

INDICE

1-PRESENTACIÓN	7
2-DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO	10
3-TANQUES DE RECEPCIÓN DE BAROMÉTRICAS.....	14
3.1-Finalidad.....	14
3.2-Localización.....	14
3.3-Características Principales	14
3.4-Horario de descarga.....	15
3.5-Operación.....	16
4-PRETRATAMIENTO	24
4.1-Descripción del Proceso de Pretratamiento.....	24
4.2-Tamices mecánicos Roto Screen	26
4.2.1-Finalidad	26
4.2.2-Localización	26
4.2.3-Características Principales.....	26
4.2.4-Operación	27
4.2.5-Rutinas operacionales	28
4.2.6-Evaluación del desempeño	28
4.2.7-Problemas operacionales y sus correcciones	30
4.3- Medidor de Caudal <i>Parshall</i>	33
4.3.1-Finalidad	33
4.3.2-Localización	33
4.3.3-Operación	33
4.3.4-Características principales.....	33
4.4-Desarenadores mecanizados	41
4.4.1-Finalidad	41
4.4.2-Localización	41
4.4.3-Características Principales.....	41
4.4.4-Operación	42
4.4.5-Evaluación del desempeño	43
4.4.6-Puntos de recolección de muestras	44
4.4.7-Parámetros a determinar	44
4.4.8-Frecuencia de muestreo	44

4.4.9-Registro de los datos operacionales	44
4.4.10-Problemas operacionales, causas y correcciones.....	44
4.5-Compuertas del tratamiento preliminar	49
5-REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE-UASB.....	51
5.1- Descripción del proceso de los reactores anaerobios	51
5.2- Finalidad.....	55
5.3- Localización.....	55
5.4- Operación.....	55
5.4.1-Distribución Equitativa de efluente	55
5.4.2-Remoción de lodo digerido	56
5.4.3-Remoción de espuma	57
5.4.4-Remoción de biogás	58
5.5- Características principales de los reactores anaerobios	59
5.6- Evaluación del desempeño.....	60
5.7- Puntos de recolección de muestras	61
5.8- Parámetros a determinar	61
5.9- Frecuencia de muestreo	61
5.10- Anotación de datos operacionales	61
5.11- Problemas operacionales, causas y correcciones	61
5.12- Control operacional	62
5.13- Sistema de biogás	71
5.14- Propiedades del biogás	72
5.15- Composición del biogás.....	73
6-DESHIDRATACIÓN DE LODO	80
6.1- Finalidad.....	80
6.2- Localización.....	80
6.3-Características principales.....	80
6.4- Operación.....	81
6.5- Preparación de solución de polímero a 0,4 %.....	85
6.6- Evaluación del desempeño.....	86
6.7- Puntos de recolección de muestras	86
6.8- Parámetros a determinar	86
6.9- Frecuencia de muestreo	86

6.10- Anotación de datos operacionales	86
6.11- Problemas operacionales, causas y correcciones	87
6.12- Concepto de carga másica	92
6.13- Recomendaciones para el proceso de deshidratación.....	93
7-DESINFECCIÓN.....	98
7.1- Finalidad.....	98
7.2- Localización.....	98
7.3- Características principales.....	98
7.3.1-Sistema de cloración.....	98
7.3.2-Sistema de decloración.....	99
7.4- Operación.....	100
7.4.1-Evaluación del desempeño	101
7.4.2-Anotación de datos operacionales	102
7.4.3-Problemas, causas y correcciones.....	102
8-CORRECCIÓN DE pH EN LOS REACTORES ANAEROBIOS.....	109
8.1- Consideraciones generales	109
8.2- Características principales.....	109
8.3- Estimación de consumo de soda cáustica pura	110
9-EQUIPAMIENTOS AUXILIARES	112
9.1- Consideraciones generales	112
9.1.1-Lixiviado del tratamiento preliminar	112
9.1.2-Retorno del líquido del local de deshidratación	113
9.1.3-Retorno del lixiviado de playa de lodo deshidratado	115
9.1.4-Agua de servicio y utilidades.....	115
9.1.5-Sistema de control de olores de deshidratación	116
10-MONITOREO DEL PROCESO	118
11-ACTIVIDADES DE LOS OPERADORES DE LA PTAR JUNTO A LAS UNIDADES	122
11.1- Tratamiento preliminar	122
11.2- Reactores anaerobio	122
11.3- Tanque de contacto/ cloradores	123
11.4- Tanque de lodo.....	123
11.5- Deshidratación de lodo	124
11.6- Otras actividades de los operadores de PTAR	124

12-MEDIDAS DE SEGURIDAD	128
12.1- Consideraciones generales	128
12.2- Riesgos biológicos.....	128
12.2.1-Causas	128
12.2.2-Medidas de seguridad.....	129
12.2.3-Reglas de Higiene personal de los operadores	129
12.3- Riesgos físicos	130
12.3.1-Causas	130
12.3.2-Medidas de seguridad.....	130
12.4- Riesgos ergonómicos	131
12.4.1-Causas	131
12.4.2-Medidas de seguridad.....	131
12.5- Riesgos de accidente	131
12.5.1-Causas	131
12.5.2-Medidas de seguridad.....	131
12.6- Riesgos químicos	132
12.6.1-Causas	132
12.6.2-Medidas de seguridad.....	132
13-CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS	133

1 – PRESENTACIÓN

El Proyecto de la Estación de Tratamiento de Efluente de Ciudad de la Costa en Montevideo-Uruguay fue desarrollado por el CONSÓRCIO formado por las empresas SOGREAH – SAFEGE – CSI, en 2007, teniendo como cliente OBRAS SANITÁRIAS DEL ESTADO-OSE.

El proceso de tratamiento, en su primera etapa, consiste en las siguientes unidades:

Cámara de carga, tamices Roto Screen, medidor de caudal Parshall, desarenadores circulares mecanizados, reactores anaerobios de flujo ascendente (UASB), tanque de contacto para desinfección, sistema de aplicación de cloro, sistema de decoloración con metabisulfito de sodio, tanque de concentración de lodo, centrífugas para deshidratación, sistema de polímero, sistema de aplicación de soda cáustica, cámara de separación de espuma, sistema de quema de biogás, cámara de recepción de camiones barométricos, cámara de bombeo de líquido y de espuma barométricas.

El efluente de la PTAR luego de la decoloración, pasa por la cámara de salida y a través del emisario por gravedad llega al cuerpo receptor, Río de la Plata. Parte del efluente tratado, antes de la aplicación de metabisulfito de sodio, pasa por filtros presurizados siendo el agua filtrada utilizada como agua de servicio.

Para evitar malos olores, el tratamiento preliminar fue cubierto y los gases allí removidos son tratados en un filtro de carbón activado. También los gases del tanque de concentración de lodo y del local de deshidratación son recolectados y tratados. Además del efluente doméstico, la PTAR recibe también para ser tratados, los camiones barométricos que son allí descargados.

Los parámetros de proyecto adoptado para el dimensionamiento de la PTAR son mostrados a continuación:

Parámetro/Año	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Población servida (hab)	46.431	125.121	192.134	224.235	290.073	343.276
Qsanitário (L/s)	141	334	495	569	738	858
Qsanitário (m³/dia)	12.182	28.858	42.768	49.162	63.763	74.131
Qsanitário Dia>contribución (L/s)	163	395	584	663	850	983
Q máx. sanitario (L/s)	292	612	794	914	1.194	1.389
Carga DBO Doméstica (kg/dia)	2.507	6.757	10.375	12.109	15.664	18.537
Carga DBO Barométrica (kg/dia)	1.935	1.516	1.179	1.086	695	453
Carga DBO total (kg/dia)	4.443	8.272	11.554	13.195	16.358	18.990
Concentración de DBO (mg/L)	365	287	270	268	257	256
Carga de DQO (mg/L)	9.316	16.882	23.370	26.630	32.871	38.081
Concentración de DQO (mg/L)	765	585	546	542	516	514
Carga SS Doméstica (kgSS/dia)	2.507	6.757	10.375	12.109	15.664	18.537
Carga SS Barométrica (kgSS/dia)	4.732	3.705	2.882	2.654	1.698	1.107
Carga de SS total (kgSS/dia)	7.239	10.462	13.257	14.763	17.362	19.664
Concentración de SS (mg/L)	594	363	310	300	272	265
Carga SSV Doméstica (kgSSV/dia)	2.006	5.406	8.300	9.687	12.531	14.830
Carga SSV Barométrica (kgSSV/dia)	3.123	2.445	1.902	1.752	1.121	731
Carga SSV Total (kgSSV/dia)	5.129	7.851	10.202	11.439	13.652	15.561
Concentración SSV (mgSSV/L)	421	272	239	233	214	210
Carga de N-NKT (kg/dia)	699	1.391	1.982	2.275	2.848	3.322
Concentración de N-NKT (mgN/L)	57	48	46	46	45	45
Carga de Fósforo (kgP/dia)	73	164	241	279	354	416
Concentración de P (mg/dia)	6	5,7	5,6	5,6	5,6	5,6
N.M.P.(coliformes fecales/100 mL)	1,0x10 ⁷	1,0x10 ⁷	1,0x10 ⁷	1,0x10 ⁷	1,0x10 ⁷	1,0x10 ⁷

La calidad del efluente a la salida de la PTAR esperada según pliego de condiciones es:

DBO < 130 mg/L

Sólidos suspendidos totales < 50 mg/L

Fósforo total < 6mgP/L

NMP Coliformes fecales < 1.000 CF/100mL

Aceites y grasas < 50 mg/L

2– DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

2 – DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

Los líquidos residuales llegan a la PTAR desde los pozos de bombeo (Pando, La Tahona y Rambla) a través de líneas de impulsión (1) siendo descargados en la cámara de carga.

Los camiones barométricos (2) descargan los líquidos residuales en tres cámaras de recepción (3) siendo posteriormente conducidos hasta la cámara de bombeo y separación de espumas (4). La parte líquida, es bombeada (5) hacia la cámara de carga (7). Las espumas (6) se bombean hacia una cámara de concentración (27) y luego se conducen hacia el tanque de concentración de lodo (28). El líquido de la cámara de concentración de espuma (27) es bombeado (26) para la cámara de carga (7).

De la cámara de carga (7) el líquido residual pasa por dos compuertas (8) capaces de aislar el flujo de efluente y haciendo, en casos de emergencia, el by-pass total de la PTAR.

La apertura de dos compuertas menores permite remover el material flotante que quedó en el pozo de la cámara de carga.

Dos tamices de modelo Roto Screen (9) retienen los sólidos mayores que 6 mm llevándolos a través de tornillos (10) a contenedores (11)

A continuación el líquido pasa por el medidor de caudal Parshall (12) donde se realiza la medición instantánea del caudal afluente al tratamiento.

En caso de que ocurra un descenso del pH en los reactores anaerobios, el canal Parshall (12) recibirá una solución de soda cáustica que será bombeada (38) desde el tanque de soda cáustica (37). Luego del canal Parshall, el líquido se dirige para los desarenadores (13) donde la arena sedimentada es removida por el tornillo transportador (14) hacia el contenedor de arena (15). A la salida de los desarenadores, se ubica la cámara partidora de caudales que alimenta los reactores UASB (16) donde parte del líquido es transformada en biogás que va para el quemador de gas (17), y la fracción líquida tratada, pasa por el medidor de caudal (18) dirigiéndose para la cámara de inyección de cloro (20) donde es inyectado cloro gaseoso proveniente de los tons de cloro (19). Para

tener un tiempo de contacto de 30 minutos el efluente pasa por la cámara de contacto (21) y a continuación recibe una solución de metabisulfito (22) en la cámara de inyección (23) para eliminar el cloro residual que no haya sido consumido.

La cámara (23) recibe también la tubería de “by-pass” de seguridad en caso de emergencia. Antes de dirigirse al emisario final, el efluente ya declorado pasa por la cámara de salida y muestreo (39) desde donde es enviado al cuerpo receptor, Río de la Plata (40).

La espuma de los reactores anaerobios es enviada a la cámara de concentración de espuma.

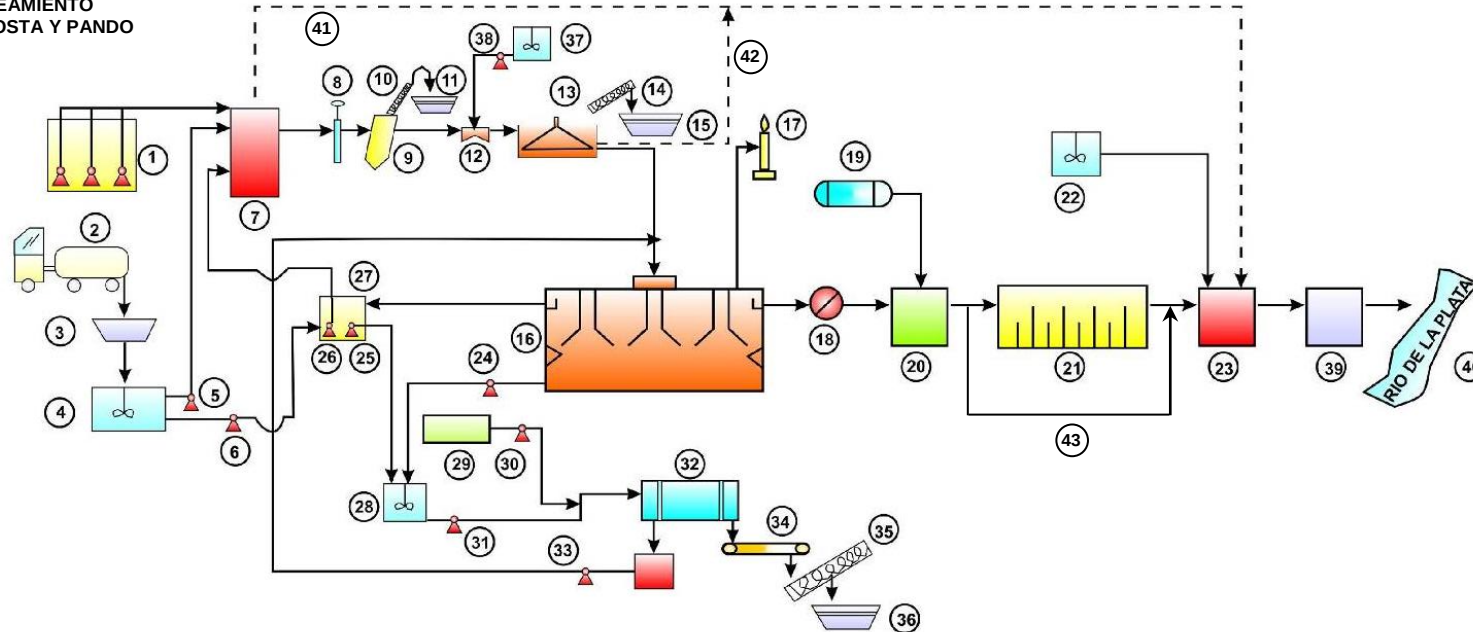
El lodo digerido, ya mineralizado, del reactor UASB es bombeado por las bombas de lodo digerido (24).

La espuma de los reactores anaerobios es enviada a la cámara de concentración de espuma (27).

El lodo digerido, ya mineralizado, del reactor UASB es bombeado por las bombas de lodo digerido (24) hasta el tanque de concentración de lodo (28). Este tanque recibe por bombeo (25) las espumas procedentes de la cámara de concentración de espumas (27). En el tanque de concentración de lodos (28), las espumas y los lodos son mezclados por un agitador y a continuación son bombeados (31) para las centrífugas (32). A través de un sistema de preparación automática de polímero (29) una solución de polímero es bombeada (30) hasta la tubería de lodo antes de entrar en la centrífuga (32). El líquido clarificado de la centrífuga (32) es bombeado (33) para la cámara partidora de caudales. El lodo deshidratado es volcado a una cinta transportadora (34) y a través de un tornillo (35) enviado a un contenedor (36).

Para el control de olores en el tratamiento preliminar fueron cubiertos los canales, los medidores de caudal Parshall y también los desarenadores. Los tamices Roto Screen ya poseen una cubierta de acero inoxidable. Los gases aspirados son enviados hacia una torre con carbón activado para la remoción de olores.

RED DE SANEAMIENTO
CIUDAD DE LA COSTA Y PANDO



- | | | | |
|--|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| 1. EB1 y PANDO – LA TAHONA | 12. MEDIDOR PARSHALL | 23. CÁMARA DE INYECCIÓN DE METABISULFURO | 34. CINTA TRANSPORTADORA DE LODO |
| 2. CAMIONES BAROMÉTRICOS | 13. DESARENADORES | 24. BOMBAS DE LODO DIGERIDO | 35. TORNILLO DE LODO |
| 3. CÁMARAS DE RECEPCIÓN | 14. TORNILLO TRANSPORTADOR | 25. BOMBAS DE ESPUMA CONCENTRADA | 36. CONTENEDOR DE LODO DESHIDRATADO |
| 4. CÁMARA DE BOMBEO Y SEPARACIÓN DE ESPUMA | 15. CONTENEDOR DE ARENA | 26. BOMBA DE LÍQUIDO SEPARADO DE ESPUMA | 37. TANQUE DE SODA CÁUSTICA |
| 5. BOMBAS DE LÍQUIDO BAROMÉTRICO | 16. REACTOR UASB | 27. CÁMARA DE CONCENTRACIÓN DE ESPUMA | 38. BOMBA DE SODA CÁUSTICA |
| 6. BOMBAS DE ESPUMA DE BAROMÉTRICAS | 17. QUEMADOR DE GAS | 28. TANQUE DE CONCENTRACIÓN DE LODO | 39. CÁMARA DE SALIDA |
| 7. CÁMARA DE CARGA | 18. MEDIDOR DE CAUDAL | 29. PREPARACIÓN DE POLÍMERO | 40. CUERPO RECEPTOR RÍO DE LA PLATA |
| 8. COMPUERTAS | 19. TONS DE CLORO | 30. BOMBA DE SOLUCIÓN DE POLÍMERO | 41. BY-PASS PLANTA |
| 9. TAMICES | 20. CÁMARA DE DESINFECCIÓN | 31. BOMBA DE LODO CONCENTRADO | 42. BY-PASS REACTOR |
| 10. TORNILLO TRANSPORTADOR | 21. TANQUE DE CONTACTO | 32. CNETRÍFUGA | 43. BY-PASS CÁMARA DE CONTACTO |
| 11. CONTENEDOR | 22. TANQUE DE METABISULFURO | 33. BOMBA DE CLARIFICADO DE CENTRÍFUGA | |

3 – PLAYA DE RECEPCIÓN DE BAROMÉTRICAS



3 – TANQUES DE RECEPCIÓN DE BAROMÉTRICAS

3.1 – Finalidad

Los tanques de recepción de barométricas tienen por finalidad recibir las descargas diarias de los camiones barométricos, separando las espumas de la fracción líquida de modo de bombearlas para la cámara de separación de espuma y bombear el líquido para la cámara de carga.

3.2 – Localización

Los camiones barométricos hacen las descargas en el área externa a la PTAR, próxima a la entrada principal de modo de no ingresar en el área de tratamiento.

3.3 – Características principales

Número de tanques de recepción: 03

Largo: 4 m

Ancho: 3 m

Altura útil: 0.90 m

Volumen útil por tanque 10,80 m³

Cámara de separación de espuma: 01

Formato rectangular

Largo: 5.05 m

Ancho: 4.20 m

Altura útil: 1.20m

Volumen útil por tanque 25,45 m³

Bombas de espumas barométricas

Número de bombas: 02 (1+1)

Fabricante: NETZCH

Modelo vertical

Potencia del motor: 1.5 kW

Caudal por bomba: 1 m³/h

Bombas de líquido barométrico

Número de bombas: 03 (2+1)

Fabricante: FLYGT

Modelo sumergible

Potencia del motor: 9 kW

Caudal por bomba: 133 m³/h (37 L/s)

Mixers (mezcladores)

Número de mixer: 01

Fabricante: FLYGT

Potencia del motor: 1 kW

3.4 – Horario de descarga

El horario establecido para la descarga de barométricas es de lunes a viernes de 8.00 a 18.00hs y los sábados de 8.00 a 13.00hs.

El sábado a la tarde se aprovecha para realizar tareas de mantenimiento a los equipos, limpiezas de cámaras y tuberías de impulsión.

Si por razones de servicio debe interrumpirse la descarga, se comunicará previamente con 48 hs de antelación.

Solo están autorizados a descargar aquellos camiones que previamente se hayan registrado en la Oficina Comercial de OSE de Ciudad de la Costa.

Como requisito para la descarga en la PTAR, los interesados deberán presentar al personal de planta la Declaración Jurada. Las barométricas que no hayan cumplido con este requisito o se constatará al momento de la descarga que los líquidos no se corresponden con lo declarado serán rechazados.

Se adjuntan talonarios de cobro que se deben entregar al momento de la descarga.

3.5 - Operación

Se realizan unas 100 descargas diarias de 6 m³ haciendo un total de 600 m³/día.

En la cámara de separación de espuma, el líquido de la parte inferior es bombeado para la cámara de carga al tiempo que las espumas son bombeadas para la cámara de concentración de espumas, luego de transcurridas 8 horas diarias.

El mixer instalado en la cámara de espuma debe ser encendido durante 20 minutos antes de encender la bomba de espuma. Una vez concentrada, las espumas son bombeadas para el tanque de concentración de lodo y posteriormente, junto con el lodo digerido del UASB bombeadas a las centrífugas de deshidratación.

Las descargas de camiones pueden ser simultáneas en las 3 cámaras de recepción generando un caudal aproximado de 21 L/s (3 x 7 L/s). Las bombas de líquido barométrico, con capacidad de 37 L/s, luego de una mezcla constante, envían el líquido y las espumas hacia la cámara de carga a la entrada de la planta.

El diagrama operacional de los tanques de recepción barométricas se muestra en la figura 3.1.

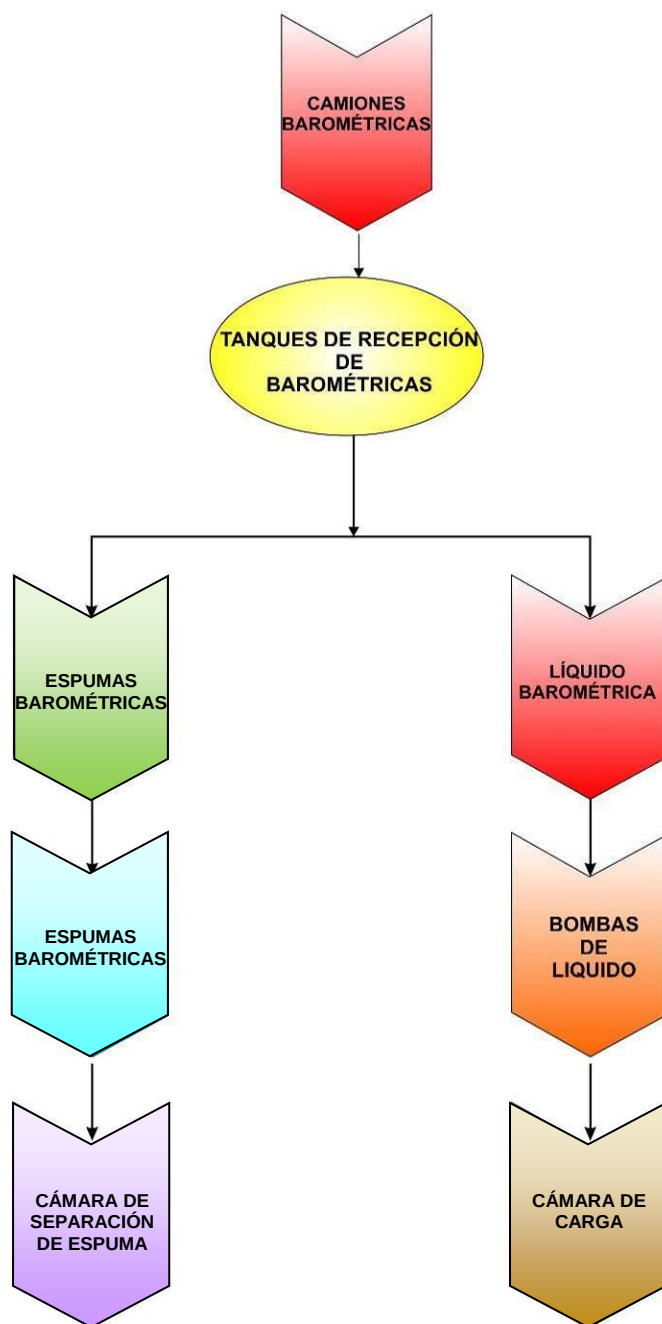


FIG. 3.1 - DIAGRAMA OPERACIONAL de los TANQUES DE RECEPCIÓN BAROMÉTRICAS

Dos tipos de operaciones pueden ser efectuadas y verificadas sus influencias en el proceso.

Operación N°1

Mantener el mixer encendido y enviar el volumen total mezclado para la cámara de carga, a través de las bombas de líquido barométrico. En esta operación, deben ser observadas las condiciones operacionales de los tamices Roto Screen y de la formación de espuma en los reactores anaerobios.

Operación N°2

Operar conforme previsto en el proyecto, separando la espuma del líquido, concentrando la espuma de las barométricas con la espuma de los UASB y bombeando ambas para la cámara de concentración de lodo.

Y bombear únicamente el líquido barométrico para la cámara de carga.

En ambos procesos operacionales luego de recibir el último camión barométrico, las 3 cámaras de recepción deben ser lavadas para evitar desprendimiento de malos olores.



OFICINA TECNICA DE CANELONES

REGISTRO DE EMPRESA BAROMETRICA

DECLARACION JURADA

DATOS DE LA EMPRESA

- NOMBRE DE LA EMPRESA: _____
- TITULAR(ES) RESPONSABLE(S) DE LA EMPRESA (Nombre y C.I.): _____

- DIRECCION: _____
- TELEFONO Y FAX: _____
- NUMERO DE R.U.C.: _____
- CANTIDAD DE CAMIONES BAROMETRICOS: _____

MARCA Y MODELO	MARCA Y MODELO
MATRICULA	MATRICULA
CAPACIDAD DEL TANQUE	CAPACIDAD DEL TANQUE

MARCA Y MODELO	MARCA Y MODELO
MATRICULA	MATRICULA
CAPACIDAD DEL TANQUE	CAPACIDAD DEL TANQUE

CARACTERISTICAS DEL SERVICIO QUE BRINDA

- TIPOS DE LIQUIDOS QUE TRANSPORTA: _____
- AREA DE TRABAJO O LOCALIDADES DE PROCEDENCIA DE LOS LIQUIDOS: _____

- ESTIMACION DE VOLUMEN MENSUAL MAXIMO DE LIQUIDO A DESCARGAR EN PLANTA DE O.S.E. _____

Se recibió documento sobre instrucciones generales para vertimiento de líquidos de barométricas en plantas depuradoras de O.S.E..
La empresa deberá presentar en la planta depuradora una fotocopia de la factura por el pago de las descargas a realizar.

FIRMA DEL TITULAR RESPONSABLE DE LA EMPRESA

FECHA



REG-OP13

Versión 1

VERTIDO DE BAROMÉTRICAS

d	d	m	m	a	a

DECLARACIÓN JURADA**DATOS DEL RESPONSABLE DE LA CARGA**

NOMBRE DE LA EMPRESA: _____

NOMBRE DEL TRANSPORTISTA O RESPONSABLE: _____

CÉDULA DE IDENTIDAD: _____

VINCULACIÓN CON EL TRANSPORTE

CHOFER	
ACOMPAÑANTE	
PROPIETARIO	

OTRO (especifique): _____

CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO

RESIDUO LÍQUIDO QUE SE VIERTE

AGUAS SERVIDAS	
----------------	--

OTROS (especifique): _____

VOLUMEN TRANSPORTADO (m³): _____**DATOS DE ORIGEN DE LA CARGA**

PROPIETARIO U OCUPANTE	DIRECCIÓN	LOCALIDAD

- ORIGEN DEL CONTENIDO:

VIVIENDA FAMILIAR	
GRUPO HABITACIONAL	

EMPRESA	
LOCAL COMERCIAL	

PISCINA PÚBLICA	
CAMPING	

OTROS (especifique): _____

FIRMA DEL RESPONSABLE DE LA CARGA

/ / :
FECHA Y HORA

PARA USO DE PERSONAL DE ETE		- RECEPCIÓN DE LA CARGA EN ETE -													
OBSERVACIONES: _____															
TOMA DE MUESTRA															
SI		Identificación de la muestra	<table><tr><td>d</td><td>d</td><td>m</td><td>m</td><td>a</td><td>a</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	d	d	m	m	a	a						
d	d			m	m	a	a								
NO															
FIRMA DEL FUNCIONARIO															



REG-BARO10

PLANILLA DE DESCARGA DE BAROMÉTRICAS

	Fecha	HORA	MATRÍCULA	ORIGEN	VOLUMEN (m ³)	OBSERVACIÓN / PH	RESPONSABLE
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

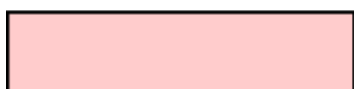
	ANEXO I.	IT-OP-CdeC03
	REFERENCIA DE COLORES Y VOLÚMENES DE CAMIONES DE BAROMÉTRICA.	
	Versión N°: 1	



HASTA 10 m³



DESDE 10 m³ HASTA 15 m³



MÁS DE 15 m³

4 – PRETRATAMIENTO



4 – PRETRATAMIENTO

4.1 – Descripción del Proceso de Pretratamiento

El líquido residual llega por dos líneas de impulsión (de 450mm y 500mm) desde los pozos de bombeo de Panda y Ciudad de la Costa respectivamente hacia la cámara de carga. Esta cámara recibe también el líquido drenado del tratamiento de los lodos y el líquido de barométricas.

En caso de que exista necesidad, las compuertas de entrada pueden ser cerradas y el efluente vierte para el by-pass no pasando por el pretratamiento.

Luego de la cámara de carga se encuentran instaladas 4 compuertas siendo dos para alimentación de los tamices y dos para la eliminación de los materiales flotantes que se acumulen en la cámara de carga. El líquido bombeado pasa a través de dos tamices Roto Screen y a continuación por los medidores de caudal Parshall. El material retenido por los tamices descargan en los tornillos transportadores que los conducen hacia un contenedor.

Luego de pasar por el Parshall, el líquido se dirige hacia los desarenadores donde la arena sedimentada es retirada por un tornillo transportador hacia un contenedor. Mediante maniobras de compuertas el efluente de los desarenadores puede, en caso de emergencia o necesidad, ser desviado para el emisario final a través del “by-pass” de los desarenadores. El efluente del tratamiento preliminar pasa a la cámara repartidora CP1 que efectúa la distribución equitativa para cada uno de los reactores UASB.

Para el control de olores, las unidades de pretratamiento son cubiertas y los gases odoríferos son removidos a través de extractores y pasan por una columna de carbón activado siendo luego lanzados a la atmósfera.

4.2 – TAMICES *Roto Screen*



4.2 –Tamices mecánicos Roto Screen

4.2.1 – Finalidad

Los tamices mecánicos tienen como objetivo retener los sólidos con dimensiones por encima de 6mm y que podrían causar problemas operacionales en los reactores anaerobios si se acumulan en la espuma o en el lodo en digestión en el fondo de los reactores.

Partículas de gran diámetro en el lodo pueden causar trastornos mecánicos en las centrífugas de deshidratación. Los tamices mecánicos trabajan en conjunto con un tornillo transportador de sólidos.

4.2.2 – Localización

Los dos tamices se encuentran localizados entre la cámara de carga y los medidores de caudal Parshall. Poseen compuertas para el control operacional y/o mantenimiento.

4.2.3 – Características principales

Número de canales de tamices: 02

Fabricante: MEVA

Modelo: Roto Screen-RS-23

Largo útil: 1.1 m

Altura total: 2.82 m

Separación entre las barras: 6mm

Potencia de accionamiento de los tamices: 0.92 kW

Diámetro de tornillo transportador: 265 mm

Largo de tornillo transportador: 6500 mm

Potencia del motor del tornillo 1.1 kW

Tamices operando para fin de proyecto: 3

Caudal máximo por tamiz: 463 L/s

Caudal medio por tamiz: 286 L/ s

4.2.4 – Operación

El sistema de accionamiento del mecanismo de limpieza posee tres formas distintas y no exclusivas de operación: a) accionamiento manual, b) accionamiento automático comandado por la limitación de pérdida de carga en el tamiz y c) accionamiento automático comandado a través de un dispositivo temporizador.

- a) El accionamiento manual es hecho a través de botoneras próximas al equipo, con indicación de operación local/ remoto, y con pare de emergencia.
- b) El accionamiento automático comandado por la pérdida de carga en el tamiz es hecho por medio de la medición del nivel de líquido, aguas arriba del tamiz por medio de un medidor ultrasónico. El accionamiento del motor del tamiz ocurrirá siempre que el desnivel alcance 200 mm por encima de lo previsto en función del caudal afluente. El PLC deberá efectuar la comparación de caudal de entrada en la cámara de carga, a través del medidor instalado en el medidor Parshall, con un nivel de flujo aguas arriba de los tamices.
- c) El tercer mecanismo está constituido por “timer” regulable para el arranque del motor en intervalos de tiempo determinados, con posibilidades de que el mismo varíe de 0 a 120 minutos. La duración de la operación de un ciclo de limpieza debe estar entre 0 a 30 minutos.

En el inicio de la operación, con caudal medio de líquido hasta 334 L/s, deberá operar solamente un tamiz durante una semana, haciendo ajustes semanales con el otro tamiz.

Durante la primera etapa de operación, el mismo puede ser programado por “timer” y encender el equipo cada 10 minutos (144 movimientos por día). En caso de que el nivel se encuentre muy alto, el período de encendido debe ser disminuido, por ejemplo, un encendido cada 5 minutos (288 movimientos por día).

4.2.5 – Rutinas operacionales

Los tamices mecánicos funcionan de modo automático una vez ajustados de acuerdo con los caudales afluentes. El operador de la PTAR debe diariamente:

- Verificar si no hay ningún material preso entre las barras de los tamices y que pueda perjudicar sus movimientos. En este caso, el tamiz debe ser apagado y efectuada la remoción de este material.
- Es importante estar atento a cualquier ruido extraño que se dé en los tamices o, en el tornillo transportador. Si ocurren ruidos anormales debe solicitar la presencia del equipo de mantenimiento electromecánico para coordinar reparaciones.
- Debe ser anotada en la ficha de control operacional las cantidades diarias de material removido por los tamices conforme a lo indicado en el Cuadro IV-1
- El material eliminado en el contenedor debe recibir la adición de cal virgen para impedir el surgimiento de moscas y malos olores.
- El piso del área de los tamices debe ser lavado periódicamente evitando la acumulación de materiales junto a los mismos.

4.2.6 – Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño de los tamices mecánicos es calculada relacionando el volumen de material removido mensualmente (m^3/mes) por m^3 de líquido tratado. Para el registro de los datos puede ser utilizado el modelo del Cuadro IV-1.

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA			 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA ____/____/____
MATERIAL EXTRAÍDO DE LOS TAMICES				
DIA	NÚMERO DE CONTENEDORES CARGADOS POR DIA	VOLUMEN DIARIO (m³)	PESO DIARIO (Kg./día)	CAUDAL MEDIO DIARIO (m³/s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
Volumen mensual de material eliminado			m³/mes	
Peso mensual de material eliminado			kg/mes	
Material eliminado / Aguas residuales tratadas			kg/m³	

Cuadro IV-1 – Evaluación del desempeño de los tamices

4.2.7 – Problemas Operacionales y sus correcciones

Los principales problemas que podrían ocurrir con los tamices mecánicos, sus causas y correcciones son mostrados en el Cuadro IV-2. El diagrama operacional de los tamices es mostrado en la figura 4.1.

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA	
PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
El tamiz funciona continuamente, funciona incorrectamente en un ciclo continuo enciende-apaga o no inicia el funcionamiento	• Posicionador de parada está indebidamente ajustado o roto • El medidor de nivel está ajustado erróneamente • Hay suciedad en el medidor de nivel • Defecto en el panel eléctrico	• Ajustar el anillo posicionador o el sensor inductivo • Ajustar el medidor conforme instrucciones previas • Limpiar el medidor adecuadamente • Realizar reparación
El tamiz se detiene en una posición incorrecta	• Posicionador de parada está indebidamente ajustado o roto • Defecto en el panel eléctrico • Panel eléctrico montado incorrectamente	• Ajustar el anillo posicionador o el sensor inductivo • Realizar reparación • Revisar el proyecto del panel conforme mapa de operación
El tamiz no transporta adecuadamente el material para el punto de descarga	• Nivel de partida está ajustado muy bajo para la formación de la manta filtrante • Grasa o incrustaciones presentes en la parte superior del tamiz • Arena, residuos grandes o acumulación de material están presentes en alguna parte del tamiz	• Ajustar el nivel de partida para un valor más adecuado • Limpiar las partes del tamiz correspondientes • Remover material acumulado
El accionamiento no funciona	• No hay alimentación • El fin de carrera del sobretorque está incorrectamente ajustado	• Verificar conexiones eléctricas • Ajustarlo correctamente

Cuadro IV-2 – Problemas operacionales de los tamices

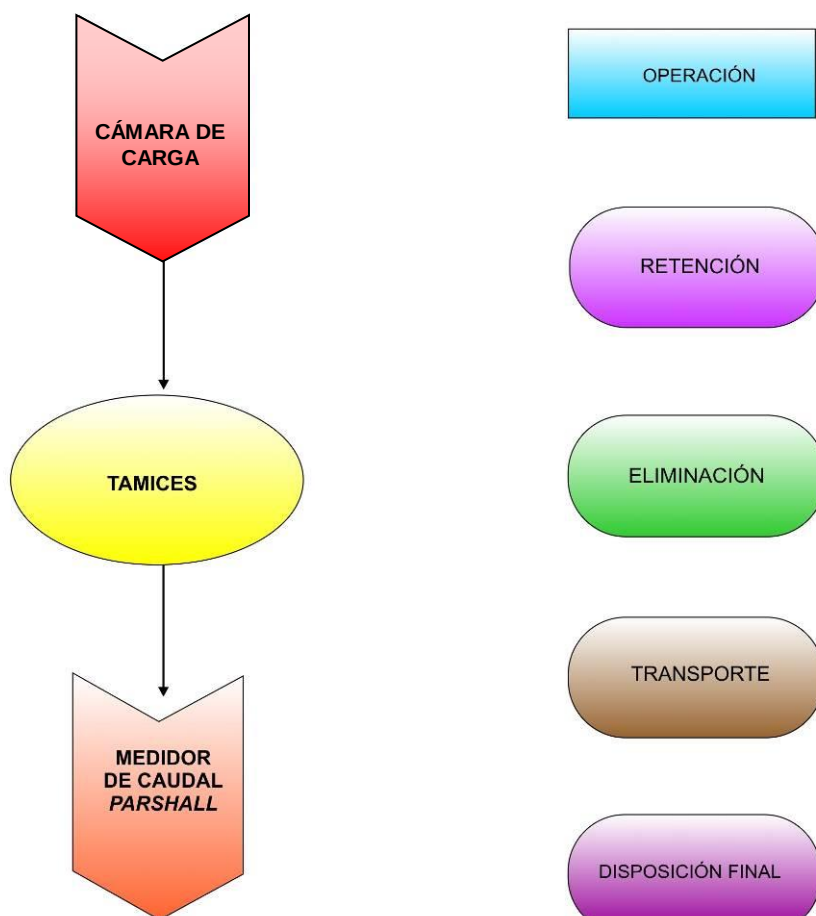


FIG. 4.1 – DIAGRAMA OPERACIONAL DE LOS TAMICES

4.3 – MEDIDOR DE CAUDAL *PARSHALL*



4.3 –Medidor de caudal Parshall

4.3.1 – Finalidad

El medidor de caudal Parshall tiene como objetivo medir continuamente el caudal de líquido bruto afluente a la PTAR de Ciudad de la Costa.

4.3.2 – Localización

El medidor de caudal Parshall se encuentra instalado luego de los tamices mecánicos Roto Screen y antes de los desarenadores.

4.3.3 – Operación

El sensor ultrasónico instalado sobre el canal Parshall envía continuamente para el sistema electrónico el registro de las alturas de la lámina de agua en el medidor y estos registros son transformados automáticamente en caudales (L/s).

El operador debe anotar en fichas apropiadas los caudales mínimos, medios y máximos diarios, conforme se ilustra en los Cuadros IV-3 y IV-4.

Semanalmente, el operador de la PTAR debe efectuar una limpieza del canal con agua a presión de modo de remover algún material incrustado que pueda haber quedado adherido a las paredes de la misma. El diagrama operacional del medidor de caudal es mostrado en la figura 4.3.

4.3.4 – Características principales

El medidor de caudal Parshall posee una garganta W de 2 pies (61 cm) y sus otras dimensiones están indicadas en la figura 4.2. Los caudales en L/ s en función de las alturas líquidas, están indicadas en el Cuadro IV-5.

El cálculo de los caudales en función de la altura líquida es dado por la ecuación:

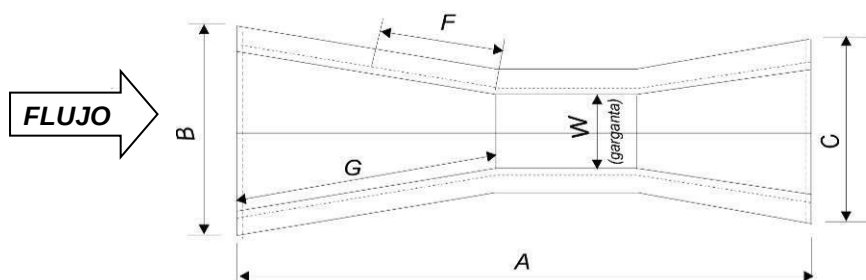
$$Q = KH^n$$

Q= caudal en m³/s

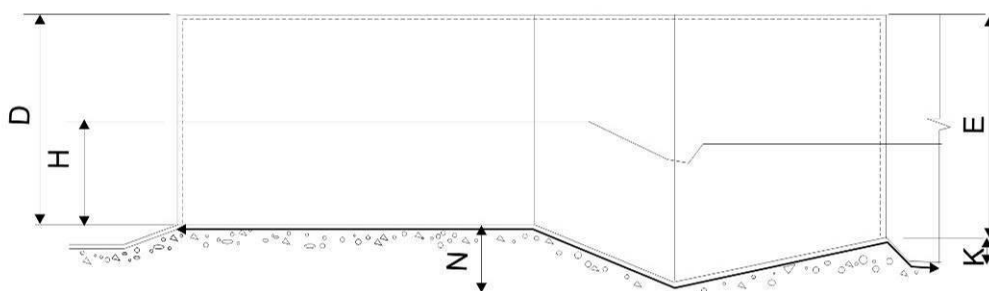
H= altura de la lámina líquida em metros

K= 1,426

n= 1,550



PLANTA



CORTE LONGITUDINAL

DIMENSIONES EM CM									
W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
61,00	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,00	91,5	7,60	22,9

FIG 4.2 - DIMENSIONES del MEDIDOR PARSHALL DE 2' (61 cm)

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA	 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA ____/____/____
CAUDAL HORARIO DE AGUAS RESIDUALES AFLUENTE		
HORA	CAUDAL (L/s)	OBSERVACIONES
0:00		
1:00		
2:00		
3:00		
4:00		
5:00		
6:00		
7:00		
8:00		
9:00		
10:00		
11:00		
12:00		
13:00		
14:00		
15:00		
16:00		
17:00		
18:00		
19:00		
20:00		
21:00		
22:00		
23:00		
Caudal mínimo diaria	L/s	
Caudal máximo diaria	L/s	
Caudal medio diaria	L/s	
Volumen total diario	m³/día	

Cuadro IV-3 – Caudal horario del afluente de Aguas Residuales

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA		 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA ____/____/____	
VOLUMEN DE AFLUENTE DE AGUAS RESIDUALES					
DIA	Caudal diario (L/s)				
	Mín.	Med.	Máx.		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
Media	L/s	L/s	L/s		
Volumen tratado en el mes	m ³ /mes	m ³ /mes	m ³ /mes		
Caudal medio mensual	L/s	L/s	L/s		

Cuadro IV-4 – Volumen de aguas residuales afluente

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA				 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LT
Medidor Parshall 2" = 61 cm						
Altura líquida (cm)	Caudal (L/s)	Altura líquida (cm)	Caudal (L/s)	Altura líquida (cm)	Caudal (L/s)	
1	1,13	31	232,13	56	580,51	
2	3,32	32	243,84	57	596,66	
3	6,22	33	255,75	58	612,96	
4	9,71	34	267,86	59	629,42	
5	13,73	35	280,17	60	646,03	
6	18,21	36	292,68	61	662,80	
7	23,12	37	305,37	62	679,71	
8	28,44	38	318,26	63	696,78	
9	34,13	39	331,34	64	714,00	
10	40,19	40	344,60	65	731,37	
11	46,59	41	358,04	66	748,88	
12	53,32	42	371,67	67	766,54	
13	60,36	43	385,47	68	784,35	
14	67,70	44	399,46	69	802,30	
15	75,35	45	413,62	70	820,39	
16	83,27	46	427,95	71	838,63	
17	91,48	47	442,46	72	857,01	
18	99,95	48	457,13	73	875,53	
19	108,69	49	471,98	74	894,19	
20	117,68	50	486,99	75	912,99	
21	126,93	51	502,17	76	931,92	
22	136,42	52	517,52	77	951,00	
23	146,15	53	533,02			
24	156,12	54	548,69			
25	166,31	55	564,52			

Cuadro IV-5 – Caudal en función de la altura líquida

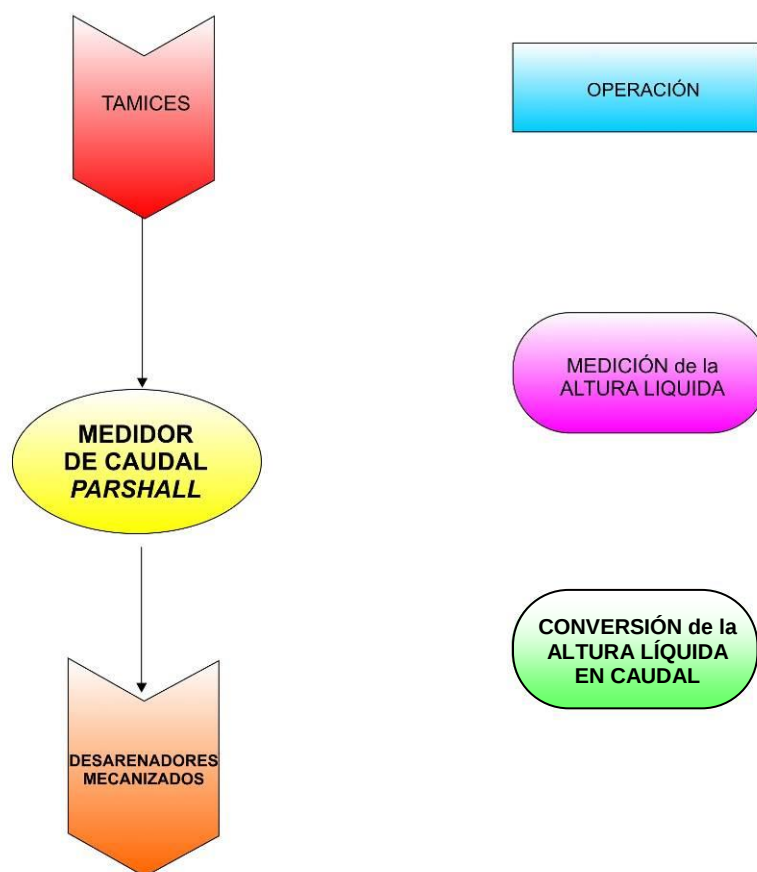


FIG.4.3 - DIAGRAMA del MEDIDOR DE CAUDAL

4.4 – DESARENADORES MECANIZADOS



4.4 – Desarenadores mecanizados

4.4.1 – Finalidad

El desarenador es una unidad de tratamiento que tiene como objetivo retener la arena traída por los líquidos de modo de evitar la abrasión y desgaste de las unidades y tuberías subsecuentes.

4.4.2 – Localización

Dos unidades de desarenadores mecánicos se encuentran instaladas en la PTAR. Los desarenadores se encuentran localizados luego de los medidores de caudal Parshall. El efluente de los desarenadores alimenta los reactores anaerobios.

4.4.3 – Características principales

Fabricante FILTRAMAS

Número de unidades 02

Tipo de desarenador Tipo Detritor

Modelo DS

Campo de acción del puente barredor circular

Dimensiones del tanque 7,62 m x 7,62 m

Área superficial Individual 58,06 m²

Profundidad Total 1,22 m

Transportador de arena tornillo helicoidal

Motor de accionamiento de puente barredor

Fabricante NORD

Potencia 0,18 kw

Tornillo transportador de arena

Fabricante FILTRAMAS

Número de unidades 02

Longitud 6,60 m

Potencia del motor 1,1 kw

4.4.4 – Operación

Los dos desarenadores trabajan en paralelo, permitiendo así, una mayor flexibilidad operacional en ocasión de parada para mantenimiento.

Un conjunto de placas deflectoras en la entrada de los desarenadores permite direccionar y distribuir proporcionalmente el flujo líquido afluente a la unidad.

El equipamiento de remoción de arena es un barredor de brazo doble accionado por un motor con reductor de velocidad, fijo a un puente metálico.

La arena removida es conducida a una caja desde donde es retirada por un mecanismo tipo tornillo, con transporte ascendente y descargada en un contenedor.

A lo largo del recorrido ascendente, la arena irá paulatinamente perdiendo agua además de materia orgánica que retorna al desarenador. El efluente líquido es enviado a una cámara repartidora de caudales previo al ingreso a los reactores anaerobios.

Las siguientes fases ocurren durante la operación y funcionamiento del desarenador:

- Sedimentación de arena
- Remoción de arena sedimentada
- Transporte de arena removida
- Destino final de la arena transportada

Sedimentación de arena

Por acción de la gravedad, las partículas de arena y sustancias de densidad semejante, sedimentan en el fondo de la unidad.

Remoción de arena sedimentada

Accionado por un motor eléctrico, dotado de un reductor de velocidad, el barredor de fondo desarrolla un movimiento circular llevando el material sedimentado para un pozo de acumulación. Del pozo de acumulación a través del tornillo transportador, la arena es conducida a un contenedor.

Transporte de arena removida

Una vez alcanzada la capacidad de almacenaje del contenedor, un camión la transporta hasta el área de relleno sanitario. La figura 4.4 muestra el diagrama operacional de los desarenadores mecanizados.

4.4.5 – Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño del desarenador es hecha midiendo o pesando el volumen de arena removida en función del caudal de líquidos que pasa por el desarenador por mes (m^3/mes), obteniéndose los m^3 de arena/ m^3 de líquido o kg de arena/ m^3 de líquido.

4.4.6 – Punto de recolección de muestra

Para conocer la calidad de arena removida en los desarenadores deben ser recolectadas muestras periódicamente en el contenedor de arenas.

4.4.7 – Parámetros a determinar

Los análisis que deberán ser hechos en las muestras recolectadas son:

- Tenor de humedad de arena (%)
- Sólidos totales (mg/ L)
- Sólidos volátiles totales (mg/ L)
- Sólidos fijos totales (mg/ L)

4.4.8 – Frecuencia de muestreo

Se recomienda una frecuencia mensual (un día cualquiera de la semana) para preparar una muestra compuesta de arena removida, efectuándose las determinaciones indicadas en el ítem anterior.

4.4.9 – Registro de los datos operacionales

El volumen de arena removido por los desarenadores es anotado diariamente en el Cuadro IV-6 y mensualmente es hecha una evaluación del desempeño. Pueden también ser anotados algunos índices operacionales para conocerse y confirmar los parámetros de proyecto, tales como tasas de aplicación ($\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$) y tiempo de detención para los caudales máximos.

4.4.10 – Problemas operacionales, causas y correcciones

Los principales problemas que pueden ocurrir en los Desarenadores, sus causas y correcciones están indicados en el Cuadro IV-7

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA		 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA	
DESARENADOR				MES:	
Dia	Volumen de Material Eliminado (m³/día)	Caudal Medio (m³/día)	Tasa de Aplicación (caudal máximo) (m³/m² x día)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
Total mensual de arena			m³/mes		
Total mensual de aguas residuales tratada			m³/mes		
Arena eliminada/aguas residuales tratada			m³/m³		
CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA ELIMINADA					
Determinaciones		Muestra 1	Muestra 2	Valor Medio	
		Fecha:	Fecha:	Fecha:	
Humedad	%				
Sólidos Totales	(mg/L)				
Sólidos Volátiles	(mg/L)				
Sólidos Fijos	(mg/L)				

Cuadro IV-6 Volumen Mensual de Arena

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA DESARENADORES	
PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
Exceso de materia orgánica en la arena removida (> 40% sólidos volátiles)	Velocidad baja y tiempo de detención largo	Disminuir el número de desarenadores
Aparición de arena en el efluente del desarenador	Velocidades altas y tiempo de detención corto	Utilizar más desarenadores
Malos olores en el área del desarenador Aparición de moscas	Material caído en el suelo Caja contenedora de arena llena	Hacer lavado de los pisos Extraer arena de la caja Agregar cal en el contenedor

Cuadro IV-7 - Problemas Operacionales Causas y Soluciones

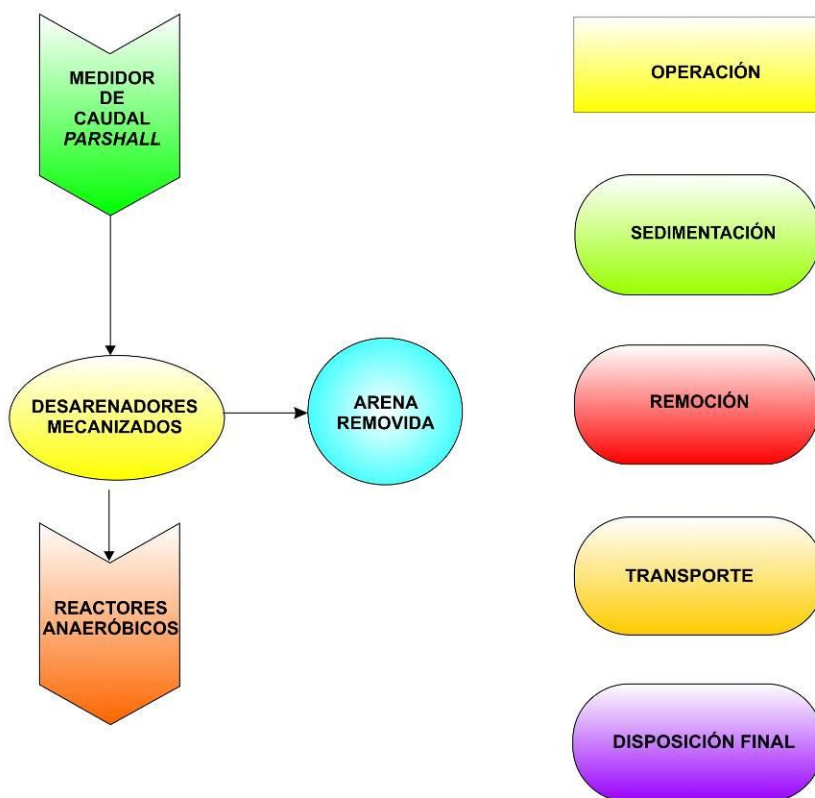


FIG. 4.4 - DIAGRAMA OPERACIONAL de los DESARENADORES MECANIZADOS

4.5 – COMPUERTAS EN PRETRATAMIENTO

	
Compuertas de los tamices y espumas	Compuertas del <i>by-pass</i> y de los desarenadores

4.5 – Compuertas del tratamiento Preliminar

Se encuentran instaladas junto al tratamiento preliminar, 6 compuertas así distribuidas:

- **Compuertas de alimentación de los tamices Roto Screen**

Número de compuertas 02

Fabricante ESTRUAGUA

Tipo de compuerta Eléctrica

Dimensiones 1.200 mm x 1.200 mm

- **Compuertas de remoción de espuma**

Número de compuertas 02

Fabricante ESTRUAGUA

Tipo de compuerta Eléctrica

Dimensiones 600 mm x 600 mm

- **Compuertas de by-pass de los Desarenadores**

Número de compuertas 02

Fabricante ESTRUAGUA

Tipo de compuerta Eléctrica

Modelo CM - 003

Potencia del motor 0,37 kw

Dimensiones 1.200 mm x 1.200 mm

5 –REACTORES ANAERÓBICOS DE FLUJO ASCENDENTE - UASB



5 –REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE - UASB

5.1 – Descripción del proceso de los reactores anaerobios

El efluente de los desarenadores alimenta las cajas repartidoras N° 1-CDV -1 que, a través de 3 compuertas, alimentan las 12 cajas repartidoras N° 2-CDV-2 de cada uno de los reactores anaerobios.

Cada caja CDV-2 posee 6 tubos de entrada que van hasta 20 cm del fondo, totalizando luego de la bifurcación de los mismos, 144 puntos de alimentación para cada uno de los reactores.

Número de reactores anaerobios: 08

Número de cajas repartidoras N° 1: 04

Número de cajas repartidoras N° 2 por reactor: 12

Total de cajas repartidoras N° 2: 96

Tubos de alimentación por CDV – 02: 06

Tubos de alimentación por reactor: 144

El reactor anaerobio de flujo ascendente-UASB-tiene por objetivo reducir la carga orgánica contenida en los líquidos, transformando parte de ella en lodo digerido que es deshidratado en las centrífugas y parte en biogás que es quemado en las antorchas.

El efluente del reactor, con la carga orgánica reducida entre 50-60% es descargado en el Río de la Plata.

El reactor anaerobio de flujo ascendente está compuesto esencialmente por una cámara inferior de digestión y por un dispositivo superior para separación de gases, sólidos y líquidos.

El proceso consiste de un flujo ascendente de líquidos a través de un lecho de lodo denso y de alta actividad.

El efluente entra en el reactor por el fondo, a través de una serie de tubos distribuidos uniformemente en el área inferior del reactor. El efluente tratado sale por la superficie líquida superior siendo colectado en cajas y conducido para el emisario final.

Un dispositivo especial, impide el arrastre de los sólidos para la superficie. El tiempo de detención hidráulico en el reactor es bastante pequeño variando de 8 a 10 horas en relación al caudal medio afluente.

La estabilización del lodo en el fondo del reactor se procesa de manera idéntica que el proceso de digestión anaerobia, pasando por las fases de fermentación ácida seguida de la fase de metanogénesis con licuefacción de sólidos y formación de biogás.

El lodo formado dentro de los reactores será removido, periódicamente de los mismos, a través de 9 puntos de descarga del reactor.

El lodo removido será, bombeado para el tanque de lodo que funcionará como un tanque pulmón de alimentación de las centrífugas.

La espuma formada internamente en los reactores está constituida por grasas, aceites, cabellos, papel, filtros de cigarrillos, “pajitas” de refrescos y materiales similares.

La remoción de espuma formada en el interior del separador trifásico deberá ser hecha, cada 3 días para no dificultar la liberación de biogás para el quemador de gas. Un eventual escape de biogás para la zona de decantación, en caso de que ocurriera una espesa capa de espuma, puede provocar el arrastre de lodo para el efluente.

El biogás formado en el proceso de digestión anaerobia es recogido en la superficie interna del techo del reactor pasando por un tanque de ecualización de presión y siguiente para las antorchas.

La espuma removida es concentrada en la cámara de espuma y posteriormente bombeada para el tanque de lodo y luego de su homogenización es enviada, junto con los lodos para las centrífugas de deshidratación.

En caso de que la espuma se presente más sólida y sea difícil su desagote, la remoción puede ser efectuada a través de la abertura de las escotillas del techo de cada reactor con succión por mangón acoplado a camión barométrico.

Cada reactor posee 5 puntos de muestreo de lodo, situados en las siguientes alturas, a partir del fondo:

- 1º punto de muestreo - 30 cm del fondo
- 2º punto de muestreo – 80 cm del fondo
- 3º punto de muestreo – 130 cm del fondo
- 4º punto de muestreo – 180 cm del fondo
- 5º punto de muestreo – 230 cm del fondo

Por el resultado de los análisis de las diferentes alturas es posible elaborar el perfil de sólidos de cada reactor.

La representación dinámica del tratamiento en el interior de los reactores anaerobios es mostrada en la figura 5.1

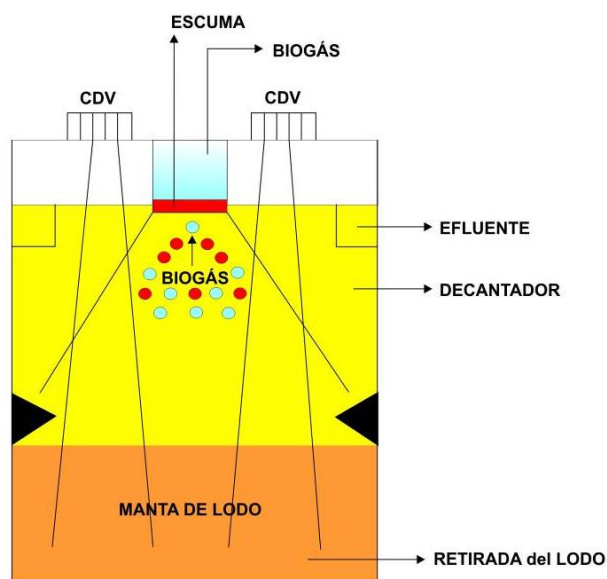
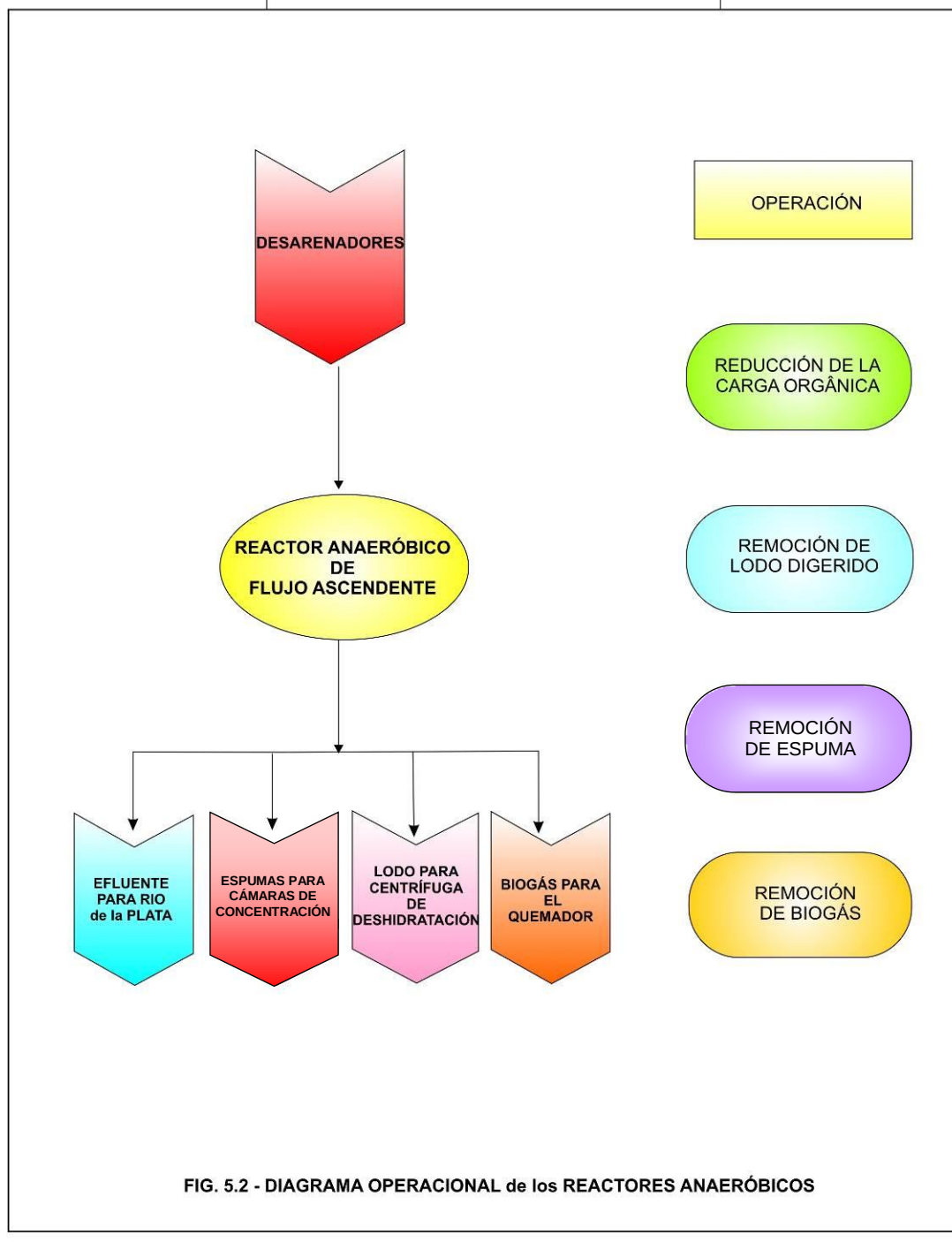


Fig. 5.1 - Representación de la dinámica del tratamiento en el interior de los reactores anaerobios

El diagrama operacional de los reactores anaerobios de la PTAR de Ciudad de la Costa es mostrado en la figura 5.2



5.2 – Finalidad

Los reactores anaerobios de flujo ascendente tienen por objeto reducir parcialmente la carga orgánica contenida en los líquidos, por la acción de proceso de bioestabilización promovido por microorganismos anaerobios y/ o facultativos presentes en el interior de los reactores. En los reactores entra el líquido procedente del tratamiento preliminar y son removidos el lodo estabilizado, el biogás, la espuma y el líquido efluente libre de cerca del 50-60% de la carga orgánica.

5.3 – Localización

Los ocho reactores anaerobios de la PTAR de Ciudad de la Costa están situados luego del tratamiento preliminar, distribuidos en dos grupos de cuatro reactores así designados:

Módulo A – UASB 201 – 202 – 203 – 204

Módulo B - UASB 205 – 206 – 207 - 208.

5.4 – Operación

La operación de los reactores anaerobios se resume en la distribución equitativa del caudal de efluente proveniente del tratamiento preliminar en toda la superficie de fondo de los reactores y de la remoción de lodo, de espuma, del biogás y del efluente tratado.

5.4.1 – Distribución equitativa del efluente

Consiste en la nivelación ecualizando los 6 tubos existentes en cada una de las cajas repartidoras-02, CDV-02. Esta operación será realizada una única vez.

5.4.2 – Remoción de lodo digerido

El volumen de lodo digerido a ser bombeado diariamente para el tanque de lodo es calculado de modo bastante simple, teniéndose en cuenta:

- Caudal media afluente a PTAR
- Kg de DQO diario
- Concentración de lodo digerido en sólidos totales

De acuerdo con el ítem 2 – Proceso de tratamiento de la Memoria de Cálculo Planta de Tratamiento – Proyecto Ejecutivo los parámetros utilizados para el dimensionamiento de la PTAR Ciudad de la Costa son los siguientes:

Parámetros	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Caudal medio (L/ s)	141	334	495	569	738	858
Kg DQO/ día	9.316	16.882	23.370	26.630	32.871	38.081

Para cada Kg de DQO son producidos aproximadamente 0,15 Kg ST

Ejemplo: año 2015

16.882 kg DQO x 0,15 kg ST/kg DQO = 2.532 kg ST/día

Concentración de ST en lodo = 3%

Volumen diario de lodo = 2.532/0,03 = 84.400 L/día = 84,4 m³/día

Para inicio de operación, considerando un único reactor en operación:

Caudal medio = 54,70 L/s

DQO de efluente bruto = 600 mg/L

Cálculo de carga de DQO

$$\frac{54,70 \text{ (L/ s)} \times 600 \text{ mg DQO/ L} \times 86.400 \text{ (s/ día)}}{1.000.000} = 2.836 \text{ kg DQO/ día}$$

2.836 kgDQO/ día x 0,15 kgST/kg DQO = 425 kg ST/ día

Concentración de lodo digerido: 3%

Volumen diario de lodo a ser bombeado para el tanque de lodo

$$\frac{425 \text{ (Kg ST/ día)}}{0,03} = 14.167 \text{ L/ día} = 14,16 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para evitar la operación de la centrífuga todos los días y siendo el volumen del tanque de lodo igual a 110 m³, la operación podrá ser:

Bombear 6 días, 6 x 14,16 m³/día = 84,96 m³/día

Caudal de bomba de alimentación de centrífuga = 8,5 m³/h

Cada 6 días operar la centrífuga

$$\frac{84,96 \text{ m}^3/\text{día}}{8,5 \text{ m}^3/\text{h}} = 10 \text{ horas}$$

Es importante observar que en el ejemplo considerado, la concentración de sólidos totales (ST) en el lodo fue de 3%, en caso de que esta concentración sea mayor, el volumen diario será menor, del mismo modo para la concentración menor a 3% de sólidos totales, el volumen diario será mayor. El tanque de lodo debe estar provisto de un indicador de nivel que indique el volumen de lodo dentro del tanque, por ejemplo, siendo el área del tanque igual a 44,15 m², el volumen de 84,96 m³ ocupa una altura de lodo igual a 1,92 m.

5.4.3 – Remoción de espuma

La estimación del volumen de espuma a ser removida de los reactores anaerobios puede ser calculada a partir de los siguientes datos:

Altura de lámina líquida sobre la caja de espuma = 0,02 m

Área de un reactor = 22,5 x 21,0 m = 472,5 m²

Volumen líquido sobre las cajas = 472,5 m² x 0,02 m = 9,45 m³

Volumen de 4 cajas colectoras de espuma = 0,945 m³

Total de cajas colectoras de espuma por reactor = 24

$$24 \times (5,25 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) = 5,67 \text{ m}^3$$

Volumen descargado cada 3 días (líquido + espuma) por reactor

$$9,45 \text{ m}^3 + 5,67 \text{ m}^3 = 15,12 \text{ m}^3$$

La secuencia de retirada de espuma es la siguiente:

Abrir el 1º registro hasta agotar la salida del líquido

Abrir el 2º registro hasta agotar la salida del líquido

Abrir secuencialmente hasta el 6º registro de remoción de espuma

Luego de las 6 descargas los 15,12 m³ son descargados en la cámara de concentración de espuma que posee un volumen útil de 71,10 m³

La espuma y el líquido quedan en reposo por cerca de 1 hora, y es en ese momento que se produce separación de fases y el líquido de la parte inferior es bombeado para la cámara de carga de pretratamiento.

La espuma concentrada que va hacia el fondo del tanque luego de la retirada del líquido, debe ser mezclada y a continuación bombeada para el tanque de lodos.

Luego de la descarga de espuma de cada una de las 6 líneas de cada reactor anaerobio, las escotillas del techo deben ser abiertas para verificar si la espuma corrió a través de la caja.

En caso que se necesite, se puede realizar una limpieza auxiliada con una manguera y agua a presión para ser removido el exceso de espuma que quedó en el interior de las cajas.

5.4.4 – Remoción de biogás

El biogás generado en el proceso de digestión de lodo de los reactores anaerobios es recogido en la parte superior del líquido y enviado para un tanque de ecualización de presión, antes de ser encaminado para las antorchas (quemadores de gas). La operación del sistema de biogás consiste en verificar si no están ocurriendo fugas (perdidas) de gas en las escotillas del

techo y de la anotación diaria del volumen de biogás producido en función del caudal de efluente a PTAR. Para los efluentes exclusivamente domésticos (sin descargas barométricas) la producción de biogás en los reactores anaerobios se sitúa en el entorno de 0,300 Nm³ de biogás por Kg de DBO afluente a los reactores anaerobios.

En el caso de Ciudad de la Costa, la producción puede ser menor debido a la dilución del efluente con las descargas barométricas. El test de verificación de pérdidas en las escotillas es hecho con una adición de agua con detergente sobre las escotillas. Las pérdidas, cuando ocurren, son fácilmente visibles por formación de burbujas.

5.5 - Características Principales de los reactores anaerobios

Número de reactores en 1ª etapa 08 unid.

Número de reactores en 2ª etapa 16 unid.

Formato de los reactores rectangulares

Largo 22,50 m

Ancho 21,00 m

Área Superficial 472,50 m²

Altura interna total 5,50 m

Altura líquida útil 5,00 m

Volumen útil de cada reactor 2.363 m³

Caudal medio afluente por reactor 54,70 L/s

Caudal máximo afluente por reactor 88,45 L/s

Tiempo de detención para caudal medio 12 h

Tiempo de detención para caudal máximo 7,4 h

Velocidad ascensional media por reactor 0,42 m/h

Velocidad ascensional máxima por reactor 0,67 m/h

Número de tubos de alimentación por reactor 144

Diámetro de los tubos de alimentación 75 mm

Área de influencia por tubo de alimentación 3,28 m²

Número de cajas repartidoras por reactor - CDV - 2 12

Número de tubos verticales de remoción de espuma 24
 Número de tubos horizontales de remoción de espuma 06
 Número de tubos de remoción de lodo 03
 Número de puntos de retirada de lodo 09

5.6 – Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño de los reactores anaerobios es hecha en función de la verificación de la eficiencia de los mismos en términos de remoción de DBO, SST, DQO, de otras determinaciones y de biogás conforme se muestra en el cuadro V-1.

Siendo el área individual de cada reactor igual a 472,50 m² y el volumen 2.363 m³ las siguientes fórmulas deben ser utilizadas para verificar el desempeño de cada uno de los reactores en operación. Los resultados obtenidos pueden ser anotados en el modelo indicado en el cuadro V-1

$$\text{Velocidad ascensional } (Q_{\text{medio}}) = \frac{\text{Caudal medio (m}^3/\text{h)}}{472,50 \text{ m}^2} = \text{m/h}$$

$$\text{Tiempo de detención hidráulica} = \frac{2.363 \text{ m}^3}{\text{Caudal medio (m}^3/\text{h)}} = \text{h}$$

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{\text{DBOafl (mg/L)} - \text{DBOefl (mg/L)}}{\text{DBOafl (mg/L)}} * 100 = \%$$

$$\text{Remoción de DQO} = \frac{\text{DQOafl (mg/L)} - \text{DQOefl (mg/L)}}{\text{DQOafl (mg/L)}} * 100 = \%$$

$$\text{Remoción de SST} = \frac{\text{SSTafl (mg/L)} - \text{SSTefl (mg/L)}}{\text{SSTafl (mg/L)}} * 100 = \%$$

$$\text{Remoción de SSed} = \frac{\text{SSed afl (ml/L}^*\text{h)} - \text{SSed efl (ml/L}^*\text{h)}}{\text{SSed afl (ml/L}^*\text{h)}} * 100 = \%$$

5.7 – Puntos de recolección de muestra

Los puntos de recolección de muestra de cada reactor serán:

- Líquido afluente al reactor: CDV- 1
- Líquido efluente al reactor: entrada al tanque de contacto 2
- Lodo digerido: tanque de lodo
- Lodo en diferentes niveles: cada uno de los 5 registros de los reactores
- Espuma del reactor: Cámara de concentración de espuma
- Biogás: punto de recolección de gas antes de la válvula corta llama próxima a la antorcha

5.8 – Parámetros a Determinar

Los análisis que deberán ser realizados en las muestras recolectadas están indicados en el Cuadro V-2.

5.9 – Frecuencia de muestreos

El Cuadro V-2 también indica la frecuencia de los análisis

5.10 – Anotación de los datos operacionales

Los resultados analíticos serán anotados en el Cuadro V-3.

5.11 – Problemas Operacionales, causas y correcciones

Los principales problemas operacionales que podrán ocurrir en los reactores anaerobios, sus causas y correcciones se encuentran indicados en el Cuadro V-4.

5.12 – Control Operacional

La operación de los reactores, como cualquier otro proceso, necesita de determinados controles para que se alcance la eficiencia esperada.

Los análisis simples permiten saber si el proceso se mantiene estable o pueden indicar también una disminución del rendimiento o mismo un futuro colapso de la digestión.

Estos análisis pueden ser resumidos en las siguientes determinaciones:

- Ácidos volátiles
- Alcalinidad total
- Relación (ácidos volátiles/ alcalinidad total)
- pH

Ácidos volátiles

El tenor de ácidos volátiles en el interior del reactor anaerobio normalmente se sitúa en la faja de 50-300 mg/ L expresados en ácido acético.

El laboratorio debe poseer un gráfico como el mostrado en la figura 5.3 de tal modo que las concentraciones de los ácidos volátiles sean anotadas periódicamente, permitiendo fácilmente verificar un brusco aumento en la concentración, lo que significa un alerta de que algún inconveniente se está iniciando en el proceso de digestión.

Alcalinidad total

Es importante la determinación de alcalinidad total porque ella es un indicador del poder neutralizante de los ácidos formados durante la digestión.

El lodo en el interior del UASB funciona como una solución tampón, esto es, ofreciendo una resistencia a cambios en el pH. Sustancias como bicarbonatos, carbonatos y amonio se encuentran presentes. Los valores de alcalinidad total deben ser graficadas conforme figura 5.4.

Por estas razones, una elevación en la concentración de ácidos volátiles o una disminución en la alcalinidad son verificadas antes que ocurra un cambio en el pH. Es bastante común que la faja de alcalinidad en el lodo se sitúe entre 1000 a 4000 mg/ L

Relación ácidos volátiles/ alcalinidad total

La relación ácidos volátiles/ alcalinidad total es clave para controlar la operación de los reactores anaerobios. Permaneciendo baja la concentración de ácidos volátiles y la alcalinidad permanece alta, ocurrirá una buena digestión.

Cada PTAR debe descubrir el valor óptimo de esta relación.

La mayoría de las veces, es menor que 0,1. Cuando esa relación comienza a aumentar, se deben tomar medidas correctivas inmediatamente.

Este es el primer aviso y si no se toman medidas operacionales para corregir el proceso, tenemos un excesivo aumento de gas carbónico, el pH caerá quedando el lodo en las condiciones ácidas con todas sus terribles consecuencias (malos olores, espumas entrando en la línea de gas, etc.)

La relación ácidos volátiles/ alcalinidad nos da una buena indicación de la capacidad de taponamiento del digestor.

Si se presenta la situación de que este valor fuera mayor a 0,5, se deben tomar las siguientes medidas:

Adicionar soda cáustica para aumentar el pH. Hacer antes un ensayo de consumo de soda para elevar el pH hasta 6,8 en una muestra de 20 litros de lodo que presente este problema.

Correlacionar posteriormente los kilos de soda gastados en este ensayo con el volumen real de lodo en el interior del reactor anaerobio.

Del mismo modo, la relación ácidos volátiles/ alcalinidad debe ser como mínimo 2 veces por semana colocada en el gráfico, conforme se muestra en la figura 5.5.

El desprendimiento de olores desagradables, el descenso de la producción de biogás y la eficiencia del sistema son resultados de la inestabilidad de los

reactores anaerobios ocasionados por la alta acidez, reducida alcalinidad y descensos del pH

Es por esto que la neutralización de los ácidos volátiles determinados en la fase acidogénica es necesaria para la estabilidad del sistema.

pH

Las bacterias metanogénicas pierden su actividad cuando el pH cae por debajo de 6,2.

Los mejores rendimientos de los reactores anaerobios son conseguidos cuando se trabaja en la faja entre 6,8 y 7,2

En los mismos días en que se determina los ácidos volátiles y la alcalinidad total debe también ser medido el pH (figura 5.6)

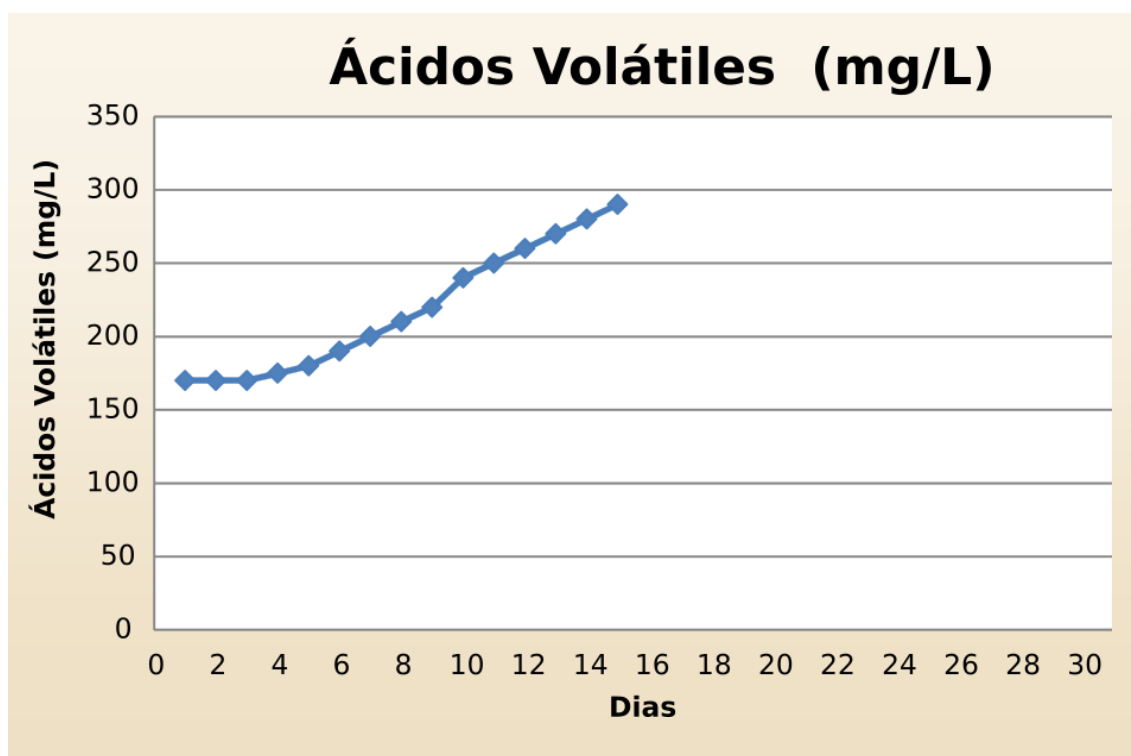


Fig. 5.3 - Representación de los ácidos volátiles

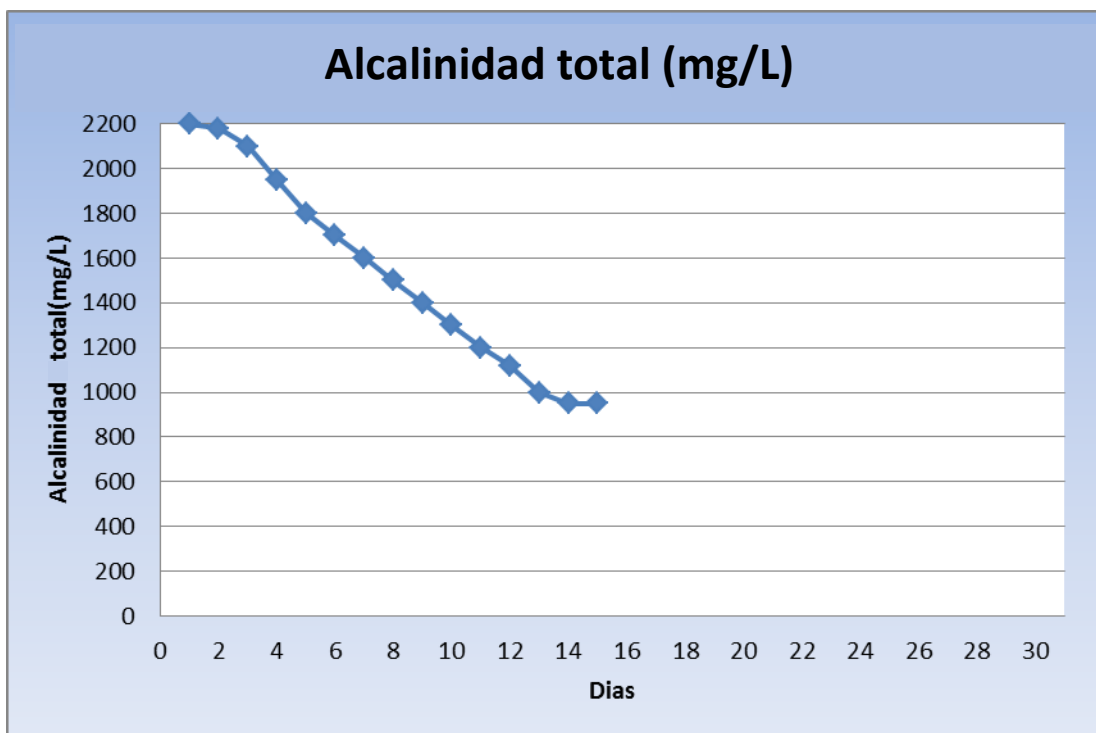


Fig. 5.4 - Representación Alcalinidad total

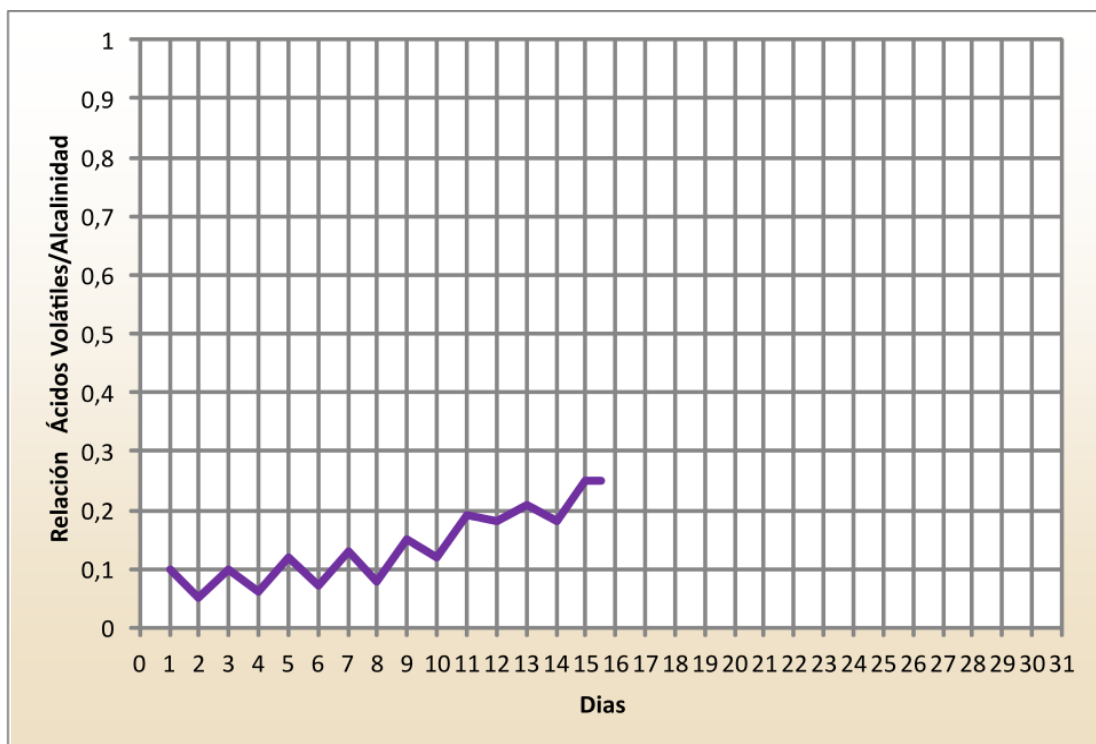


Fig. 5.5 - Representación de la relación ácidos volátiles/ alcalinidad

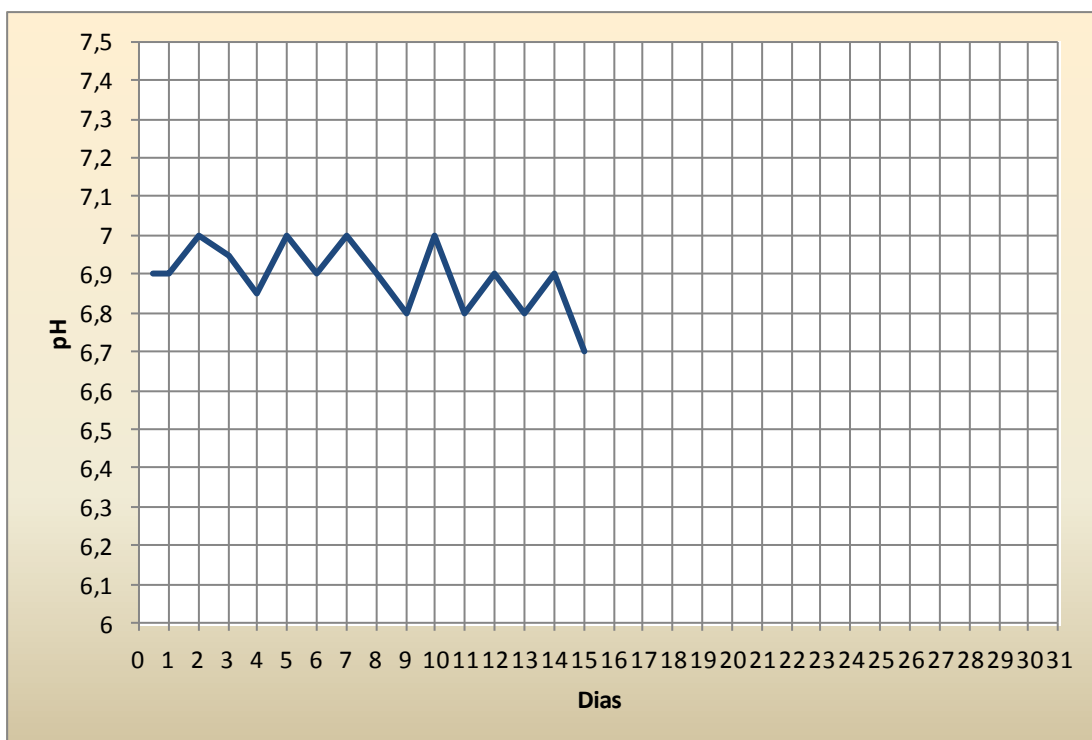


Fig. 5.6 - Representación del pH

	EVALUACIÓN del DESEMPEÑO de los REACTORES ANAERÓBICOS de la PTAR CIUDAD de la COSTA			
Data: ____ / ____ / ____				
Reactores Anaeróbicos	Reactores operando			
Parámetros	1	2	3	4
Remoción de DBO (%)				
Remoción de DQO (%)				
Remoción de SST (%)				
Remoción de sólidos sedimentables (%)				
Velocidade Ascensional (m/h)				
Tiempo de retención hidráulica (h)				
Producción de biogás litros/kg DBO aplicado x día				
Producción de biogás litros/kg DQO aplicado x día				

Cuadro V-1 - Evaluación del desempeño de los reactores anaeróbicos

	Plan de Muestreo de los Reactores Anaeróbicos de la PTAR Ciudad de la Costa						 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA		
Determinaciones	unidad	A	B	C	D	E	F	G	H
Temperatura	°C	d	d						
DBO	mg/L	s	s				m		
DQO	mg/L	s	s				m		
pH	-	d	d	s	s				s
Sólidos sedimentables	mL/Lxh	d	d						
Sólidos totales	mg/L	s		s	s	s	s		s
Sólidos totales fijos	mg/L	s		s	s	s			s
Sólidos totales volátiles	mg/L	s		s	s	s			s
Sólidos en suspensión totales	mg/L	s	d						
Sólidos en suspensión fijos	mg/L								
Sólidos en suspensión volátiles	mg/L								
Alcalinidad total	mg/L			s					
Acidez volátil	mg/L			s					
Relación acidez/ alcalinidad	%			s					
Humedad	mg/L			s	s	s	s		
Grasas y aceites	mg/L	s							m
Nitrógeno amoniacal	mg/L	Q	Q						
Nitrógeno orgánico	mg/L	Q	Q						
Nitrato	mg/L	s	s						
Agentes tenso activos (ATA)	mg/L	s	s						
Fósforo total	mg/L	s	s						
Ácido sulfhídrico	mg/L	s	s						
Cloro			d						
Cloruros	mg/L	s							
Ácido Sulfhídrico	mg/L	s	s						
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	s	s						
Metano	%							m	
Gas carbónico	%							m	
A= Efluente bruto B= Efluente de los reactores anaeróbicos C= Lodo do fundo de los reactores D= Lodo de varios niveles de los reactores		E= Lodo Deshidratado F= Líquido de la deshidratación G= Biogás H= Espuma de los reactores				d = diario 1s =1 vez por semana Q = quincenal m = mensual			

Cuadro V-2 – Plan de muestreo de los reactores anaeróbicos

	Registro de los Datos Operativos de la PTAR Ciudad de la Costa						 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA		
Determinaciones	unid	A	B	C	D	E	F	G	H
Temperatura	°C								
DBO	mg/L								
DQO	mg/L								
pH	-								
Sólidos sedimentables	mL/Lxh								
Sólidos totales	mg/L								
Sólidos totales fijos	mg/L								
Sólidos totales volátiles	mg/L								
Sólidos en suspensión totales	mg/L								
Sólidos en suspensión fijos	mg/L								
Sólidos en suspensión volátiles	mg/L								
Alcalinidad total	mg/L								
Acidez volátil	mg/L								
Relación acidez/ alcalinidad	%								
Humedad	mg/L								
Grasas y aceites	mg/L								
Nitrógeno amoniacal	mg/L								
Nitrógeno orgánico	mg/L								
Nitrato	mg/L								
Agentes tenso activos (ATA)	mg/L								
Fósforo total	mg/L								
Ácido sulfhídrico	mg/L								
Cloro									
Cloruros	mg/L								
Ácido Sulfhídrico	mg/L								
Coliformes Fecales	NMP/100 mL								
Metano	%								
Gas carbónico	%								
A= Efluente bruto B= Efluente de los reactores anaeróbicos C= Lodo del fundo de los reactores D= Lodo de varios niveles de los reactores				E= Lodo Deshidratado F= Líquido de la deshidratación G= Biogás H= Espuma de los reactores					

Cuadro V-3-Registro de los datos operativos de los reactores anaeróbicos

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA	
PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
• Malos olores	• Exceso de ácidos volátiles, alcalinidad baja, pH bajo • Presencia de tóxicos en efluente	• Adicionar soda cáustica para aumento del pH. • Localizar y eliminar fuente de tóxicos
• Exceso de sólidos en efluente	• Cantidad excesiva de lodo en el reactor	• Remover lodo con más frecuencia
• Disminución de producción de biogás	• Alto tenor de ácidos volátiles. • Defecto en el medidor de gas • Presencia de tóxicos en el efluente • Formación de espumas en la superficie del reactor	• Adicionar soda cáustica. • Reparar medidor de gas. • Localizar y eliminar fuentes de tóxico. • Remover la capa de espuma con mayor frecuencia

Cuadro V-4 -Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente – Problemas, causas e soluciones

5.13 – Sistema de Biogás

El sistema de biogás está constituido por tuberías, registros, válvulas de seguridad, antorcha (quemador de gas), cuya finalidad es la de recolectar y quemar los gases producidos en el proceso de digestión anaerobia que ocurre en el interior de los reactores anaerobios.

Las antorchas (quemadores de gas) están localizados próximos al futuro módulo C de los reactores anaerobios de 2ª etapa.

De acuerdo con el proyecto la estimación de biogás prevista para a PTAR de Ciudad de la Costa para un caudal medio de 858 L/ s y de 5.331 m³/ día

Antes de la antorcha está instalado un medidor de caudal de biogás con capacidad de medición que varía de 50 a 250 Nm³/ h

El diagrama operacional del sistema de gas se muestra en la figura 5.7.

La evaluación del desempeño del sistema de gas se verifica a través de la medición diaria del volumen de gas producido, correlacionado con los kilogramos de sólidos volátiles afluentes a los reactores anaerobios, así como con volumen diario de líquido tratado. También se verifica la producción de biogás en función de Kg. DBO/ día afluente a la PTAR.

El biogás contiene normalmente 70% de metano (CH₄) y 30% de gas carbónico (CO₂).

Para verificar la composición del gas, se utiliza la determinación porcentual de metano en analizadores portátiles, propios para análisis de este gas. Por diferencia se determina el porcentaje de gas carbónico. Este análisis debe ser efectuado una vez por mes, como mínimo.

Los datos operacionales relativos al sistema de gas podrán ser anotados en el modelo mostrado en el Cuadro V-5

Los principales problemas operacionales que pueden ocurrir en el sistema de gas y sus correcciones se encuentran indicados en el Cuadro V-6

5.14 – Propiedades del Biogás

El biogás proveniente de la digestión anaerobia es un gas más liviano que el aire, prácticamente inodoro a no ser con una ligera presencia de H_2S . Posee un poder calorífico de 5.500 Kcal/ m^3 cuando contiene cerca del 70% de metano (CH_4).

Las otras características del biogás son:

- Metano (CH_4) 65 a 70% en volumen
- Gas Carbónico (CO_2) 35 a 30% en volumen
- $\text{N}_2, \text{H}_2, \text{H}_2\text{S}$ traza
- Densidad en relación del aire $0,86 \text{ g/ m}^3$
- Poder calorífico 5.500 Kcal/m^3

Metano puro (NET HEATING VALUE) = 35.800 Kj/ m^3 (960 BTU/ft³)

Metano contenido en biogás (NET HEATING VALUE) = 22.400 Kj/ m^3 (600 BTU/ft³)

El metano puro puede ser obtenido por pasaje del biogás en tamices moleculares y comprimido a 220 atmósferas en cilindros de acero para fines automotores

1 m³ de metano (CH_4) puro equivale a 1 litro de gasolina.

Las equivalencias de los poderes caloríficos en kcal/kg con los combustibles más comunes utilizados en vehículos se pueden ver a continuación.

Equivalencias de poder calorífico (Kcal/ Kg)			
Gas metano puro (CH_4)	Gasolina común	Alcohol	Gas oil
11.934	11.100	6.400	10.900
IPT- SP	CENPES- PETROBRÁS	INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL	CENPES- PETROBRÁS

Los equipamientos de biogás de la 1ª etapa da PTAR fueron suministrados por la empresa ENVIRONTEC.

5.15 – Composición de biogás

El biogás producido en los reactores anaerobios, que tratan lodos de efluentes domésticos presenta la siguiente composición típica:

Fórmula	Nombre común	% en volumen
CH ₄	Metano	69
CO ₂	Gas carbónico	29
H ₂	Hidrógeno	0,5
N ₂	Nitrógeno	1,0
H ₂ S	Gas sulfhídrico	0,5

Prácticamente es común decir que el biogás contiene 70% de metano (CH₄) y 30% de gas carbónico (CO₂) y trazas de otros gases

Cuando se hace la determinación diaria de los volúmenes de metano y de gas carbónico producidos en un proceso de digestión anaerobia se obtiene una curva semejante a la indicada en la figura 5.8

En esta figura se puede apreciar que por cada aumento en la producción de CO₂ corresponde a un descenso en la producción de CH₄.

La estimación de producción de biogás de acuerdo con el número de reactores anaerobios puede apreciarse en el Cuadro V-7 de la página 76.

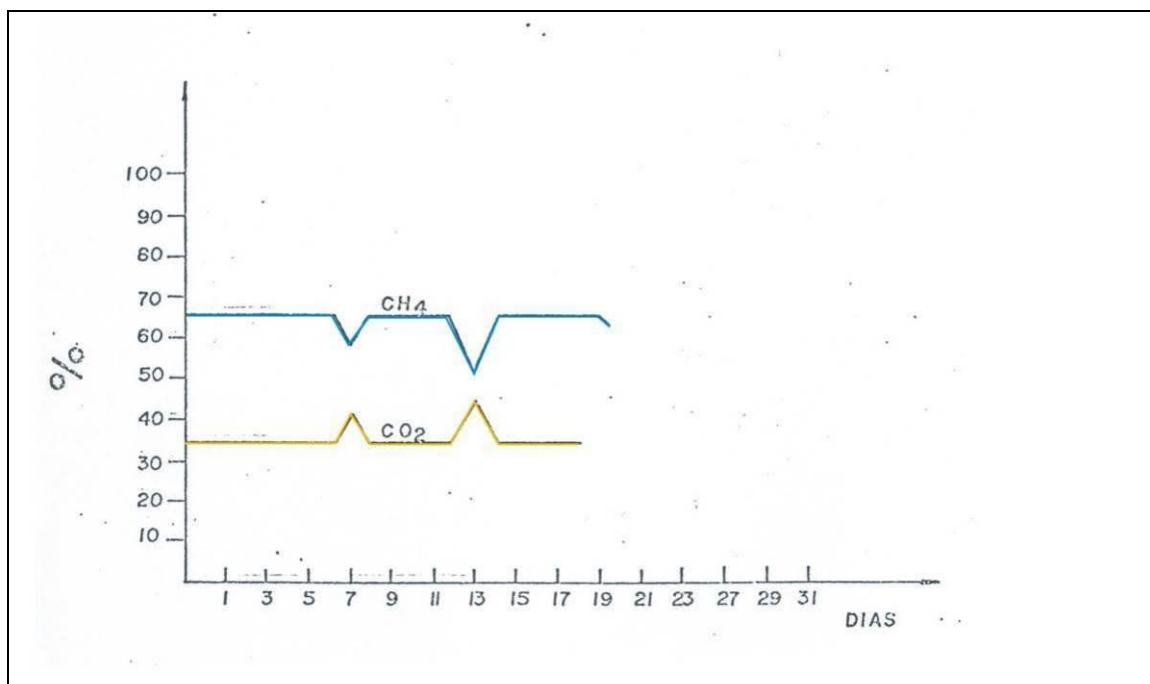


Figura 5.8 – Curva diaria de volúmenes de metano y gas carbónico

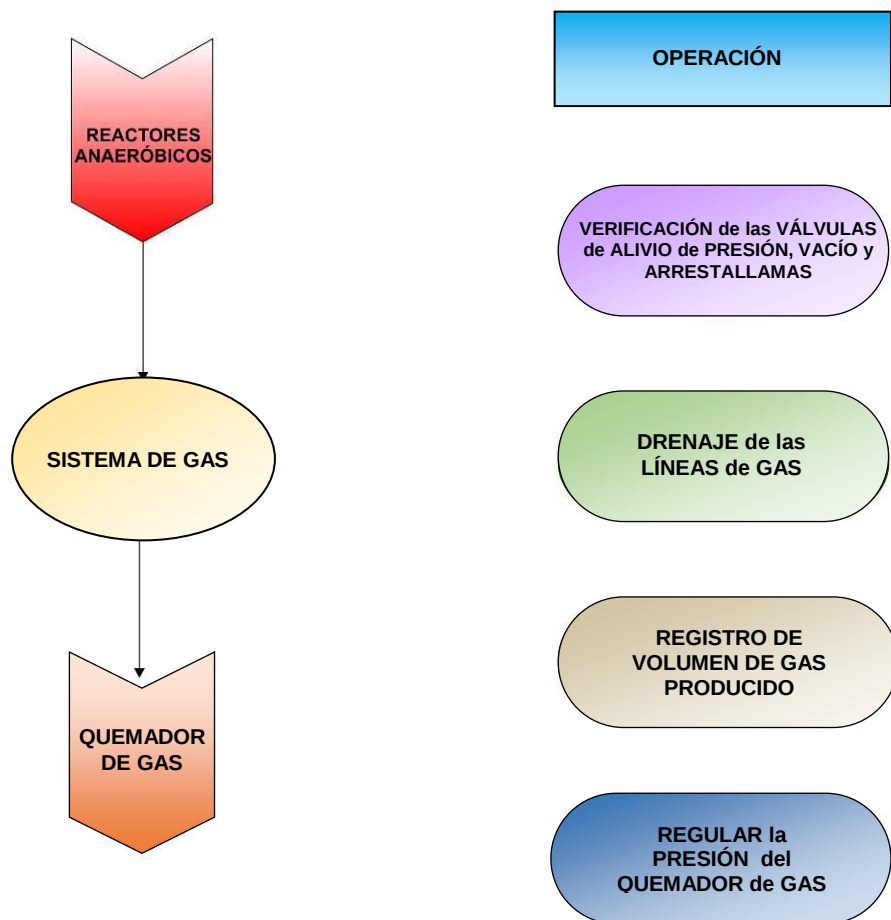


FIG. 5.7 - DIAGRAMA DE OPERACIÓN del SISTEMA DE BIOGÁS

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA	
Lectura actual m ³		
Lectura anterior m ³		
Diferencia (m ³ /día)		
Carga de sólidos volátiles (Kg. STV/ día)		
m ³ diario de gas (m ³)		
m ³ de gas / Kg DBO x día		
Metano (%)		
Gas carbónico (%)		

Cuadro V-5 – Datos operativos del sistema de biogás

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA	
PROBLEMAS	CAUSAS	CORRECCIONES
Disminución en la producción de biogás	- Presencia de tóxicos en reactor anaerobio - Medidor de gas averiado - Exceso de espuma en el reactor	- Determinar metales pesados en el lodo - Chequear medidor - Remover espuma
Disminución en tenor de metano	- Aumento del tenor de ácidos volátiles - Disminución del pH	Corregir pH con adición de soda cáustica hasta que pH del lodo llegue 7,2

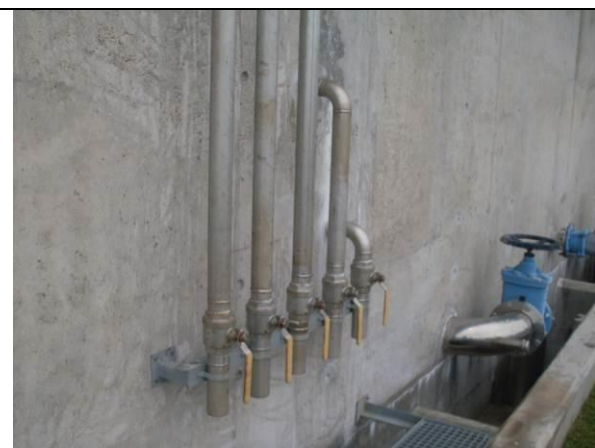
Cuadro V-6- Sistema de biogás – Problemas, causas e correcciones

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS				
El presente cuadro fue elaborado de acuerdo con los siguientes parámetros:					
Caudal medio por reactor operando = 12 horas					
DBO media afluente de 2015 a 2035 = 268 mg/L					
producción de biogás = 0,300 Nm³/kgDBO					
producción de metano (CH4) = 70% de biogás					
producción de gas carbónico = 30% de biogás					
Reactores UASB operando	Caudal medio de la PTAR (L/s)	Kg DBO/día	Volumen de biogás Nm³/día	Volumen de metano Nm³/día	Volumen de gas carbónico Nm³/día
01	54,7	1.267	380	266	114
02	109,4	2.534	760	532	228
03	164,1	3.801	1140	798	342
04	218,8	5.068	1520	1064	456
05	273,5	6.335	1900	1330	570
06	328,2	7.602	2280	1596	684
07	382,9	8.869	2660	1862	798
08	437,6	10.136	3040	2128	912

Cuadro V-7- Producción de biogás



Remoción del lodo y espuma



Verificación de la altura del lodo



Tanques de lodo y espuma



Captación del biogás de los reactores



Tanque de ecualización de presión de gas



Quemadores de biogás

6 – DESHIDRATACIÓN DE LODO



6 – DESHIDRATACIÓN DE LODO

6.1 – Finalidad

El proceso de deshidratación de lodo tiene por objeto retirar parte del agua contenida en la mezcla de lodo y espuma afluente a las centrífugas, reduciendo así el tenor de humedad, facilitando su manipulación para el transporte y destino final.

6.2 – Localización

Las unidades componentes del proceso de deshidratación, constituidas por las centrífugas, bombas de lodo, equipo de preparación de polímero, bombas de polímero, cinta de lodo deshidratado, tornillo de lodo deshidratado y bombas de líquido clarificado de las centrífugas están localizadas en el local de deshidratación, próximo a dos tanques de concentración de lodo.

6.3 - Características Principales

Número de centrífugas 02

Caudal de lodo por centrífuga 8 a 11 m³/h

Fabricante ALFA LAVAL

Modelo ALDEC 45 V

Potencia del motor principal 30 KW (40 CV)

Número de bombas de polímero 3 (2+1)

Fabricante NETZCH

Potencia del motor 2,5 KW (3,5 CV)

Caudal por bomba 1.600 a 4.000 L/h

Número de bombas de lodo 03

Tipo de bomba NEMO (Desplazamiento positivo)

Fabricante NETZSCH

Potencia do motor da bomba 5,5 KW (7,5 CV)

Caudal por bomba 7 a 8,5 m³/h

Número de tanques de polímero 01

Fabricante MILTON ROY

Volumen útil 3 m³

Número de agitadores 02

Potencia por agitador 0,75 KW

Número de cintas transportadoras 01

Fabricante ESTRUÁGUA

Modelo CN 002

Ancho 600 mm

Largo 4.200 mm

Capacidad 450 kg/h

Potencia do motor 1,1 kw (1,5 CV)

Tornillo de lodo deshidratado 02

Fabricante FILTRAMAS

Potencia 1,1 KW (1,5 CV)

6.4 - Operación

El lodo bombeado desde el tanque de lodo recibe antes de entrar en la centrífuga una solución de polímero.

El polímero es preparado en un equipo automático y bombeado a una concentración de 0.4% a través de bombas dosificadoras para la línea de recalque proveniente del tanque de lodo.

El consumo estimado de polímero es de 5 Kg (peso seco) de polímero para cada tonelada de sólido seco de lodo afluente a la centrífuga

El lodo es introducido en la parte central de la centrífuga siendo entonces acelerado a una velocidad de aproximadamente 4200 rpm donde es sometido a una fuerza mayor que la fuerza de gravedad.

Los sólidos son entonces llevados hacia la pared del rotor y el líquido que tiene menor densidad forma una capa interior concéntrica al rotor.

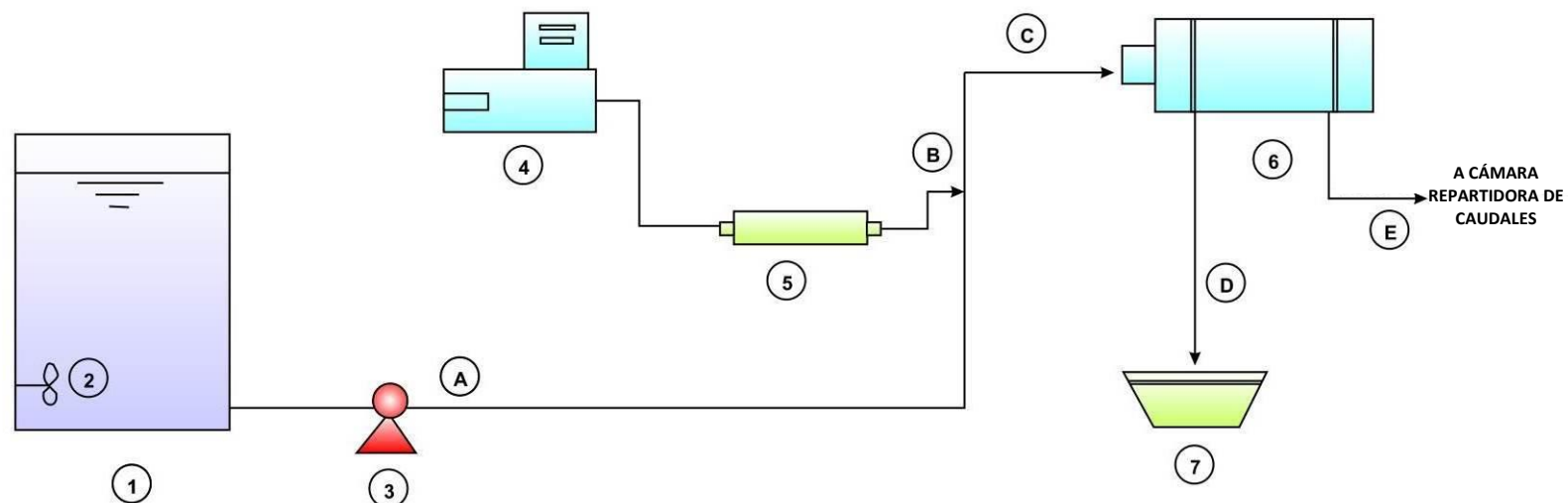
Dentro del rotor se encuentra un tornillo transportador que gira en el mismo sentido, pero a una velocidad ligeramente inferior al del rotor. Este tornillo transportador tiene una inclinación que permite la conducción de sólidos depositados contra la pared del rotor, hasta que sean descargados en la extremidad de la centrífuga cayendo en la cinta transportadora.

En el extremo opuesto al de la alimentación de lodo sale el efluente líquido de la deshidratación que retorna por bombeo para la cámara de carga.

Se encuentran implantadas dos centrífugas horizontales con capacidad individual de 8 a 11 m³/h. Luego de cada centrifugación, la centrífuga debe ser lavada durante treinta minutos con cerca de 3 m³ de agua que retorna también para la cámara de carga.

La torta deshidratada que debe tener cerca de 25% de sólidos (75% de humedad) es descargada inicialmente en una cinta transportadora y luego un tornillo alimenta los contenedores.

Las figuras a continuación muestran el flujograma del sistema de deshidratación (Fig. 6.1) y el diagrama operacional de deshidratación (Fig. 6.2).



① TANQUE DE LODO Y ESCUMA

② MEZCLADOR DE LODO Y ESPUMA

③ BOMBA DE LODO DE ALIMENTACIÓN DE LA CENTRÍFUGA

④ PREPARADOR DE POLÍMERO

⑤ BOMBA DE SOLUCIÓN DE POLÍMERO

⑥ CENTRÍFUGA

⑦ CONTENEDOR DE LODO DESHIDRATADO

A LODO DIGERIDO

B SOLUCIÓN DE POLÍMERO

C MEZCLA DE LODO + POLÍMERO

D TORTA DE LODO DESHIDRATADO

E CLARIFICADO de la CENTRÍFUGA

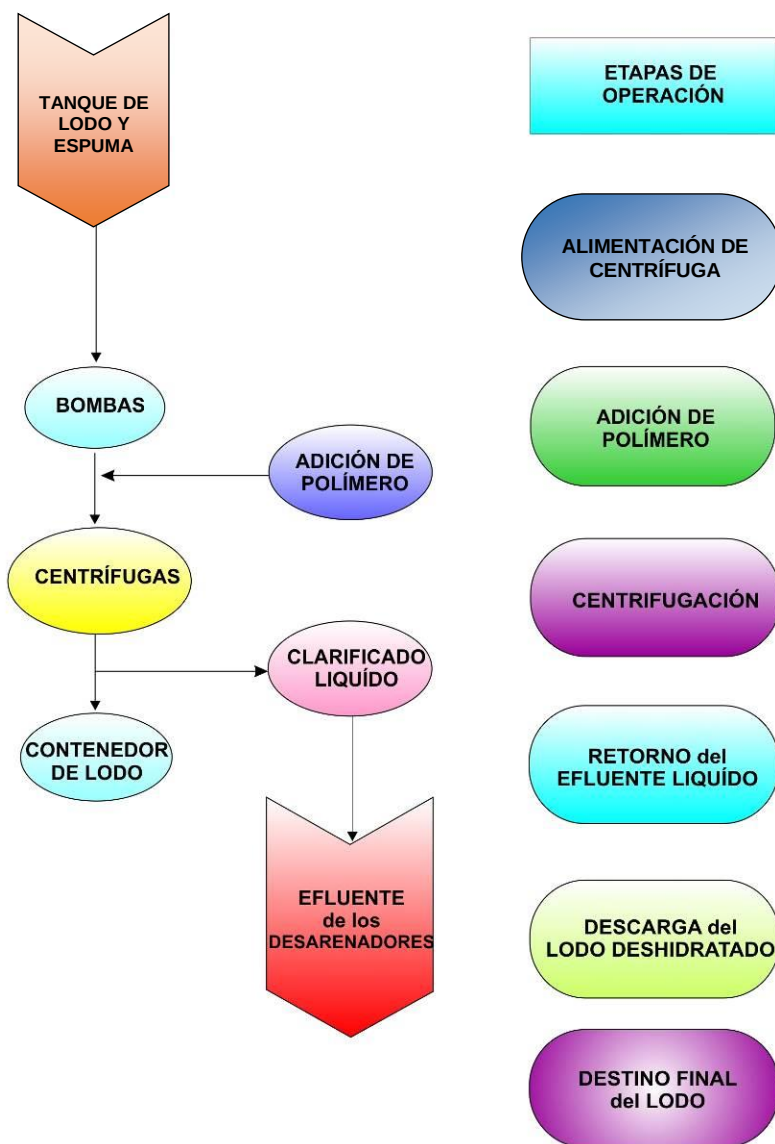


FIG. 6.2 – DIAGRAMA OPERACIONAL DE LA DESHIDRATACIÓN DEL LODO

6.5 – Preparación de solución de polímero a 0,4 %

Disolver en el equipo automático de polímero 4 Kg de polímero catiónico en polvo por cada 1000 litros de agua.

Para 100 m³ de lodo en el tanque, en la concentración de 3,0% de sólidos totales (lodo mezclado) está entrando en la centrífuga para cada 11 m³/h:

$$\frac{11.000 \text{ L/h} \times 30.000 \text{ mg/L}}{1.000.000} = 330 \text{ kg ST/h}$$

5 Kg de polímero para cada 1.000 Kg de ST

$$X \quad 330 \text{ Kg de ST} \quad X = 1,65 \text{ Kg poli/h}$$

Solución a 0,4 % 4 Kg polímero en 1.000 Litros de agua

$$1,65 \text{ Kg polímero/h} \quad Y$$

$$Y = 412,5 \text{ Litros/h de solución a 0,4 \%}$$

Ajustar el caudal de lodo para 11 m³/h y el caudal de bomba de polímero en 412,5 L/h, ver el balance de masa en la página 89.

Secuencia operacional:

- Mezclar lodo en el tanque durante una hora
- Encender la centrífuga hasta alcanzar 3000 rpm
- Encender las bombas de lodo en 11 m³/h
- Encender la bomba de polímero en 413 L/h
- Observar el clarificado de la deshidratación
- En caso de que el clarificada sea oscuro, aumentar lentamente el caudal de la bomba de polímero

Observación importante: por el ejemplo anterior se verifica que el caudal de la bomba de polímero es de 412,5 L/h. El caudal de las bombas de polímero instaladas poseen un caudal mínimo de 1.600 L/h, esto hace que en vez de

preparar una solución de polímero de 0.4%, debe ser preparada una solución de polímero al 0.1% (1 Kg de polímero en polvo para 1000 litros de agua) y el caudal de la bomba de polímero debe ser ajustada para 1.650 L/h (412,5 x 4).

6.6 – Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño de la deshidratación de lodo es verificada a través de la cantidad de sólidos enviadas a las centrífugas y la cantidad de sólidos retenidos en la torta centrifugada.

Son efectuadas las determinaciones indicadas en el Cuadro VI-1

6.7 – Punto de recolección de muestra

Deben ser recolectadas muestras del lodo afluente a la centrífuga (A), en la torta de lodo centrifugado (D) y en el líquido drenado (E), conforme lo indicado en el flujograma del proceso de deshidratación Fig 6.1, página 82

6.8 – Parámetros a Determinar

Las determinaciones que son hechas en el sistema de deshidratación son aquellas mostradas en el Cuadro VI-1.

6.9 – Frecuencia de Muestreo

Las frecuencias de muestreo sugeridas en el inicio de la operación de la PTAR son indicadas en el Cuadro VI-1.

6.10 – Anotación de los datos diarios

El volumen de lodo bombeado para las centrífugas, el peso de la torta producida por día, el consumo de polímero diario y el tenor de humedad de lodo deshidratado deben ser anotados en el Cuadro VI-2.

Anexo es mostrado el cuadro utilizado en la PTAR de Copasa-MG para control operacional de la deshidratación.

6.11 – Problemas Operacionales y sus correcciones

Los principales problemas operacionales que pueden ocurrir durante la deshidratación de lodo digerido por centrifugación están mostrados en el Cuadro VI-3.

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA			
				MODELO: Nº: MES:
DESHIDRATACION del LODO DIGERIDO				
DETERMINACIONES	LODO DIGERIDO	TORTA DESHIDRATADA	LÍQUIDO DRENADO	POLÍMERO
Sólidos Totales (mg/L)	s	s	s	-
Sólidos volátiles (mg/L)	s	s	-	-
Humedad (%)	s	s	-	-
Volumen Bombeado (m³/día)	d	-	-	d
Kg de Sólidos Secos (ton/d)	d	d		-
Consumo Diario (Kg/día)	-	-	-	d
Producción Diaria (m³/día)	-	d	-	-
DBO (mg/L)	-	-	m	-
Nitrogeno Total (mg/L)	-	m	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	m	-	-
Potasio (mg/L)		m	-	-
Frecuencia	d = Diário	s = Semanal	m = Mensual	

[illegible]

	PTAR CIUDAD DE LA COSTA DESHIDRATACIÓN DE LODO	
PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
▪ Torta de lodo con bajo tenor de sólidos <25% SST	▪ Dosificación incorrecta de polímero ▪ Lodo mal digerido ▪ Cilindro y tornillo desregulados	▪ Hacer ensayos en el laboratorio ▪ Análisis completo del lodo digerido ▪ Exigir presencia de técnico especializado
▪ Elevado tenor de sólidos en líquido drenado	▪ Dosificación incorrecta de polímero ▪ Lodo mal digerido ▪ Cilindro y tornillo desregulados	▪ Hacer ensayos en el laboratorio ▪ Análisis completo del lodo digerido ▪ Exigir presencia de técnico especializado
▪ Ruido anormal en la centrífuga	▪ Posible desgaste de rodamientos	▪ Exigir presencia de técnico especializado

Cuadro VI-3 - Problemas Operacionales y sus soluciones



**PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE
CIUDAD de la COSTA
DESHIDRATACIÓN DE LODO
CENTRÍFUGA 11 m³/h
BALANCE DE MASA**



EJEMPLO:

CONCENTRACIÓN del LODO en TANQUE : 3,0% (30.000 mg/L)
CONCENTRACIÓN de la SOLUCIÓN DE POLÍMERO 0,1% (1 Kg/1.000 L)
CAUDAL de la BOMBA DE LODO = 11,0 m³/h (330 KgST/h)
CAUDAL de la BOMBA DE POLÍMERO = 1.650 L/h
CONCENTRACIÓN DA TORTA DESHIDRATADA = 25%
CAPTURA DE SÓLIDOS (ESTIMADA)= 90%

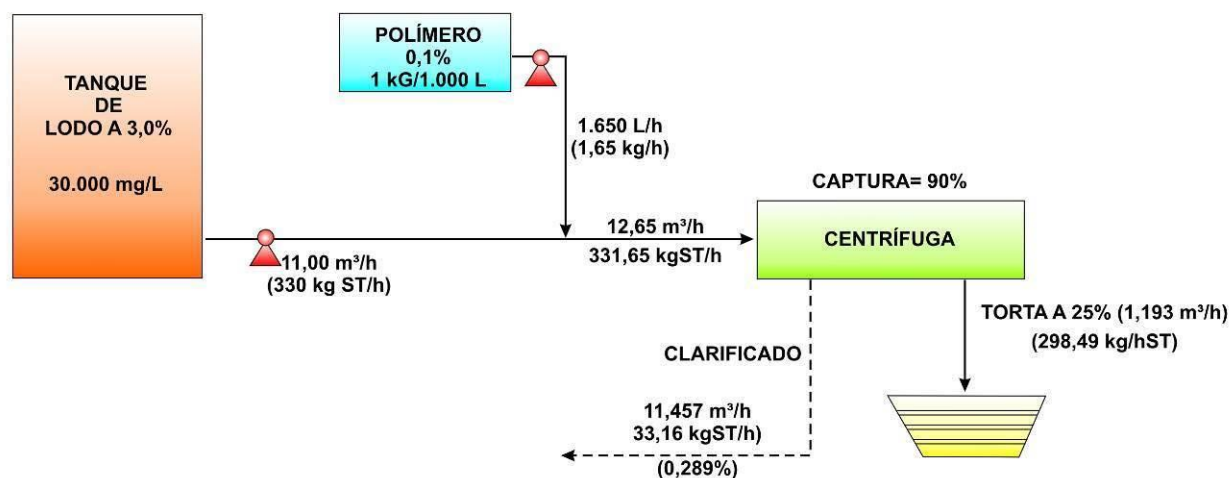
Dosis de polímero = 5 Kg/tonST
Cantidad de sólido por hora:

$$\frac{30.000 \text{ mg/L} \times 11.000 \text{ L/h}}{1.000.000} = 330 \text{ KgST/h}$$

$$\begin{array}{lcl} 5 \text{ Kg} & \text{---} & 1.000 \text{ Kg ST} \\ X & \text{---} & 330 \text{ Kg ST/h} \end{array} \quad X = 1,650 \text{ Kg polímero/hora}$$

Solución de polímero:

$$\begin{array}{lcl} 1 \text{ Kg} & \text{---} & 1.000 \text{ L/h} \\ 1,65 \text{ Kg/h} & \text{---} & Y \end{array} \quad Y = 1.650 \text{ L/h}$$



Engº Manuel Senra

30/12/2014

6.12 – Concepto de carga másica

Las centrífugas son proyectadas y dimensionadas para recibir una determinada masa de sólidos secos por hora, de tal modo que por encima de esa carga ocurre una sobrecarga que promueve la paralización de las bombas de alimentación de lodo y de polímero. Para el caso de la PTAR de Ciudad de la Costa, la carga másica será de 330 kg ST/h.

La operación normal de la centrífuga consiste en recibir un lodo en la concentración próxima a 3,0% de sólidos totales (30.000 mg/L).

Para esta concentración, el caudal de lodo de la centrífuga de 11 m³/h es para un límite máximo de 330 kg ST/h.

$$\frac{11.000 \text{ L/h} \times 30.000 \text{ mg/L}}{1.000.000} = 330 \text{ kg ST/h}$$

Para concentraciones por encima de 3,0% (30.000 mg/L) los caudales de lodo que alimentan las centrífugas deben ser reducidas de modo que no superen las cargas másicas de 330 Kg ST/h.

La fijación de las cargas másicas afluentes a las centrífugas facilitan extremadamente la dosificación de la solución de polímero una vez que ella permanezca constante conforme lo ilustrado en el Cuadro VI-4 a continuación, a partir del límite de las cargas másicas.

		Carga Masica de la Centrífuga de 11 m³/h ETE Ciudad de la Costa	 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA
Concentración de Lodo (%)	Carga Másica (kgST/h)	Caudal de la bomba de lodo (m³/h)	Caudal de la Bomba de solución de polímero a 0,1% (L/h)
4,00	330	8,25	1650
3,90	330	8,46	1650
3,80	330	8,68	1650
3,70	330	8,92	1650
3,60	330	9,17	1650
3,50	330	9,43	1650
3,40	330	9,71	1650
3,30	330	10,00	1650
3,20	330	10,31	1650
3,10	330	10,65	1650
3,00	330	11,00	1650

Cuadro VI-4 – Carga másica

6.13 – Recomendaciones para el proceso de deshidratación

Es de fundamental importancia para la correcta operación del proceso de deshidratación que sean instalados medidores de caudal en las tuberías de lodo que alimentan cada una de las centrífugas y en cada una de las tuberías de solución de polímero. Los parámetros operacionales de la deshidratación de lodo son:

- Concentración de sólidos totales en la alimentación de las centrífugas
- Caudal de lodo en m³/h o L/h
- Caudal de solución de polímero en L/h

Antes de iniciar el proceso de deshidratación de lodo es imprescindible hacer un análisis de sólidos totales para ajustar las bombas de lodo y las bombas de polímero.

En la operación de deshidratación el operador debe estar presente junto a los equipos para apagarlos de inmediato, en caso de que ocurra algún ruido extraño en los mismos, principalmente en las centrífugas.

Luego del proceso de deshidratación es muy importante el proceso de lavado de la centrífuga por un período mínimo de 30 minutos.

Las estimaciones de producción diaria de lodo deshidratado para distintos caudales medios de ingreso pueden observarse en el Cuadro VI-5 que se muestra a continuación.

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA PRODUCCIÓN DE LODO DESHIDRATADO					
El presente cuadro fue elaborado de acuerdo con los siguientes parámetros:							
Caudal medio por reactor operando = 12 horas							
DQO medio afluente de 2015 a 2035 = 541 mg/L							
Producción de sólidos totales = 0,15 kgST/kg DQO							
Aplicación de polímero al lodo en la deshidratación = 5 kg /ton ST							
Recuperación de sólidos por la centrifuga = 90%							
Concentración del lodo seco = 22%							
Reactores UASB operando	Caudal medio da ETE (L/s)	Kg DQO/dia	Kg ST/dia	Consumo de polímero (KgST /dia)	ST afluente a centrifuga (kgST/dia)	Recuperación de ST (90%) (kgST/dia)	Torta de Lodo 22%ST (m³/dia)
01	54,70	2.557	384	1,92	385,92	347	1,58
02	109,40	5.114	768	3,84	771,84	695	3,16
03	164,10	7.671	1152	5,76	1157,76	1042	4,74
04	218,80	10.228	1536	7,68	1543,68	1389	6,32
05	273,50	12.785	1920	9,60	1929,60	1736	7,9
06	328,20	15.342	2304	11,52	2315,52	2084	9,48
07	382,90	17.899	2688	13,44	2701,44	2431	11,06
08	437,60	20.456	3072	15,36	3087,36	2778	12,64

Cuadro VI-5 - Producción de lodo deshidratado



Bombas de lodo



Dosificador de polímero



Bombas de polímero



Centrífugas



Cinta transportadora de lodo deshidratado



Tornillo de lodo deshidratado

7 – DESINFECCIÓN



7 – DESINFECCIÓN

7.1 – Finalidad

La desinfección del efluente de los reactores anaerobios tiene por finalidad lograr una calidad de efluente con una concentración de coliformes fecales debajo de 1000 CF/100 mL. La desinfección es realizada con la aplicación de cloro gaseoso en un tanque de contacto con un tiempo de detención mínimo de 30 minutos, para el caudal máximo, y posterior decloración a través de adición de una solución de metabisulfito de sodio.

7.2 – Localización

El local conteniendo los equipos de cloración y decloración así como el tanque de contacto están localizados próximo al local principal

7.3 – Características Principales

Las principales características del sistema de cloración y decloración se muestran a continuación.

7.3.1 – Sistema de cloración

Agente de desinfección: cloro gaseoso

Número de cilindros para fin de proyecto 16

Capacidad de cada cilindro de cloro 900 kg

Dosificación estimada de cloro 10 mg/L

Cilindro de cloro en uso 04

Número de cloradores para fin de proyecto 03

Tanque de contacto en 1ª etapa 01
Número de canales de tanque 06
Largo del canal 23,50 m
Ancho del canal 2,0 m
Profundidad útil 4,50 m
Volumen útil 1.269 m³
Tiempo de contacto para caudal máxima 30 minutos

Torre de neutralización 01
Diámetro interno 1,3 m
Material PRFV
Altura de la torre 2,4 m
Tanque de solución de soda cáustica 01
Volumen útil del tanque 7,4 m³
Material del tanque de soda PRFV
Número de bombas de soda cáustica 02 (1+1)
Caudal por bomba 30 m³/h (8,3 L/s)
Potencia del motor 2 cv (1,5 kw)
Número de ventiladores de extracción 02
Caudal del ventilador 2.500 m³/h
Medidor de caudal electromagnético – DN 800 mm 02 (fin de proyecto)

7.3.2 – Sistema de decoloración

Localización del sistema de decoloración. Al lado de la sala de cloración
Producto a ser utilizado Metabisulfito de sodio
Número de tanques de preparación 02
Formato del tanque cuadrado
Dimensiones 1,70 m x 1,70 m
Altura útil 1,73 m
Volumen útil por tanque 5 m³
Fabricante del agitador MILTON ROY

Potencia del agitador 2 kw
 Número de bombas dosificadora 02 (1+1)
 Fabricante de las bombas NETZCH
 Potencia del motor 1,5 kw
 Caudal por bomba 25 a 100 L/h

7.4 – Operación

La dosificación estimada de cloro en el efluente de los reactores anaerobios es de 10 mg/ L de cloro, resultando los siguiente consumos de cloro, en Kg/ día, a lo largo de los años.

Años	Caudal medio (L/ s)	Volumen diario (m³/ día)	Consumo de cloro (Kg/ día)
2015	334	28.858	289
2020	495	42.768	428
2025	569	49.162	492
2030	738	63.763	638
2035	858	74.131	741

El cloro gas contenido en los cilindros de 900 Kg pasa por el manifold y a continuación por los cloradores siendo aplicado a partir de los eyectores en la entrada del tanque de contacto.

La medición automática del caudal de afluente de los reactores anaerobios permite el ajuste automático de la dosificación de cloro.

Semanalmente se debe realizar el conteo de coliformes fecales de modo de mantener en la salida del efluente ≤ 1.000 CF/100 mL.

En caso de que ocurra alguna fuga de cloro gas en el sistema de desinfección, los ventiladores deben ser encendidos y el aire contaminado enviado a la torre de neutralización. La misma se realiza a través de las bombas de solución de

soda cáustica en un circuito cerrado con una recirculación del líquido de la parte inferior hacia la parte superior de la torre.

El cloro gaseoso será transformado en solución de hipoclorito de sodio, siendo el aire libre de cloro eliminado por la parte superior de la torre.

Para realizar la decoloración se estima un consumo de 1,34 mg/ L de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) por cada 1 mg/L de cloro residual, siendo aumentado un 10% más por garantía. A continuación se muestran los valores de consumo a lo largo de los años teniendo en cuenta la evolución del caudal.

Años	Caudal medio (L/ s)	Consumo de metabisulfito (Kg/ día)
2015	334	140
2020	495	214
2025	569	239
2030	738	217
2035	858	372

La solubilidad del metabisulfito de sodio es de 450 g/L significando que para preparar un tanque de 5.000 L (5 m³) serán necesarios 2.250 kg de metabisulfito en forma de sal.

El diagrama operacional del proceso de cloración y decoloración es mostrado en la figura 7.1

7.4.1 –Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño del proceso de cloración y decoloración consiste en efectuar los análisis de coliformes fecales en el efluente de los reactores UASB, con una muestra recogida en la salida del tanque de contacto y posteriormente recolección de una muestra en la cámara de salida para

verificar si la concentración de cloro está por debajo de 0,5 mg/ L y los coliformes fecales están por debajo de 1000 CF/100 mL

7.4.2 – Anotación de los datos operacionales

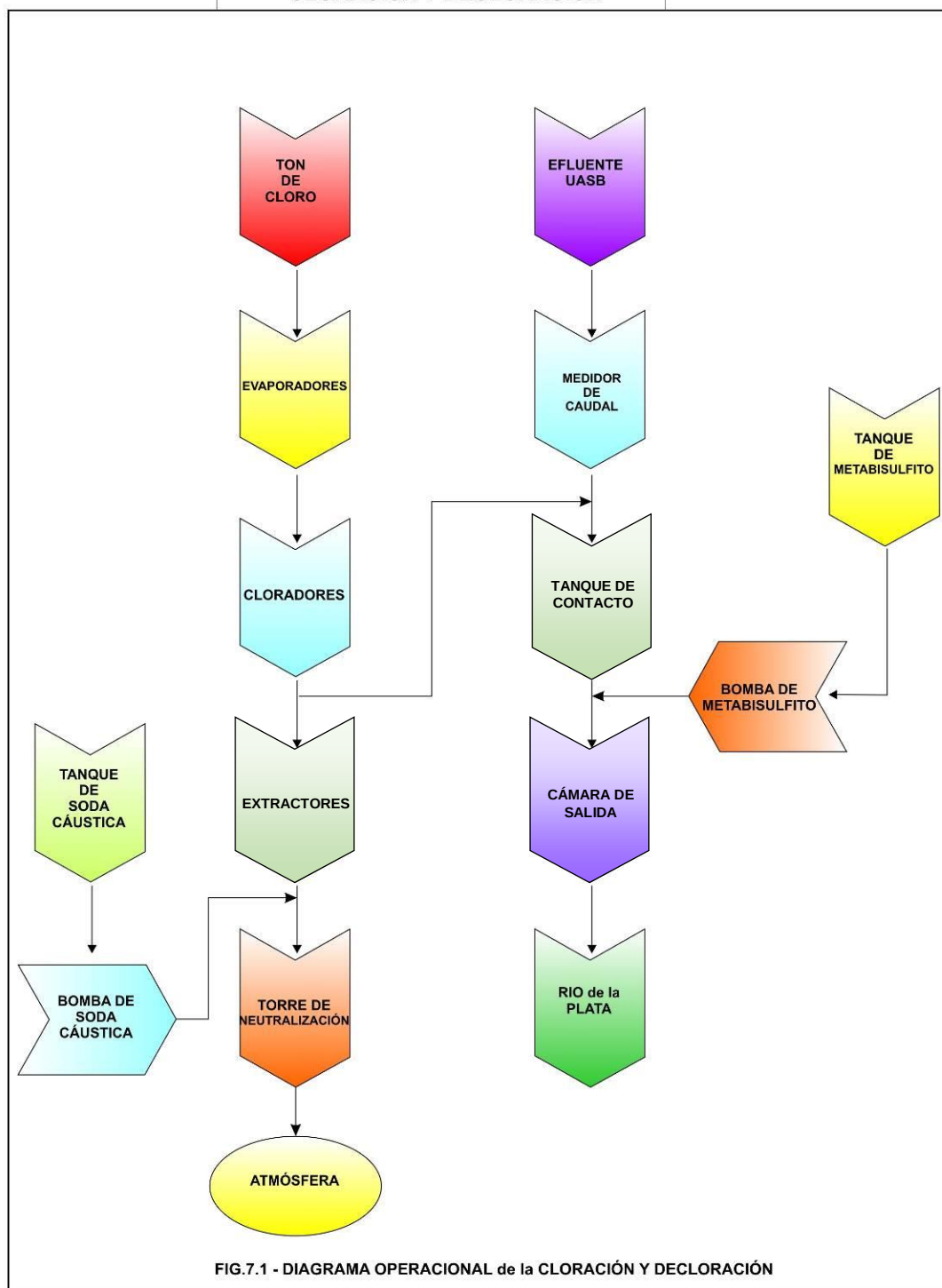
El modelo del cuadro VII-1 puede ser utilizado para tener un control diario del consumo de cloro y de metabisulfito, así como los gastos mensuales y las dosificaciones medias de los productos.

7.4.3 – Problemas, Causas e Correcciones

Los principales problemas que pueden ocurrir con el proceso de cloración y de cloración, se encuentran indicados en el cuadro VII-2.

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA CONSUMO DE PRODUCTOS QUÍMICOS		 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA
Dia	Caudal medio (L/s)	Cloro (kg/dia)	Metabisulfito (kg/dia)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
Medias			
Totales	(m³/mes)	(kg/mes)	(kg/mes)
Dosificaciones medias		(mg/L)	(mg/L)

Cuadro VII-1 Consumo de productos químicos para desinfección



	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA CLORACIÓN Y DECLORACIÓN	
PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
Olor ofensivo de cloro en las salas de sistema de cloro	• Pérdida de cloro gas en las tuberías o equipamientos	• Encender de inmediato el extractor y las bombas de soda cáustica • Con auxilio de algodón embebido en amoníaco detectar el lugar de pérdida que será indicado por una nube blanca de humo. • Solicitar equipo técnico especializado para efectuar las correcciones
Concentración de coliformes fecales por encima de 1.000/100 mL en efluente luego de tanque de contacto	• Dosificaciones insuficientes de cloro	• Aumentar la dosificación de cloro y también de metabisulfito de sodio

Cuadro VII-2 - Problemas Operacionales Causas e Soluciones



Medidor de caudal del efluente



Cloradores



Tanque de contacto



Tanques de metabisulfito de sodio



Bombas de metabisulfito de sodio



Escape de aire contaminado con cloro



Tanque y bombas de soda cáustica

Torre de neutralización de cloro

8 – CORRECCIÓN DEL pH EN LOS REACTORES ANAERÓBICOS



8 – CORRECCIÓN DE pH EN LOS REACTORES ANAEROBIOS

8.1 – Consideraciones generales

Los reactores anaerobios en el proceso de digestión anaerobia de lodo pasan por las fases de fermentación ácida seguida de la fase de metanogénesis, con licuefacción de sólidos y formación de biogás (metano y gas carbónico).

Aunque difícilmente ocurra una acidificación excesiva con un descenso de pH y reducción de la producción de metano que puede ser observada por la disminución de la llama en las antorchas (quemadores de gas) se previó en la PTAR un sistema de corrección de pH en los reactores UASB.

Dos tanques de hormigón conteniendo soda cáustica en solución y dos bombas de desplazamiento positivo pueden enviar, si es necesario, la solución de soda cáustica para los medidores de caudal Parshall, donde hidráulicamente es efectuada la mezcla con el líquido afluente a los reactores con aumento del pH para ser combatida la fase de acidificación.

El monitoreo del pH es hecho a través de muestras recolectadas en el efluente de los reactores de tal modo de conseguir valores por encima de 6,5. Una vez obtenido este valor se interrumpe el bombeo de solución de soda cáustica.

8.2 – Características Principales

Número de tanques de solución de soda caustica 02

Material de los tanques hormigón

Localización Junto a pretratamiento

Formato de los tanques cuadrado

Dimensiones 1,70 m x 1,70 m

Altura útil 1,73 m

Volumen útil por tanque 5 m³

Número de bombas de soda cáustica 02 (1+1)

Tipo de bomba Desplazamiento positivo

Fabricante NETZCH

Caudal por bomba 60 a 390 L/h

Potencia do motor 1,5 kw

Número de agitadores (1 por tanque) 02

Fabricante MILTON ROY

Potencia 2 kw

Dosificación mínima de soda 15 mg/L

Dosificación media de soda 30 mg/L

Dosificación máxima de soda 50 mg/L

8.3 – Estimación de Consumo de Soda Cáustica Pura

Años	Caudales (L/ s)		Dosificación de soda (mg/ L)	Consumo diario (Kg/ día)
2015	Med.	334	30	866
	Máx.	612	50	661
2020	Med.	495	30	1283
	Máx.	794	50	858
2025	Med.	569	30	1475
	Máx.	914	50	987
2030	Med.	738	30	1913
	Máx.	1194	50	1290
3035	Med.	858	30	2224
	Máx.	1389	50	1500

Caudal medio durante 24 horas

Caudal máximo durante 6 horas por día

9 – EQUIPAMIENTOS AUXILIARES

9 – EQUIPAMIENTOS AUXILIARES

9.1 – Consideraciones generales

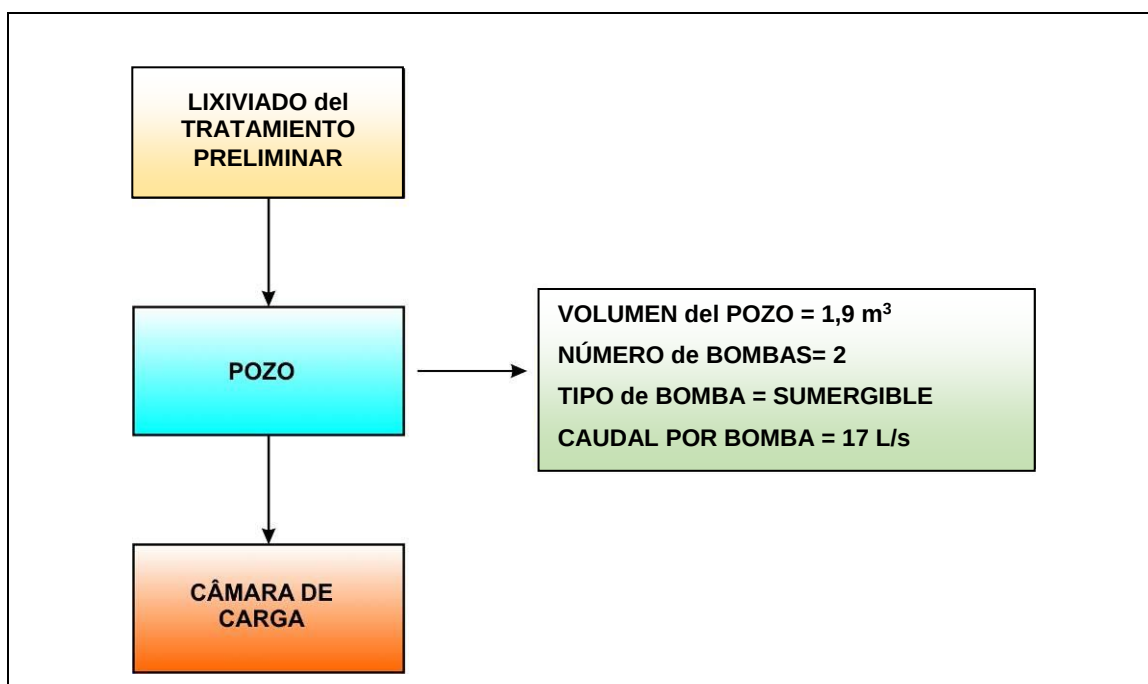
Diversos equipamientos y sistemas de apoyo complementan las unidades de proceso de tratamiento de la PTAR

- Lixiviado del pretratamiento
- Retorno de líquido de local de deshidratación
- Lixiviados de local de disposición de lodo deshidratado
- Sistema de agua de servicio y utilidades
- Sistema de control de olores de deshidratación.

9.1.1 – Lixiviado de pretratamiento

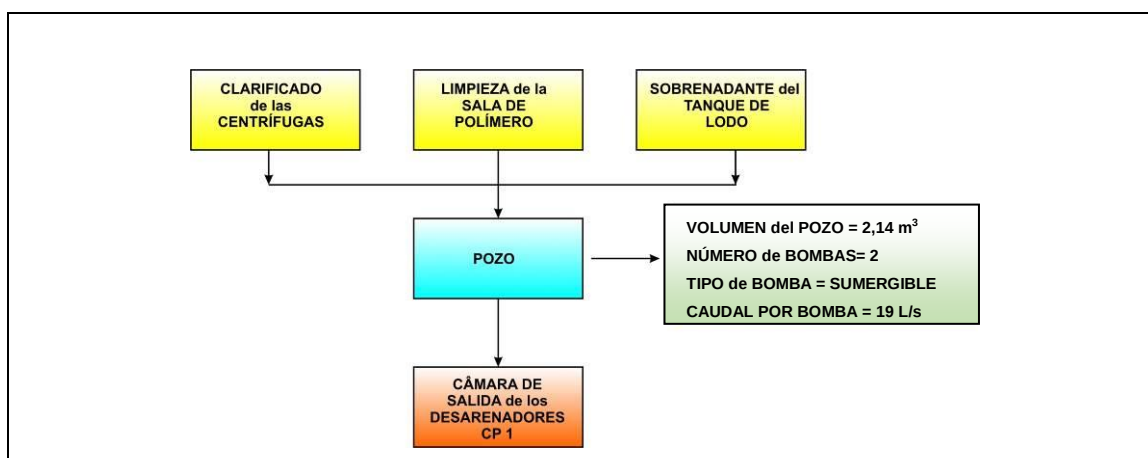
Consiste en la recolección de todas las aguas de limpieza de contenedores de los tamices, de los desarenadores y de las áreas de servicio de los mismos.

Las aguas recogidas van para una cámara desde donde son bombeadas hacia la cámara de carga.



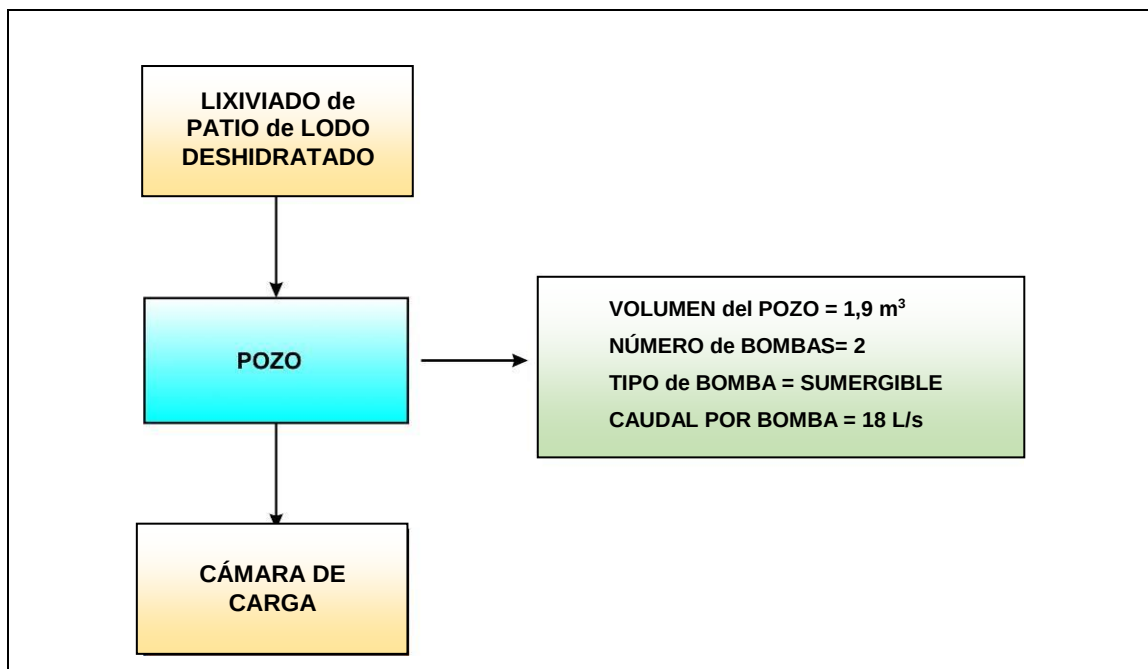
9.1.2 – Retorno Líquido de local de deshidratación

El líquido clarificado de las centrífugas, el líquido de limpieza del tanque de polímero y del líquido sobrenadante del drenado del tanque de lodo, se conducen hacia una cámara desde donde serán bombeados para la cámara de salida de los desarenadores (CP-1) yendo a alimentar los reactores anaerobios.



9.1.3 – Retorno de lixiviado del área de lodo deshidratado

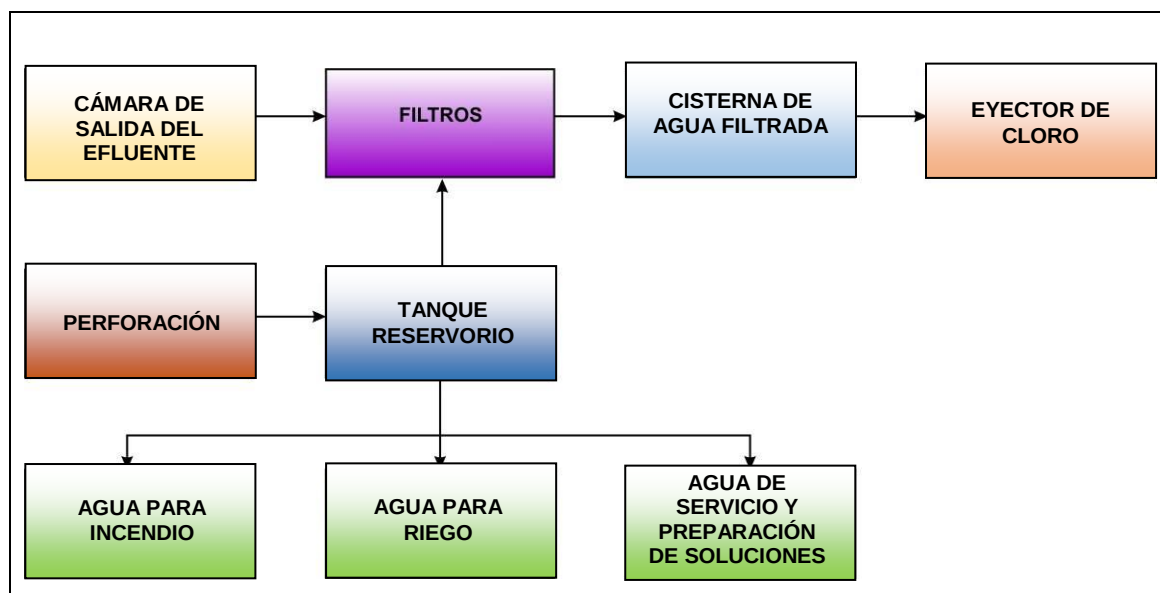
Las aguas de lluvia que cayeran en esta área de lodo deshidratado retornan por gravedad hasta una cámara, siendo de allí bombeada para la cámara de carga de pretratamiento.



9.1.4 – Agua de Servicio y utilidades

Una parte del efluente final es bombeado de la cámara de salida para los filtros de presión siendo el agua filtrada acumulada en una cisterna para ser utilizada en el sistema de inyección de cloro.

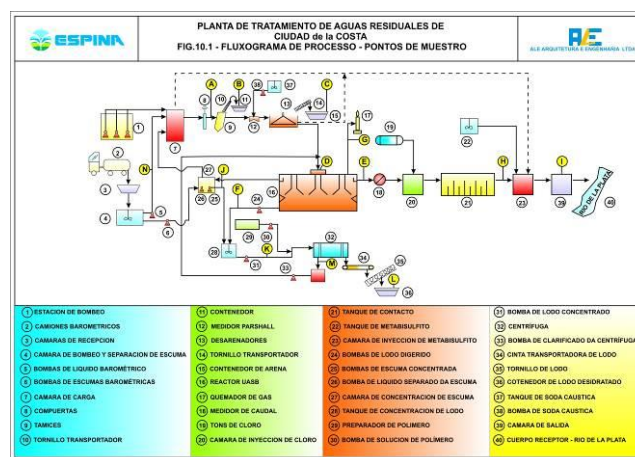
El abastecimiento de agua para otros servicios, se realiza por un sistema de agua de pozo con captación desde 3 pozos profundos que alimentan una cisterna. El agua de estos pozos es utilizada para el sistema de incendio, riego y como agua de servicio (limpieza, preparación de solución de soda y metabisulfito)



9.1.5 – Sistema de Control de olores en deshidratación

Para evitar los olores desprendidos en el sistema de deshidratación de lodo, los gases son recogidos en tanque de concentración de lodos y espumas, sala de centrífugas con aspiración en la salida de líquido clarificado, sala de bombas de lodo y cinta transportadora de lodo deshidratado. Los gases odoríferos recogidos de todos esos puntos son conducidos para el techo del local de deshidratación de lodo, donde un extractor con caudal de 2.500 m³/h conduce los gases para una chimenea previo pasaje por un filtro de carbón activado. Para evitar problemas de corrosión, todas las tuberías son de fibra de vidrio (PRFV) y el extractor es construido con propileno

10 – MONITOREO DEL PROCESO



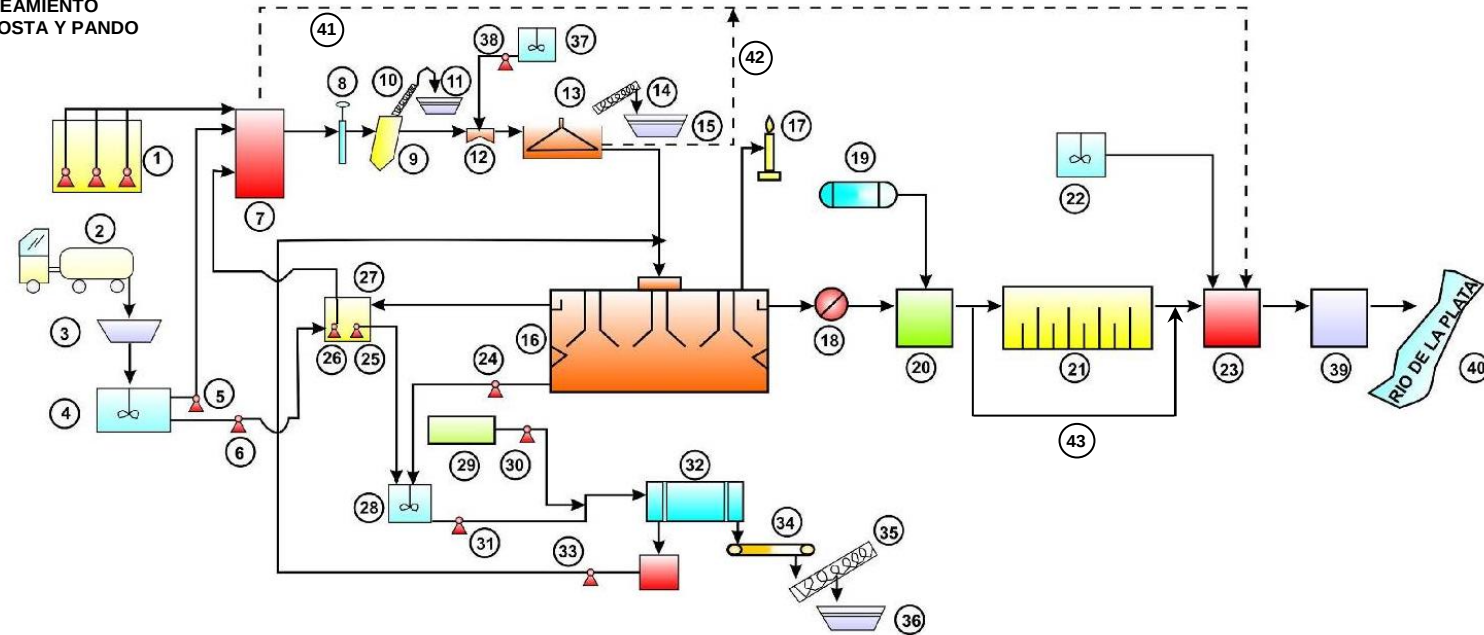
10 – MONITOREO DEL PROCESO

Para ser efectuado un control operacional de la PTAR de Ciudad de la Costa y verificar la eficiencia del proceso, están indicados los diversos puntos de muestreo con sus respectivos lugares de recolección, conforme el flujograma de la figura 10.1. Los parámetros que son determinados y sus respectivas frecuencias están mostrados en el Cuadro X-1. Los análisis indicados son para una completa verificación del proceso y son solamente sugerencias. Los principales análisis son aquellas exigidas por el Órgano de Control Ambiental que son indispensables

Ese cuadro de análisis y frecuencias son solamente sugerencias y deben ser adecuados de acuerdo con las necesidades y disponibilidades de los laboratorios que atiendan la PTAR.

Puntos de recolección	Muestras	Unidad
A	Efluente Bruto	Antes de tamices
B	Material de tamiz	Contenedor de tamices
C	Arena	Contenedor de arena
D	Afluente de UASB	Caja repartidora Nº1 CDV - 1
E	Efluente de UASB	Techo del reactor-caja de efluente
F	Lodo digerido liquido	Entrada del tanque de lodo
G	Biogás	Antes de antorcha
H	Efluente clorado	Salida del tanque de contacto
I	Efluente declorado	Cámara de salida
J	Espuma concentrada	Entrada del tanque de lodo
K	Lodo/Espuma afluente a centrifuga	Salida da bomba de lodo
L	Torta de Lodo	Contenedor de torta
M	Clarificado de centrífuga	Salida de centrífuga
N	Líquido barométrico	Entrada de cámara de carga
O	Salida de chimeneas	Preliminar e Deshidratación

RED DE SANEAMIENTO
CIUDAD DE LA COSTA Y PANDO



- | | | | |
|--|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| 1. EB1 y PANDO – LA TAHONA | 12. MEDIDOR PARSHALL | 23. CÁMARA DE INYECCIÓN DE METABISULFURO | 34. CINTA TRANSPORTADORA DE LODO |
| 2. CAMIONES BAROMÉTRICOS | 13. DESARENADORES | 24. BOMBAS DE LODO DIGERIDO | 35. TORNILLO DE LODO |
| 3. CÁMARAS DE RECEPCIÓN | 14. TORNILLO TRANSPORTADOR | 25. BOMBAS DE ESPUMA CONCENTRADA | 36. CONTENEDOR DE LODO DESHIDRATADO |
| 4. CÁMARA DE BOMBEO Y SEPARACIÓN DE ESPUMA | 15. CONTENEDOR DE ARENA | 26. BOMBA DE LÍQUIDO SEPARADO DE ESPUMA | 37. TANQUE DE SODA CÁUSTICA |
| 5. BOMBAS DE LÍQUIDO BAROMÉTRICO | 16. REACTOR UASB | 27. CÁMARA DE CONCENTRACIÓN DE ESPUMA | 38. BOMBA DE SODA CÁUSTICA |
| 6. BOMBAS DE ESPUMA DE BAROMÉTRICAS | 17. QUEMADOR DE GAS | 28. TANQUE DE CONCENTRACIÓN DE LODO | 39. CÁMARA DE SALIDA |
| 7. CÁMARA DE CARGA | 18. MEDIDOR DE CAUDAL | 29. PREPARACIÓN DE POLÍMERO | 40. CUERPO RECEPTOR RÍO DE LA PLATA |
| 8. COMPUERTAS | 19. TONS DE CLORO | 30. BOMBA DE SOLUCIÓN DE POLÍMERO | 41. BY-PASS PLANTA |
| 9. TAMICES | 20. CÁMARA DE DESINFECCIÓN | 31. BOMBA DE LODO CONCENTRADO | 42. BY-PASS REACTOR |
| 10. TORNILLO TRANSPORTADOR | 21. TANQUE DE CONTACTO | 32. CNETRÍFUGA | 43. BY-PASS CÁMARA DE CONTACTO |
| 11. CONTENEDOR | 22. TANQUE DE METABISULFURO | 33. BOMBA DE CLARIFICADO DE CENTRÍFUGA | |

Cuadro X-1 – Plan de Muestreo

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE Ciudad de la Costa - Montevideo PLAN DE MUESTREO														
Determinaciones ¹	unid	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Temperatura	°C	d				d				d						
DBO	mg/L	s			s	s				s				m	Q	
DQO	mg/L	s			s	s				s				m	Q	
pH	-	d			d	d	s			d	s				Q	
Sólidos sedimentables	mL/Lxh	d				d				d						
Sólidos totales	mg/L	s	m	m			s				s	s	s	s		
Sólidos totales fijos	mg/L	s		m			s				s	s	s			
Sólidos totales volátiles	mg/L	s		m			s				s	s	s			
Sólidos en suspensión totales	mg/L	s			s	d				s				s	s	
Sólidos en suspensión fijos	mg/L															
Sólidos en suspensión volátiles	mg/L															
Alcalinidad total	mg/L						s									
Acidez volátil	mg/L						s									
Relación acidez/alcalinidad	%						s									
Humedad	mg/L		m	m			s				s	s	s			
Grasas y aceites	mg/L	s								s	s	s				
Nitrógeno amoniacal	mg/L	Q				Q				Q						
Nitrógeno orgánico	mg/L	Q				Q				Q						
Nitrato	mg/L	s				s				s						
Agentes tenso activos (ATA)	mg/L	s				s				s						
Fósforo total	mg/L	s				s				s						
Ácido sulfhídrico	mg/L	s				s										d
Cloro									d	d						
Cloruros	mg/L	s														
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	s				s				s						
Metano	%							m								
Gas carbónico	%							m								
A - Efluente Bruto B – Material del tamiz C - Arena D – Influyente do UASB E – Efluente do UASB		F - Lodo Digerido Liquido G - Biogás H – Efluente Clorado I – Efluente Declorado J – Espuma Concentrada						K – Lodo/Espuma influente à centrífuga L – Torta de Lodo M – Clarificado de la Centrífuga N – Liquido Barométrico O – Salida de las chimeneas					d - diario S - Semanal Q - Quincenal m - mensual			

11 – ACTIVIDADES DE LOS OPERADORES DE LA PTAR JUNTO A LAS UNIDADES

11 – ACTIVIDADES DE LOS OPERADORES DE LA PTAR JUNTO A LAS UNIDADES

11.1 – Tratamiento preliminar

- Operar solamente un tamiz hasta que el caudal medio sea de 286 L/s
- Cada 15 días rotar la operación de los tamices
- Semanalmente abrir las compuertas de espuma antes de los tamices.
- Operar solamente un desarenador hasta un caudal máximo de 695 L/ s
- Alternar la operación de los desarenadores cada 30 días
- Mantener diariamente las lecturas de los caudales en los medidores Parshall
- Lavar el piso de pretratamiento cada 3 días
- Agregar cal hidratada en los contenedores de arena y de los tamices para evitar los malos olores y aparición de insectos.
- Accionar el sistema de control de olores cuando sea necesario.
- Anotar mensualmente las cantidades de arena, material de tamices y de los volúmenes de efluente tratado.

11.2 – Reactores Anaerobios

- Cada 3 días efectuar la remoción de espuma de los reactores
- Enviar diariamente el lodo digerido del fondo de los reactores para el tanque de lodo conforme los cálculos mostrados en las páginas 56 e 57 de este Manual.
- Verificar diariamente si no está ocurriendo obstrucción en los tubos de alimentación de los reactores. En caso de obstrucción hacer la desobstrucción utilizando manguera de agua presurizada.
- Anotar diariamente la producción de biogás siempre en el mismo horario de modo de poder relacionar la producción de biogás en función de carga orgánica afluente a la PTAR

- Limpiar semanalmente con agua a presión las paredes internas de las cajas repartidoras 1 e 2 (CDV- 1 e CDV- 2).
- Efectuar semanalmente las muestras de afluente, efluente, y de lodo digerido haciendo los análisis constantes en la página 115 de este Manual
- Anotar diariamente el caudal del medidor del efluente de los reactores anaerobios.

11.3 – Tanque de Contacto/Cloradores

- Determinar diariamente la concentración de cloro en efluente del tanque de contacto
- Observar si el color del líquido en tanque de contacto no se está oscureciendo, lo que puede significar pérdida de sólidos en suspensión en efluente de los reactores.
- Anotar las dosificaciones aplicadas de cloro en función de caudal afluente al tanque de contacto
- Remover con ayuda de tamiz tipo piscina, cualquier acumulación de material flotante en tanque de contacto.
- Efectuar análisis de cloro residual luego de dosificación de metabisulfito de sodio.

11.4 – Tanque de Lodo

Siempre que las centrífugas fueran a entrar en operación los mixers de los tanques de lodo deben ser encendidos 1 hora antes y permanecer encendidos durante todo el período de alimentación de las centrífugas.

Instalar medidor de altura de lodo en los tanques de lodos para conocerse el volumen recibido diariamente de espumas y de lodo de los reactores UASB con el objetivo de hacer la programación de operación de las centrífugas

$44,5 \text{ m}^2 \times H \text{ (m)} = \text{volumen de lodo en el tanque}$

11.5 – Deshidratación de lodo

Luego de una hora de mezcla de lodo y espuma, recolectar una muestra y determinar la concentración de sólidos totales.

En función de la concentración de los sólidos totales efectuar los cálculos de caudal de bomba de polímero conforme ejemplo de la página 89 de este Manual

Alcanzada la rotación de la centrífuga, encender primero la bomba de lodo y a continuación la bomba de polímero.

Luego de la operación de deshidratación efectuar el lavado de la centrífuga por un período mínimo de 30 minutos

Anotar en modelo de ficha apropiada todos los datos operacionales registrados: concentración de los sólidos totales del lodo, concentración de la solución de polímero, consumo de polímero, volumen de la torta de lodo deshidratado y concentración de sólidos totales de la torta

11.6 – Otras actividades de los operadores de PTAR

- Los operadores deben trabajar siempre con uniforme y con sus respectivos equipamientos de protección individual EPI (botas, casco, máscara bucal, lentes)
- El operador debe por la mañana recorrer toda el área de la PTAR comunicando a su superior cualquier anomalía encontrada.
- Anotar diariamente los caudales afluente a la PTAR
- Anotar semanalmente el volumen o el peso de los materiales removidos: arena, material de tamiz, lodo deshidratado
- Observar diariamente el color y las características del efluente de los reactores anaerobios en tanque de contacto. En caso de que haya oscurecimiento del mismo, significa pérdida de lodo. Las descargas de lodo deben ser aumentadas para la deshidratación.

- Manter al final de cada mes un modelo de boletín gerencial de los principales parámetros ocurridos en la PTAR conforma modelo sugerido a continuación

	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD de la COSTA – Supervisión Mensual de Operación		 ALE ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA	
			Mes: _____	
Unidades	Parámetros		Cantidades	
Pretratamiento	Material de los tamices	(kg/mes)		
	Arena removida	(kg/mes)		
	Caudal mínimo	(L/s)		
	Caudal medio	(L/s)		
	Caudal máximo	(L/s)		
	Volumen de efluente tratado	(m³/mes)		
Reactor Anaerobio	Afluente	DBO	(mg/L)	
		DQO	(mg/L)	
		SST	(mg/L)	
		SSed	(ml/Lxh)	
	Efluente	DBO	(mg/L)	
		DQO	(mg/L)	
		SST	(mg/L)	
		SSed	(ml/Lxh)	
		N amoniacal	(mg/L)	
		N – Nitrato	(mg/L)	
		Fósforo total	(mg/L)	
		Coliformes fecales	NMP/100 mL	
		Biogás	(m³/mes)	
Deshidratación	Torta de lodo	(m³/mes)		
	Concentración de la torta	(%)		
	Consumo de polímero	(kg/mes)		
	Operación de las centrifugas	(horas/mes)		
Productos Químicos	Cloro gas	(kg/mes)		
	Metabisulfito de sodio	(kg/mes)		
	Polímero catiónico	(kg/mes)		
	Soda cáustica	(kg/mes)		
Energía Eléctrica	Consumo	(kwh/mes)		
Agua	Consumo	(m³/mes)		
Observaciones:				

12 – MEDIDAS DE SEGURIDAD

12 – MEDIDAS DE SEGURIDAD

12.1 – Consideraciones generales

La operación de la PTAR requiere determinadas medidas de seguridad para que el operador sea protegido de los riesgos asociados al proceso que pueden ser divididos en biológicos, físicos, ergonómicos y de accidentes.

Con todo debe ser considerado el riesgo químico causado por los gases contenidos en el efluente, los gases de digestión (H_2S e CH_4), en la manipulación de soda cáustica, metabisulfito y cloro gas.

Para prevenir o reducir los impactos sobre la salud del operador es necesario identificar, evaluar y controlar los riesgos.

En la PTAR el mayor riesgo para los operadores es el riesgo biológico, debido a la densidad microbiana contenida en el efluente.

Los principales microorganismos en el efluente son hongos, bacterias y virus que pueden causar enfermedades agudas o crónicas. Dentro de las enfermedades agudas predominan las enfermedades diarreicas, hepáticas, respiratorias y enfermedades de piel.

En el ambiente de la PTAR cuando los efluentes son bombeados y pasan por las áreas abiertas de los reactores anaerobios, manipulación de lodo, la exposición al aire y un riesgo potencial por ser el efluente un conductor de microorganismos.

12.2 – Riesgos biológicos

12.2.1 – Causas

Proceden principalmente de la exposición y contacto con la fase líquida del efluente y del aire ambiente

12.2.2 – Medidas de Seguridad

El operador debe estar siempre usando botas, uniforme, guantes impermeables, casco, máscara bucal e lentes de protección (uso completo de EPI).

- No fumar o encender llamas durante la ejecución de tareas.
- No alimentarse junto a los tanques de proceso y en las diversas áreas de PTAR (sándwiches, frutas, refrigerios, etc.)
- Luego de las maniobras de operación junto a la unidades de tratamiento lavar se las manos con agua, jabón y alcohol yodado
- Lavar con detergente los EPI's usados y todos los equipamientos utilizados en las operaciones tales como pala, herramientas y rejas
- Lavar separadamente los uniformes de trabajo con las ropas de usos domiciliarios.
- Eliminar roedores, cucarachas, arañas y moscas en todas las áreas de PTAR, tomando las necesarias medidas para eliminación de focos.
- Tomar las vacunas inmunizadoras conforme la orientación médica

12.2.3 – Reglas de higiene personal de los operadores

1. Antes de iniciar las tareas diarias de trabajo, cambiar la ropa que traen de le casa.
2. Durante el período de trabajo es importante usar el uniforme de la empresa
3. En caso de que exista una tarea que requiera mayores cuidados, disponer del equipamiento correcto para realizarla
4. Luego de cada procedimiento, higienizar el equipamiento utilizado cuando este no fuera descartable. Nunca reutilizar un equipamiento descartable, eliminarlo en recipiente adecuado.
5. El trabajo de lavado de manos (con jabón) es el mejor método de prevención de enfermedades, lo que debe ser hecho siempre que se entra en contacto con fuentes contaminadas.

6. Nunca tirar de su propio cuerpo un equipamiento de protección individual, para dárselo a un colega de trabajo
7. Nunca beber, fumar o comer cuando se este realizando una tarea, y siempre que se haga debe ser en un local apropiado.
8. Mantener las uñas higienizadas.
9. Utilizar siempre toallas de papel absorbente luego de lavado de las manos.
10. Nunca andar descalzo en el local de trabajo
11. Nunca entrar en los locales como cocina con ropas que estuvieron en contacto con fuentes contaminantes
12. Evitar llevar ropas de trabajo para casa
13. Tomar un baño siempre que se termine o interrumpa una jornada de trabajo.

12.3 – Riesgos Físicos

12.3.1 – Causas

- Demasiada exposición al sol con principio de quemaduras o manchas en la piel
- Caídas en ambientes húmedos en diversas áreas de la PTAR

12.3.2 – Medidas de Seguridad

- Antes del período de exposición al sol, pasar protector solar en rostro, manos y brazos.
- En los desplazamientos en la PTAR, usar siempre casco para protección
- Al desplazarse junto a pozos de bombeo, tratamiento preliminar, reactor anaerobio y deshidratación, verificar si no existen áreas húmedas capaces de provocar caídas

12.4 – Riesgos ergonómicos

12.4.1 – Causas

- Esfuerzos exhaustivos en las diversas operaciones de remoción y transporte de residuos, apertura de registros trabados, períodos excesivos de trabajo de remoción de lodo y espuma deshidratados
- Esfuerzo físico en el levantamiento de materiales pesados.

12.4.2 – Medidas de Seguridad

- Siempre que se deba ejecutar tareas exhaustivas, dividir los trabajos con un auxiliar de operación
- Es imprescindible que el equipo de operación tenga siempre dos personas (operador + auxiliar) para el caso de socorrerse por motivos de accidentes (cortes, caídas, ataques súbitos).

12.5 – Riesgos de accidente

12.5.1 – Causas

- Caídas provocadas por el operador al aproximarse (apoyarse) a “baranda” con mala fijación, en nivel elevado
- Explosión en atmósfera conteniendo metano (CH₄).
- Choque eléctrico en tablero de comandos de bombas
- Picaduras por animales ponzoñosos en trabajos de limpieza en áreas verdes de la PTAR

12.5.2 – Medidas de Seguridad

- Verificar periódicamente la fijación de las barandas evitando apoyarse en los mismos

- Prohibición de fumar junto a los reactores anaerobios. Cuando la escotilla de espuma estuviera abierta evitar llevar equipamientos eléctricos junto al techo de los reactores
- Los operadores no deben tener acceso a los tableros eléctricos. Cualquier falla en las bombas deberá ser accionada en el área electromecánica de la Empresa
- En el caso de picaduras de araña, escorpión, y cobras, el trabajador accidentado deberá ser removido lo más rápido posible para la unidad de salud más próxima.

12.6 – Riesgos Químicos

12.6.1 – Causas

- Presencia de gases tóxicos para el ser humano H_2S (gas sulfhídrico), CH_4 (metano) e NH_3 (amonio).
- Riesgos de exposición por la presencia de metano CH_4 .
- Riesgos de quemaduras con soda cáustica y cloro gas

12.6.2 – Medidas de Seguridad

- Para evitar inhalación de gases tóxicos el operador debe estar siempre utilizando máscara buco-facial
- Al abrir las tapas de áreas confinadas de control de olores el operador debe aguardar cerca de 30 minutos sin aproximarse, mientras ocurre escape de gases para la atmósfera
- No utilizar fósforo, encendedor, herramientas eléctricas en áreas confinadas conteniendo gas metano (CH_4), pues el riesgo de explosión es inminente.

13 – CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS