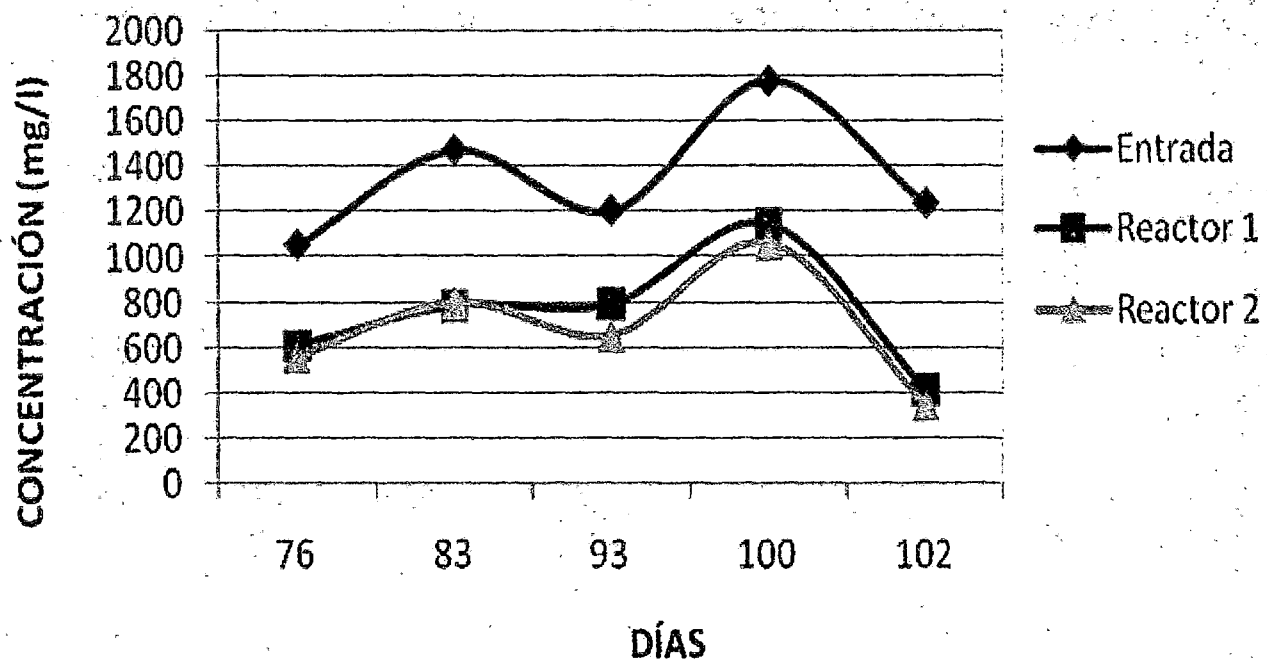
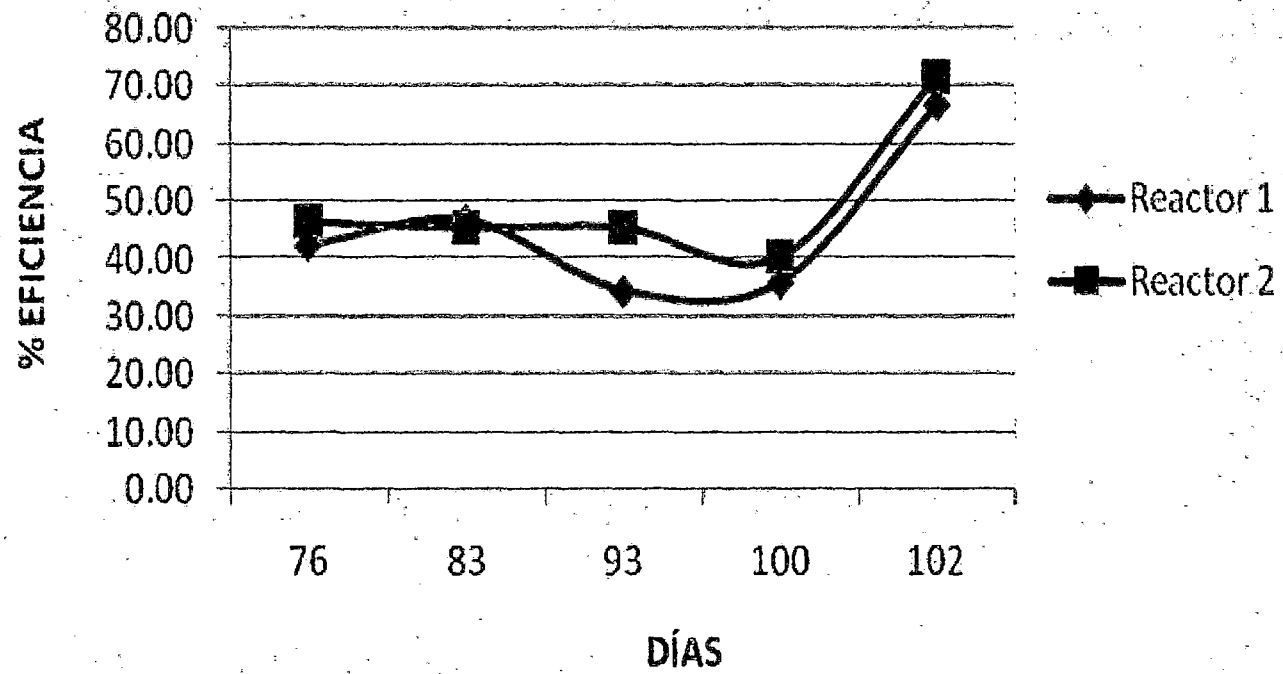


FIGURA 7.17 SÓLIDOS VOLÁTILES





#### 7.2.4. Sólidos Disueltos

La medición de los Sólidos Disueltos se realizó cinco (05) veces, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.25 Resultados de Sólidos Disueltos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

SÓLIDOS DISUELTOS (mg/l)						
Día N°	Fecha	Muestra Diluida	Efluente Reactor 1 (Naranja)	Efluente Reactor 2 (Negro)	% Eficiencia Reactor 1	% Eficiencia Reactor 2
76	18-abr	2976	1980	1906	33.47	35.95
83	25-abr	2891	1874	1851	35.18	35.97
93	05-may	3092	2132	2064	31.05	33.25
100	12-may	3316	2212	2284	33.29	31.12
102	14-may	2840	2386	2372	15.99	16.48

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.26 Resumen de Sólidos Disueltos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

PROCEDENCIA	SÓLIDOS DISUELTOS (mg/L)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Muestra Diluida	2840	3316	3023
Efluente N°1	1874	2386	2117
Efluente N°2	1851	2372	2095
% Eficiencia N°1	15.99	35.18	29.79
% Eficiencia N°2	16.48	35.97	30.56

A continuación se muestra gráficamente la variación de la concentración de los Sólidos Disueltos y su remoción en relación al tiempo, asimismo se representa el comportamiento de las eficiencias.

FIGURA 7.18 SÓLIDOS DISUELTOS

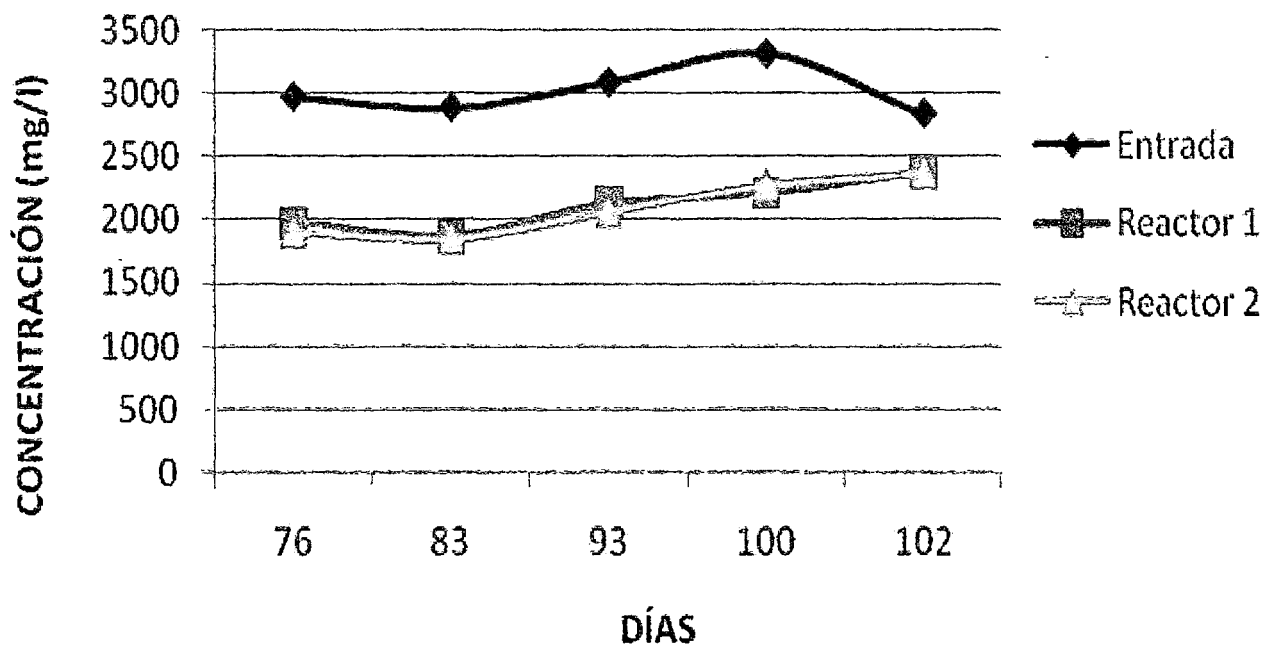
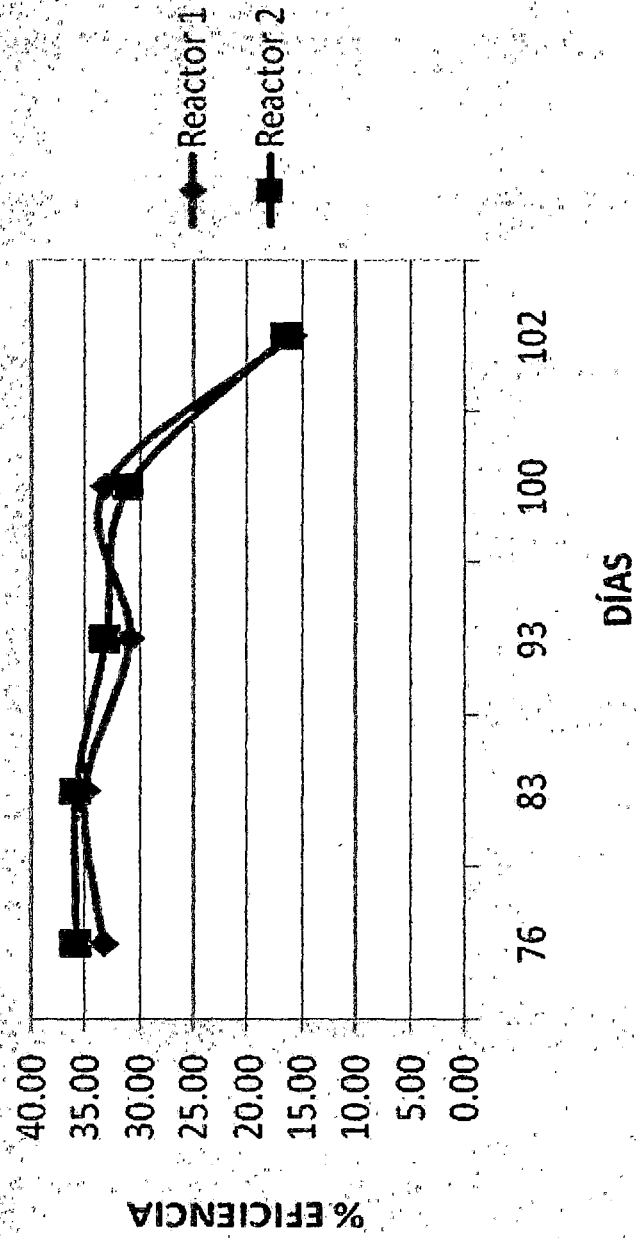


FIGURA 7.19 SÓLIDOS DISUELTOS



### 7.2.5. Sólidos Suspendedos

La medición de los Sólidos Suspendedos se realizó cinco (05) veces, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.27 Resultados de Sólidos Suspendedos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)</b>						
<b>Día N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra Diluida</b>	<b>Efluente Reactor 1 (Naranja)</b>	<b>Efluente Reactor 2 (Negro)</b>	<b>% Eficiencia Reactor 1</b>	<b>% Eficiencia Reactor 2</b>
76	18-abr	835	268	174	67.90	79.16
83	25-abr	794	293	198	63.10	75.06
93	05-may	752	248	174	67.02	76.86
100	12-may	826	279	181	66.22	78.09
102	14-may	708	246	156	65.25	77.97

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.28 Resumen de Sólidos Suspendedos – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)</b>		
	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Muestra Diluida</b>	708	835	783
<b>Efluente N°1</b>	246	293	267
<b>Efluente N°2</b>	156	198	177
<b>% Eficiencia N°1</b>	63.10	67.90	65.90
<b>% Eficiencia N°2</b>	75.06	79.16	77.43

A continuación se muestra gráficamente la variación de la concentración de los Sólidos Suspendedos y su remoción en relación al tiempo, asimismo se representa el comportamiento de las eficiencias.

FIGURA 7.20 SÓLIDOS SUSPENDIDOS

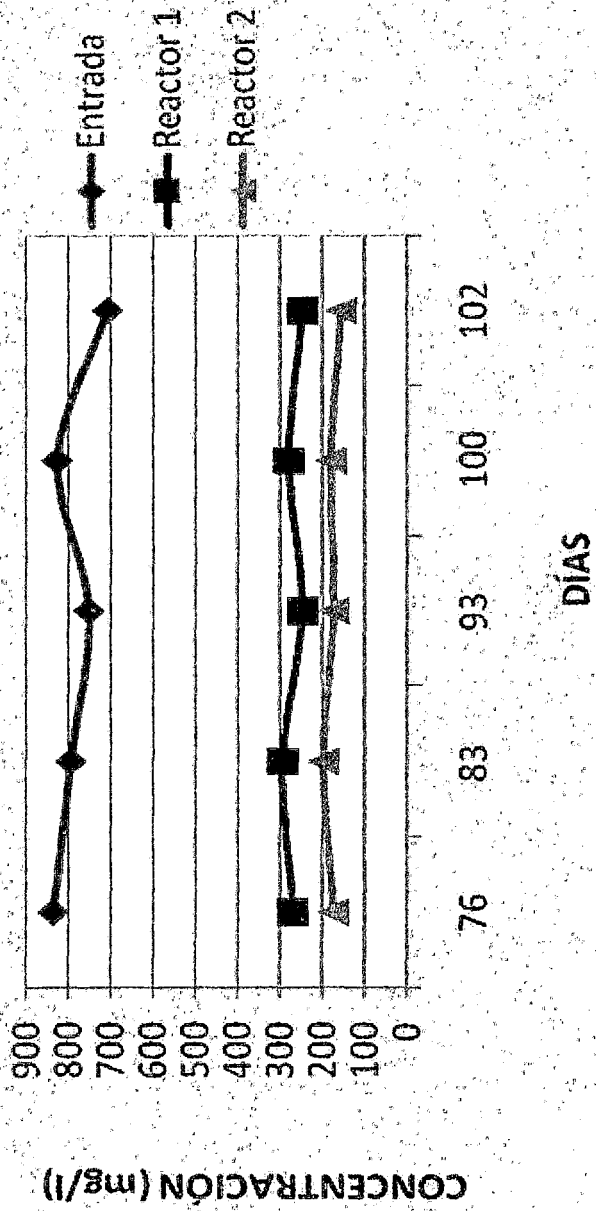
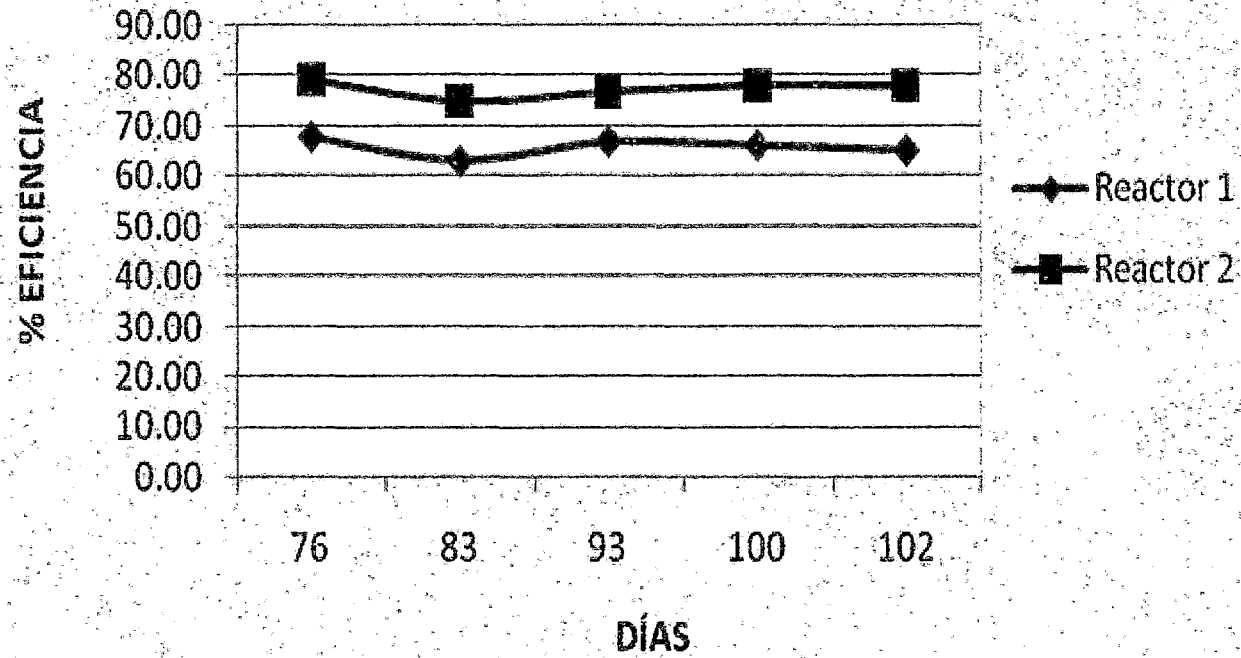


FIGURA 7.21 SÓLIDOS SUSPENDIDOS



### 7.2.6. Sólidos Sedimentables

La medición de los Sólidos Sedimentables se realizó tres (03) veces, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.29 Resultados de Sólidos Sedimentables – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)</b>						
<b>Día N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra Diluida</b>	<b>Efluente Reactor 1 (Naranja)</b>	<b>Efluente Reactor 2 (Negro)</b>	<b>% Eficiencia Reactor 1</b>	<b>% Eficiencia Reactor 2</b>
76	18-abr	20.50	0.10	1.50	99.51	92.68
93	05-may	33.00	3.20	3.00	90.30	90.91
102	14-may	8.00	1.00	2.00	87.50	75.00

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.30 Resumen de Sólidos Sedimentables – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/L)</b>		
	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Muestra Diluida</b>	8.00	33.00	20.50
<b>Efluente N°1</b>	0.10	3.20	1.43
<b>Efluente N°2</b>	1.50	3.00	2.17
<b>% Eficiencia N°1</b>	87.50	99.51	92.44
<b>% Eficiencia N°2</b>	75.00	92.68	86.20

A continuación se muestra gráficamente la variación de la concentración de los Sólidos Sedimentables y su remoción en relación al tiempo, asimismo se representa el comportamiento de las eficiencias.

FIGURA 7.22 SÓLIDOS SEDIMENTABLES

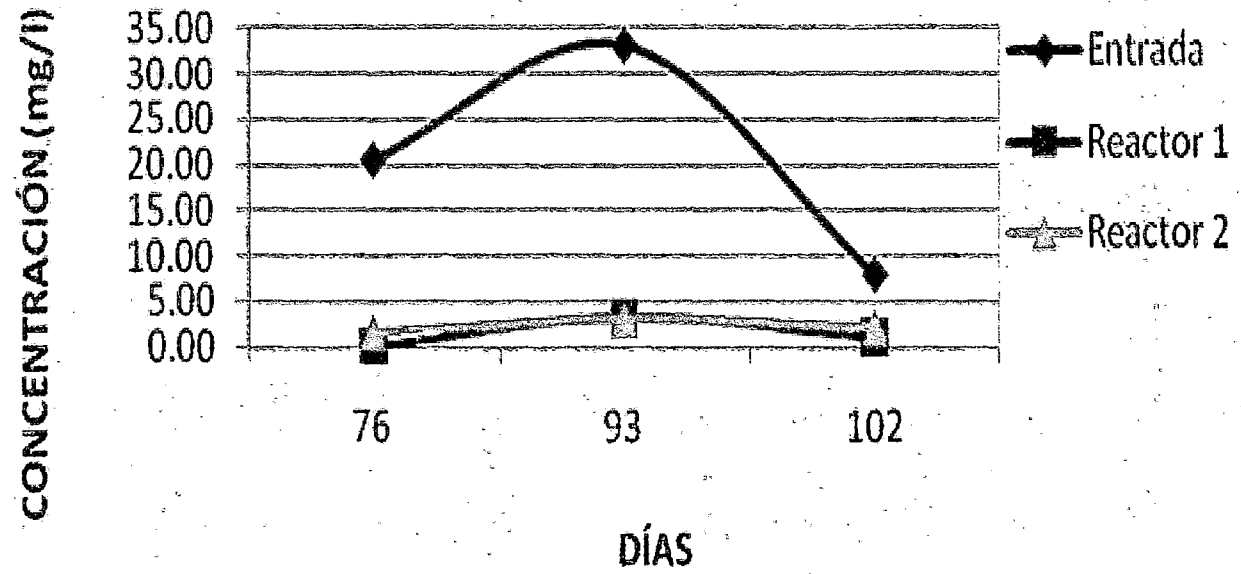
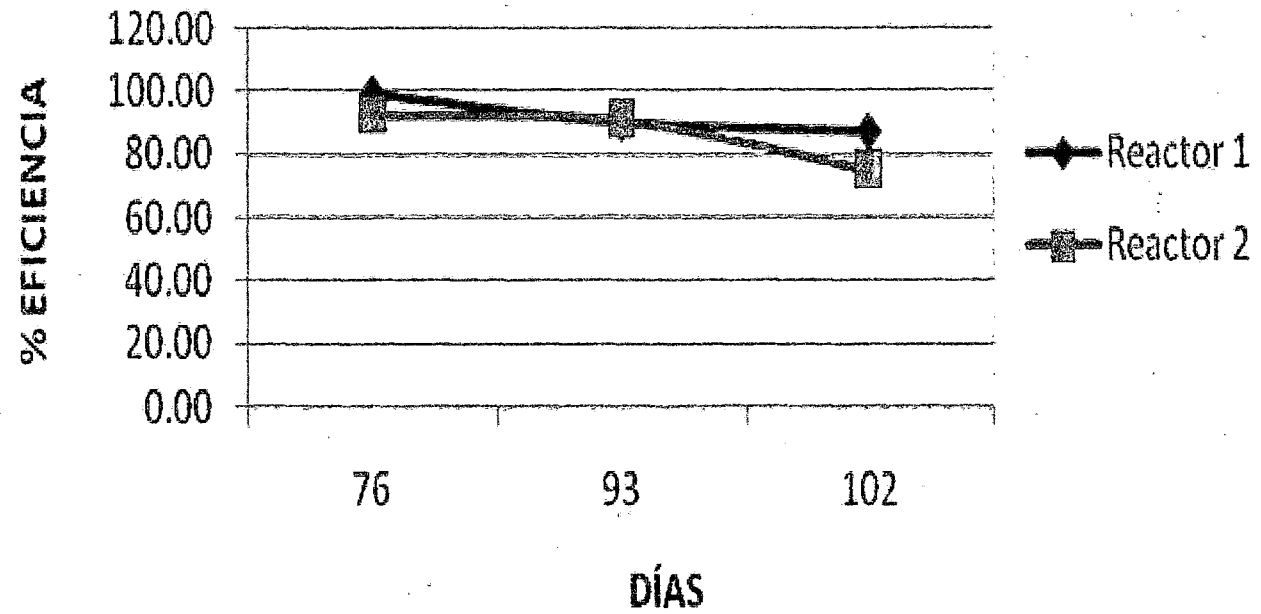




FIGURA 7.23 SÓLIDOS SEDIMENTABLES



### 7.2.7. Temperatura

La medición de la Temperatura se realizó durante el tiempo que duro la investigación, tanto para los reactores UASB y el Filtro Contenedor.

**Tabla 7.31 Resultados de Temperatura – Muestra Cruda**

DÍA N°	Fecha	T °C
1	02-feb	25.8
4	05-feb	24.0
11	12-feb	22.0
18	19-feb	22.0
25	26-feb	24.2
32	05-mar	24.0
39	12-mar	23.1
46	19-mar	20.0
60	02-abr	20.0
67	09-abr	22.0
78	20-abr	21.4
85	27-abr	20.5
88	30-abr	21.0
95	07-may	20.0
102	14-may	20.8
130	11-jun	20.0

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

Se observa que en promedio la temperatura registrada fue de 21.9°C siendo la máxima temperatura medida de 25.8°C, en la época de verano y la mínima temperatura registrada de 20°C en los días cercanos al invierno.

**Tabla 7.32 Resultados de Temperatura – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

<b>DÍA N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestra Diluida</b>	<b>Efluente Reactor 1 (Naranja)</b>	<b>Efluente Reactor 2 (Negro)</b>	<b>Dilución</b>
1	02-feb	25.2	25.6	25.7	25%
2	03-feb	25.5	25.7	25.8	25%
3	04-feb	26.8	26.7	27.1	25%
5	09-feb	27.4	27.9	28.4	25%
9	10-feb	24.8	25.3	25.5	25%
15	16-feb	26.1	26.4	26.3	25%
16	17-feb	25.5	25.6	25.9	25%
17	18-feb	24.0	24.2	24.1	25%
22	23-feb	24.5	24.8	25.0	25%
23	24-feb	24.4	24.9	24.8	25%
24	25-feb	28.2	28.5	28.6	25%
29	02-mar	21.7	21.7	22.0	25%
30	03-mar	25.5	25.3	25.5	25%
36	09-mar	24.0	24.6	24.5	20%
37	10-mar	24.5	24.7	24.8	20%
38	11-mar	25.9	25.6	25.4	20%
43	16-mar	23.0	22.6	23.1	20%
44	17-mar	22.0	22.4	22.7	20%
45	18-mar	22.5	22.6	22.8	20%
51	24-mar	23.9	23.6	24.2	25%
52	25-mar	24.1	24.7	24.5	25%
64	06-abr	22.8	23.2	23.5	25%
65	07-abr	25.0	24.8	25.2	25%
71	13-abr	22.8	23.0	23.4	25%
72	14-abr	23.5	23.8	24.1	25%
78	20-abr	22.0	22.2	22.2	50%
86	28-abr	22.5	22.4	22.6	50%
87	29-abr	22.8	23.0	23.2	50%
93	05-may	23.8	24	23.8	50%
99	11-may	20.7	21.0	21.2	50%
100	12-may	22.4	22.8	23.1	50%

Fuente: Resultados de análisis de las muestras

**Tabla 7.33 Resumen de Temperatura – Sistema de Tratamiento con Reactores UASB**

PROCEDENCIA	SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/L)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Muestra Diluida	20.7	28.2	24.12
Efluente N°1	21.0	28.5	24.31
Efluente N°2	21.2	28.6	24.48

A continuación se muestra gráficamente la variación de la Temperatura en relación al tiempo.

FIGURA 7.24 TEMPERATURA - MUESTRA CRUDA

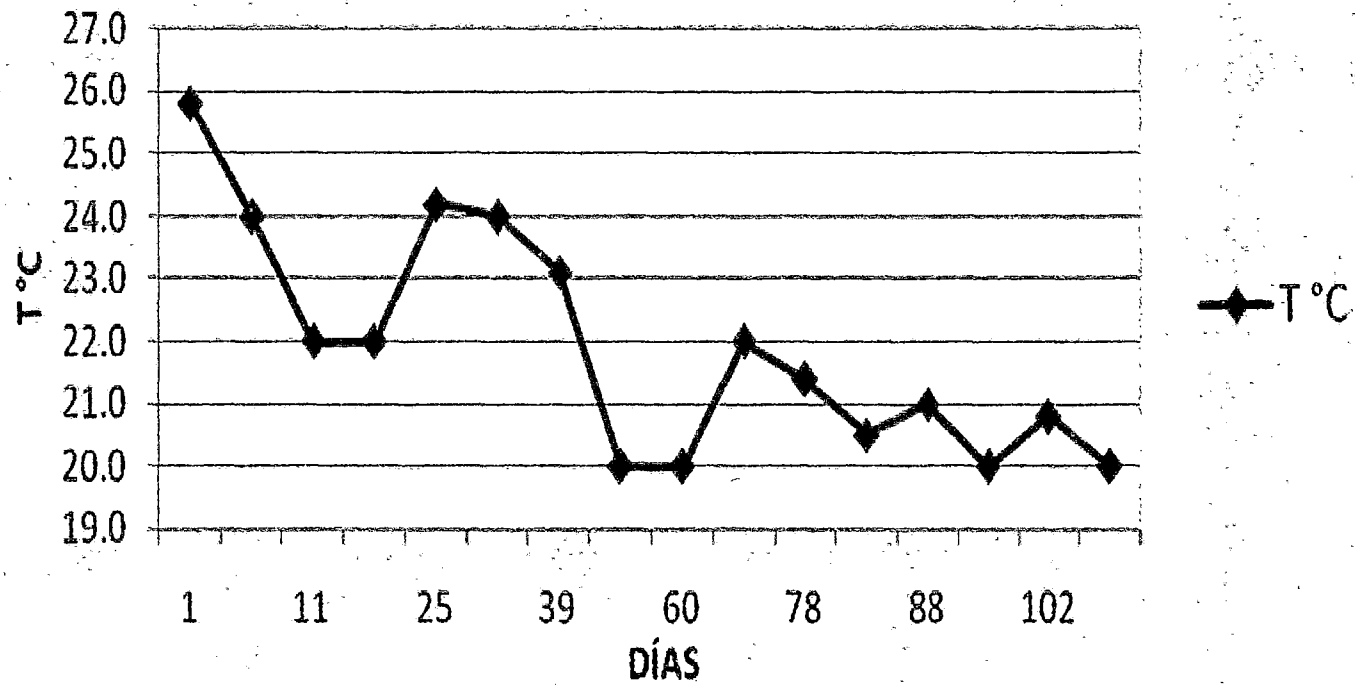
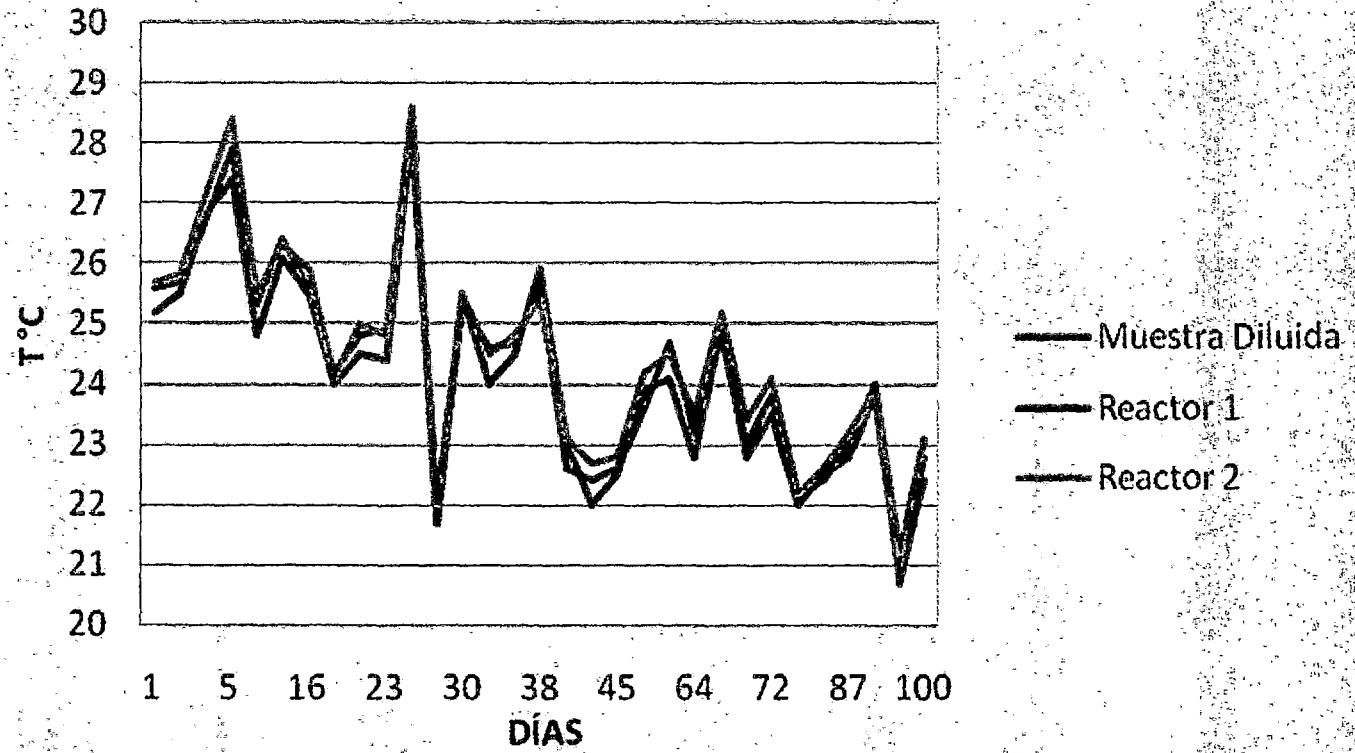


FIGURA 7.25 TEMPERATURA - REACTORES UASB



## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1. Conclusiones

Con la reducción del consumo de agua en el proceso de producción, el volumen de las aguas residuales disminuye; sin embargo, esto provoca un aumento de la carga orgánica en el desagüe, si se mantiene las mismas condiciones de beneficio. Por lo tanto las características de desagüe dependen tanto del proceso empleado, como de la cantidad de agua utilizada.

En el centro de beneficio en estudio se recolecta entre en 60 y 70% de sangre, lo que significa una disminución de 55% de la carga orgánica total vertidos. Es así que esta práctica se convierte en la medida de minimización de carga más importante, pues ayuda a reducir la DBO a valores relativamente bajos mediante un tratamiento simple de estas aguas residuales.

Otra de las medidas para la reducción de carga es la retención de sólidos que se da en el pre tratamiento (rejas), siendo estos sólidos conformados en su mayoría por estiércol y con alto contenido orgánico. Esta medida también resulta importante por su aporte en la disminución de carga en el agua residual generada.

Para el arranque del Reactor el agua residual industrial, proveniente de la planta de beneficio, tuvo que ser diluida al 25% con agua fresca puesto que la concentración de DQO del agua residual cruda era aproximadamente de 5000 mg/L, siendo demasiado para el arranque.

Se observó que el Tanque de almacenamiento de la muestra, realiza también la función de pretratamiento, haciendo las veces de un sedimentador, reduciendo principalmente la cantidad de sólidos suspendidos de la muestra antes de pasar por los reactores.

La muestra almacenada en el tanque tenía una permanencia aproximada de 6 días, tiempo en el cual, por ser un espacio cerrado, se producía actividad anaerobia, influyendo de este modo en el tratamiento de la muestra ya que se

producía una significativa disminución de la DBO(5) y DQO conforme al paso de los días.

El menor valor de DBO de la muestra cruda fue de 1000.24 mg/L y el mayor valor de 2369.36 mg/L, siendo el valor promedio de 1745.03 mg/L.

En relación a los Reactores se tiene que la mínima remoción de DBO para el reactor N°1 se da en el día 3 de la investigación y tiene un valor de 33.74% para una dilución del 25% y la máxima remoción de DBO se da en el día 100 de la investigación con un valor de 92.22% para una dilución del 50%.

La mínima remoción de DBO para el reactor N°2 se da en el día 8 de la investigación y tiene un valor de 28.85% para una dilución del 25% y la máxima remoción de DBO se da en el día 100 de la investigación con un valor de 76.86% para una dilución del 50%.

La remoción promedio de DBO para el reactor N°1 fue de 60.58% mientras para el reactor N°2 fue 54.25%.

La DQO de la muestra cruda (sin diluir) en el tiempo total de la investigación, tuvo un valor mínimo de 3260 mg/L para el día 78 de la investigación y la máxima fue de 6560 mg/L para el día 88. Este valor máximo se da por la alta concentración de materia orgánica capaz de ser oxidada.

El valor promedio de DQO de la muestra cruda de la planta de beneficio en estudio fue de 4515.42 mg/L.

En relación a los Reactores, la mínima remoción de DQO para el reactor N°1 se da en el día 1 de la investigación y tiene un valor de 24.51% para una dilución del 25%, y la máxima remoción de DQO se da en el día 93 y tiene un valor de 89.23% para una dilución del 50%.

La mínima remoción de DQO para el reactor N°2 se da en el día 65 de la investigación y tiene un valor de 20.94% para una dilución del 25%, y la máxima remoción de DQO se da en el día 93 y con un valor de 85.38% para una dilución del 50%.



La remoción promedio de DQO para el reactor N°1 fue de 65.67% mientras para el reactor N°2 fue 59.17%.

La variación de las concentraciones de DBO y DQO de las muestras de agua residual cruda no son constantes, presentan diferentes valores en todo el periodo de investigación, esto debido a la variabilidad de la materia orgánica contenida en el afluente industrial, que se debe a su vez a la cantidad variable de matanza de reses y cerdos que se realiza cada día; a pesar que las muestras se recolectaban los mismos días de cada semana; el valor no resultaba constante.

A diferencia de los reactores UASB, el efluente (agua residual proveniente del centro de beneficio) para el Filtro Contenedor no tuvo la necesidad de ser diluida, ya que no se identificó problema alguno para que el sistema trabaje con el agua residual cruda. Además se decidió aplicar al sistema el agua residual cruda con la finalidad de probar la eficiencia del Filtro Contenedor en el tratamiento de estas aguas residuales.

Luego de cada ensayo con el Filtro Contenedor, éste se procedió a abrir, observándose la gran cantidad de sólidos retenidos. Estos sólidos (restos de bazofia) son los que representan la mayor  $DBO_5$  por su alto contenido de materia orgánica.

Durante los ensayos con el Filtro Contenedor se observó que aproximadamente a partir de los primeros 30 segundos empieza a salir el agua residual filtrada. Asimismo se observó que aproximadamente a partir del minuto 5 la salida de agua residual filtrada disminuye, debido a que los sólidos retenidos han empezado a saturar el Filtro Contenedor, por lo que la entrada de agua residual a tratar requiere de una mayor presión para provocar una salida más fluida de agua residual tratada. Esto quiere decir que se aumenta progresivamente la presión conforme la colmatación del Filtro Contenedor aumente, repitiendo el proceso se hasta que el Filtro Contenedor este lleno (saturado).

La máxima eficiencia de remoción de DBO registrada para el Filtro Contenedor fue de 55.76% y la mínima de 50.21%.

La remoción promedio de DBO para el filtro contenedor fue de 53.26%.

El mayor valor de eficiencia de remoción de DQO para el Filtro Contenedor fue de 64.65% y el menor de 57.27% siendo el valor de la remoción promedio del 60.78% de DQO.

La tasa de aplicación al filtro contenedor, en toda la investigación, tuvo un valor promedio de 42.46 ml/s.

Se sabe que los sólidos volátiles son, por lo general, productos orgánicos y los sólidos fijos, materia inorgánica o mineral. En ese sentido de la prueba de Cono se pudo constatar que el material retenido es mayoritariamente material orgánico representando el 95.56% del total, mientras que el material inorgánico, representado por los sólidos fijos, significan el 4.44% del total del material retenido.

El beneficio de utilizar Filtros Contenedores para el tratamiento de aguas residuales industriales queda demostrado, por su capacidad para reducir el volumen de lodos con igual o mayor eficiencia que los reactores UASB.

En los Reactores UASB la formación de espuma y natas puede llegar a representar un ligero problema, especialmente durante el arranque, lo cual no sucede con los Filtros Contenedores al ser un proceso con un tiempo de retención mínimo y de flujo constante en toda su superficie.

Por lo general estos problemas de los Reactores UASB van asociados con aguas residuales complejas que presentan altas concentraciones de sólidos suspendidos, lo que no representa problema alguno para los Filtros Contenedores, pues estos son retenidos fácilmente.

Las aguas generadas por la industria del Camal son clasificadas como aguas con altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables, las cuales son características adecuadas para emplear la tecnología de tratamiento con el Filtro Contenedor.

Los resultados muestran que el tratamiento llega a ser mucho más eficiente cuando el influente es pretratado antes de entrar al Filtro Contenedor.

## **8.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda tratar las aguas residuales de un centro de beneficio pues la descarga normal de estos a las alcantarillas tiene como resultado el bloqueo de las mismas, produciéndose el desarrollo de microorganismos anaerobios. Esto a la vez provoca que las aguas residuales inicien un proceso de putrefacción en los colectores, que darían origen a la producción de ácido sulfúrico, destruyendo de este modo las alcantarillas.

Es recomendable que el estiércol retenido en el pre tratamiento con rejas sea extraído y utilizado en la elaboración de humus. Actividad que brinda beneficios económicos reconocidos debido a la calidad del producto resultante.

Para este tipo de investigaciones se recomienda la construcción de dos plantas UASB piloto con la finalidad de comparar el funcionamiento de ambas.

Es importante tener claro el concepto de los parámetros de diseño para Reactores UASB, para que de este modo no ocurra algún imprevisto durante el funcionamiento del sistema.

Para investigaciones como la presente se recomienda que el diseño del reactor UASB sea de forma cilíndrica en virtud que presenta mayores ventajas hidrodinámicas como por ejemplo, la menor posibilidad de formación de zonas muertas, además del tamaño, volumen, carga y caudal que se propuso manejar.

La construcción del Reactor UASB piloto debe ceñirse a los parámetros de diseño calculados. No tomar en cuenta o pasar por alto algunos parámetros trae consigo una serie de imperfectos o inconvenientes durante el funcionamiento del sistema.

Como medida preventiva se filtraron restos de tamaños considerables de la muestra de agua residual cruda para evitar la obstrucción de las tuberías del sistema de tratamiento con los Reactores UASB a escala Piloto.

Algo similar se realizó en el Tanque de Almacenamiento, pues se observaba la formación de una capa de nata, siendo constante el retiro de esta para evitar obstrucciones del sistema.

Se recomienda trabajar con los Filtros Contenedores pues el uso de estos puede darse en varios tamaños, dependiendo del volumen y la disponibilidad del espacio. Estos sistemas de filtración hasta son montados en contenedores con ruedas que son transportados fácilmente.

Otras de las ventajas de utilizar los Filtros Contenedores es que los sólidos retenidos en este deberían ser manejados como material seco, lo que aumentaría sus opciones de transporte y eliminación.

La forma del Filtro Contenedor adoptada para los ensayos de la investigación es recomendable también para usarlos en tratamiento de grandes cantidades de agua residual, ya que permite una fácil introducción del agua a tratar y una fácil recepción de efluente tratado.

Se recomienda recepcionar el efluente tratado con el Filtro Contenedor en un contenedor para luego ser trasladado mediante líneas de conducción al sistema de alcantarillado o a un cuerpo receptor (río, mar, etc.)

Finalmente colmatado el Filtro Contenedor, los sólidos retenidos son reciclados por una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos para su disposición final. Respecto al material del Filtro Contenedor, este también es reciclado.

Debido a la disponibilidad de gran cantidad de agua residual para la alimentación al sistema de tratamiento con Filtro Contenedor, se implementó el sistema en las instalaciones de la planta de beneficio (matanza de reses y cerdos).

**BIBLIOGRAFÍA**

1. INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES: TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN (Tercera Edición).  
Metcalf& Eddy, Inc.
2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.  
Rubens S. Ramalho.
3. MANUAL TÉCNICO DEL AGUA.  
Gilbert Degrémont.
4. MANUAL DE ARRANQUE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA – CEPIS (1995).  
J. Sanhueza, G. León.
5. METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES, 17° EDICIÓN.  
APHA AWWA.
6. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE DE UN REACTOR UASB PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.  
Francisco Javier Caicedo Messa; Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 2006.
7. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE RELLENOS SANITARIOS".  
José Beteta Loyola, Msc. Rosa Elena Yaya Beas; Universidad nacional de Ingeniería, 2007.
8. ARRANQUE Y OPERACIÓN DE REACTORES UASB.  
LokkHulshoff Pol; Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda, 1990.
9. CONTROL DE VERTIMIENTOS INDUSTRIALES EN UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS, CALI-COLOMBIA.  
Esperanza Román Hoyos y Cesar Uribe Gómez.
10. PLANIFICACIÓN TECNOLÓGICA DE UN PEQUEÑO MATADERO FRIGORIFICO.  
BozzoChichizola.
11. ASPECTOS SANITARIOS A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE MATADEROS.  
OMS, Washington 1960.

12. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE MATADEROS EN PAISES EN DESARROLLO.  
Departamento de Agricultura de la Organización de Alimentos y Agricultura de la Naciones Unidas.
13. REUTILIZACIÓN EN RIEGO, DE AGUAS PROVENIENTES DE LIMPIEZA DE CORRALES Y PRODUCIDAS EN EL FAENAMIENTO DE ANIMALES EN EL MATADERO MAGALLANES LTDA. PUNTA ARENAS – CHILE.  
Dra. C. Bonomelli.
14. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO: PARA UNA POBLACION MENOR A 2000 HABITANTES.  
Deyanira Muños Muños, 2005
15. TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA FRIGORÍFICA.  
Alberto Calamante, Ricardo Serra, Luis Higa.
16. TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PRODUCIDOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALIZADORES DE CARNE.  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Montevideo, 1977.
17. TRATAMIENTO DE LIQUÍDOS RESIDUALES DE MATADERO Y MEJORA DE UNA PLANTA EXISTEMTE, ARGENTAGUAS S.R.L.  
Carlos Lombaardi, Carlos Quevedo.
18. TECNOLOGÍA DISPONIBLE PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS CONSTARRICENCES.  
AnaresIncerArids, Universidad Autónoma de México, 1983.

# ANEXOS

**LEGISLACIÓN EXISTENTE  
RELACIONADA A LA  
EVACUACIÓN Y TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES  
INDUSTRIALES**





# Decreto Supremo

N° 023-2009-MINAM

## APRUEBAN DISPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACION DE LOS ESTANDARES NACIONALES DE CAUDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA

### CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otras, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 1° del artículo 31° de la Ley General del Ambiente, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

Que, asimismo, el numeral 4) del artículo 33° de la Ley General del Ambiente en mención, dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal e) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, aprobar los lineamientos, las metodologías, los procesos y los planes para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), en los diversos niveles de gobierno;

Que, el artículo 79° de la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, establece que la Autoridad Nacional del Agua autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambiental y de salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, estableciéndose en su

única Disposición Complementaria Transitoria, que el Ministerio del Ambiente -MINAM, dictará las normas para su implementación;

Que, el Ministerio del Ambiente ha elaborado el proyecto de Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, el cual fue sometido a consulta pública mediante publicación efectuada en el Diario Oficial El Peruano, habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, el Decreto Legislativo N° 1013 y el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3) del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

**DECRETA:**

**Artículo 1°.-** Apruébense las disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, las cuales constan de once (11) artículos y dos (02) disposiciones transitorias.

**Artículo 2°.-** El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciocho días del mes de diciembre del año dos mil nueve.

  
ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

  
MANUELA GARCÍA COCHAGNE  
Ministra de Trabajo y Promoción del Empleo

Encargada del Despacho del  
Ministerio del Ambiente

## **DISPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACION DE LOS ESTANDARES NACIONALES DE CAUDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA**

### **Artículo 1°.- Objetivo**

Aprobar las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

### **Artículo 2°.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para Agua**

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se deberán tener en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

#### **a. Categoría 1. Poblacional y Recreacional**

##### **i. Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable**

- **A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**  
Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.
- **A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.**  
Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado para los siguientes procesos: decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y/o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.
- **A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado**  
Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o método equivalente; que sea establecido por el Sector competente.

##### **ii. Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación**

- **B1. Contacto primario:** Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, incluyen actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela, mota acuática, pesca submarina, o similares.
- **B2. Contacto secundario:** Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, como deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

- b. Categoría 2. Actividades Marino Costeras.**
- i. Sub Categoría C1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos:**  
Entiéndase a las aguas donde se extraen o cultivan los moluscos bivalvos, definiéndose por moluscos bivalvos a los lamelibranquios que se alimentan por filtración, tales como ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones y similares; se incluyen a los gasterópodos (ej. caracol, lapa), equinodermos (estrella de mar) y tunicados.
- ii. Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas**  
Entiéndase a las aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto; comprende a los peces y las algas comestibles.
- iii. Sub Categoría C3. Otras actividades**  
Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como tránsito comercial marítimo, infraestructura marina portuaria y de actividades industriales.
- c. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales.**
- i. Vegetales de tallo bajo**  
Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo; que usualmente tienen un sistema radicular difuso o fibroso y poco profundo. Ejemplos: ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares.
- ii. Vegetales de tallo alto**  
Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, de porte arbustivo o arbóreo, que tienen una mayor longitud de tallo. Ejemplos: árboles forestales, árboles frutales, entre otros.
- iii. Bebida de animales**  
Entiéndase como aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, ovino, porcino, equino o camélido, y para animales menores como ganado caprino, cuyes, aves y conejos.
- d. Categoría 4. Conservación del ambiente acuático.**  
Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles o áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento.
- i. Lagunas y lagos**  
Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, corresponde a aguas en estado léntico, incluyendo humedales.
- ii. Ríos**  
Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lótico.
- **Ríos de la costa y sierra**  
Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.
  - **Ríos de la selva**  
Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes; en las zonas meándricas.
- iii. Ecosistemas marino costeros.**

- **Estuarios**

Entiéndase como zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos, hasta el límite superior del nivel de marea; incluye marismas y manglares.

- **Marinos.**

Entiéndase como zona del mar, comprendida desde los 500 m de la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas; y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Artículo 3.- De la asignación de categorías para los cuerpos de agua.**

A efectos de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto a su calidad, la Autoridad Nacional del Agua deberá considerar lo siguiente:

- 3.1 Utilizar las categorías establecidas en los ECA para Agua vigentes.
- 3.2 En el caso de identificarse dos o más categorías que coexistan en una zona determinada de un mismo cuerpo de agua, la Autoridad Nacional del Agua definirá la categoría, priorizando la protección de la salud humana.
- 3.3 Para aquellos cuerpos de agua que no se les haya asignado categoría de acuerdo a su calidad, se considerará transitoriamente la categoría del recurso hídrico al que tributan.

**Artículo 4º.- Implementación del ECA para AGUA en zonas intangibles para vertimientos de efluentes**

En aquellos cuerpos de agua considerados como zona intangible para vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá adoptar las medidas de control y vigilancia necesarias para preservar o recuperar la calidad ambiental del agua, para lo cual deberá considerar el ECA para Agua correspondiente a la categoría asignada al cuerpo de agua respectivo.

**Artículo 5º.- Implementación del ECA para Agua y la Zona de Mezcla**

En aquellos cuerpos de agua utilizados para recibir vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá verificar el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, considerando como referente la categoría asignada para el cuerpo de agua. La metodología y aspectos para la definición de la zona de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Ministerio del Ambiente y con la participación de la autoridad ambiental del sector correspondiente.

**Artículo 6º.- Metodologías y Criterios para el Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua**

Corresponde a la autoridad competente establecer el protocolo de monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua en coordinación con el MINAM y con la participación de los sectores a fin de estandarizar los procedimientos y metodologías para la aplicación de los ECA para Agua. Para el monitoreo de la calidad ambiental para agua, se considerarán los siguientes criterios sin ser excluyentes:

- Metodologías estandarizadas para la toma de muestras, acondicionamiento y su transporte para el análisis.
- Metodologías estandarizadas para la ubicación de las estaciones de monitoreo y características de su ejecución como por ejemplo, su frecuencia.
- Metodologías de Análisis de Muestras o Ensayos estandarizados internacionalmente realizados por laboratorios acreditados.
- Homologación de Equipos para las Mediciones de Parámetros de lectura directa en Campo.

**Artículo 7°.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Agua**

Se encuentran exceptuados de la aplicación de determinados ECA para Agua, aquellos cuerpos de agua, que por sus condiciones naturales presenten parámetros en concentraciones superiores a los ECA para Agua señalados, en tanto se mantenga lo siguiente:

- a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que contienen determinados cuerpos de aguas continentales y superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad de las aguas naturales, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.
- b) La ocurrencia de fenómenos naturales extremos, como el Fenómeno El Niño, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías), de sustancias o elementos que componen el cuerpo de agua. Estas condiciones serán debidamente reportadas con el sustento técnico proporcionado por las entidades públicas especializadas. La ocurrencia de fenómenos bioquímicos ocasionados por un desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento explosivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto se deberá demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes.
- c) Otras condiciones, debidamente comprobadas mediante estudios especializados o reportes actualizados elaborados por las entidades públicas especializadas en la materia.

Los recursos hídricos considerados de excepción para la aplicación de los ECA Agua, serán reportados por la Autoridad Nacional del Agua con el debido sustento al Ministerio del Ambiente.

**Artículo 8°.- De los instrumentos de gestión ambiental y del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua**

- 8.1 A partir del 01 de abril del 2010, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua a que se refiere el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, son referente obligatorio para el otorgamiento de las Autorizaciones de Vertimientos.
- 8.2 Para los otros instrumentos de gestión ambiental, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua son referente obligatorio en su diseño y aplicación, a partir de la vigencia del presente decreto supremo.
- 8.3 Para la evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes deberán considerar y/o verificar el cumplimiento de los ECA para Agua vigentes asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

8.4 Los Titulares de las actividades que cuenten, con instrumentos de gestión ambiental aprobados por la autoridad competente, los cuales hayan tomado como referencia los valores límite establecidos en el Reglamento de la Ley N° 17752, Ley General de Aguas, aprobado por Decreto Supremo N° 007-83-SA, deberán actualizar sus Planes de Manejo Ambiental, en concordancia con el ECA para Agua, en un plazo no mayor de un (01) año, contados a partir de la publicación de la presente norma.

Dichos Planes deberán ser aprobados por la autoridad competente y el plazo para la implementación de las medidas contenidas en el plan de manejo ambiental no deberá ser mayor a cinco (05) años a partir de su aprobación.

8.5 En caso que, la calidad ambiental de un cuerpo de agua supere uno o más parámetros de los ECA para agua, la autoridad competente sólo aprobará los instrumentos de gestión ambiental de los proyectos que se desarrollen en dicha cuenca o zona marino costera, cuando se aseguren que el vertimiento, no contenga los referidos parámetros del ECA superado.

8.6 En el caso que los cuerpos de agua superen los ECA para Agua se iniciarán procesos para el desarrollo de sus respectivos Planes de Descontaminación y Rehabilitación de la Calidad del Agua sobre la base de los criterios y procedimientos que el MINAM establecerá para tal fin, como lo define la Ley General del Ambiente y la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

#### **Artículo 9°.- Sistematización de la información**

Las autoridades con competencia ambiental en los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión o fiscalización ambiental remitirán al MINAM, la información referida a la calidad de las aguas que generen en el desarrollo de sus actividades, con una periodicidad anual y hasta el día 31 de marzo de cada año, a fin de ser integrada al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) y formara parte del Informe Nacional del Estado del Ambiente. El MINAM elaborará los formatos para la remisión de la información.

#### **Artículo 10°.- Revisión de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

El MINAM establecerá los procesos, metodologías, lineamientos y planes necesarios para la revisión de los ECA para Agua, según corresponda; considerando las evidencias técnicas, los resultados de vigilancia, control y monitoreo de la calidad ambiental del agua, entre otros. Dicha acción se realizará de manera permanente y cuando el caso lo amerite.

#### **Artículo 11°.- Fiscalización y Sanción**

El incumplimiento de las disposiciones establecidas en la presente norma será materia de sanción por la autoridad competente.

### **DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y COMPLEMENTARIAS**

**PRIMERA.-** En un plazo no mayor de 02 años a partir de la aprobación del Reglamento de Protección Ambiental del sector saneamiento, los prestadores de servicios de dicho sector con actividades en curso, que no cuenten con instrumentos de gestión ambiental, deberán presentar al sector correspondiente su Plan de Manejo Ambiental, considerando el cumplimiento de los ECA para Agua para su aprobación respectiva. La aprobación de

dicho Reglamento será en un plazo no mayor de 06 meses, a partir de la aprobación de la presente norma.

**SEGUNDA.-** En tanto la Autoridad Nacional del Agua no apruebe el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Agua, se utilizarán las normas vigentes sobre la materia; y de manera complementaria los lineamientos que el Ministerio del Ambiente establezca para tal fin en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua.

di

ic

il



Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON  
 Jefe (e)  
 Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

## AMBIENTE

### Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO  
 N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental -DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013; En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

**Artículo 2°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
 Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
 Ministro del Ambiente

# El Peruano

DIARIO OFICIAL

## REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe)

LA DIRECCIÓN

**ANEXO I**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**  
**CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARAMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala PUCo	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	µs/cm <sup>25</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Acceptable	**	**	Acceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>20</sup>	5	100	**	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,008	0,008	0,008	0,008	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs</b>						
1,1,1-Tricloroetano - 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano - 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano - 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno - 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno - 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano - 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono - 58-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano - 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
<b>BETA</b>						

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno - 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno - 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno - 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos - 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)pireno - 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
<b>Plaguicidas</b>						
<b>Organofosforados:</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Organoclorados (COP)*:</b>						
Aldrin - 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin - 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrín - 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro - 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Carbamatos:</b>						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Policloruros Bifenilos Totales (PCBs)</b>						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
<b>Otros</b>						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
Giardia duodenalis	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
Vibrio Cholerae	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

\* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

## CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
<b>ORGANOLÉPTICOS</b>				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
<b>FISICOQUÍMICOS</b>				
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥3	≥2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	°C	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
<b>INORGÁNICOS</b>				
Amoníaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
Mercurio total	mg/L	0,00094	0,0001	0,0001
Níquel total	mg/L	0,0082	0,1	0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/L	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/L	0,0081	0,0081	0,0081
Sulfatos (S-Si O3)	mg/L	**	0,14 - 0,70	**
Zinc total	mg/L	0,081	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	* ≤14 (área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	* ≤88 (área restringida)		

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

- \* Área Aprobada: Áreas de dónde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.
- \*\* Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados
- \*\* Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente lo determine
- \*\*\* La temperatura corresponde al promedio mensual multiannual del área evaluada.

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
<b>Físicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10
Nitritos (NO2-N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
<b>Orgánicos</b>		
Acetiles y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Endosulfán	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Parabión	ug/L	7,5

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES			
PARÁMETROS	UNIDAD	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
<b>PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES</b>			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
<b>Físicoquímicos</b>			
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos-(NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	50	
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 - 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
<b>Inorgánicos</b>			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Niquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
<b>Orgánicos</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	
<b>Plaguicidas</b>			
Aldicarb	ug/L	1	
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03	
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3	
DDT	ug/L	1	
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7	
Endosulfán	ug/L	0,02	

Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro ( N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Parañón	ug/L	7,5
<b>Biológicos</b>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helminthos	huevos/litro	<1
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente

**NOTA :**

NMP/100: Número más probable en 100 mL.

**Vegetales de Tallo alto:** Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo: Forestales, árboles frutales, etc.

**Vegetales de Tallo bajo:** Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo ( 10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

**Animales mayores:** Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

**Animales menores:** Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

**SAAM:** Sustancias activas de azul de metileno

**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amónico	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	---
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	---
Clorofila A	mg/L	10	---	---	---	---
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	---
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		---	---
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno ( H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

**NOTA :** Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

**Dureza:** Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

**Nitrógeno total:** Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrato (NO)

**Amonio:** Como NH3 no ionizado

NMP/100 mL: Número más probable de 100 mL.

**Ausente:** No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

**RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL  
N° 191-2002-JUS**

Lima, 19 de agosto de 2002

Vista la solicitud de Registro N° 002858, de fecha 29 de enero de 2002, del CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE;

**CONSIDERANDO:**

Que el CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE, es una asociación civil sin fines de lucro que tiene entre sus objetivos ejercer la función conciliadora;

Que la mencionada asociación civil ha solicitado autorización para el funcionamiento del Centro de Conciliación denominado VOX CONCILIUM, con sede en la ciudad de Piura;

Que conforme obra del acta de Inspección ocular de fecha 10 de mayo de 2002, se realizó la constatación respectiva en las instalaciones e infraestructura física de su Centro de Conciliación;

Que la recurrente cumple con los requisitos establecidos en los artículos 24° y 27° de la Ley N° 26872, Ley de Conciliación, y los artículos 42°, 44° y 45° del Reglamento de la Ley de Conciliación, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, modificado por Decreto Supremo N° 016-2001-JUS, por lo que es procedente autorizar el funcionamiento de su Centro de Conciliación;

Estando a lo opinado en el Informe N° 1310-2002-JUS/STC, de la Secretaría Técnica de Conciliación, es pertinente atender la solicitud del CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE;

De conformidad con el Decreto Legislativo N° 560 - Ley del Poder Ejecutivo, Decreto Ley N° 25993 - Ley Orgánica del Sector Justicia; Decreto Supremo N° 019-2001-JUS, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Justicia; Decreto Supremo N° 039-2001-JUS, que precisa alcances de las funciones del Viceministro; Ley N° 26872 - Ley de Conciliación, modificada por Ley N° 27398 y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, modificado por Decreto Supremo N° 016-2001-JUS;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Autorizar al CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE, el funcionamiento de su Centro de Conciliación denominado VOX CONCILIUM, con sede en la ciudad de Piura.

**Artículo 2°.-** El Ministerio de Justicia en aplicación de la Ley de Conciliación y su Reglamento, supervisará el correcto funcionamiento del Centro de Conciliación y aplicará, cuando corresponda, las medidas pertinentes de acuerdo a sus atribuciones.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALFREDO SOLF MONSALVE  
Viceministro de Justicia

17582

**Autorizan funcionamiento de centro de formación y capacitación de conciliadores extrajudiciales con sede en la ciudad de Lima****RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL  
N° 188-2002-JUS**

Lima, 19 de agosto de 2002

Vista la solicitud de Registro N° 010930, de fecha 18 de abril de 2002, de la "ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS", con abreviatura APRECCO;

**CONSIDERANDO:**

Que, la "ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS", con abreviatura APRECCO, es una asociación civil sin fines de lucro que tiene entre sus finalidades realizar Cursos de Formación y Capacitación de Conciliadores Extrajudiciales;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 43° del Reglamento de la Ley de Conciliación, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, el Ministerio de Justicia puede autorizar a entidades de derecho público o privado a capacitar conciliadores;

Que, la mencionada asociación civil ha solicitado autorización para el funcionamiento de su Centro de Formación y Capacitación de Conciliadores con sede en la ciudad de Lima;

Que, estando a lo opinado en el Informe N° 1258-2002-JUS/STC, de la Secretaría Técnica de Conciliación, es pertinente atender la solicitud de la "ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS", con abreviatura APRECCO;

De conformidad con el Decreto Legislativo N° 560 - Ley del Poder Ejecutivo, Decreto Ley N° 25993 - Ley Orgánica del Sector Justicia; Decreto Supremo N° 019-2002-JUS, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Justicia, Decreto Supremo N° 039-2002-JUS, que precisa alcances de las funciones del Viceministro, Ley N° 26872 - Ley de Conciliación, modificada por Ley N° 27398 y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, modificado por Decreto Supremo N° 016-2002-JUS;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Autorizar el funcionamiento del "CENTRO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DE CONCILIADORES EXTRAJUDICIALES DE LA ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS" con abreviatura APRECCO, con sede en la ciudad de Lima.

**Artículo 2°.-** Para la realización de los Cursos de Formación y Capacitación de Conciliadores Extrajudiciales, el Centro de Formación y Capacitación de Conciliadores autorizado por la presente Resolución, deberá solicitar y obtener, en cada oportunidad, la autorización de la autoridad competente del Ministerio de Justicia, quien previamente a su otorgamiento verificará que los Cursos cumplan con todos los requisitos legales y reglamentarios.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALFREDO SOLF MONSALVE  
Viceministro de Justicia

17579

**FE DE ERRATAS****RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N° 343-2002-JUS**

Mediante Oficio N° 1196-2002-JUS/SG el Ministerio de Justicia solicita se publique Fe de Erratas de la Resolución Ministerial N° 343-2002-JUS, publicada en la edición del 30 de setiembre de 2002, en la página 230722.

**DICE:**

"Artículo Segundo.- El plazo para la aprobación del Plan Nacional de Tratamiento Penitenciario deberá realizarse en el plazo de 90 días calendario."

**DEBE DECIR:**

"Artículo Segundo.- El plazo para la aprobación del Plan Nacional de Tratamiento Penitenciario es de 90 días."

17576

**Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel****DECRETO SUPREMO  
N° 003-2002-PRODUCE**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

## CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2º inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, establece en el Artículo I de su Título Preliminar, que es obligación de todos la conservación del ambiente y, en particular del Estado, la prevención y control de la contaminación ambiental;

Que, de acuerdo con el artículo 50º del Decreto Legislativo N° 757, "Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada", las Autoridades Sectoriales Competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, son los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas;

Que, de conformidad con los artículos 4º y 5º de la Ley N° 27789, corresponde al Ministerio de la Producción proponer políticas y normas de protección del medio ambiente y recursos naturales aplicables a las actividades industriales manufactureras, supervisando su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 019-97-TINCI, se aprobó el Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera, el cual establece las obligaciones que deben cumplir las empresas industriales manufactureras para prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, para lo cual sin embargo se requiere determinar los límites máximos permisibles de contaminación ambiental;

Que, por Decreto Supremo N° 044-98-PCM se aprobó el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, el mismo que establece que el estudio para definir la propuesta de LMP será desarrollado por el Sector asignado en el Programa Anual de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, y sometido a consulta pública para su posterior aprobación mediante Decreto Supremo con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

Que, la Resolución Presidencial N° 088-99-CONAM/PCD que aprobó el Programa Anual 2000, autorizó la formulación de la propuesta de Límites Máximos Permisibles aplicables a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel;

Que, se ha cumplido con los trámites y requisitos establecidos en la normatividad vigente, contándose con la recomendación de la Comisión Ambiental Transectorial para su aprobación;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del Artículo 118º de la Constitución Política del Perú y el inciso 2) del Artículo 3º del Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo; y,

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

## DECRETA:

**Artículo 1º.- Alcance.**

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas con instalaciones existentes o por implementar, que se dedican en el país a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

**Artículo 2º.- Glosario de Términos.**

Para los efectos de la presente norma se considera:

a. **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

Dependiendo del parámetro en particular a que se refiere, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

**Límite Máximo Permissible de Efluentes para alcantarillado:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan al alcantarillado, que al ser excedido puede ocasionar daños a la infraestructura del Sistema de Alcantarillado y procesos de tratamiento de las aguas servidas, y conse-

cientemente afectación a los ecosistemas acuáticos y salud de las personas.

**Límite Máximo Permissible de Efluentes para aguas superficiales:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan a las aguas superficiales, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, los ecosistemas acuáticos y la infraestructura de saneamiento, que es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

**Límite Máximo Permissible para emisiones de los hornos:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o compuestos de los hornos que se descargan al ambiente, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

b. **Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP):** Es el estudio que se realiza antes de la elaboración del PAMA que contiene los resultados derivados del programa de monitoreo en función a los Protocolos de Monitoreo, con el objeto de evaluar los impactos e identificar los problemas que se estén generando en el ambiente por la actividad de la industria manufacturera.

c. **Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA):** Programa que contiene las acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de desechos y prevenir la contaminación ambiental; y reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Competente.

d. **Guía de Manejo Ambiental:** Documento de orientación expedido por la Autoridad Competente sobre lineamientos aceptables para los distintos subsectores o actividades de la industria manufacturera con la finalidad de propiciar un desarrollo sostenible.

En consideración a las características distintivas de cada subsector o actividad de la industria manufacturera, la Autoridad Competente podrá preparar Guías de Manejo Ambiental aplicables solamente a uno o más de éstos.

e. **Guía de Buenas Prácticas:** Documento que permite identificar oportunidades de mejoras asociadas a la industria manufacturera y describir métodos de operación y prácticas industriales que pueden ser implementadas con el fin de utilizar más eficientemente los recursos, gestionar adecuadamente los residuos y en general reducir los impactos ambientales ocasionados por la industria manufacturera.

f. **Valor Referencial:** Nivel de concentración de contaminantes o valor de parámetro físico y/o químico que debe ser monitoreado obligatoriamente para el establecimiento de los límites máximos permisibles.

**Artículo 3º.- Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales.**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales aplicables por la Autoridad Competente, a las actividades industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel, en los términos y condiciones que se indican en el Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 4º.- Límites Máximos Permisibles para Actividades en Curso o que se Inician.**

Los Límites Máximos Permisibles aprobados son de cumplimiento obligatorio e inmediato para el caso de las actividades o instalaciones industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Tratándose de actividades en curso a la fecha de vigencia de la presente norma, los Límites Máximos Permisibles deberán ser cumplidos en un plazo no mayor de cinco (5) años, que excepcionalmente podrá ser extendido por un plazo adicional no mayor de dos (2) años, en los casos en los cuales los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental prioricen acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las



Gulias de Manejo Ambiental. El Ministerio de la Producción determinará en forma particular, los plazos que corresponde a cada titular de la actividad manufacturera, al momento de la aprobación del respectivo Diagnóstico Ambiental Preliminar o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, según corresponda.

**Artículo 5°.- Valores Referenciales para curtiembre y papel**

Los Valores Referenciales establecidos para el caso de las actividades industriales manufactureras de curtiembre y papel, serán evaluados con la información generada a través de Informes de monitoreo, a fin de determinar su idoneidad o necesidad de efectuar ajustes y darles posteriormente el carácter de Límites Máximos Permisibles.

En la revisión de los Valores Referenciales se tomará en cuenta la información proveniente de los estudios ambientales presentados ante el Ministerio de la Producción y de las correspondientes acciones de fiscalización realizadas.

**Artículo 6°.- Programas de Monitoreo para los subsectores cemento y papel.**

Las empresas del Subsector Cemento deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para el parámetro  $SO_2$ , con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita establecer el Límite Máximo Permissible para este parámetro.

Las empresas del Subsector Papel, según corresponda de acuerdo a su proceso, deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para los parámetros  $H_2S$ , Cloro y Amoníaco, con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita determinar los Límites Máximos Permisibles para estos parámetros.

El Ministerio de la Producción en casos justificados podrá determinar una frecuencia trimestral para la realización de los monitoreos.

**Artículo 7°.- Diagnóstico Ambiental Preliminar**

Las empresas industriales manufactureras en actividad de los Subsectores cemento, cerveza y papel, deberán presentar un Diagnóstico Ambiental Preliminar al Ministerio de la Producción, para lo cual dentro del plazo de treinta (30) días útiles de publicado el presente Decreto Supremo, comunicarán a la autoridad competente el nombre de la empresa de consultoría ambiental debidamente registrada, a la que el titular de la actividad manufacturera hubiese contratado para cumplir con lo dispuesto en la presente norma.

La referida comunicación deberá precisar la fecha de inicio del monitoreo necesario para la formulación del correspondiente DAP, documento este último que deberá ser presentado en un plazo no mayor de treinta (30) días útiles de concluido el monitoreo.

La fecha de inicio del monitoreo a que se refiere el párrafo precedente deberá concretarse dentro del plazo máximo de noventa (90) días calendario de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Para el caso de las empresas pertenecientes al subsector curtiembre, el Ministerio de la Producción propondrá posteriormente las medidas preventivas, de mitigación y/o correctivas a ser implementadas a corto plazo.

**Artículo 8°.- Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).**

Las empresas que en cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto Supremo y que como resultado de la evaluación de su DAP deban ejecutar un PAMA u otras medidas de adecuación ambiental, están obligadas a presentar informes semestrales al Ministerio de la Producción, dando cuenta de los monitoreos efectuados y del cumplimiento de sus obligaciones de adecuación ambiental.

El Ministerio de la Producción en función a la complejidad de los distintos casos, determinará el plazo para la formulación y presentación de los respectivos PAMA.

**Artículo 9°.- Micro y Pequeña Empresa Industrial.**

De conformidad con lo establecido en el Artículo 8° del Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, la micro y pequeña empresa industrial está obligada a cumplir lo dispuesto en la presente norma, pudiendo hacerlo en forma colectiva por grupo de actividad industrial, por concentración geográfica u otros criterios similares, previa conformidad expresa del Ministerio de la Producción.

**Artículo 10°.- Empresas con PAMA aprobados.**

Las empresas comprendidas en el presente Decreto Supremo que a la fecha tengan aprobado o se encuentren ejecutando un PAMA u otros estudios de adecuación ambiental similares, adecuarán sus LMP a los establecidos en la presente norma, sin perjuicio de las condiciones y plazos en ellos establecidos. En casos debidamente acreditados, se podrá obtener plazos especiales de adecuación.

**Artículo 11°.- Plazo de adecuación.**

El plazo de adecuación no excederá de 5 años contados a partir de la aprobación del PAMA respectivo; pudiendo ser extendido por un plazo no mayor de 2 años, en los casos en que los PAMAs contengan acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las gulias de manejo ambiental.

El PAMA contará con un Cronograma detallado de cumplimiento para su respectivo seguimiento.

**Artículo 12°.- Del incumplimiento de las disposiciones.**

Los casos de incumplimiento serán tratados conforme al Régimen de Sanciones e Incentivos del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades en la Industria Manufacturera, aprobado mediante Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI.

**Artículo 13°.- Refrendo.**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y por el Ministro de la Producción y entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA:**

**Primera.-** Los Valores Referenciales establecidos en el Anexo N° 2 para los Subsectores de Curtiembre y Papel, tendrán un período de vigencia de 2 años a partir de la fecha publicación de la presente norma, debiendo los titulares de dichas empresas realizar un programa de monitoreo de 2 años, con una frecuencia semestral. Posteriormente, entrarán en vigencia los Límites Máximos Permisibles que durante este período el Ministerio de la Producción establezca en base a los monitoreos y estudios realizados. Para tal efecto, los titulares de las empresas deberán presentar reportes de medición de los parámetros establecidos, de acuerdo a lo dispuesto en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones de Efluentes Líquidos aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM.

**Segunda.-** Los LMP para el subsector papel, en cuanto a los parámetros de partículas,  $NOx$ ,  $SO_2$  y  $VOC$ , serán propuestos en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y demás sectores involucrados, a partir, entre otros, de la información resultante de la implementación del Proyecto "Eficiencia Energética de los Calderos Industriales", el cual comprende a todos los Sectores que utilizan calderos en sus procesos productivos.

**Tercera.-** El Decreto Supremo N° 028-60 del 29.11.60 "Reglamento de Desagües Industriales" se mantiene vigente en todo lo que no se oponga a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los tres días del mes de octubre del año dos mil dos.

ALEJANDRO TOLEDO  
Presidente Constitucional de la República

LUIS SOLARI DE LA FUENTE  
Presidente del Consejo de Ministros

EDUARDO IRIARTE JIMÉNEZ  
Ministro de la Producción

## ANEXO 1

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE**

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9		6.0-9.0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)								3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N - NH <sub>3</sub> (mg/l)								30
Coliformes Fecales, NMP/100ml								

\* En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para este parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de este LMP.

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE**

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	5.0-8.5	5.0-8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	50	30	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50
Sulfuro (mg/l)							1	0.5
Cromo VI (mg/l)							0.3	0.2
Cromo Total (mg/l)							2.5	0.5
Coliformes Fecales, NMP/100 ml							4000	1000
N - NH <sub>3</sub> (mg/l)							20	10

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

\*\* Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

## ANEXO 2

**VALORES REFERENCIALES DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO Y AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES EN CURSO DE LOS SUBSECTORES CURTIEMBRE Y PAPEL**

PARÁMETROS	CURTIEMBRE (Alcantarillado)	PAPEL	
		Aguas Superficiales	Alcantarillado
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.5 - 9.5		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), mg/l	1000	250	1000
Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/l	2500	1000	3000
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/l	1000		
Sulfuros, mg/l	10		
Cromo +6, mg/l	0.5		
Cromo Total, mg/l	5		
Nitrógeno Amoniacal (N - NH <sub>3</sub> ), mg/l	50		

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores curtiembre y papel que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

## ANEXO 3

## LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP) PARA EMISIONES DE LOS HORNOS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA DEL PERÚ

Parámetro	Horno	LMP (mg/m <sup>3</sup> )
Material Particulado	En curso	250
	Nuevo	150

La emisión de material particulado (MP) por horno (EH) es el promedio ponderado de las emisiones de la totalidad de las chimeneas de cada horno, incluyendo la chimenea de bypas para control de álcalis o cloro y se calcula con la siguiente ecuación:

$$EH = \frac{\sum CiQi}{\sum Qi}$$

Donde:

EH = Emisión combinada de la línea de producción, en mg/m<sup>3</sup>  
 Ci = Concentración de la chimenea "i", en mg/m<sup>3</sup>  
 Qi = Flujo de gases de la chimenea "i", en m<sup>3</sup>/seg  
 i = Número de chimenea

17680

## Modifican el Reglamento de la Ley General de Pesca y los DD.SS. N°s. 004 y 008-2002-PE y 003-98-PE

DECRETO SUPREMO  
N° 004-2002-PRODUCE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

### CONSIDERANDO:

Que mediante Decreto Supremo N° 012-2001-PE, se aprobó el Reglamento de la Ley General de Pesca, estableciéndose en los Títulos II y III, correspondientes a Del Ordenamiento Pesquero y De la Actividad Pesquera, disposiciones que regulan el acceso a los recursos plenamente explotados, la vigencia de los permisos de pesca, el ordenamiento para el otorgamiento de las autorizaciones para la instalación de establecimientos industriales pesqueros, así como las normas que regulan el pago de derechos de pesca por la explotación de los recursos hidrobiológicos;

Que es necesario continuar adoptando medidas de ordenamiento pesquero que conlleven a evitar la pesca ilegal por parte de las embarcaciones pesqueras que han sido sustituidas y como consecuencia de ello, han perdido el permiso de pesca respectivo, así como adecuar la normatividad que regula la vigencia de los permisos en los casos de fuerza mayor o hechos fortuitos, sobre la transferencia de las autorizaciones para la instalación de establecimientos industriales pesqueros y respecto a la calificación de incentivo o beneficio de los descuentos por el servicio del Sistema de Seguimiento Satelital del pago de los derechos de pesca;

Que el artículo 5° del Decreto Supremo N° 008-2002-PE del 6 de junio del 2002, establece que sobre la base de los reportes de las toivas electrónicas u otros medios de prueba, se publicará, mediante Resolución Ministerial, una relación de embarcaciones pesqueras que registren de manera recurrente volúmenes de descarga que exceden la capacidad de bodega autorizada, por más de tres veces;

Que el artículo 41° del Decreto Supremo N° 008-2002-PE del 3 de julio del 2002, se establecen las sanciones administrativas por comisión de las infracciones tipificadas en la Ley General de Pesca, su Reglamento y demás normas vigentes; por lo que es necesario a fin de dar estricto cumplimiento a lo dispuesto en el párrafo precedente, incluir como nueva infracción administrativa la extracción de recursos hidrobiológicos por un volumen mayor a la capacidad de bodega autorizada en los permisos de pesca correspondientes;

Que a través de los Decretos Supremos N° 003-98-PE y N° 003-2000-PE, se Reglamentó las disposiciones contenidas en la Ley N° 26920, otorgándose los plazos para que los armadores cuyas embarcaciones estén compren-

didadas en el supuesto de dichos preceptos legales soliciten el permiso de pesca correspondiente;

Que diversos armadores de embarcaciones comprendidas dentro de los alcances de la Ley N° 26920 y sus normas complementarias, no cumplieron con las condiciones y requisitos exigidos por el ordenamiento jurídico pesquero para obtener el correspondiente permiso de pesca, resultando necesario dictar nuevas medidas que permitan cumplir con la finalidad de la mencionada Ley, para cuyo efecto debe procederse a la publicación del listado con las embarcaciones y procedimientos que se encuentren en dicho supuesto;

De conformidad con lo establecido en el artículo 9° de la Ley General de Pesca, Decreto Ley N° 25977, y en la Ley N° 26920;

### DECRETA:

**Artículo 1°.-** Adicionar el numeral 12.5 al artículo 12° del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, en los siguientes términos:

#### "Artículo 12°.- Recursos Plenamente Explotados

12.5. Los armadores de embarcaciones pesqueras no si-niestradas, que sean materia de sustitución de igual capacidad de bodega, deberán acreditar ante el Ministerio de la Producción la certificación expresa que acredite la destrucción o desguace de las embarcaciones sustituidas, emitida por la autoridad marítima. Dicha destrucción o desguace se efectuará una vez que la embarcación objeto de la autorización de incremento de flota obtenga el permiso de pesca respectivo. Será causal de caducidad de dicho permiso de pesca, incumplir con la mencionada certificación en un plazo de cuarenta y cinco (45) días, contados a partir del día siguiente de la notificación de la resolución administrativa que otorgue el permiso.

Están exceptuadas de lo previsto en el párrafo precedente en el caso que la embarcación materia de sustitución sea objeto para las pesquerías del recurso Atún, Calamar Gigante o Pota, o Jurel y Caballa para arrastre de media agua con destino exclusivo al consumo humano directo.

Para efectos de aplicar la excepción establecida deberá presentar el armador pesquero su solicitud de autorización de incremento de flota para tener el acceso a los recursos anteriormente mencionados dentro de los cuarenta y cinco (45) días contados a partir del día siguiente de la notificación de la resolución que deje sin efecto el permiso de pesca correspondiente. En el caso, que la resolución administrativa que se pronuncie sobre la solicitud de autorización de incremento de flota quede consentida o agote la vía administrativa, desestimando la autorización solicitada, el armador deberá acreditar la destrucción o desguace de la embarcación sustituida".

**Artículo 2°.-** Adicionar un párrafo a los numerales 33.3 y 33.7 y modificar los numerales 33.6 y 33.8 del Artículo

## **AMBIENTE**

### **Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales**

#### **DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM**

**EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA**

**CONSIDERANDO:**

Que, el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32 de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14 del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28 el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios, implica necesariamente y

## Sistema Peruano de Información Jurídica

según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

### **Artículo 1.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

### **Artículo 2.- Definiciones**

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

### **Artículo 3.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR**

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

### **Artículo 4.- Programa de Monitoreo**

## Sistema Peruano de Información Jurídica

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

### **Artículo 5.- Resultados de monitoreo**

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

### **Artículo 6.- Fiscalización y Sanción**

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

### **Artículo 7.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

### **DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL**

**Única.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

**ALAN GARCÍA PÉREZ**  
Presidente Constitucional de la República

**ANTONIO JOSÉ BRACK EGG**  
Ministro del Ambiente

**JUAN SARMIENTO SOTO**  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

## Sistema Peruano de Información Jurídica

## ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES  
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35



# Decreto Supremo Nº 021-2009-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2º de la Ley Nº 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, asimismo el literal a) del Artículo 8º del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo Nº 002-2002-VIVIENDA, establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento diseña, norma y ejecuta la política nacional y acciones del sector en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;

Que, la Ley Nº 26338, Ley General de Servicios de Saneamientos, en adelante la Ley General, ha declarado que dichos servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés nacional, cuya finalidad es proteger la salud de la población y el ambiente;

Que, el Artículo 15º de la Ley General, establece que los usuarios de los servicios de saneamiento tienen la obligación de hacer uso adecuado de dichos servicios, no dañar la infraestructura correspondiente y cumplir con las normas que los Reglamentos de las entidades prestadoras establezcan; asimismo dispone que el daño o la depredación de los equipos e instalaciones de los servicios de saneamiento; así como el uso indebido de los mismos serán sancionados en la forma que establezca el Reglamento de la Ley General y las disposiciones que para el efecto dicte la Superintendencia, sin perjuicio de la responsabilidad penal que tuviese el infractor.

Que, mediante Decreto Supremo Nº 023-2005-VIVIENDA se aprobó el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, en adelante el TUO del Reglamento;

Que, el literal g) del Artículo 56º del TUO del Reglamento establece como derecho de las EPS suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes industriales que se vierten en él, no cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente, quedando la EPS facultada para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio; por otro lado el literal h) del mismo artículo dispone que en casos especiales las EPS pueden cobrar el costo adicional por las cargas en el sistema de alcantarillado que superen los límites establecidos por cada EPS en su Reglamento de Prestación





de Servicios, indicando que dicho costo adicional será considerado como un servicio colateral;

Que, el tercer párrafo del Artículo 79° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado;

Que, las descargas de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario contienen concentraciones elevadas de sustancias contaminantes o tóxicas que deben ser reguladas, controladas y fiscalizadas, a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento, y evitando el deterioro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales;

Que, por otro lado la presencia de sustancias nocivas en concentraciones elevadas en las aguas residuales que descargan a las redes de alcantarillado pone en peligro la salud de los seres humanos;

Que, es necesario regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad del tratamiento de las aguas residuales, estableciendo y aprobando para este caso Valores Máximos Admisibles (VMA) en lugar de Límites Máximos Permisibles, pues estos últimos son parámetros de orden ambiental que se aplican a las descargas de efluentes en cuerpos receptores y tiene influencia en el ecosistema y el ambiente;

Que, en ese sentido resulta necesario modificar e incorporar las disposiciones pertinentes establecidas en el TUO del Reglamento de la Ley General a fin de concordar la nomenclatura y definición de los VMA;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú, Leyes N° 26338, N° 27792, N° 29338, Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, y demás normas pertinentes.

#### DECRETA:

##### Artículo 1°.- Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma

La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.



# Decreto Supremo

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.

## Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento

Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 que forman parte integrante de la presente norma.

Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros contenidos en el Anexo N° 2 no pueden ser sobrepasados. En caso se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.

## Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)

Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA) como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

## Artículo 4°.- Pago por exceso de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario

Las EPS o las que hagan sus veces, podrán cobrar a los usuarios no domésticos el pago adicional, de acuerdo a la normatividad vigente, correspondiente al exceso de concentración de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (AyG), medidos en la caja de registro de la red de alcantarillado o un dispositivo adecuado para este proceso, conforme al procedimiento que se establecerá en el Reglamento de la presente norma.

La metodología para la determinación de los pagos adicionales por exceso de concentración respecto de los valores máximos admisibles, será elaborada y aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, en un



plazo no mayor de la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la presente norma. Dicha metodología deberá ser incorporada en el Reglamento de Prestación de Servicios correspondiente a cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

#### **Artículo 5°.- Suspensión del Servicio de Alcantarillado**

Las EPS o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de los anexos N°1 y N°2.

#### **Artículo 6°.- Caso fortuito o fuerza mayor**

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor el usuario no doméstico efectúe descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario superando los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecido en el Anexo N° 2 de la presente norma, las EPS o las entidades que hagan sus veces, evaluarán si procede exonerar temporalmente al usuario no doméstico de los alcances del artículo 5°, de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la presente norma.

#### **Artículo 7°.- Control de las aguas residuales no domésticas**

El monitoreo de la concentración de parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, estará a cargo de las EPS o las entidades que hagan sus veces, contando para ello con la participación de laboratorios debidamente acreditados ante INDECOPI. Los pagos deberán ser asumidos por el usuario no doméstico de acuerdo al procedimiento que el ente competente establecerá concordante con la presente norma. La recolección de las muestras será realizada de manera inopinada, conforme al procedimiento establecido en el reglamento de la presente norma.

#### **Artículo 8°.- Actualización de los VMA**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento se encuentra autorizado a modificar los Valores Máximos Admisibles a través de una Resolución Ministerial. Para tal efecto, la Dirección Nacional de Saneamiento, evaluará y, de ser el caso, sustentará la modificación y actualización de los parámetros de los Valores Máximos Admisibles, señalados en los Anexos N° 1 y N° 2, previo análisis y estudio efectuado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, de acuerdo a la caracterización del tipo de descarga no doméstica vertida a los sistemas de alcantarillado.

#### **Artículo 9°.- Prohibiciones**

Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.





# Decreto Supremo

## DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

**PRIMERA.-** La presente norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario, contados a partir de la publicación de la presente en el Diario Oficial El Peruano.

**SEGUNDA.-** Los usuarios que a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, se encuentren efectuando descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, deberán adecuar sus descargas a las disposiciones establecidas en la presente norma, en un plazo no mayor de cinco (05) años.

En el caso de nuevos usuarios del sistema de alcantarillado sanitario las disposiciones de la presente norma serán de aplicación inmediata.

**TERCERA.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, aprobará las normas complementarias que sean necesarias, para la aplicación e implementación del presente Decreto Supremo.

**CUARTA.-** El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

## DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS

**ÚNICA.-** Modifíquense los literales g) y h) del Artículo 56° del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, con el texto siguiente:

**Artículo 56°.-** Son derechos de la EPS:  
(...)

g) Suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes no domésticos que se vierten en él, no cumplan con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en la normatividad vigente. Las EPS o las entidades que hagan sus veces, quedan facultadas para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio.

h) Cobrar el costo adicional por las cargas contaminantes descargados en el sistema de alcantarillado que superen los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por



la normatividad vigente. Dicho pago adicional será incorporado en el Reglamento de Prestación de Servicios de cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS DEROGATORIAS

ÚNICA.- Deróguense todas las normas que se opongan al presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los diecinueve días del mes de noviembre del año dos mil nueve.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

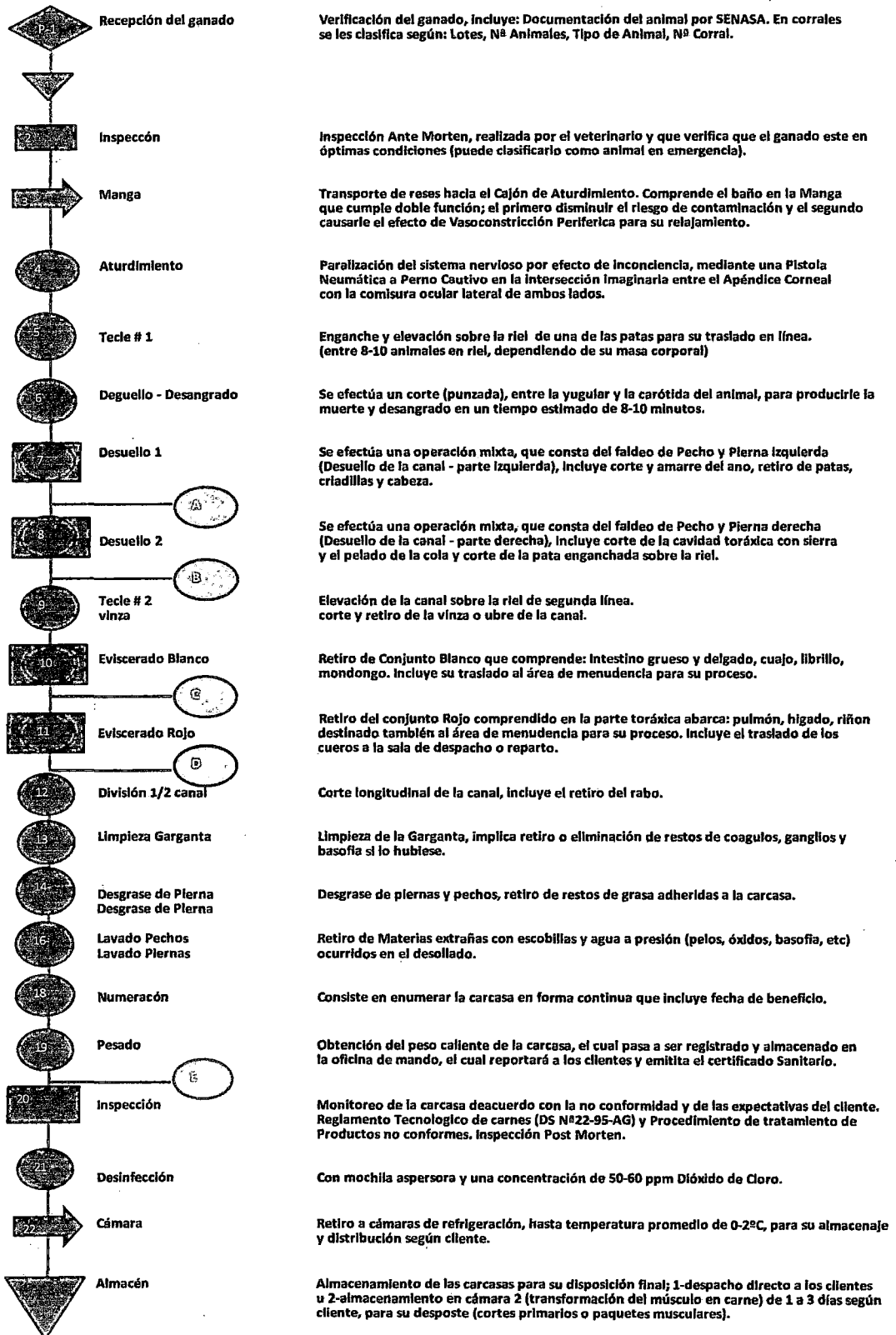


  
ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

  
JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS  
PROCESOS DEL CAMAL EN  
ESTUDIO**

## D.O.P. BENEFICIO DE RESES



# D.O.P. MENUDENCIA DE RESES

## SUBPRODUCTOS

A

### CABEZA

una ves retirada la cabeza de la res  
Continúa con la enumeración en orden correlativo

Se transporta al área de menudencia donde son colocados en orden.

Se procede a descuernarlos, utilizando una cortadora de cachos

Se procede a lavar la Cabeza, para eliminar los restos de sangre y posible basosia adherida.

Luego se almacena en forma ascendente una vez que están separadas en orden ascendente deben pasar x inspección que abarca - n° dientes listos para ser distribuidos para los clientes

informe de dientes pa clasificarlos - d leche terneros - novillos tienda 4d engorde - 5-6D MASS - Y + 8D SALA CORTE JOSAC vacas tern - a tienda - vacas Josac - mass

C

### CONJUNTO BLANCO

Se transporta al área de Proceso de menudencia

Se procede a la separación de las partes del Conjunto Blanco, comprende: Intestino delgado y grueso, Cuaño librillo, mondongo.

Luego se hace un lavado por separado del Conjunto Blanco, para eliminar la basofia del Interior.

Luego se va al Proceso de Sancochado (repassado para quitar las impurezas del blanco) extender la vida útil del producto-pedido cliente

Luego se le dirige a la Peladora con adición de agua para retirar impurezas (no se considera a los intestinos ni el cuaño). mond - bonete presenta redecillas (panel abeja)

Luego se va al raspado de mondongo y solo lavado del librillo por separado no int

Se reposa en agua fría y de nuevo en agua caliente.

\*Proceso adicional BLANQUEADO

Pedido por ciertos clientes: 500 ml Agua Oxigenada mezclada con agua (1/4 del cilindro) unos 10-15 min.

Se dirige al Conjunto Blanco al Proceso de Desgrase

\*No todos los clientes toman el servicio de desgrase.

Luego del desgrase se procede al enfriado (Remojo en agua fría) del Conjunto Blanco para darle la consistencia y no pierda color.

Se selecciona según cliente y se almacena para su posterior repartición.

B

### PATAS

Se transporta al área de menudencia donde las patas anteriores y posteriores son colocados en orden, según la res.

Se procede al Proceso de Sancochado de las Patas a una temperatura promedio de 50 a 60 °c

Paso siguiente es el pelado.

Luego es llevado a la sala sub siguiente donde se le procede al refinado

Se selecciona según cliente y se almacena para su posterior repartición.

D

### CONJUNTO ROJO

Se transporta al área de Proceso de menudencia

Se hace una Inspección del Conjunto Rojo el cual comprende: pulmón, hígado, riñón y rabo. (veterinario decidirá el estado de la menudencia, en caso de haber decomisos, estos irán al digestor).

Luego se procede al Desgrase del Conjunto Rojo (eliminación de cúmulos de grasa) para después ser colocados en los percheros para su selección.

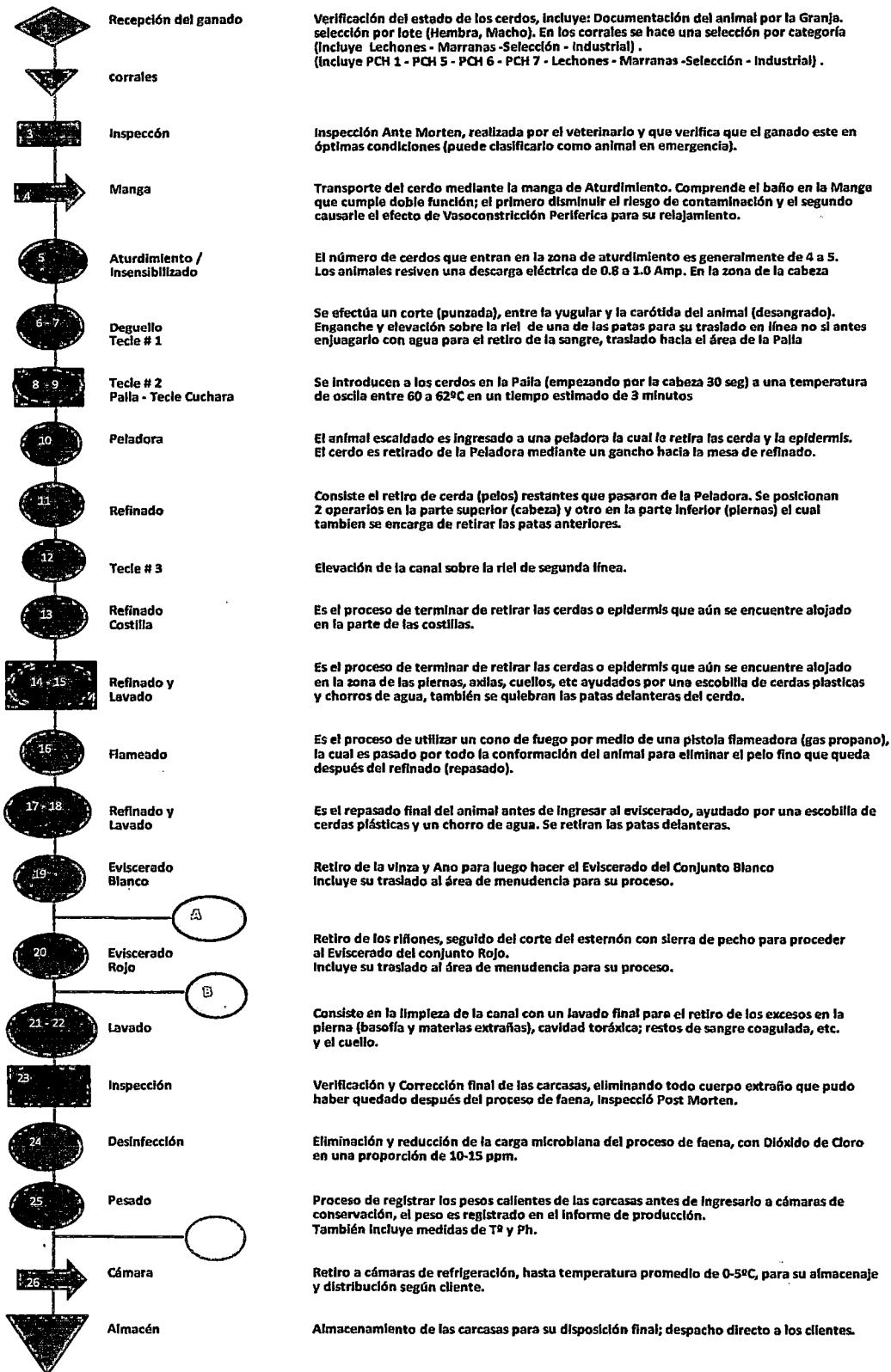
Luego se almacena, para su posterior Reparto.

NOTA:

EL CUERO COMO SE ESPECIFICO EN EL PROCESO UNA VEZ TERMINADO EL DESUELLO ES LLEVADO A SU ALMACEN PARA SU REPARTO POSTERIOR.

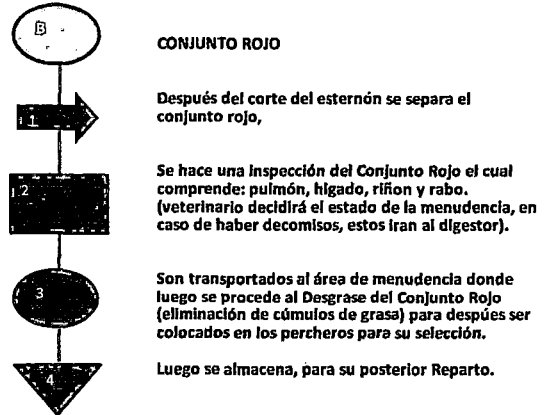
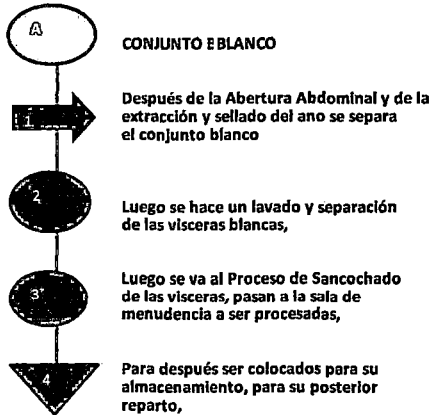


## D.O.P. BENEFICIO DE CERDOS

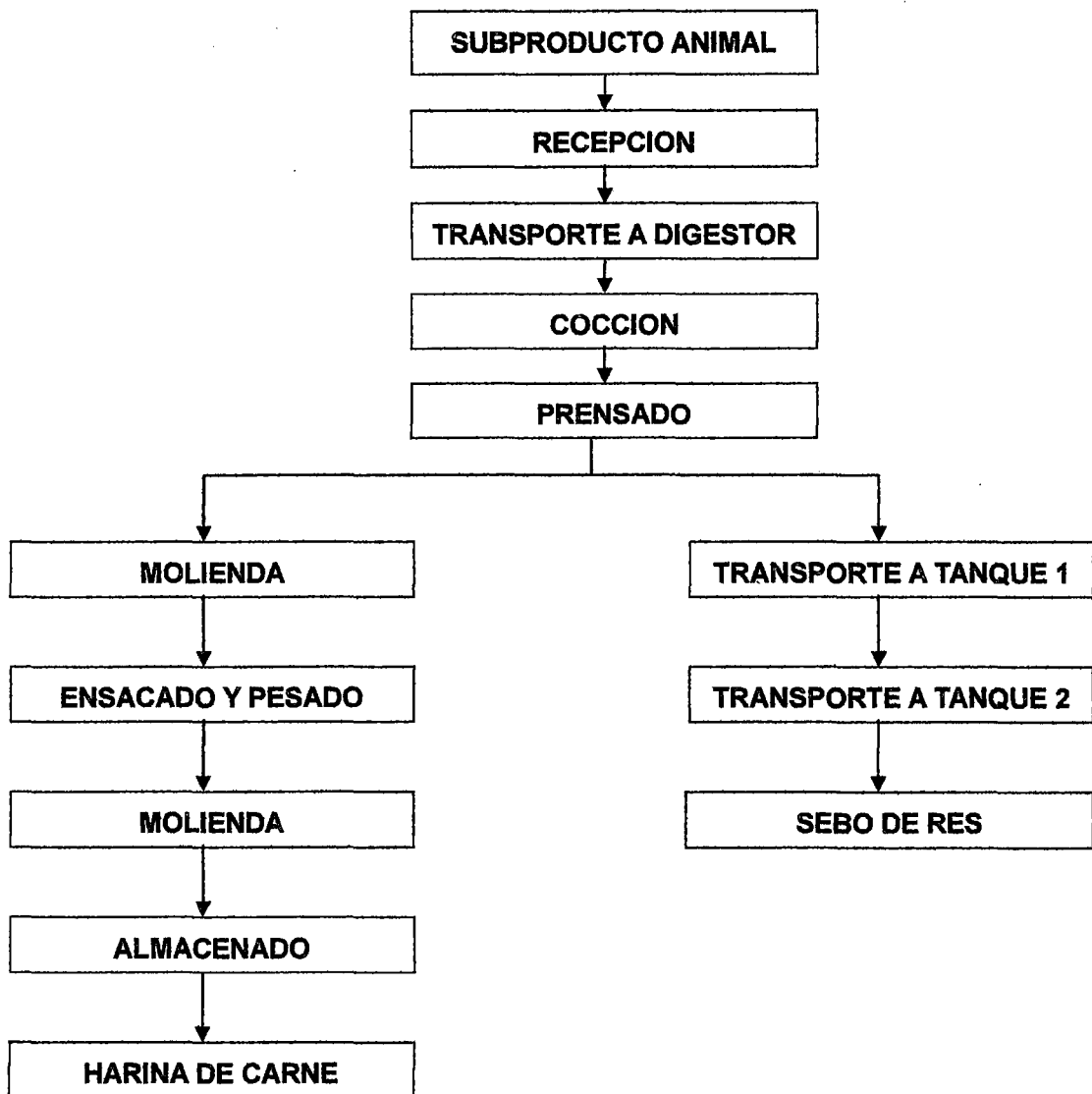


## D.O.P. MENUDENCIA DE CERDOS

### SUBPRODUCTOS



## DIAGRAMA DE FLUJO SUBPRODUCTOS



**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS  
EFECTUADOS POR EL  
LABORATORIO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
AMBIENTAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

### LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

#### INFORME DE ANÁLISIS N°129-2011 LAB N° 20

Solicitante : LYCONS SRL.  
Proyecto : Tesis  
Tipo de muestra : Agua de Camal - Desagüe (\*)  
Procedencia : Km. 18 Panamericana Sur Consorcio FRIGOARESA  
Fecha de muestreo : 29-04-2011 Hora: 9:00 a.m.  
Fecha de recepción : 05-05-2011

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	M1	METODO
Aceites y Grasas	mg/L	95.90	Gravimétricos
Color	U.C	750.00	Colorimétrico
DQO	mg/L	3,260.00	Colorimétrico
pH	-----	6.90	Electrodo
Sólidos Totales	mg/L	6,724.00	Gravimétricos
Sólidos Disueltos	mg/L	5,568.00	Gravimétricos
Sólidos Suspendedos	mg/L	1,156.00	Gravimétricos
Sólidos Fijos	mg/L	4,176.00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles	mg/L	2,548.00	Gravimétricos
Turbiedad	U.N.T	661.00	Turbidimétrico
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,087.37	Winkler

Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA -AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, 18 de Mayo del 2011.



(\*) La muestra fue tomada por el solicitante



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

### LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

#### INFORME DE ANÁLISIS N°132-2011 LAB N° 20

Solicitante : LYCONS SRL.  
Proyecto : Tesis  
Tipo de muestra : Agua de Camal - Desagüe (\*)  
Procedencia : Contenedor Geotube Km. 18 Panamericana Sur Consorcio FRIGOARESA  
Fecha de muestreo : 14-05-2011 Hora: 9:00 a.m.  
Fecha de recepción : 19-05-2011

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

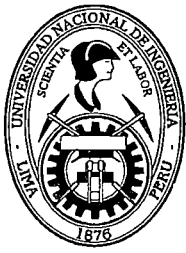
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Aceites y Grasas	mg/L	267.10	Gravimétricos
Color	U.C	6,120.00	Colorimétrico
pH	-----	7.44	Electrodo
Sólidos Totales	mg/L	7,572.00	Gravimétricos
Sólidos Disueltos	mg/L	5,828.00	Gravimétricos
Sólidos Suspendidos	mg/L	1,744.00	Gravimétricos
Sólidos Fijos	mg/L	4,448.00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles	mg/L	3,124.00	Gravimétricos
Sólidos Sedimentables	ml/L/Hr.	18.00	Gravimétricos
Turbiedad	U.N.T	1,500.00	Turbidimétrico

Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA -AWWA-WPCF 19 edición.

LABORATORIO N° 20  
Lima, 31 de Mayo del 2011.

ING. VALERY MAUTINO CANO  
JEFE DE LABORATORIO N°20

(\*) La muestra fue tomada por el solicitante



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

### LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

#### INFORME DE ANÁLISIS N°133-2011 LAB N° 20

Solicitante : LYCONS SRL.  
Proyecto : Tesis  
Tipo de muestra : Agua de Camal - Desagüe (\*)  
Procedencia : Dilución Reactor RAFA  
Fecha de muestreo : 14-05-2011 Hora: 1:00 p.m.  
Fecha de recepción : 19-05-2011

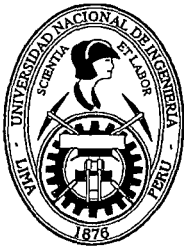
#### RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Aceites y Grasas	mg/L	52.60	Gravimétricos
Color	U.C	540.00	Colorimétrico
pH	-----	7.42	Electrodo
Sólidos Totales	mg/L	3,548.00	Gravimétricos
Sólidos Disueltos	mg/L	2,840.00	Gravimétricos
Sólidos Suspendidos	mg/L	708.00	Gravimétricos
Sólidos Fijos	mg/L	2,308.00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles	mg/L	1,240.00	Gravimétricos
Sólidos Sedimentables	ml/L/Hr.	8.00	Gravimétricos
Turbiedad	U.N.T	713.00	Turbidimétrico

Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA -AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, 19 de Mayo del 2011.  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO N° 20  
INGENIERIA AMBIENTAL  
ING. VALERY MAJUTINO CANO  
JEFE DE LABORATORIO N°20

(\*) La muestra fue tomada por el solicitante



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

### LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANTARIA

#### INFORME DE ANÁLISIS N°134-2011 LAB N° 20

Solicitante : LYCONS SRL.  
Proyecto : Tesis  
Tipo de muestra : Agua de Camal - Desagüe (\*)  
Procedencia : Salida Reactor RAFA Naranja  
Fecha de muestreo : 14-05-2011 Hora: 1:00 p.m.  
Fecha de recepción : 19-05-2011

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Aceites y Grasas	mg/L	19.10	Gravimétricos
Color	U.C	120.00	Colorimétrico
pH	-----	7.76	Electrodo
Sólidos Totales	mg/L	2,632.00	Gravimétricos
Sólidos Disueltos	mg/L	2,386.00	Gravimétricos
Sólidos Suspendidos	mg/L	246.00	Gravimétricos
Sólidos Fijos	mg/L	2,220.00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles	mg/L	412.00	Gravimétricos
Sólidos Sedimentables	ml/L/Hr.	1.0	Gravimétricos
Turbiedad	U.N.T	305.00	Turbidimétrico

Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA -AWWA-WPCF 19 edición

Lima, 19 de Mayo del 2011.

ING. VALERY MAUTINO CANO  
JEFE DE LABORATORIO N°20

(\*) La muestra fue tomada por el solicitante.





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

### LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

#### INFORME DE ANÁLISIS N°135-2011 LAB N° 20

Solicitante : LYCONS SRL.  
Proyecto : Tesis  
Tipo de muestra : Agua de Camal - Desagüe (\*)  
Procedencia : Salida Reactor RAFA Negro  
Fecha de muestreo : 14-05-2011 Hora: 1:00 p.m.  
Fecha de recepción : 19-05-2011

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Aceites y Grasas	mg/L	17.30	Gravimétricos
Color	U.C	230.00	Colorimétrico
pH	-----	7.50	Electrodo
Sólidos Totales	mg/L	2,528.00	Gravimétricos
Sólidos Disueltos	mg/L	2,372.00	Gravimétricos
Sólidos Suspendidos	mg/L	156.00	Gravimétricos
Sólidos Fijos	mg/L	2,176.00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles	mg/L	352.00	Gravimétricos
Sólidos Sedimentables	ml/L/Hr.	2.0	Gravimétricos
Turbiedad	U.N.T	152.00	Turbidimétrico

Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA -AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, República del Perú, el 19 de Mayo del 2011.



ING. VALERY MAUTINO CARVO  
JEFE DE LABORATORIO N°20

(\*) La muestra fue tomada por el solicitante.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

### INFORME DE ANÁLISIS N°172-2011 LAB N° 20

Solicitante : LYCONS SRL.  
Proyecto : Tesis  
Tipo de muestra : Lodo (\*)  
Procedencia : Camal Esmeralda Km. 18.5 Panamericana Sur  
Fecha de muestreo : 18-06-2011 Hora: 11.00 a.m.  
Fecha de recepción : 21-06-2011

### RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Sólidos Fijos	%	4.44
	mg/L	0.19
Sólidos Volátiles	%	95.56
	mg/L	4.09

Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA –AWWA-WPCF 19 edición.

Lima, 27 de Junio del 2011.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO N° 20  
ING. VALERY MAUTINO CANO  
JEFE (e) LABORATORIO Nro. 20

(\*) La muestra fue tomada por el solicitante.