Bogotá D.C., 13 de septiembre 2024 Oficio Nocaima 05–SUM-091-2024

Ingeniero
JOSÉ FELIPE FLÓREZ LAVERDE
SECRETARIO DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO MUNICIPAL
ALCALDIA DE NOCAIMA
Cel: 300 727 7506
Correo electrónico: planeacion@nocaima-cundinamarca.gov.co
Carrera 6 No 6- 41 Edificio Municipal
código postal: 253620 -253627

Asunto: Informe del contrato de suministro No. 091-2024 cuyo objeto es "OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A TODO COSTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DEL CENTRO POBLADO TOBIA CHICA DEL MUNICIPIO DE NOCAIMA CUNDINAMARCA"

Cordial saludo ingeniero Flórez,

En atención al desarrollo del contrato de la referencia me permito presentar a usted el informe final según contrato de la referencia, correspondiente al periodo del 06 de mayo de 2024 al 06 de septiembre de 2024

Cordialmente,



ING. FELIPE FERNÁNDEZ SÁNCHEZ
Coordinador

INFORME EJECUTIVO FINAL

CONTRATO No. 091-2024

OBJETO: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A TODO COSTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DEL CENTRO POBLADO TOBIA CHICA DEL MUNICIPIO DE NOCAIMA CUNDINAMARCA

CONTRATANTE: ALCALDÍA MUNICIPIO DE NOCAIMA

CONTRATISTA: SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERÍA FERNÁNDEZ LTDA

NOCAIMA, SEPTIEMBRE 2024

CUADRO DE RESPONSABILIDADES

ELABORACIÓN

RESPONSABLE	NÚMERO DE REVISIÓN		
	0	1	2
Elaboración	Ing. Felipe Fernández Sánchez		
	Agosto 2024		
Revisión	Ing. Felipe Fernández Sánchez		
	Agosto 2024		
Aprobación	Ing. Felipe Fernández Sánchez		
	Agosto 2024		

SUPERVISIÓN

RESPONSABLE	FECHA ENVÍO/NÚMERO DE REVISIÓN		
	0	1	2
Ingeniero JOSÉ FELIPE FLÓREZ LAVERDE	Septiembre 2024		
SECRETARIO DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO MUNICIPAL			

ORIGEN DE LAS MODIFICACIONES

REVISIÓN	ORIGEN DEL CAMBIO O MODIFICACIÓN
0	

INFORME EJECUTIVO FINAL

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO

Cuadro 1 Información general del contrato

PERIODO DEL INFORME	**GENERAL**
CONTRATO	**CONTRATO No. 091-2024**
FECHA DE CONTRATO	**29-04-2024**
CONTRATANTE	**MUNICIPIO DE NOCAIMA**
PERIODO DEL INFORME	**06-05-2024 AL 06-09-2024**
NIT	**899. 999. 718-9**
CONTRATISTA	**SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERÍA FERNANDEZ LTDA**
IDENTIFICACION	**900.153.662-7**
OBJETO	**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A TODO COSTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DEL CENTRO POBLADO TOBIA CHICA DEL MUNICIPIO DE NOCAIMA CUNDINAMARCA**
VALOR	**CINCUENTA Y CINCO MILLONES TREINTA Y TRES MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CINCO PESOS CON DOCE CONTAVOS MCTE. ($55.033.635,12)**
PLAZO	**CUATRO MESES**
ACTA INICIO	06 **DE MAYO DE 2024**

2. CONTROL DE PÓLIZAS

Cuadro 2 Información de pólizas

POLIZA	ASEGURADORA	No. PÓLIZA	Anexo
CUMPLIMIENTO	SEGUROS MUNDIAL	BY 100041583	0
RCE	SEGUROS MUNDIAL	BY 100005831	0

3. ACTIVIDADES CONTRATADAS

El siguiente cuadro presenta el inventario general de unidades que conforman la PTAR Centro Poblado Tobia Chica

Cuadro 3. Actividades contratadas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/MES	VALOR IVA	VALOR TOTAL CON IVA
1	Servicios públicos	Factura	4	1.053.213,33		4.212.853,32
2	Insumos químicos para operación	Mes	4	148.206,67	28.159,27	705.463,75

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/MES	VALOR IVA	VALOR TOTAL CON IVA
3	Insumos y elementos de aseo, dotación de elementos de seguridad industrial para operarios	Mes	4	98.384,00	18.692,96	468.307,84
4	Insumos y materiales para el mantenimiento preventivo de equipos de la PTAR incluye bombas sumergibles, sopladores del sistema de aireación, bomba de recirculación de lodos, sistema de aireación, bomba de cloro; se deberá incluir un mantenimiento correctivo previa verificación de cotización según el grado de requerimiento del mantenimiento	Unidad	1	4.280.650,00	813.323,50	5.093.973,50
5	Insumos y materiales para mantenimiento preventivo de estructura metálica de la PTAR correspondiente a escaleras de acceso y pasillos y estructura soporte del piso (comprende retiro de la malla, reparación de estructura de soporte y reemplazo del piso por estructura plástica)	Unidad	1	8.119.833,33	1.542.768,33	9.662.601,66
6	Mano de obra para operación					
6.1	Coordinador	Mes	4	1.940.876,67	368.766,57	9.238.572,95
6.2	Operarios	Mes	4	3.579.033,33	680.016,33	17.036.198,65
6.3	Servicio de jardinería y poda	Mes	4	145.053,33	27.560,13	690.453,85
7	Transporte de insumos y disposición de residuos generados en la PTAR	Mes	4	151.360,00	28.758,40	720.473,60
8	Monitoreo y calidad del efluente (aforo de caudal y toma de muestras 24 horas) y caracterización físico-química y bacteriológica del vertimiento PTAR por laboratorio certificado IDEAM, incluye informe de seguimiento a PSMV	Unidad	1	6.054.400,00	1.150.336,00	7.204.736,00
	VALOR TOTAL					55.033.635,12

4. ACTIVIDADES EJECUTADAS

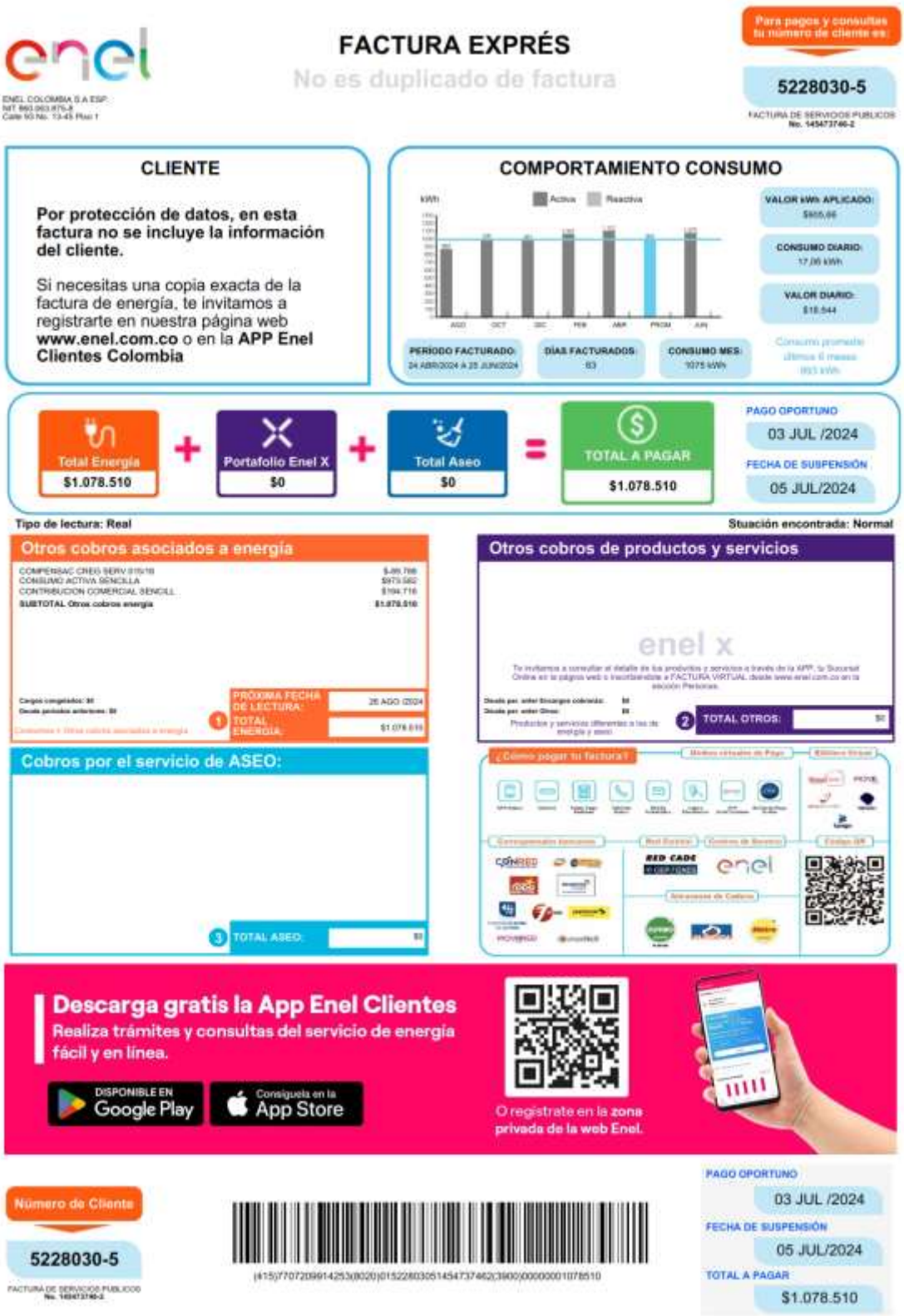
El periodo del informe corresponde desde 06 de agosto al 06 de septiembre de 2024

4.1. Servicios públicos

Cuadro 3. Control pago servicio de energía eléctrica

Periodo de facturación:		Bimestral			Fecha control:	día 21 de cada mes		
Año	Periodo	KWH	Costo kwh	Valor facturado	Contribución comercial	Sobretasa	Otros	Valor factura
2024	24 abril a 25 de junio de 2024	1075	$ 905.66	$973.582	$ 194.716		(89.788)	1.078.510
2024	26 de junio a 25 de agosto de 2024	981	$ 905.66	$1.026.354			($87.046)	939.310

En el informe 2 se presenta evidencia de pago por valor de $1.078.510 correspondiente a la factura emitida del 24 de abril al 25 de junio de 2024


enel
ENEL COLOMBIA S.A ESP
NIT 860.063.875-8
Calle 93 No. 13-45 Piso 1
FACTURA EXPRÉS
No es duplicado de factura
Para pagos y consultas tu número de cliente es:
5228030-5
FACTURA DE SERVICIOS PUBLICOS
No. 145473740-2
CLIENTE
Por protección de datos, en esta factura no se incluye la información del cliente.
Si necesitas una copia exacta de la factura de energía, te invitamos a registrarte en nuestra página web www.enel.com.co o en la APP Enel Clientes Colombia
COMPORTAMIENTO CONSUMO
kWh
Activa
Reactiva
VALOR kWh APLICADO:
$655,66
CONSUMO DIARIO:
17,06 kWh
VALOR DIARIO:
$10.544
Consumo promedio últimos 6 meses
993 kWh
PERIODO FACTURADO:
24 ABR/2024 A 25 JUN/2024
DÍAS FACTURADOS:
63
CONSUMO MES:
1075 kWh
Total Energía
$1.078.510
Portafolio Enel X
$0
Total Aseo
$0
TOTAL A PAGAR
$1.078.510
PAGO OPORTUNO
03 JUL /2024
FECHA DE SUSPENSIÓN
05 JUL/2024
Tipo de lectura: Real
Situación encontrada: Normal
Otros cobros asociados a energía
COMPENSAC CNEG SERV
CONSUMO ACTIVA SENCILLA
CONTRIBUCION COMERCIAL SENCILL
SUBTOTAL Otros cobros energía
$1.078.510
PRÓXIMA FECHA DE LECTURA:
28 AGO /2024
TOTAL ENERGÍA:
$1.078.510
Otros cobros de productos y servicios
enel x
TOTAL OTROS:
Cobros por el servicio de ASEO:
TOTAL ASEO:
¿Como pagar tu factura?
Descarga gratis la App Enel Clientes
Realiza trámites y consultas del servicio de energía fácil y en línea.
DISPONIBLE EN Google Play
Consíguela en la App Store
O registrate en la zona privada de la web Enel.
Número de Cliente
5228030-5
FACTURA DE SERVICIOS PUBLICOS
No. 145473740-2
(415)7707209914253(8020)0152280305145473746(3900)000000001078510
PAGO OPORTUNO
03 JUL /2024
FECHA DE SUSPENSIÓN
05 JUL/2024
TOTAL A PAGAR
$1.078.510

Estimado Cliente

Nit:	8001434071
Nombre o Razón Social:	ENEL SA ESP
Medio de Pago:	PSE - Banco AVVillas
Fecha y Hora de la transacción:	11/07/2024 09:11:24 AM
ID transacción:	6115236048
Estado Transacción:	APROBADA
Referencia:	78441683
Descripción de la transacción:	PAGO 5228030
Valor de la transacción:	$1,078,510.00
Moneda:	COP
Ip Origen:	10.153.225.231
Número de autorización	769178519

Cordial Saludo,
Pasarela de Pagos – Grupo Aval

En el informe final se presenta evidencia de pago por valor de $939.310 correspondiente a la factura emitida del 26 de junio al 25 de agosto de 2024





Observaciones respecto al consumo de energía eléctrica PTAR Tobía Chica:

- La próxima lectura está proyectada para el 26 de octubre de 2024, es decir que, en la última semana de octubre, estaría la empresa Codensa emitiendo factura correspondiente al periodo de 26 de agosto a 25 de octubre de 2024, con fecha de pago estimada del 02 al 06 de noviembre
- El consumo promedio de energía eléctrica está en 17.06 Kwh/por día, que corresponde a la operación 24 horas de los siguientes equipos
  - ➢ Bomba sumergible (ubicada en el pozo PTAR) encargada de conducir el agua desde el desarenador hasta los reactores UASB
  - ➢ Funcionamiento de dos sopladores los cuales emiten carga de aire para el funcionamiento del reactor UASB
  - ➢ Funcionamiento de la bomba sumergible de recirculación de lodos
  - ➢ Funcionamiento de la bomba dosificadora de desinfectante
- El consumo energético se puede disminuir mediante la instalación de paneles solares

4.2. Insumos químicos para operación

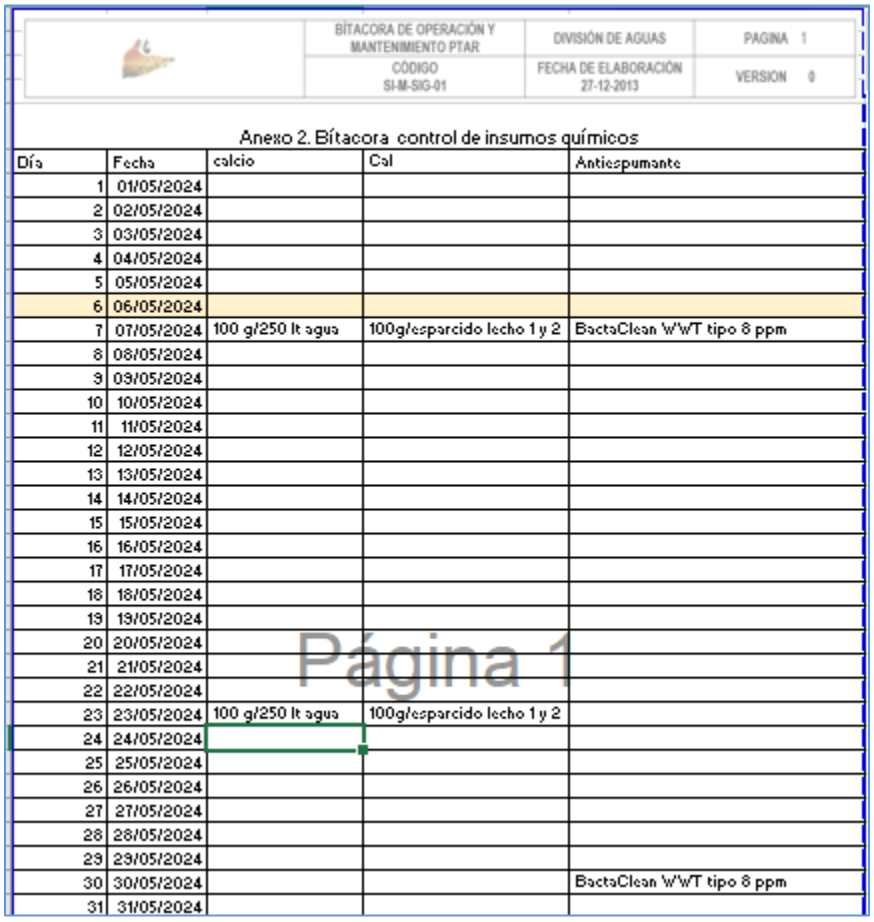
Alcance: Insumos químicos requeridos para el óptimo funcionamiento de la PTAR, se incluye hipoclorito de calcio para la desinfección, cal para estabilización de lodos y antiespumantes, entre otros insumos.

Cuadro 4. Relación insumos químicos usados en la operación de la PTAR

Insumos químicos	Unidad	Descripción
Hipoclorito de calcio	Gasto/mes	Producto comercial: hipoclorito de calcio al 70% Sitio de aplicación: Salida de la PTAR, cámara de desinfección Dosis: se prepara una solución de hipoclorito de calcio en 250 litros de agua Aplicación: Se mantiene un caudal de tratamiento promedio de 0,6 l/s, presentándose picos de caudal de hasta 1,0 l/s los sábados, domingos y festivos; se mantiene un cloro libre residual menor a 1 mg/litro, lo que significa un aporte promedio diario de 134 gramos de hipoclorito de calcio para tratar entre 52000 a 69000 litros de agua día
Cal	Gasto/mes	Producto comercial: cal agrícola Presentación: bulto por 50 kg Sitio de aplicación: lechos de secado y canastilla recolección de sólidos gruesos en el canal de cribado Dosis: Se hace un aporte de 100 gramos de cal viva cada quince días, previa vigilancia del escurrimiento de lodos en los lechos de secado Eventualmente se aplica 40 -50 gr en canastillas
Antiespumantes	Gasto/mes	Para el sistema aeróbico se agrega 3-15 ppm basado en la velocidad de flujo hacia adelante. Producto comercial: Bactaclean wwt tipo 11,3 ppm7 Sitio de aplicación: ingreso reactor aerobio Caracterización: espumas por debajo de 3 cm ideal

El control de aporte de productos químicos se hace a través del diligenciamiento de la bitácora como se presenta en los siguientes cuadros.

Cuadro 6. Bitácora control de insumos químicos en el mes de mayo 2024



BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	calcio	Cal	Antiespumante
1	01/05/2024			
2	02/05/2024			
3	03/05/2024			
4	04/05/2024			
5	05/05/2024			
6	06/05/2024			
7	07/05/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y 2	BactaClean WWT tipo 8 ppm
8	08/05/2024			
9	09/05/2024			
10	10/05/2024			
11	11/05/2024			
12	12/05/2024			
13	13/05/2024			
14	14/05/2024			
15	15/05/2024			
16	16/05/2024			
17	17/05/2024			
18	18/05/2024			
19	19/05/2024			
20	20/05/2024			
21	21/05/2024			
22	22/05/2024			
23	23/05/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y 2	
24	24/05/2024			
25	25/05/2024			
26	26/05/2024			
27	27/05/2024			
28	28/05/2024			
29	29/05/2024			
30	30/05/2024			BactaClean WWT tipo 8 ppm
31	31/05/2024			

Página 1

Cuadro 7. Bitácora control de insumos químicos en el mes de junio 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	Hipoclorito de calcio	Cal	Antiespumante
1	01/06/2024			
2	02/06/2024			
3	03/06/2024			
4	04/06/2024			
5	05/06/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y2	BactaClean WWT tipo 11, 3 ppm
6	06/06/2024		100 g/canastillas sólidos	
7	07/06/2024			
8	08/06/2024			
9	09/06/2024			
10	10/06/2024			
11	11/06/2024			
12	12/06/2024			
13	13/06/2024			
14	14/06/2024			
15	15/06/2024			
16	16/06/2024			
17	17/06/2024			
18	18/06/2024			
19	19/06/2024			
20	20/06/2024			
21	21/06/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y2	
22	22/06/2024		100 g/canastillas sólidos	
23	23/06/2024			
24	24/06/2024			
25	25/06/2024			
26	26/06/2024			
27	27/06/2024			
28	28/06/2024			
29	29/06/2024			
30	30/06/2024			

Cuadro 8. Bitácora control de insumos químicos en el mes de julio 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	Hipoclorito de calcio	Cal	Antiespumante
1	01/07/2024			
2	02/07/2024			
3	03/07/2024			
4	04/07/2024			
5	05/07/2024			
6	06/07/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y2	
7	07/07/2024		100 g/canastillas sólidos	
8	08/07/2024			
9	09/07/2024			
10	10/07/2024			
11	11/07/2024			
12	12/07/2024			
13	13/07/2024			
14	14/07/2024			
15	15/07/2024			
16	16/07/2024			
17	17/07/2024			
18	18/07/2024			
19	19/07/2024			
20	20/07/2024			BactaClean WWT tipo 11, 3 ppm
21	21/07/2024			
22	22/07/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y2	
23	23/07/2024		100 g/canastillas sólidos	
24	24/07/2024			
25	25/07/2024			
26	26/07/2024			
27	27/07/2024			
28	28/07/2024			
29	29/07/2024			
30	30/07/2024			
31	31/07/2024			

Cuadro 9. Bitácora control de insumos químicos en el mes de agosto 2024 (hasta 06 de agosto de 2024)

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	Hipoclorito de calcio	Cal	Antiespumante
1	01/08/2024			
2	02/08/2024			
3	03/08/2024			
4	04/08/2024			
5	05/08/2024			
6	06/08/2024			
7	07/08/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1y2	
8	08/08/2024			
9	09/08/2024			
10	10/08/2024			
11	11/08/2024			
12	12/08/2024			
13	13/08/2024			
14	14/08/2024			
15	15/08/2024			
16	16/08/2024			
17	17/08/2024			
18	18/08/2024			
19	19/08/2024			
20	20/08/2024			
21	21/08/2024			
22	22/08/2024			
23	23/08/2024			
24	24/08/2024			
25	25/08/2024			
26	26/08/2024			
27	27/08/2024			
28	28/08/2024			
29	29/08/2024			
30	30/08/2024			

Cuadro 10. Bitácora control de insumos químicos en el mes de agosto 2024 (hasta 31 de agosto de 2024)

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	Hipoclorito de calcio	Cal	Antiespumante
1	01/08/2024			
2	02/08/2024			
3	03/08/2024			
4	04/08/2024			
5	05/08/2024			
6	06/08/2024			
7	07/08/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1y2	
8	08/08/2024			
9	09/08/2024			
10	10/08/2024			
11	11/08/2024			
12	12/08/2024			
13	13/08/2024			
14	14/08/2024			
15	15/08/2024			
16	16/08/2024			
17	17/08/2024			
18	18/08/2024			
19	19/08/2024			
20	20/08/2024			
21	21/08/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1y2	
22	22/08/2024			
23	23/08/2024			
24	24/08/2024			
25	25/08/2024			
26	26/08/2024			
27	27/08/2024			
28	28/08/2024			
29	29/08/2024			
30	30/08/2024			
31	31/08/2024			

Cuadro 11. Bitácora control de insumos químicos en el mes de septiembre 2024 (hasta 06 de septiembre 2024)

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	Hipoclorito de calcio	Cal	Antiespumante
1	01/09/2024			
2	02/09/2024			
3	03/09/2024			
4	04/09/2024			
5	05/09/2024			
6	06/09/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y2	
7	07/09/2024			
8	08/09/2024			
9	09/09/2024			
10	10/09/2024			
11	11/09/2024			
12	12/09/2024			
13	13/09/2024			
14	14/09/2024			
15	15/09/2024			
16	16/09/2024			
17	17/09/2024			
18	18/09/2024			
19	19/09/2024			
20	20/09/2024			
21	21/09/2024			
22	22/09/2024			
23	23/09/2024			
24	24/09/2024			
25	25/09/2024			
26	26/09/2024			
27	27/09/2024			
28	28/09/2024			
29	29/09/2024			
30	30/09/2024			
31	01/10/2024			

	
Sitio de aplicación antiespumante	Canastillas aplicación de cal

4.3. Insumos y elementos de aseo y dotación de elementos de seguridad industrial para operarios

Alcance: Comprende los insumos y elementos de aseo como: detergentes, cepillos, cepillos de mano, escobas, bolsas plásticas, desinfectantes, entre otros

Cuadro 12. Relación de insumos y elementos de aseo y dotación de elementos de seguridad industrial

Insumos y elementos de aseo	Unidad	Descripción
Jabones	Gasto/mes	Se usan soluciones detergentes para el lavado de pisos y pasillos externos a los procesos de tratamiento el control se hace en la planilla de insumos y elementos de aseo. Bitácora de control
Implementos de limpieza	Gasto/mes	Escobas Cepillo Bolsas plásticas Cepillo de mano Baldes Bitácora de control
Aseo personal	Gasto/mes	Jabón liquido Gel desinfectante Alcohol Bitácora de control

Cuadro 13. Bitácora control de elementos de aseo y EPP mes de mayo 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 3. Bitacora control de insumos y elementos de aseo

Día	Fecha	planta	Elementos de aseo	Elementos de aseo personal
1	01/05/2024			
2	02/05/2024			
3	03/05/2024			
4	04/05/2024			
5	05/05/2024			
6	06/05/2024			
7	07/05/2024	Ingreso jabones, desinfectantes	Ingreso escobas, cepillos, bolsas, lonas, baldes, etc	Ingreso jabón, alcohol, mascarillas, gel desinfectante
8	08/05/2024			
9	09/05/2024			
10	10/05/2024			
11	11/05/2024			
12	12/05/2024			
13	13/05/2024			
14	14/05/2024			
15	15/05/2024			
16	16/05/2024			
17	17/05/2024			
18	18/05/2024			
19	19/05/2024			
20	20/05/2024			
21	21/05/2024			
22	22/05/2024			
23	23/05/2024			
24	24/05/2024			
25	25/05/2024			
26	26/05/2024			
27	27/05/2024			
28	28/05/2024			
29	29/05/2024			
30	30/05/2024			
31	31/05/2024			

Cuadro 14. Bitácora control de elementos de aseo y EPP mes de junio 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 3. Bitacora control de insumos y elementos de aseo

Día	Fecha	planta	Elementos de aseo	Elementos de aseo personal
		Ingreso jabones, desinfectantes	Ingreso escobas, cepillos, bolsas, lonas, baldes, etc	Ingreso jabón, alcohol, mascarillas, gel desinfectante
1	01/06/2024			
2	02/06/2024			
3	03/06/2024			
4	04/06/2024			
5	05/06/2024			
6	06/06/2024			
7	07/06/2024			
8	08/06/2024			
9	09/06/2024			
10	10/06/2024			
11	11/06/2024			
12	12/06/2024			
13	13/06/2024			
14	14/06/2024			
15	15/06/2024			
16	16/06/2024			
17	17/06/2024			
18	18/06/2024			
19	19/06/2024			
20	20/06/2024			
21	21/06/2024			
22	22/06/2024			
23	23/06/2024			
24	24/06/2024			
25	25/06/2024			
26	26/06/2024			
27	27/06/2024			
28	28/06/2024			
29	29/06/2024			
30	30/06/2024			

Cuadro 15. Bitácora control de elementos de aseo y EPP mes de julio 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 3. Bitacora control de insumos y elementos de aseo

Día	Fecha	planta	Elementos de aseo	Elementos de aseo personal
1	01/07/2024	Ingreso jabones, desinfectantes	Ingreso escobas, cepillos, bolsas, lonas, baldes, etc	Ingreso jabón, alcohol, mascarillas, gel desinfectante
2	02/07/2024			
3	03/07/2024			
4	04/07/2024			
5	05/07/2024			
6	06/07/2024			
7	07/07/2024			
8	08/07/2024			
9	09/07/2024			
10	10/07/2024			
11	11/07/2024			
12	12/07/2024			
13	13/07/2024			
14	14/07/2024			
15	15/07/2024			
16	16/07/2024			
17	17/07/2024			
18	18/07/2024			
19	19/07/2024			
20	20/07/2024			
21	21/07/2024			
22	22/07/2024			
23	23/07/2024			
24	24/07/2024			
25	25/07/2024			
26	26/07/2024			
27	27/07/2024			
28	28/07/2024			
29	29/07/2024			
30	30/07/2024			
31	31/07/2024			

Cuadro 16. Bitácora control de elementos de aseo y EPP mes de agosto 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 3. Bitacora control de insumos y elementos de aseo

Día	Fecha	planta	Elementos de aseo	Elementos de aseo personal
1	01/08/2024	Ingreso jabones, desinfectantes	Ingreso escobas, cepillos, bolsas, lonas, baldes, etc	Ingreso jabón, alcohol, mascarillas, gel desinfectante
2	02/08/2024			
3	03/08/2024			
4	04/08/2024			
5	05/08/2024			
6	06/08/2024			
7	07/08/2024			
8	08/08/2024			
9	09/08/2024			
10	10/08/2024			
11	11/08/2024			
12	12/08/2024			
13	13/08/2024			
14	14/08/2024			
15	15/08/2024			
16	16/08/2024			
17	17/08/2024			
18	18/08/2024			
19	19/08/2024			
20	20/08/2024			
21	21/08/2024			
22	22/08/2024			
23	23/08/2024			
24	24/08/2024			
25	25/08/2024			
26	26/08/2024			
27	27/08/2024			
28	28/08/2024			
29	29/08/2024			
30	30/08/2024			
31	31/08/2024			

Cuadro 17. Bitácora control de elementos de aseo y EPP mes de septiembre 2024 (hasta 06 de septiembre de 2024)

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 3. Bitacora control de insumos y elementos de aseo

Día	Fecha	planta	Elementos de aseo	Elementos de aseo personal
1	01/09/2024	Ingreso jabones, desinfectantes	Ingreso escobas, cepillos, bolsas, lonas, baldes, etc	Ingreso jabón, alcohol, mascarillas, gel desinfectante
2	02/09/2024			
3	03/09/2024			
4	04/09/2024			
5	05/09/2024			
6	06/09/2024			
7	07/09/2024			
8	08/09/2024			
9	09/09/2024			
10	10/09/2024			
11	11/09/2024			
12	12/09/2024			
13	13/09/2024			
14	14/09/2024			
15	15/09/2024			
16	16/09/2024			
17	17/09/2024			
18	18/09/2024			
19	19/09/2024			
20	20/09/2024			
21	21/09/2024			
22	22/09/2024			
23	23/09/2024			
24	24/09/2024			
25	25/09/2024			
26	26/09/2024			
27	27/09/2024			
28	28/09/2024			
29	29/09/2024			
30	30/09/2024			
31	01/10/2024			

4.4. Insumos y materiales para el mantenimiento correctivo de la bomba sumergible de ingreso a la PTAR y sopladores del sistema de aireación

Alcance: mantenimiento preventivo y/o correctivo a bombas sumergibles y sopladores

En el periodo comprendido entre el 06 de mayo al 06 de agosto se ha realizado los siguientes mantenimientos

Cuadro 18. Actividades de mantenimiento correctivo en equipos

Revisión en banco de pruebas y cambio de rodamientos bomba sumergible instalada en el pozo de ingreso a la PTAR	Incluye desmonte de equipo, transporte a banco de prueba, revisión banco pruebas, cambio de rodamientos, transporte a PTAR, montaje equipo	$1.500.000
Mantenimiento soplador	Incluye desmonte de equipo, transporte a banco de prueba, revisión banco pruebas, cambio de rodamientos, transporte a PTAR, montaje equipo	$ 1.500.000
Subtotal informe 1		$ 3.000.000
Revisión en banco de pruebas y cambio de rodamientos bomba sumergible instalada en el pozo de lodos a la PTAR. Revisión y mantenimiento bomba dosificadora de cloro	Incluye desmonte de equipo, transporte a banco de prueba, revisión banco pruebas, cambio de rodamientos, transporte a PTAR, montaje equipo. Incluye cambio de mangueras de succión y descarga, diafragmas, válvulas de succión y descargas, tornillos y arandelas	$ 2.093.973,5





4.5. Insumos y materiales para mantenimiento preventivo de estructura metálica de la PTAR correspondiente a escaleras de acceso y pasillos y estructura soporte del piso (comprende retiro de la mallas, reparación de estructura de soporte y reemplazo del piso por estructura plástica)

Se realizaron las siguientes actividades

- Lavado general a presión de todas las estructuras
- Grateada
- Limpieza
- Retiro de malla de piso que está en proceso de corrosión
- Cambio de malla por piso plástico
- Pintura general de estructura metálica
- Pintura general de unidades de tratamiento

		
Retiro de malla	Lavado, grateado, instalación angulos soporte	Instalación piso plastico

4.6. Mano de obra para operación

Tipo	Descripción	Observación
Ingeniero coordinador	Se realizó el proceso de seguimiento a actividades de mantenimiento y operación de la PTAR	Verificación de procesos y procedimientos, el seguimiento y control se hace con la verificación de la bitácora de procesos de operación
Operario PTAR	Realizar actividades de operación y mantenimiento de acuerdo con la programación prevista por el coordinador	Realización de procesos de operación y mantenimiento, el registro de procesos se realiza en la bitácora de procesos de operación.

Cuadro 19. **Actividades de operación programadas**

Componente	Operación	Frecuencia
Canal de cribado		
Canal (paredes y piso)	Limpieza de paredes y verificar el nivel del agua	Una vez por día
Orificio sumergido de ingreso	Funcionamiento: Un ciclo de apertura y cierre	Verificar estado mínimo una vez al día
Reja de sólidos	Remover sólidos gruesos	Dos veces por día
Canastilla de recolección		Dos veces por día
Placa de tránsito		Una vez al día
Baranda de seguridad	Limpiar	Una vez al día
Escaleras de acceso	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Desarenador		
Estructura desarenador	Vigilar el nivel de agua residual	Diario
Orificio sumergido de ingreso	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
	Quitar el dispositivo de sellado y verificar funcionamiento	Una vez por día (cuando este en operación)
Compuertas de control de flujo	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
Pantalla deflectora	Limpieza	Una vez por semana
Caja de arenas	Drenaje de sedimentos	Una vez por semana
Placa de tránsito	Barrer, lavar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Baranda de seguridad	Limpiar	Una vez al día
Escaleras de acceso	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Estación de bombeo		
Estructura Pozo de bombeo	Vigilar el nivel de agua residual	Diario
	Revisar la presencia de material sólidos	
Bombas sumergibles	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
Válvula cheque	Verificar el funcionamiento, esta válvula se acciona con la carga hidráulica	Una vez por día el operario debe verificar el funcionamiento

Canastilla de retención de sólidos	Se debe extraer manualmente dos veces por día y vaciar en los lechos de secado, verificar unidades componentes, lavar e instalar según proceso	Dos veces por día
Escaleras de acceso	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Reactores AUSB		
Reactor UASB	Vigilar el nivel de agua residual	Diario
Canal de recepción de caudales	Vigilar el estado de los vertederos triangulares	Diario
Manguera de distribución de caudal	Verificar obstrucciones	Una vez por día
Campanas colectoras de gas	Limpieza	Una vez por día
	Verificar salida del gas	Una vez por día
Sistema extracción de flotantes	Extraer flotantes	Según rutina
	Muestreo de lodos	Una vez al mes
Quemador de gas	Verificar funcionamiento	Diario
Manhole de acceso al reactor UASB	Verificar hermeticidad	Diario
Unidad extracción de lodos	Verificar funcionamiento	Diario
	Drenaje de lodos	Una vez cada quince días
Baranda de seguridad	Limpiar	Una vez al día
Escaleras de acceso	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Reactor lodos activados		
Estructura reactor de lodos activados	Vigilar el nivel de agua residual	Diario
Red de ingreso al reactor de lodos activados	Verificar el nivel de agua	Una vez por día
Línea distribución de aire	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
	Válvulas de control de aire	Una vez por día
Sopladores	Vigilar el funcionamiento, el funcionamiento de los sopladores se programa en el tablero de control eléctrico de acuerdo a las necesidades de oxigeno de la unidad.	Una vez por día
Difusores	Se debe verificar por inspección visual la distribución de aire de forma uniforme en el reactor, con esta inspección hay certeza del funcionamiento de los difusores	Una vez por día
Red de recirculación de lodos	Recirculación lodos del reactor a la estación de bombeo de lodos y nuevamente al reactor de lodos	Cada 12 horas o de acuerdo a inspección visual
	Drenaje exceso lodos del reactor de lodos activados a lechos de secado	Por inspección visual
Sedimentador secundario		
Tanque sedimentador	Lavado, verificación de fugas	Diario

Baranda de seguridad	Limpieza	Diario
Escaleras de acceso	Limpieza	Diario
Estación bombeo lodos		
Estructura pozo de bombeo	Lavado, verificación de fugas	Diario
Lechos de secado lodos		
Lechos de secado de lodos	Lavado, verificación de fugas	Diario
Válvulas tipo mariposa	Inspección regular dos veces al año en sitio, bajo condiciones de servicio normal (baja caída de presión, no arena, no fluidos abrasivos), corrosión o fluido de arena	Diaria
Cámara cloración		
Pozo almacenamiento	Lavado, verificación de fugas	Diario
Válvulas de drenaje	Inspección regular dos veces al año en sitio, bajo condiciones de servicio normal (baja caída de presión, no arena, no fluidos abrasivos), corrosión o fluido de arena	Diario
Sistema de dosificación	Inspección regular dos veces al año en sitio, bajo condiciones de servicio normal	Mensual
Sistema control eléctrico		
Tablero de control y comando	Inspección visual de funcionamiento	Diario

Cuadro 20. Modelo bitácora control procesos



DIVISIÓN DE AGUAS
BITACORAS DE CAMPO

Contratante: Alcaldía Nocaima | No. Contrato | No. 091/2024 | Objeto: Prestar los servicios de operación y mantenimiento preventivo a todo costo de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Centro Poblado Tobia Chica del municipio de Nocaima- Cundinamarca

Anexo 6. Actividad- Procesos diarios de operación PTAR

ACTIVIDADES Y FRECUENCIA OPERACIÓN			Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5			Observaciones
CANAL DE CRIBADO			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	
			domingo																															
COMPONENTE	OPERACIÓN	FRECUENCIA																																
Canal (cribado y grasa)	Limpieza de cribado y verificar el nivel del agua	Una vez por día	c																														
Orificio sumergido de ingreso	Funcionamiento: Un corte de aguilas y cierre	Verificar estado mínimo una vez al día	c																														
Pala de sólidos	Remover sólidos gruesos	Dos veces por día	cc																														
Canastilla de recolección	17/01/2021	Dos veces por día	cc																														
Pala de tolvas	18/01/2021	Una vez al día	c																														
Baranda de seguridad	Limpiar	Una vez al día	c																														
Escaleras de acceso	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día	c																														
COMPONENTE	OPERACIÓN	FRECUENCIA																																
Estructura desarenador	Vigilar el nivel de agua residual	Diario	c																														
Orificio sumergido de ingreso	Verificar el funcionamiento	Una vez por día	c																														
	Quitar el dispositivo de sellado y verificar funcionamiento	Una vez por día (cuando esté en operación)	c																														
Compuertas de control de flujo	Verificar el funcionamiento	Una vez por día	c																														
Pantalla deflectora	Limpieza	Una vez por semana	c																														
Caja de arenas	Drenaje de sedimento	Una vez por semana	c																														

Cuadro 21. Operación equipos

Equipos	Ubicación y funcionamiento	Actividades
Tablero de control eléctrico	Control de funcionamiento de equipos eléctricos	Limpieza y chequeo de unidades de control
Soplador 1	Inyección de aire al reactor de lodos activos	Chequeo de funcionamiento y limpieza/reemplazo de los filtros de aire y de aceite
Soplador 2	Inyección de aire al reactor de lodos activos	Chequeo de funcionamiento y limpieza/reemplazo de los filtros de aire y de aceite
Bomba sumergible 1	Marca Q: 2 lps H= 13 m Impulsa el agua residual desde unidades preliminares (desarenador hasta el reactor UASB) Control de nivel	Revisión de funcionamiento Control y calibración nivel de ingreso
Bomba sumergible 2	bomba sumergible para aguas negras químicamente no agresivas, 110 o 220 v q de 0 - 10 m3/h, altura manométrica 10 m Impulsa lodos desde el pozo bombeo de lodos hasta lechos de secado Control de nivel	
Bomba dosificadora	Impulsa solución de hipoclorito de calcio hasta la cámara de salida de la PTAR	Limpieza general, cambio de cheques
Válvulas de control hidráulico	UASB: extracción de lodos Reactor de lodos: extracción de lodos Lechos de secado: ingreso de lodos	Revisión general, limpieza interior, obturación estado abierto y cerrado

		
Estado actual del aliviadero	Estado actual del cribado	Estado actual del desarenador

		
Estado actual de reactores UASB	Estado actual reactor de lodos activados	

		
Estado actual de sedimentador de alta tasa	Estado actual unidad de contacto de cloro	Estado actual de cuarto de maquinas

4.7. Transporte de insumos y disposición de residuos generados en la PTAR

Cuadro 22. Descripción general transporte de insumos y residuos PTAR

Tipo	Descripción	Observación
Transporte de insumos químicos	Se realiza el ingreso de insumos químicos a la PTAR	Se registra en bitácora de control de almacén (bitácora), la frecuencia es una vez al mes

Tipo	Descripción	Observación
Transporte de insumos y elementos de aseo	Se realiza el ingreso de insumos y elementos de aseo a la PTAR	Se registra en bitácora de control de almacén (bitácora), la frecuencia es una vez al mes
Transporte de equipos de lavado	Se realiza ingreso de equipos de lavado	Se registra en bitácora de control de almacén (bitácora), la frecuencia es una vez al mes
Transporte de lodos y desechos para ser dispuestos fuera de la PTAR	Se realiza el transporte de lodos, desde la PTAR hasta la disposición final	Se registra en bitácora de control de almacén (bitácora), la frecuencia es una vez al mes

El transporte de insumos a la PTAR se hace el primer día de cada mes

Cuadro 23. Bitácora transporte de insumos y residuos PTAR mayo 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION

Anexo 7. Bitacora de control para transporte de insumos

Día	Fecha	Transporte de insumos	Observaciones
1	01/05/2024		
2	02/05/2024		
3	03/05/2024		
4	04/05/2024		
5	05/05/2024		
6	06/05/2024		
7	07/05/2024	Ingreso de insumos químicos, elementos de aseo, herramientas y equipos	Programación ingreso de insumos mensual y lodos y residuos sólidos
8	08/05/2024		
9	09/05/2024		
10	10/05/2024		
11	11/05/2024		
12	12/05/2024		
13	13/05/2024		
14	14/05/2024		
15	15/05/2024		
16	16/05/2024		
17	17/05/2024		
18	18/05/2024		
19	19/05/2024		
20	20/05/2024		
21	21/05/2024		
22	22/05/2024		
23	23/05/2024		
24	24/05/2024		
25	25/05/2024		
26	26/05/2024		
27	27/05/2024		
28	28/05/2024		
29	29/05/2024		
30	30/05/2024		
31	31/05/2024		

Cuadro 24. Bitácora transporte de insumos y residuos PTAR junio 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION

Anexo 7. Bitacora de control para transporte de insumos

Día	Fecha	Transporte de insumos	Observaciones
1	01/06/2024	Ingreso de insumos químicos, elementos de aseo, herramientas y equipos	
2	02/06/2024		
3	03/06/2024		
4	04/06/2024		
5	05/06/2024		
6	06/06/2024		
7	07/06/2024		
8	08/06/2024		
9	09/06/2024		
10	10/06/2024		
11	11/06/2024		
12	12/06/2024		
13	13/06/2024		
14	14/06/2024		
15	15/06/2024		
16	16/06/2024		
17	17/06/2024		
18	18/06/2024		
19	19/06/2024		
20	20/06/2024		
21	21/06/2024		
22	22/06/2024		
23	23/06/2024		
24	24/06/2024		
25	25/06/2024		
26	26/06/2024		
27	27/06/2024		
28	28/06/2024		
29	29/06/2024		
30	30/06/2024		

Cuadro 25. Bitácora transporte de insumos y residuos PTAR julio 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 7. Bitacora de control para transporte de insumos

Día	Fecha	Transporte de insumos	Observaciones
1	01/07/2024	Ingreso de insumos químicos, elementos de aseo, herramientas y equipos	
2	02/07/2024		
3	03/07/2024		
4	04/07/2024		
5	05/07/2024		
6	06/07/2024		
7	07/07/2024		
8	08/07/2024		
9	09/07/2024		
10	10/07/2024		
11	11/07/2024		
12	12/07/2024		
13	13/07/2024		
14	14/07/2024		
15	15/07/2024		
16	16/07/2024		
17	17/07/2024		
18	18/07/2024		
19	19/07/2024		
20	20/07/2024		
21	21/07/2024		
22	22/07/2024		
23	23/07/2024		
24	24/07/2024		
25	25/07/2024		
26	26/07/2024		
27	27/07/2024		
28	28/07/2024		
29	29/07/2024		
30	30/07/2024		
31	31/07/2024		

Cuadro 26. Bitácora transporte de insumos y residuos PTAR agosto 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 7. Bitacora de control para transporte de insumos

Día	Fecha	Transporte de insumos	Observaciones
1	01/08/2024	Ingreso de insumos químicos, elementos de aseo, herramientas y equipos	
2	02/08/2024		
3	03/08/2024		
4	04/08/2024		
5	05/08/2024		
6	06/08/2024		
7	07/08/2024		
8	08/08/2024		
9	09/08/2024		
10	10/08/2024		
11	11/08/2024		
12	12/08/2024		
13	13/08/2024		
14	14/08/2024		
15	15/08/2024		
16	16/08/2024		
17	17/08/2024		
18	18/08/2024		
19	19/08/2024		
20	20/08/2024		
21	21/08/2024		
22	22/08/2024		
23	23/08/2024		
24	24/08/2024		
25	25/08/2024		
26	26/08/2024		
27	27/08/2024		
28	28/08/2024		
29	29/08/2024		
30	30/08/2024		
31	31/08/2024		

Cuadro 27. Bitácora transporte de insumos y residuos PTAR septiembre 2024

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION

Anexo 7. Bitacora de control para transporte de insumos

Día	Fecha	Transporte de insumos	Observaciones
1	01/09/2024		
2	02/09/2024		
3	03/09/2024		
4	04/09/2024		
5	05/09/2024		
6	06/09/2024	Se hace el empaque, retiro y transporte de resiudos solidos de la PTAR, quedando desocupados lechos de secado de lodos	
7	07/09/2024		
8	08/09/2024		
9	09/09/2024		
10	10/09/2024		
11	11/09/2024		
12	12/09/2024		
13	13/09/2024		
14	14/09/2024		
15	15/09/2024		
16	16/09/2024		
17	17/09/2024		
18	18/09/2024		
19	19/09/2024		
20	20/09/2024		
21	21/09/2024		
22	22/09/2024		
23	23/09/2024		
24	24/09/2024		
25	25/09/2024		
26	26/09/2024		
27	27/09/2024		
28	28/09/2024		
29	29/09/2024		
30	30/09/2024		
31	01/10/2024		

4.8. Monitoreo y calidad del efluente (aforo de caudal y toma de muestras 24 horas) y caracterización físico-química y bacteriológica del vertimiento PTAR por laboratorio certificado IDEAM, incluye informe de seguimiento a PSMV

Actividad no realizada debido a que se requiere realizar el cambio de sopladores para optimizar el funcionamiento de la PTAR.

5. REQUERIMIENTOS ACTUALES DE LA PTAR

En la actulidad la PTAR requiere:

- Cambio del cableado y conductos que alimentan los equipos sopladores y reubicación de equipos sopladores debido a la vida útil de las unidades y a las inundaciones a que se ha visto expuesto el cuarto de maquinas, se presentan fallas en los equipos ya que los cables se han quemado



- En las planta en el área de UASB y reactor de lodos activiados se requiere el cambio de algunas teja debido a que la vida útil de estas es baja por la generación de gases corrosivos en las unidades de tratamiento.
- Se continua haciendo un llamado a la supervisión para la gestión de ingreso a la PTAR ya que los vecinos sellaron los ingresos por la parte posterior paralela al cauce del río Tobia; se comprometieron a dar ingreso por el sector del predio contiguo a la PTAR, sin embargo no existe ingreso por esta zona y además corrieron la cerca para hacer un ingreso, con lo cual están invadiendo parte del predio de la PTAR.
- La planta esta funcionando desde el año 2018 y en la actualidad se requiere realizar el vaciado completo de la unidad UASB con el fin de realizar mantenimientos correctivos en unidades de ingreso del afluente y extractores de lodos.



Consideramos que es deber de la inspección realizar una visita y verificar el tema contando con las escrituras del predio.

Bogotá D.C., 20 de diciembre 2024 Oficio Nocaima 07–SUM-091-2024

Ingeniero
JOSÉ FELIPE FLÓREZ LAVERDE
SECRETARIO DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO MUNICIPAL
ALCALDIA DE NOCAIMA
Cel: 300 727 7506
Correo electrónico: planeacion@nocaima-cundinamarca.gov.co
Carrera 6 No 6- 41 Edificio Municipal
código postal: 253620 -253627

Asunto: Informe del contrato de suministro No. 091-2024 cuyo objeto es "OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A TODO COSTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DEL CENTRO POBLADO TOBIA CHICA DEL MUNICIPIO DE NOCAIMA CUNDINAMARCA"

Cordial saludo ingeniero Flórez,

En atención a su oficio a través de correo electrónico de fecha 16 de diciembre de 2024 me permito responder sus observaciones según las siguientes consideraciones:

1. La supervisión manifiesta lo siguiente: " De acuerdo, a la solicitud de ACTA PARCIAL para la verificación del contrato 091- 2024, se realizaron las siguientes observaciones y sugerencias que debe anexar el contratista"

Respuesta de la empresa: como se observa en el siguiente cuadro el contrato de suministro 091 se suscribió el día 06 de mayo de 2024, con fecha de terminación el 06 de septiembre de 2024, el día 26 de agosto de 2024 se presenta informe 01 y se expide factura FESI 116, suscribiendo acta parcial 01

El contrato se finaliza el día 06 de septiembre con plazo de liquidación hasta el 06 de noviembre de 2024, se presento informe final e informe financiero subido a la plataforma de SECOP y enviado por correo electrónico, solicitando la suscripción del ACTA DE LIQUIDACIÓN del contrato y no de un acta parcial como se manifiesta en el correo.

PERIODO DEL INFORME	**GENERAL**
CONTRATO	**CONTRATO No. 091-2024**
FECHA DE CONTRATO	**29-04-2024**
CONTRATANTE	**MUNICIPIO DE NOCAIMA**
PERIODO DEL INFORME	**06-05-2024 AL 06-09-2024**
NIT	**899. 999. 718-9**
CONTRATISTA	**SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERÍA FERNANDEZ LTDA**
IDENTIFICACION	**900.153.662-7**
OBJETO	**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A TODO COSTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DEL CENTRO POBLADO TOBIA CHICA DEL MUNICIPIO DE NOCAIMA CUNDINAMARCA**

VALOR	**CINCUENTA Y CINCO MILLONES TREINTA Y TRES MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CINCO PESOS CON DOCE CENTAVOS MCTE. ($55.033.635,12)**
PLAZO	**CUATRO MESES**
ACTA INICIO	06 **DE MAYO DE 2024**

2. La supervisión manifiesta que: ***"En el Ítem 2 de actividades contratadas "insumos químicos para la operación" no se relaciona factura de los insumos químicos aplicados para la Operación"***

Respuesta de la empresa: en el informe final presentado se relaciona los productos químicos que se aplican en el proceso de operación de la PTAR, como se presenta a continuación como extracto del informe, especificando dosis y aplicación y bitácoras. En el alcance del contrato no esta la presentación de facturas individualizadas para productos químicos, se presenta a continuación evidencias fotográficas del tipo de productos químicos utilizados y el proceso se realiza paralelo con el funcionamiento de la PTAR; la supervisión puede hacer seguimiento diario al uso de estos productos de forma presencial en la PTAR











A continuación, se presenta parte de informe final presentado como evidencia de la actividad.

1.1. Insumos químicos para operación

Alcance: Insumos químicos requeridos para el óptimo funcionamiento de la PTAR, se incluye hipoclorito de calcio para la desinfección, cal para estabilización de lodos y antiespumantes, entre otros insumos.

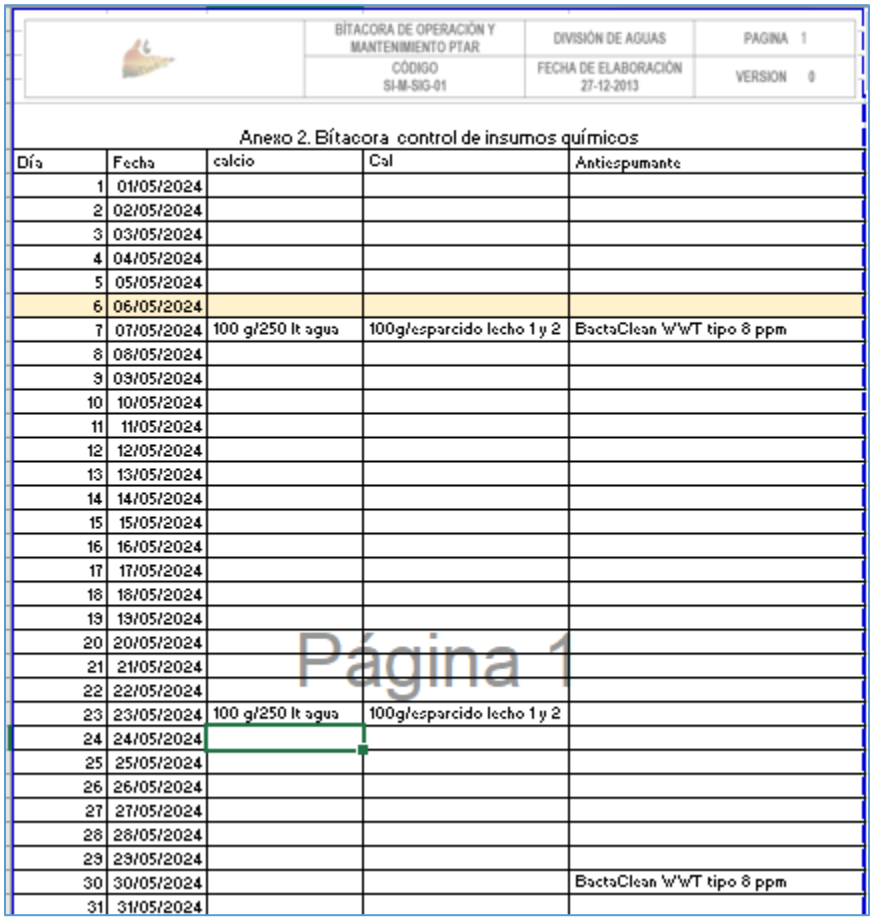
Cuadro 1. Relación insumos químicos usados en la operación de la PTAR

Insumos químicos	Unidad	Descripción
Hipoclorito de calcio	Gasto/mes	Producto comercial: hipoclorito de calcio al 70% Sitio de aplicación: Salida de la PTAR, cámara de desinfección Dosis: se prepara una solución de hipoclorito de calcio en 250 litros de agua

Insumos químicos	Unidad	Descripción
		Aplicación: Se mantiene un caudal de tratamiento promedio de 0,6 l/s, presentándose picos de caudal de hasta 1,0 l/s los sábados, domingos y festivos; se mantiene un cloro libre residual menor a 1 mg/litro, lo que significa un aporte promedio diario de 134 gramos de hipoclorito de calcio para tratar entre 52000 a 69000 litros de agua día
Cal	Gasto/mes	Producto comercial: cal agrícola Presentación: bulto por 50 kg Sitio de aplicación: lechos de secado y canastilla recolección de sólidos gruesos en el canal de cribado Dosis: Se hace un aporte de 100 gramos de cal viva cada quince días, previa vigilancia del escurrimiento de lodos en los lechos de secado Eventualmente se aplica 40 -50 gr en canastillas
Antiespumantes	Gasto/mes	Para el sistema aeróbico se agrega 3-15 ppm basado en la velocidad de flujo hacia adelante. Producto comercial: Bactaclean wwt tipo 11,3 ppm7 Sitio de aplicación: ingreso reactor aerobio Caracterización: espumas por debajo de 3 cm ideal

El control de aporte de productos químicos se hace a través del diligenciamiento de la bitácora como se presenta en los siguientes cuadros.

Cuadro 6. Bitácora control de insumos químicos en el mes de mayo 2024



BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 2. Bitacora control de insumos químicos

Día	Fecha	calcio	Cal	Antiespumante
1	01/05/2024			
2	02/05/2024			
3	03/05/2024			
4	04/05/2024			
5	05/05/2024			
6	06/05/2024			
7	07/05/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y 2	BactaClean WWT tipo 8 ppm
8	08/05/2024			
9	09/05/2024			
10	10/05/2024			
11	11/05/2024			
12	12/05/2024			
13	13/05/2024			
14	14/05/2024			
15	15/05/2024			
16	16/05/2024			
17	17/05/2024			
18	18/05/2024			
19	19/05/2024			
20	20/05/2024			
21	21/05/2024			
22	22/05/2024			
23	23/05/2024	100 g/250 lt agua	100g/esparcido lecho 1 y 2	
24	24/05/2024			
25	25/05/2024			
26	26/05/2024			
27	27/05/2024			
28	28/05/2024			
29	29/05/2024			
30	30/05/2024			BactaClean WWT tipo 8 ppm
31	31/05/2024			

Página 1

3. La supervisión manifiesta que: "*En el ítem 3 "Insumos y elementos de aseo, dotación de elementos de seguridad industrial para operarios. Se evidencia que, en las bitácoras de control de insumo y elementos de aseo, se nombra que se adquiere escobas y cepillos mes a mes, se solicita solo se relacione los insumos y elementos adquiridos en el mes"*

Respuesta de la empresa: en la bitácora se esta relacionando todo el alcance de los elementos que se estipulan en el ítem contratado por la Alcaldía, la entidad no ha definido una bitácora de control, este formato es aporte de la empresa contratista y evidencia mes a mes el seguimiento, en el alcance del contrato no se detalla elementos individualizados.

Como se puede evidenciar en la bitácora no se nombra tal como afirma la supervisión solo "escobas *y cepillos mes a mes"; POR EL CONTRARIO,* se incluye todo el ítem de elementos de aseo, y mensualmente están ingresando elementos bien sea cepillos, escobas, bolsas, lonas, de acuerdo al uso y requerimientos que se tengan en la PTAR.

	BITACORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA 1
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION 0

Anexo 3. Bitacora control de insumos y elementos de aseo

Día	Fecha	planta	Elementos de aseo	Elementos de aseo personal
1	01/05/2024			
2	02/05/2024			
3	03/05/2024			
4	04/05/2024			
5	05/05/2024			
6	06/05/2024			
7	07/05/2024	Ingreso jabones, desinfectantes	Ingreso escobas, cepillos, bolsas, lonas, baldes, etc	Ingreso jabón, alcohol, mascarillas, gel desinfectante
8	08/05/2024			
9	09/05/2024			
10	10/05/2024			
11	11/05/2024			
12	12/05/2024			
13	13/05/2024			
14	14/05/2024			
15	15/05/2024			
16	16/05/2024			
17	17/05/2024			
18	18/05/2024			
19	19/05/2024			
20	20/05/2024			
21	21/05/2024			
22	22/05/2024			
23	23/05/2024			
24	24/05/2024			
25	25/05/2024			
26	26/05/2024			
27	27/05/2024			
28	28/05/2024			
29	29/05/2024			
30	30/05/2024			
31	31/05/2024			

4. La supervisión manifiesta. ***"En El Ítem 4, Insumo y materiales para el mantenimiento correctivo de la bomba sumergible de ingreso a la PTAP y sopladores del sistema de aireación, No se anexa certificado de mantenimiento de los equipos, expedida por el banco de pruebas"***

Se menciona que se realizó un mantenimiento al soplador, por un valor de $1.500.000, pero en el ítem 8 menciona que no se da cumplimiento a la actividad por que se requiere el cambio del soplador para optimizar el funcionamiento de la PTAR. Por lo que es necesario la certificación del banco de pruebas y el detalle de la actividad del mantenimiento realizada.

Respuesta de la empresa: se anexa certificado de mantenimiento de sopladores y equipos (anexo 1). Sobre el tema del mantenimiento del soplador se aclara a la supervisión que no existen en el informe presentado un ítem 8, existe el ítem 4.8.

Existe en ítem 4.8 que hace referencia al monitoreo y calidad del efluente como se presenta a continuación en la evidencia del informe final.

	INFORMES CONTRATOS	DIVISIÓN DE AGUAS	PAGINA
	CÓDIGO SI-M-SIG-01	FECHA DE ELABORACIÓN 27-12-2013	VERSION

4.8. Monitoreo y calidad del efluente (aforo de caudal y toma de muestras 24 horas) y caracterización físico-química y bacteriológica del vertimiento PTAR por laboratorio certificado IDEAM, incluye informe de seguimiento a PSMV

Actividad no realizada debido a que se requiere realizar el cambio de sopladores para optimizar el funcionamiento de la PTAR.

Igualmente, en el informe final en el numeral 5, se presenta una serie de recomendaciones a la supervisión y como se evidencia se solicita reubicación de los equipos debido a que presentan fallas continuas que no permiten continuidad en el proceso de aireación. La verdad no se entiende a que se refiere la supervisión con el requerimiento de certificación del banco de pruebas y el detalle de la actividad del mantenimiento realizada, con la necesidad de cambio de ubicación de sopladores.

5. REQUERIMIENTOS ACTUALES DE LA PTAR

En la actulidad la PTAR requiere:

- Cambio del cableado y conductos que alimentan los equipos sopladores y reubicación de equipos sopladores debido a la vida útil de las unidades y a las inundaciones a que se ha visto expuesto el cuarto de maquinas, se presentan fallas en los equipos ya que los cables se han quemado

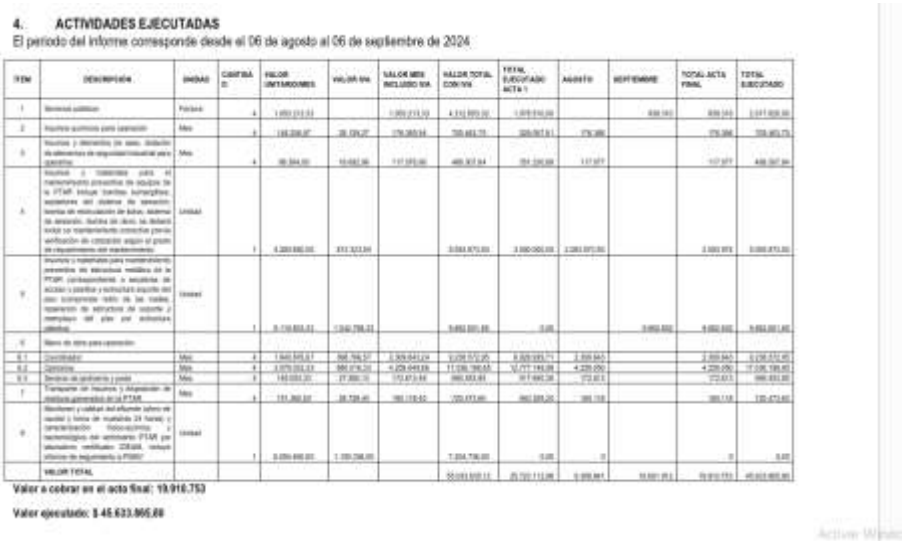


5. La supervisión manifiesta que: ***En el Ítem 7, "Transporte de insumos y disposición de residuos generados de la PTAP" en las bitácoras de control para el transporte, no se detalla el insumo o equipo transportado, ni certificado de disposición de lodos fuera de la PTAR.***

Respuesta de la empresa: nuevamente se manifiesta a la supervisión que el alcance del contrato no refleja el detalle individualizado de insumos o equipos, el formato de control no fue expedido por supervisión, es un formato interno de la empresa y relaciona las actividades de acuerdo al proceso que desarrolla la empresa en la operación de la PTAR; el control de supervisión se puede evidenciar en campo. Finalmente se anexa certificado de disponibilidad de lodos (anexo 2).

6. La supervisión manifiesta que: En el Ítem 8. En el informe no se refleja cumplimiento de la actividad contratada, por lo que se solicita anexar caracterización de los vertimientos.

Respuesta de consultoría: en el informe final se manifiesta que no se realiza la actividad ya que se debe cumplir requerimientos de continuidad de aireación para entregar caracterización de vertimiento a la CAR, como se refleja en el informe financiero esta actividad no se cobra, por tanto, no se anexa caracterización de los vertimientos



4. ACTIVIDADES EJECUTADAS

El periodo del informe corresponde desde el 06 de agosto al 06 de septiembre de 2024

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/MES	VALOR IVA	VALOR MES INCLUIDO IVA	VALOR TOTAL CON IVA	TOTAL EJECUTADO ACTA 1	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL ACTA FINAL	TOTAL EJECUTADO
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
	VALOR TOTAL											

Valor a cobrar en el acta final: 19.916.753

Valor ejecutado: $ 45.623.905,69

7. La supervisión manifiesta que: ***"Por último, es necesario un informe del estado actual de operación de la PTAR."***

Respuesta de la empresa: considera la empresa contratista que el informe 01 e informe final presentado a la entidad representa el informe de estado actual de operación, ya que en se ve reflejado las actividades que se realizan, se presentan bitácoras de control diario, se relacionan elementos e insumos utilizados en el proceso de operación; se presenta descripción de actividades de operarios, se presenta detalle de equipos, etc.

Se anexa manual de operación PTAR (anexo 3)

Cordialmente,

ING. FELIPE FERNÁNDEZ SÁNCHEZ
Coordinador

ONG Asociación de
Profesionales Sendero
NIT 820.005.684-5

LA SUSCRITA GERENTE:

CERTIFICA:

Que la empresa SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERÍA FERNÁNDEZ LTDA, identificada con NIT 900.153.662-7, realiza la disposición de lodos procedentes de tratamientos de PTAR con nuestra empresa, los cuales son utilizados por nuestra ONG en procesos de recuperación de suelos en el municipio de Oicatá (Boyacá)

La presente certificación se expide con destino a la alcaldía de Nocaima a los veinte días del mes de diciembre de 2024.

PATRICIA QUITO QUITO
Gerente
Correo electrónico: ongsenderogrudsoc@gmail.com; pquiquito@hotmail.com
Celular: 313 3774655

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Soplador 1**	**Ubicación**	**Cuarto maquinas**
Marca	**PUMPOWER**	**Modelo**	**HG-1100C**
Potencia	**1,5 HP**	**Kw funcionamiento**	**1100 W**
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**	**Otras**	

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Agosto 2024	Limpieza unidades inyección aire	Trimestral o por evento			
Agosto 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)	Trimestral o por evento			
Agosto 2024	Revisión de retenedores	Trimestral o por evento			
Agosto 2024	Revisión de rodamientos	Trimestral o por evento			
Agosto 2024	Medida volumen de aire desplazado por sopladores	Trimestral o por evento			
Agosto 2024	Revisión de líneas	Trimestral o por evento			
Agosto 2024	Revisión de contactor	Trimestral o por evento			
Agosto 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Bobinado motor	
Agosto 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio rodamientos	
Agosto 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio retenedor	
Agosto 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio filtros	
Agosto 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio cables sueltos	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Soplador 2**	**Ubicación**	**Cuarto maquinas**
Marca	**PUMPOWER**	**Modelo**	**HG-1100C**
Potencia	**1,5 HP**	**Kw funcionamiento**	**1100 W**
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**	**Otras**	

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Septiembre 2024	Limpieza unidades inyección aire	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024	Revisión de retenedores	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024	Revisión de rodamientos	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024	Medida volumen de aire desplazado por sopladores	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024	Revisión de líneas	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024	Revisión de contactor	Trimestral o por evento			
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Bobinado motor	Ingreso agua al motor
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio rodamientos	Ingreso agua al motor
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio retenedor	Ingreso agua al motor
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio filtros	Ingreso agua al motor

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Bomba sumergible 1**	**Ubicación**	**Pozo bombeo PTAR**
Marca	**Pedrollo**	**Descripción técnica**	**Bomba sumergible para aguas negras químicamente no agresivas, 110 o 220 v q de 0 - 10 m3/h, altura manométrica 10 m 1100 W**
Potencia	**1,0**		
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**		

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Septiembre 2024	Limpieza unidades inyección aire				
Septiembre 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)				
Septiembre 2024	Revisión de retenedores				
Septiembre 2024	Revisión de rodamientos				
Septiembre 2024	Medida volumen de aire desplazado por sopladores				
Septiembre 2024	Revisión de líneas				
Septiembre 2024	Revisión de contactor				
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Bobinado motor	
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio rodamientos	
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio retenedor	
Septiembre 2024			Funcionamiento inadecuado del motor	Cambio filtros	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Bomba sumergible 1**	**Ubicación**	**Pozo bombeo PTAR**
Marca	**Pedrollo**	**Descripción técnica**	**Bomba sumergible para aguas negras químicamente no agresivas, 110 o 220 v q de 0 - 10 m3/h, altura manométrica 10 m 1100 W**
Potencia	**1,0**		
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**		

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Septiembre 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)				
Septiembre 2024	Control caudal				
Septiembre 2024	Limpieza de impulsores				
Septiembre 2024	Revisión de rodamientos				
Septiembre 2024					
Septiembre 2024				Cambio rodamientos	
Septiembre 2024				Cambio de impulsor	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Bomba sumergible 2**	**Ubicación**	**Pozo bombeo PTAR**
Marca	**Pedrollo**	**Descripción técnica**	**Bomba sumergible para aguas negras químicamente no agresivas, 110 o 220 v q de 0 - 10 m3/h, altura manométrica 10 m 1100 W**
Potencia	**1,0**		
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2023**		

Mantenimiento preventivo			**Mantenimiento correctivo**		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Julio 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)	Trimestral			
Julio 2024	Control caudal	Trimestral			
Julio 2024	Limpieza de impulsores				
Julio 2024	Revisión de rodamientos	Trimestral			
Julio 2024			Mal funcionamiento motor	Cambio impulsores	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Bomba sumergible 3**	**Ubicación**	**Pozo lodos PTAR**
Marca	**Pedrollo**	**Descripción técnica**	**Bomba sumergible para aguas negras químicamente no agresivas, 110 o 220 v q de 0 - 10 m3/h, altura manométrica 10 m 1100 W**
Potencia	**1,0**		
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**		

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Septiembre 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)				
Septiembre 2024	Control caudal desplazado				
Septiembre 2024	Limpieza de impulsores				
Septiembre 2024	Revisión de rodamientos				
Septiembre 2024					
Septiembre 2024				Cambio rodamientos	
Septiembre 2024				Cambio de impulsor	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Bomba dosificadora**	**Ubicación**	**Cuarto de maquinas**
Marca	**Bomba dosificadora a diafragma serie milenio**	**Descripción técnica**	**Bomba dosificadora, caudal 5 LPH, 22 PSI**
Potencia	**1,0**		
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**		

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Septiembre 2024	Revisión consumo de energía (sobre consumos)				
Septiembre 2024	Control caudal desplazado				
Septiembre 2024	Limpieza de impulsores				
Septiembre 2024	Revisión de rodamientos				
Septiembre 2024					
Septiembre 2024			Bomba	Mangueras succión y descarga,	
Septiembre 2024				Diafragmas	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

CERTIFICADO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Nombre del equipo	**Tablero control eléctrico**	**Ubicación**	**Cuarto de maquinas**
Marca		**Descripción técnica**	
Potencia			
Año de instalación o tiempo de funcionamiento	**2016**		

Mantenimiento preventivo			Mantenimiento correctivo		
Fecha	**Descripción del trabajo**	**Periodicidad**	**Avería o daño/reparación**	**Repuesto**	**Observación**
Septiembre 2024	Revisión voltajes de ingreso				
Septiembre 2024	Revisión contactores				
Septiembre 2024	Revisión de térmicos				
Septiembre 2024	Revisión breaker				
Septiembre 2024	Revisión totalizadora				
Septiembre 2024	Revisión y ajuste de programador PLC				
			Funcionamientos sopladores y bombas (vibración motores)	Cambio contactores	

ELABORÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

REVISO Y APROBÓ	
NOMBRE	**Ing. Felipe Fernández Sánchez**
CARGO	**Coordinador contrato**
FIRMA	

MANUAL DE MANEJO Y OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CENTRO POBLADO TOBIA CHICA (NOCAIMA)

CONTRATANTE: ALCALDÍA MUNICIPIO DE NOCAIMA

CONTRATISTA: SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERÍA FERNÁNDEZ LTDA

NOCAIMA, MAYO 2024

Contenido

1. PRESENTACIÓN 9
2. QUÍMICA DEL AGUA 10
2.1. El agua 10
2.2.1. Propiedades del agua 10
3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLOGICAS DEL AGUA RESIDUAL Y SU PROCEDENCIA 11
3.2. Características Químicas 12
3.3. Características Biológicas 13
4. PARÁMETROS Y CALIDAD DEL AGUA RESIDUALES 15
4.1. PH 15
4.2. Temperatura 15
4.3. Material flotante 15
4.3.1. Sólidos Totales (ST) 15
4.3.2. Sólidos sedimentables (SS) 16
4.3.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST) 16
4.3.4. Sólidos Disueltos Totales (SDT) 16
4.3.5. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) 16
4.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) 17
4.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO) 17
4.6. Nitrógeno total 17
4.7. Fósforo total 19
4.8. Grasas y aceites 19
4.9. Sustancia activa al azul de metileno (SAAM) Detergentes 20
4.10. Dureza total 21
4.11. Alcalinidad Total 21

5. CARÁCTERÍSTICAS BIOLÓGICAS 22
5.1. Huevos de helminto 22
5.2. Coliformes fecales y coliformes totales 22
6. CALIDADES DEL AGUA RESIDUAL ESPERADA 24
6.1. Clasificación de las aguas residuales 24
6.2. Composición de lodos crudos generados por las aguas residuales 25
7. VERIFICACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES .27
7.1. Verificación de datos de calidad 27
7.1.1. Relación entre conductividad eléctrica y SDT 27
7.1.2. Relación entre DBO5 y DQO 27
7.1.3. Relación entre SVT y DBO5 27
7.1.4. Relación entre DBO5, N y P 28
8. MONITOREO DEL VERTIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES 28
8.1. Alcance 28
8.1. Medición de caudal 29
8.2. Toma de muestras 30
8.3. Temperatura 31
8.4. pH 32
8.5. Determinación del Oxígeno disuelto en el agua 34
8.6. Determinación de solidos sedimentables o prueba de sedimentación 35
9. PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 37
9.1. Composición y características de las aguas residuales 37
9.1.1. Aguas residuales 37
9.1.2. Características de las aguas residuales 37
9.1.3. Composición de las aguas residuales 38

9.2. Esquema de tratamiento de la PTAR domésticas 39

9.3. Diagrama de flujo de procesos y balance de masas de cargas contaminantes en el sistema de tratamiento 39

9.4. Procesos de tratamientos 40

10. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES, EQUIPOS Y PROCESOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 43

10.1. Especificaciones generales de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas 43

10.1.1. Localización del proyecto....43

10.1.2. Condiciones generales de diseño 44

10.2. Inventario general de unidades y equipos de la PTAR 45

10.3. Descripción del proceso de operación de la planta de tratamiento 47

10.4. Condiciones y requerimientos de operación de la PTAR....49

10.4.1. Aportación de Oxígeno 50

10.4.3. Salinidad 50

10.4.4. Tóxicos o inhibidores 50

10.4.5. Parámetros de control....51

11. PROCESOS DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO 53

11.1. Aliviadero 53

11.2. Canal de aproximación y cribado 55

11.3. Desarenador 57

11.4. Estación de bombeo del caudal hacia la PTAR (estación de bombeo uno) 60

11.4.1. Bombas sumergibles....63

11.4.2. Flotadores de control de niveles....67

11.5. Reactor UASB 67

11.5.1. Funcionamiento....67

11.5.2. Bioquímica del proceso anaerobio 68
11.5.3. Control de factores que afectan el proceso 71
11.5.4. Proceso de arranque del reactor UASB 74
11.5.5. Procesos de operación de rutinas 75
11.6. Reactor de lodos activados 77
11.6.1. Procesos a controlar en el reactor de lodos activados y sedimentador secundario 77
11.6.2. Métodos y técnicas para el control del proceso 78
11.6.3. Difusores de aire 83
11.6.4. Unidad de inyección de aire 84
11.6.5. Operación reactor de lodos activados 86
11.7. Estación de bombeo de recirculación de lodos 89
11.8. Sedimentación secundaria 89
11.9. Cámara de cloración 91
11.10. Condiciones de operación de los lechos de secado 92
11.11. Condiciones de operación de los equipos de control eléctrico 94
12. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE OPERACIÓN EN LA PTAR 95
13. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA 97
13.1. Programas de mantenimiento 98
13.2. El plan de mantenimiento para la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica 99
13.3. Personal y elementos requeridos para las actividades de operación y mantenimiento 108
13.3.1. Personal de operación y mantenimiento 108
13.3.2. Documentación requerida 110
13.3.3. Requerimientos administrativos y de infraestructura 111

14. SEGURIDAD E HIGIENE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 112

14.1. Definiciones 112

14.2. Identificación y clasificación de riesgos en la planta de tratamiento de aguas residuales 113

14.3. Responsabilidades para una operación segura 114

14.4. Equipo y material de seguridad 115

14.5. Higiene personal de los operadores 116

14.2. Precaución contra infecciones y enfermedades 117

14.3. Uso de herramientas manuales 118

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1- 1. Características del agua 11
Cuadro 1- 2. Patógenos comunes transportados por el agua 14
Cuadro 1- 3. Clasificación de aguas residuales de acuerdo a la concentración de sustancias contaminantes 25
Cuadro 1- 4. Composición química de lodos 26
Cuadro 1- 5. Composición de lodos generados de acuerdo al tipo de tratamiento 41
Cuadro 1- 6. Población por área de prestación de servicios por descarga sanitaria 43
Cuadro 1- 7. Condiciones hidráulicas y de tratabilidad para la alternativa de tratamiento seleccionada 44
Cuadro 1- 8. Inventario general de unidades que conforman la PTAR Centro Poblado Tobia Chica .45
Cuadro 1- 9. Operaciones a realizar en la unidad de cribado y frecuencia. 55
Cuadro 1- 10. Operaciones a realizar en el desarenador y la frecuencia. 58
Cuadro 1- 11. Operaciones a realizar en la estación de bombeo a la PTAR y frecuencia 62
Cuadro 1- 12. Características de las fases microbiológicas de la biomasa (Adaptado de Hutñan, et al., 1999y Bitton, 2005) 71
Cuadro 1- 13.Factores a controlar y la forma de control en el reactor UASB 72
Cuadro 1- 14. Procesos de operación del reactor UASB 75
Cuadro 1- 15. Control de procesos en el reactor de lodos activados 86
Cuadro 1- 16. Operaciones a realizar en el reactor de lodos activados 87
Cuadro 1- 17. Estimación de tiempo diario en los procesos de operación a realizar en cada unidad de tratamiento de la PTAR 95
Cuadro 1- 18. Plan de mantenimiento a corto y largo plazo para la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica 100
Cuadro 1- 19. Herramientas necesarias para el mantenimiento de la PTAR 111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- 2. Composición del agua residual doméstica 38
Figura 1- 3. Esquema de tratamiento PTAR doméstica.....39
Figura 1- 4. Diagrama de flujo de procesos del sistema de tratamiento **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 1- 5. Esquema aliviadero.....54
Figura 1- 6. Figura operación ingreso agua a la PTAR.....54
Figura 1- 7. Diagrama del canal de cribado y sus componentes.....55
Figura 1- 8. Vista planta general del desarenador y ubicación componentes 57
Figura 1- 9. Vista perfil del desarenador y ubicación componentes.....58
Figura 1- 10. Diagrama de la estación de bombeo a la PTAR y sus componentes 61
Figura 1- 11. Zonas de operación del reactor UASB 68
Figura 1- 12. Procesos de conversión en la digestión anaerobia.....70
Figura 1- 13. Componentes reactor de lodos activados 85
Figura 1- 14. Componentes cámara de cloración 91
Figura 1- 15. Equipo de seguridad industrial requerido en la PTAR 116

MANUAL DE MANEJO Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

1. PRESENTACIÓN

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo la labor de operación y mantenimiento. Una planta de tratamiento de aguas residuales solo puede cumplir su objetivo, si se opera en forma apropiada y se efectúa un mantenimiento periódico, por medio de personal calificado. El presente manual define los procedimientos para la puesta en marcha y posterior operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Centro Poblado Tobía Chica del municipio de Nocaima (Cundinamarca).

El contenido se ha preparado de tal manera que las áreas de personal de operación, mantenimiento y seguridad entiendan fácilmente, desde la química básica del agua, los procedimientos de laboratorio para control del proceso, los procesos unitarios de tratamiento biológico que actualmente existen de tratamiento de aguas, el control de procesos, el mantenimiento de equipos, y la seguridad que debe existir para operar y mantener una planta de tratamiento.

Se hace énfasis en el entrenamiento de la operación de la planta y solución de problemas, y se concentran los problemas comunes que pueden surgir en la planta de tratamiento con el proceso de lodos activados por lo que los analistas u operadores deberán leer y comprender correctamente este documento, el cual se debe ampliar conforme surjan nuevas experiencias en la operación y adecuación del proceso, incluyendo, si se da esta experiencia en época de lluvias.

Los principios y prácticas se presentan de manera que cualquier persona con educación técnica y formación en competencias laborales, pueda aplicar los fundamentos del proceso a la solución de

problemas operacionales, ya que el texto fue concebido para ser utilizado en el conocimiento del personal que opera la planta, así como el nuevo personal.

2. QUÍMICA DEL AGUA

2.1. El agua

Para Romero, 2002. El agua es un elemento esencial e insustituible en todos los órdenes de la vida. En ella viven y se multiplican casi todos los organismos, las bacterias, los virus, los animales superiores y las plantas. Para todos los seres vivos, el agua contribuye a la formación de los diversos líquidos biológicos necesarios para los procesos metabólicos, en especial la asimilación y digestión de alimentos.

2.2.1. Propiedades del agua

Según Romero 2002. Como compuesto químico el agua presenta propiedades que alejan los compuestos que tienen una conformación molecular similar, sus características la hacen especial porque: Es la única sustancia que en estado natural se encuentra en los tres estados físicos: sólido en casquetes polares y nevados, líquido en mares, lagos y ríos, y gaseoso como parte del aire en forma de vapor.

El volumen de las sustancias disminuye al enfriarlas; el agua cuando llega a 4 °C, empieza a diluirse y a disminuir su densidad. A 0°C sufre una dilatación abrupta; su volumen aumenta en una onceava parte al transformarse en hielo. Se favorece así, la vida acuática en las épocas de invierno, ya que la capa de hielo, por ser superficial. No impide el desarrollo de procesos biológicos en los lagos y ríos. El agua tiene la tensión superficial más alta de todos los líquidos comunes y por eso posee una gran capacidad erosiva.

Tiene una gran capacidad de cohesión y se adhiere a la mayoría de las sustancias sólidas que entra en contacto. La combinación de la tensión superficial y la adherencia pueden levantar una columna de agua; comportamiento que se conoce como capilaridad y se relaciona con la circulación de agua en los suelos y a través de las raíces y tallos de las plantas.

Tiene la capacidad de diluir muchas sustancias debido a su alto momento dipolar y a un alta constante dieléctrica. Es la sustancia que más se aproxima al disolvente químico universal. Los mares y los lagos son soluciones acuosas. No se encuentra pura dentro de la naturaleza.

2.2.2. Características del agua

El agua natural es una solución de diversos compuestos que se van adhiriendo, de acuerdo a los procesos del ciclo hidrológico; estos les dan un carácter diferente a las aguas naturales, de acuerdo a la composición de los suelos, a su ubicación y a los procesos físicos y químicos que se realizan durante su paso. El agua posee entonces características que la hacen diferente, de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga; estas características se pueden medir y clasificar así:

Cuadro 1- 1. Características del agua

PROPIEDADES	DESCRIPCIÓN
Físicas	Turbiedad, color, olor, sabor, temperatura, sólidos y conductividad
Químicas	Ph, dureza, acidez, alcalinidad, fosfatos, sulfatos, hierros, oxígeno disuelto, grasas y aceites, DBO5 y DQO
Biológicas y microbiológicas	Protozoarios (patógenos), helmintos, coliformes fecales y coliformes totales

Fuente: Romero, R., J. 2002

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLOGICAS DEL AGUA RESIDUAL Y SU PROCEDENCIA

Las aguas residuales se distinguen por sus características así:

3.1. Características Físicas

Sólidos: es la materia sólida contenida en el agua, ya sea disuelta o en suspensión. Los sólidos pueden estar constituidos por materia orgánica, arenas, arcillas y material coloidal.

- Olor: es debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.
- Temperatura: suele ser más elevada que el agua de suministro, debido principalmente a la incorporación de aguas con mayor temperatura proveniente de los diferentes usos y por la descomposición de la materia orgánica.
- Densidad: se define como la masa por unidad de volumen, expresada en Kg/m3
- Color: puede representar el tiempo de existencia de agua residual, se determina cualitativamente en función de su color y olor.
- Turbiedad: se emplea para determinar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales, en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.

3.2. Características Químicas

El número de parámetros a analizar depende de las necesidades propias y del mínimo establecido por la Ley. Para el caso del río Tobía se establecen en las normas de vertimientos que se debe cumplir al momento de la descarga. El estudio de las características químicas del agua se aborda desde tres parámetros:

- Materia orgánica: son sólidos que provienen de animales, vegetales, así como de actividades humanas relacionadas con síntesis de compuestos orgánicos. Los parámetros de mayor utilización para cuantificar materia orgánica son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO).
- Compuestos orgánicos: son aquellos en cuya estructura contienen carbono, hidrogeno y oxígeno, con la presencia en determinados casos de nitrógeno.
- Materia inorgánica: son sustancias para la determinación y control de la calidad del agua y se deben tanto al proceso del ciclo natural de agua, como a las descargas hechas durante el ciclo del agua.

3.3. Características Biológicas

Los principales grupos de organismos presentes, tanto en el agua residual como superficiales se clasifican en organismos eucariotes, eubacterias, y arquebacterias. La mayoría de los organismos pertenecen al grupo de eubacterias. Los virus, también presentes en el agua residual, se clasifican en función del sujeto infectado. Romero 2002. Todas las formas de microorganismos patógenos se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas e incluyen: bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Algunos de estos microorganismos son descargados al ambiente por portadores. Aunque es raro que estén presentes los microorganismos que causan algunas de las enfermedades más severas, por seguridad se asume que lo están en número significativo y que representan un peligro para la salud. Afortunadamente sólo unos cuantos microorganismos patógenos en estado viable sobreviven al tratamiento. (Romero 2002).

Bacterias: Son microorganismos unicelulares, comúnmente sin color y constituyen la menor forma de vida capaz de sintetizar el protoplasma a partir de su ambiente. Pueden tener forma cilíndrica o de bastón (*bacilos*), oval o esférica (*cocos*) o espirales (*espirilos*). Los desórdenes intestinales son síntomas comunes de la mayoría de las enfermedades transmitidas por las bacterias patógenas transportadas por el agua. (Romero 2002).

Virus: Son las estructuras biológicas inferiores de las cuales se conoce que contienen toda la información genética necesaria para su propia reproducción. Son tan pequeños que sólo pueden ser observados con la ayuda de un microscopio electrónico. Los virus son parásitos obligados que requieren un huésped en donde alojarse. Los síntomas asociados con infecciones causadas por virus transportados por el agua comúnmente involucran desórdenes del sistema nervioso, más que del tracto intestinal. (Romero 2002).

Protozoarios: Constituyen el nivel inferior de la vida animal. Son organismos unicelulares más complejos que las bacterias y los virus en su actividad funcional. Son organismos autocontenidos que pueden vivir libremente o en forma parásita. Pueden ser patógenos o no patógenos, microscópicos o macroscópicos. Debido a que son altamente adaptables, los protozoarios están ampliamente distribuidos en las aguas naturales, aunque sólo unos cuantos protozoarios acuáticos son patógenos. Las infecciones causadas por protozoarios se manifiestan por desórdenes intestinales menos severos que los asociados con bacterias. (Romero 2002).

Helmintos: El ciclo de vida de los helmintos, o gusanos parásitos, frecuentemente incluye dos o más animales huéspedes, uno de los cuales puede ser humano, y la contaminación del agua puede ser causada por el vertido de desechos animales y humanos que contienen helmintos. La contaminación puede ser también a través de especies acuáticas u otros huéspedes, como insectos y caracoles. (Romero 2002).

Los procesos de tratamiento convencionales están diseñados para reducir a niveles aceptables los sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables y microorganismos patógenos, antes de la disposición de las aguas residuales. (Romero 2002). Puede ser que se requieran procesos de tratamiento de agua residual adicionales para reducir los niveles de nutrientes en caso de que el efluente tenga que descargarse en un ecosistema delicado. Cuando se ha anticipado la necesidad de reúso, se requieren procesos para remover los compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y para reducir el nivel de sólidos inorgánicos disueltos.

Cuadro 1- 2. Patógenos comunes transportados por el agua

MICROORGANISMOS		**ENFERMEDADES**
Bacterias	Francisella tularensis, Leptospira, Salmonella paratyphi (A, B, C) Salmonella typhi, Shigella (S. Flexneri, S. Sonnei, S. Dysenteriae, S., Boydii). Vibrio comma (Vibrio cholerae	Tularemia Leptospirosis Paratifoidea (fiebre entérica) Fiebre tifoidea, fiebre entérica Shigelosis (disentería bacilar) Cólera
Virus	Poliomyelitis (3 tipos)	Poliomyelitis aguda, parálisis infantil
Protozoarios	Entamoeba histolytica Giardia lamblia	Amebiasis (disenteria amebiana, enteritis amebiana, colitis amebiana) Giardiasis (enteritis giardia, lambliasis)
Helmintos (gusanos parásitos)	Dracunculus medinensis Echinococcus Shistosoma (S. Mansoni, S. Japonicum, S. Haematobium)	Dracontiasis (dracunculiasis; Dracunculosis medina; Infección serpiente, dragón o gusano-guinéa) Equinococosis Squistosomiasis (bilharziasis o

Fuente: Romero, R., J. 2002

4. PARÁMETROS Y CALIDAD DEL AGUA RESIDUALES

4.1. PH

La determinación rutinaria del pH se realiza de manera electromagnética a una temperatura específica. proporciona un valor característico relacionado con el nivel de acidez intrínseca de la disolución examinada.

El pH es un parámetro de gran importancia tanto para aguas superficiales como para aguas residuales. El agua residual, con concentraciones del ion Hidrógeno inadecuadas, presenta dificultades para el tratamiento con el proceso biológico; el efluente puede modificar la concentración del ion hidrogeno en las aguas naturales, si esta no se modifica antes del vertimiento. El valor de pH está regido por límites máximos permisibles, en descargas de aguas a redes de alcantarillado o cuerpos receptores.

4.2. Temperatura

La temperatura es el potencial o grado calorífico, referido a un cierto cuerpo. La temperatura del agua residual comúnmente es mayor que la del agua potable, debido a las actividades humanas. Debido al calor específico del agua y del aire, la temperatura del agua residual observada es superior a la temperatura local del aire, durante la mayor parte del año; solo es más baja durante los meses más calurosos del año. La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto en el desarrollo de la vida acuática tanto como en las reacciones químicas y las velocidades de reacción, así como la habilitación del agua para ciertos usos.

4.3. Material flotante

Es cualquier objeto visible, sin importar su composición o forma que se mantenga flotando libremente en la superficie o dentro de un líquido y que se pueda retener.

4.3.1. Sólidos Totales (ST)

El agua puede contener, tanto, partículas es suspensión como compuestos solubilizados. Se definen los sólidos totales como, los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en una estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos – porción de sólidos totales retenidos por un filtro- y los sólidos disueltos totales-porción que atraviesa el filtro. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico.

4.3.2. Sólidos sedimentables (SS)

Los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que se sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora. Se determina volumétricamente mediante el uso de del cono Imhoff. Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbiedad, debido a que causan dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua; se indica la profundidad a que deja de ser visible una marca u objeto.

4.3.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Son sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidos por un elemento filtrante. Los sólidos suspendidos totales de una muestra de agua potable, residual o industrial se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio, que posteriormente se seca a 103 a 105°C hasta un peso constante. El incremento del peso del filtro representa los sólidos suspendidos totales. Los sólidos suspendidos son generalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables, contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapo s y células biológicas que forman masa.

4.3.4. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Son las sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en el agua y que no son retenidas en el material filtrante. El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o de un efluente, de varias formas.

4.3.5. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

Es la cantidad de materia orgánica (incluidos los orgánicos) capaz de volatilizarse por efecto de la calcinación a temperatura de 550°C en un tiempo entre 15 a 20 minutos. La concentración de sólidos suspendidos volátiles

se suele considerar como una medida aproximada del contenido de materia orgánica, y en ciertos casos, de las concentraciones de sólidos biológicos, tales como bacterias o protozoos.

4.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Es el parámetro que mide la cantidad de materia orgánica biodegradable que posee un cuerpo de agua y la cantidad de Oxígeno necesaria para su descomposición, también llamada demanda biológica de Oxígeno.

4.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de Oxígeno diatómico por litro (mg O2/l). Aunque este método pretende medir exclusivamente la concentración de materia orgánica, puede sufrir interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...).

La DQO está en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, etc. Por eso, la obtención de los resultados y su interpretación no serán satisfactorias más que en condiciones metodológicas bien definidas y estrictamente respetadas.

4.6. Nitrógeno total

El nitrógeno total es la suma del nitrógeno amoniacal y orgánico presentes en la muestra, conocido como Nitrógeno kjeldahl. El nitrógeno se presenta en diferentes formas químicas, en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (Nitrógeno total kjeldahl) que incluye el Nitrógeno orgánico y el amoniacal, el contenido de nitritos y nitratos se determina por separado.

Las moléculas de nitrógeno se encuentran principalmente en el agua, aire y suelo. El nitrógeno es emitido extensamente por las industrias, incrementando los suministros de nitritos y nitratos en el suelo y en el agua, como consecuencia de las reacciones que tiene lugar en el ciclo del nitrógeno.

Nitrógeno amoniacal: El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua, puesto que es parte del ciclo del Nitrógeno y se ve influenciado por la actividad biológica. Es el producto natural de la descomposición de compuestos orgánicos nitrogenados. Los iones de amonio tienen una escasa acción tóxica por sí sola, pero su existencia, aún en bajas concentraciones, puede significar un alto contenido de bacterias fecales, patógenas, etc. La formación de amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo esta, la primera etapa del proceso de naturaleza inorgánica. Su concentración máxima en agua potable de consumo público es 0,5 mg/l. En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH.

Tiene procedencia en las aguas residuales industriales, las aguas lluvias, tras un periodo de sequía, y en las zonas industriales; en aguas residuales agrícolas (excrementos de animales, basuras, fertilizantes). En la descomposición de productos nitrogenados orgánicos en el suelo, incluso en la putrefacción de plantas. Algunos de sus efectos es que dificulta la cloración. Altera el cobre (conducción) por la formación de complejos solubles, y da colores extraños por la formación de complejos.

Nitratos: El nitrato se encuentra solo en pequeñas cantidades en las aguas residuales domésticas, pero, en el diluyente de las plantas de tratamiento biológico desnitrificante, el nitrato puede encontrarse en concentraciones de hasta 30 mg/l. El nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos, ha sido identificado como determinante en el crecimiento de estos. una alta concentración de nitritos, es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados, principalmente, porque los niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o la “enfermedad de los bebes azules”. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebes no son peligrosos para niños y adultos, si indica la presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas.

Nitritos: El nitrito, considerado como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno, puede estar en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. En aguas superficiales las huellas de nitritos indican contaminación. También se puede producir los nitritos en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua, como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal.

El nitrito es un agente etiológico potencial de la metahemoglobinemia. El ácido nitros, que se forma de nitritos en disolución ácida, puede reaccionar con aminas secundarias para formar nitrosamidas, muchas de las cuales son conocidas por ser potentes agentes carcinogénicos. El Nitrógeno de nitritos rara vez aparece en concentraciones mayores a 1 mg/l, aún en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. Su concentración en aguas superficiales y subterráneas es, normalmente más baja, de 0.1 mg/l. Debido a que el Nitrógeno es nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y el control de descargas al ambiente.

4.7. Fósforo total

El fosforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, como fosfatos. Estos se clasifican como fosfatos condensados, ortofosfatos y compuestos organofosforados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc. El Fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de agua puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos, en cantidades nocivas. Los fosfatos son sustancias solubles en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo; pero si se encuentran en cantidad excesiva, inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos, provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microrganismos, se agota el Oxígeno (del agua), y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es agua maloliente e inutilizable.

4.8. Grasas y aceites

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos, constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como hidrocarburos del petróleo: las principales fuentes de aportadoras de grasa y aceites son:

los usos domésticos, los talleres automotrices y los motores, la industria del petróleo. Los mataderos de animales, las procesadoras de carnes y embutidos y la industria cosmética. La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica, sino, un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extraíble con hexano. En la calidad del agua residual doméstica, se considera que la concentración de grasas es baja cuando es de 50 mg/l y se considera elevada cuando es mayor de 150 mg/l.

El hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles en ella, hacen que se difundan en la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasa y aceites puedan cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la re- oxigenación a través de la interface aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando así la actividad fotosintética y, en consecuencia, la producción interna de Oxígeno disuelto. Encarecen los sistemas de tratamiento de agua, y en algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos.

4.9. Sustancia activa al azul de metileno (SAAM) Detergentes

Es la adsorción en carbón activado, donde los tensoactivos entran en las aguas limpias y residuales, principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado doméstico e industrial de ropa y otras operaciones de limpieza. Un tensoactiva combina en una sola molécula, a un grupo hidrófobo con un hidrófilo. Dichas moléculas tienden a congregarse en interfaces, entre el medio acuoso y las otras fases del sistema como, aire, líquidos oleosos y partículas, impartiendo, por tanto, propiedades tales como: formación de espuma, emulsificación y suspensión de partículas.

La mayoría de los tensoactivos presentes en las aguas residuales domésticas, se combinan con cantidades proporcionales de las partículas adsorbidas. En las aguas, la concentración de tensoactivos suele ser inferior de 0.1mg/l, pero si esta fuera mayor de 0,5 mg/l, se corre mayor riesgo (excepto en las proximidades de una desembocadura u otra fuente de entrada puntual). Un alto contenido de detergentes en el agua puede provocar la formación de espuma, toxicidad para la vida acuática y el crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos.

4.10. Dureza total

La dureza es la capacidad del agua para precipitar al jabón, por la presencia de sales de los iones de calcio y magnesio. La dureza es la responsable de la formación de incrustaciones en recipientes y tuberías, lo que genera fallas y pérdidas en la eficiencia en diferentes procesos industriales, tales como las unidades de transferencia de calor. El termino dureza se aplicó en principio, por representar al agua que era difícil (dura) lavar y se refiere al consumo de jabón para esto. En la mayoría de las aguas alcalinas, esta necesidad de jabón está directamente relacionada con el contenido de calcio y magnesio. La reducción de la dureza puede hacerse por métodos simples (cal, zeolitas, cal-resinas)

4.11. Alcalinidad Total

La alcalinidad del agua se puede definir como una medida de su capacidad para neutralizar ácidos1 En las aguas naturales, esta propiedad se debe principalmente a la presencia de ciertas sales de ácidos débiles, aunque también puede contribuir la presencia de bases débiles y fuertes. En general, en las aguas naturales, los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad son los bicarbonatos, puesto que se forman fácilmente por la acción del dióxido de carbono atmosférico sobre los materiales constitutivos de los suelos en presencia de agua. Es decir que las aguas adquieren su alcalinidad por medio de la disolución de minerales básicos carbonatados, los que además aportan al medio sus cationes mayoritarios, como Ca^{2+}, Mg^{2+},Na^{+} y K^{+}.

Los silicatos suelen también hacer una contribución significativa a la alcalinidad total de las aguas naturales, debiendo su presencia esencialmente a la meteorización de feldespatos. Por otra parte, otros aniones mayoritarios existentes en las aguas naturales (con excepción de carbonatos y bicarbonatos) provenientes de la disolución de sales minerales como los sulfatos y cloruros apenas tienen incidencia en la alcalinidad total. En general podría decirse que en promedio el 80 % de la alcalinidad de un agua natural proviene de la disolución de rocas carbonatadas, en tanto que el 20 % restante se origina por la meteorización de alumino-silicatos (o feldespatos).

Una consecuencia de la presencia de un cierto grado de alcalinidad en el agua se refleja en la capacidad de la misma de mantener su pH relativamente estable ante el agregado de un ácido, lo que es conocido como efecto tampón o buffer. La determinación de la alcalinidad reviste suma importancia en los procesos de potabilización del agua ya que la eficiencia del proceso de coagulación depende fuertemente de este parámetro; asimismo, en el antiguo proceso de ablandamiento químico del agua la medida de la alcalinidad es fundamental para determinar las cantidades necesarias de cal y carbonato de sodio para lograr la precipitación de las sales de calcio y magnesio. En la calidad del agua residual doméstica, la concentración va desde 50 mg/l y se considera elevada a partir de 200 mg/l.

5. CARÁCTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

5.1. Huevos de helminto

Los huevos de helmintos (HH), específicamente, son los de mayor riesgo de trasmisión, por su resistencia a los tratamientos convencionales y a sus largos periodos de supervivencia en el ambiente. Los huevos de helminto son un grupo de organismos que incluye a los nematodos, trematodos y cestodos. Aunque los parásitos de Helminto no son estudiados generalmente por los microbiólogos, su presencia en aguas residuales es no obstante de gran preocupación con respecto a la salud humana. El huevo constituye la etapa contagiosa de los parásitos de Helminto; son excretados en las heces y se extienden a las aguas residuales, en el suelo o en los alimentos. El huevo es muy resistente a las tensiones ambientales y a la desinfección con cloro en la planta de tratamiento de aguas residuales.

5.2. Coliformes fecales y coliformes totales

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Coliforme significa con forma de Coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia Coli.* El grupo contempla a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: ser aerobias o anaerobias facultativas; ser Bacilos Gram negativos; no ser esporógenas; fermentar la lactosa a 37 °C en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas.

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre. Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter, Klebsiella y Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia Coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β-glucuronidasa. *E. Coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de *E. Coli*, puede haber microorganismos ambientales. La *Escherichia Coli*, también conocida por la abreviación de su nombre, *E. Coli*, es quizás el organismo procariota más estudiado por el ser humano. Se trata de una enterobacteria que se encuentra generalmente en los intestinos animales, y por ende en las aguas negras, pero se lo puede encontrar en todos lados, dado que es un organismo ubicuo. Fue descrita por primera vez en 1885 por Theodore Von Escherich, bacteriólogo alemán, quien la denominó *Bacterium Coli*. Posteriormente la taxonomía le adjudicó el nombre de *Escherichia Coli*, en honor a su descubridor.

Esta y otras bacterias son necesarias para el funcionamiento correcto del proceso digestivo, además de producir las vitaminas B y K. Es un bacilo que reacciona negativamente a la tinción de Gram (gramnegativo), es anaerobio facultativo, móvil por flagelos peritricos (que rodean su cuerpo), no forma esporas, es capaz de fermentar la glucosa y la lactosa.

6. CALIDADES DEL AGUA RESIDUAL ESPERADA

Los componentes contenidos en las aguas residuales dependen del tipo de sistema de recolección empleado, por lo que el tipo de aguas residuales puede clasificarse como sigue:

- Domésticas: aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

- Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

- Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de agua de lluvia.

- Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otro escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

6.1. Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales vertidas pueden ser clasificadas de acuerdo a la presencia de contaminantes provenientes de actividades industriales; compuestas orgánicas, cantidad de materia orgánica, metales pesados, ácidos y bases, entre otros. Tomando en cuenta el grado de influencia industrial presente en las descargas, Metcalf & Eddy (1995), clasificó las aguas residuales según la concentración de contaminantes como se presenta en el cuadro 1-3, para determinar las cargas contaminantes y la eficiencia del sistema de tratamiento.

Cuadro 1- 3. Clasificación de aguas residuales de acuerdo a la concentración de sustancias contaminantes

UNIDADES	UNIDAD	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO3)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	N°/100 ml	107 - 109	107 - 108	106 - 107
Compuestos orgánicos volátiles	g/l	>400	100 – 400	<100

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

6.2. Composición de lodos crudos generados por las aguas residuales

Las características de los lodos son variables, puesto que dichas características dependen de su origen y los tipos de procesos a los cuales están sujetos (ver cuadro 1-4).

Cuadro 1- 4. Composición química de lodos

UNIDADES	UNIDAD	FUERTE	MEDIA
Sólidos Totales	%	2.0 -8.0	5.0
Sólidos volátiles	%	60 - 80	65
Grasas y aceites	%		
Solubles en éter		6 - 30	
Extraíbles con éter	mg/l	7 - 35	160
Proteínas (% ST)	%	20-30	25
Nitrógeno	%	1.5-4.0	2.5
Fósforo (total en la forma P)	%	0.8-2.8	1.6
Celulosa	%	8.0-15.0	
Sílice	%	15.0- 20.0	
Hierro	%	5.0 – 8.0	2.5
pH		5.0 – 8.0	6.0
Alcalinidad (como CaCO3)	mg/l	500-1000	600
Ácidos orgánicos	mg/l	200-2000	500
Contenido de energía	Kl/kgl	23.000-29.000	25.500

Fuente: Metcalf & Eddy (1995).

Los coliformes totales y los coliformes fecales, son considerados como organismos indicadores del grado de contaminación biológica. Los organismos indicadores nos permiten evaluar el grado en que ha sido contaminado el lodo, por la presencia de heces fecales. Un lodo biológico procedente de un proceso primario contiene alrededor de 1,2 *108NMP/100 ml de coliformes totales y 2.0 *107NMP/100 ml de coliformes fecales.

Otro parámetro que caracteriza las aportaciones nocivas de un lodo, son los parásitos. Dentro de este rubro, se distinguen los quistes o huevecillos, áscaris, trichuris y toxocora, que se encuentran presentes en los lodos en las concentraciones de 2.1 * 102, 0.72, 1.0 * 10-2 y 2.4* 10 -1 parásitos por litro respectivamente.

7. VERIFICACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES

7.1. Verificación de datos de calidad

Existen relaciones entre los parámetros de calidad, mismos que proporcionan una idea de los valores que se deben de obtener en los resultados de laboratorio. La comparación entre datos puede proporcionar información sobre la adecuada determinación de los parámetros en laboratorio.

7.1.1. Relación entre conductividad eléctrica y SDT

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la cantidad de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia de concentraciones relativas, así como la temperatura de medición. Existe una relación entre sólidos suspendidos totales y la conductividad, la relación (C) puede variar entre 0,55 a 0,9.

$$0{,}55 \leq \frac{SDT}{CE} \leq 0{,}9$$

7.1.2. Relación entre DBO5 y DQO

Si la relación entre la DBO total y la DQO total es mayor a 0,6, se puede concluir que es agua que tiene influencia doméstica, y si es menor a 0,6 el agua tiene influencia industrial

$$\frac{DBO\ T}{DQO\ T} \geq 0{,}6$$

7.1.3. Relación entre SVT y DBO5

Existe una relación entre los SVT y la DBO total. La relación se aplica para determinar si los parámetros obtenidos en el laboratorio están dentro de los valores promedios.

$$\frac{SVT}{DBO\ T} \leq 0{,}7$$

7.1.4. Relación entre DBO5, N y P

Se considera que la relación óptima entre estos parámetros, para el desarrollo de un proceso biológico es 100:5:1 Por otra parte, existen índices cuya determinación permite conocer el grado de corrosividad o incrustación que presenta el agua.

8. MONITOREO DEL VERTIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

8.1. Alcance

En este capítulo se establece el procedimiento que debe seguirse para el monitoreo del vertimiento y la caracterización de las aguas residuales. El sistema de tratamiento se clasifica en un nivel de complejidad medio de acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico (RAS – 2000). El vertimiento originado por la PTAR es puntual de origen doméstico, proveniente del Centro Poblado Tobia Chica, el vertimiento se debe realizar a un punto fijo situado sobre el río Tobia a través de un emisario final. El programa de monitoreo implementado para caracterizar los vertimientos puntuales que reciben las descargas de agua residual doméstica tiene que ver con la necesidad de verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente y como éste se ve afectado por el vertimiento de contaminantes originados por actividades humanas y con la estimación de los flujos de contaminantes y nutrientes vertidos a las fuentes de agua.

El programa de monitoreo implementada combina múltiples objetivos y la información se utiliza para varios propósitos como son:

- Detectar los signos de deterioro en la calidad del agua
- Identificar las áreas contaminadas
- Determinar la extensión e intensidad del efecto del vertimiento
- Identificar los cuerpos de agua que no cumplan con la normatividad establecida
- Establecer un programa de control de la contaminación del agua
- Estimar la carga contaminante generada, recolectada, transportada y tratada.
- Desarrollar normatividad relativa a cantidad y calidad del vertimiento

- Evaluar la efectividad de la gestión en el manejo de la calidad del agua
- Predecir variaciones en la calidad del agua.

Para la caracterización de las aguas residuales se tienen los parámetros que se deben controlar en campo a fin de mantener la eficiencia del sistema y los parámetros que requieran de acuerdo al permiso de vertimientos expedido por la Autoridad Ambiental. Como medida rutinaria se deben realizar los siguientes controles

- Medición de caudal
- Temperatura
- pH
- Control de DBO, SST
- Oxígeno disuelto
- Nitrógeno y fósforo
- Sedimentabilidad y lodos

8.1. Medición de caudal

Alcance de la actividad a desarrollar: Para la medición de caudal al ingreso del sistema de tratamiento se instalaron vertederos, en el vertimiento se recomienda utilizar el método volumétrico

Descripción general de la actividad: Determinar el caudal de agua residual que ingresa a la PTAR, es fundamental para el dimensionamiento del sistema de tratamiento y la determinación de los efectos sobre el medio ambiente; debe adoptarse la forma más sencilla de aforar; claro sin olvidar que los datos obtenidos deben ser confiables. Los métodos más empleados son:

- Medición volumétrica manual.
- Vertederos.
- Velocidad área.

En este caso se utiliza el método por vertederos

Requisitos: Se debe controlar en el sitio de ubicación de los vertederos, que estén limpios y las reglas de aforo debidamente calibradas

Equipos y materiales: Para el aforo de caudal de los vertimientos, se utiliza la regleta de aforo de cada uno de los vertederos

Seguridad: Es responsabilidad del operario observar las reglas generales y particulares de higiene y seguridad, aplicables a las operaciones de muestreo y el manejo de materiales especificados.

Desarrollo de la actividad: El procedimiento a seguir es tomar tres datos con intervalos de 20 minutos cada uno en la regla de aforo y proceder a sacar un promedio de los datos

Manejo de residuos: No se generan residuos de la prueba

8.2. Toma de muestras

Alcance de la actividad a desarrollar: Determinar la calidad de las aguas residuales

Descripción general de la actividad: Las muestras se clasifican en:

Muestras simples: Sólo representa la composición del agua para ese tiempo y lugar específicos. Dicha muestra puede ser representativa de espacios y tiempos mayores si se sabe con anterioridad que la composición es constante en el tiempo y que no existen gradientes de concentración espaciales. Estas muestras simples se recolectaron para análisis de parámetros en campo como son Oxígeno disuelto, pH, temperatura y coliformes.

Muestras compuestas: Las muestras compuestas son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

Muestra integrada: consisten en el análisis de muestras instantáneas tomadas en diferentes puntos simultáneamente o tan cerca como sea posible. La integración debe hacerse de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra. Las muestras integradas deben usarse en alguno o varios de los siguientes casos:

- Caracterizar el caudal de un río, el cual varía su composición a lo largo de su trayecto y su ancho. Se toman varias muestras para diferentes puntos de sección transversal y se mezclan en proporción a los flujos relativos para cada sección.
- Tratamientos combinados para diferentes corrientes de aguas residuales separadas.
- Cálculo de las cargas (kg/d) de las sustancias contaminantes en la corriente de agua.

Requisitos: Se debe seguir las condiciones establecidas en el Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales del IDEAM.

8.3. Temperatura

Alcance de la actividad a desarrollar: Este método de prueba es aplicable para todas las muestras recolectadas en la PTAR. El principio se basa en las propiedades de la materia para dilatarse o contraerse con los cambios de temperatura, y las propiedades eléctricas y físicas con las que se realizara la medición.

Descripción general de la actividad: El método consiste en usar instrumentos de medición directa, o instrumentos que indican expansiones o fuerzas proporcionales de cambios de temperatura, en aguas residuales y tratadas, con incertidumbre estimada de ±0,2°C, en el intervalo comprendido entre 0°c y 80°C.

Requisitos: Asegurarse que los termómetros sean de mercurio en vidrio, con graduaciones de 0,1°C, en un intervalo que abarque por lo menos desde --1°C hasta 101°C, y de buena calidad de fabricación.

- Se recomienda tomar la temperatura enseguida de tomar la muestra.

Condiciones preoperatorias: No aplica

Equipos y materiales: Termómetro digital

Seguridad: Es responsabilidad del operario observar las reglas generales y particulares de higiene y seguridad, aplicables a las operaciones de muestreo y el manejo de materiales especificados.

Desarrollo de la actividad

NO.	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	PUNTOS DE CONTROL
1	Siempre que sea posible se debe desarrollar la actividad directamente en el cuerpo de aguas; se debe tomar en un volumen suficiente de muestra tal, que el instrumento quede debidamente inmerso	Esperar el tiempo suficiente para tomar mediciones constantes
2	Enjuagar con agua destilada el equipo de medición	

3	Las lecturas se obtienen directamente de la escala del equipo	Se toman en °C con aproximaciones a la décima de grado
4	Determinación de la temperatura en aguas residuales, cuando se requiere tomar muestra.	Debe determinarse en el punto de la descarga o en el punto accesible del conducto más próximo a la descarga

Manejo de residuo: En la prueba realizada en campo, después de efectuar la determinación, la muestra que se haya tomado se regresa al cuerpo de agua muestreado.

Cálculos: Las lecturas de temperaturas obtenidas con el termómetro de usos rutinario, deben corregirse por los valores de error obtenidos de la calibración, y, si el termómetro es de mercurio para inmersión total, deben efectuarse, además, las correcciones por efecto de la columna emergente, si la magnitud de la corrección calculada rebasa media graduación del termómetro. Calcular el promedio después de tres lecturas después de la calibración. Los resultados obtenidos se expresan en grados Celsius (°C) por redondeo del valor promedio, con aproximaciones al décimo de grados Celsius.

8.4. pH

Alcance de la actividad a desarrollar: El método aplica para todas las muestras simples tomadas en la PTAR.

Descripción general de la actividad: Determinar el pH de una muestra simple de agua, mediante método directo con electrodo o mediante el uso de tiras reactivas.

Requisitos: En caso de utilizar electrodo asegurarse de que se encuentre calibrado.

Condiciones preoperatorias: No aplica

Equipos y materiales:

a) Método directo:

- Agua destilada
- Vaso de precipitado de 300 ml
-

b) Tiras reactivas

- Tiras de pH
- Escala de Ph
- Vaso de precipitado de 300 ml

Seguridad: Considerar los lineamientos establecidos en el capítulo de "Seguridad e Higiene"

Desarrollo de la actividad:

a) Método directo

PASO NO	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	EQUIPO
1	Preparar el electrodo y conectarlo al medidor digital	
2	Encender el medidor y seleccionar la opción para medir PH	
3	Enjuagar el electrodo antes de cualquier medición	
5	Introducir el electrodo en la muestra de agua, oprimir el botón de lectura, agitar el electrodo, de suave a moderadamente, para agilizar la lectura y esperar a que la pantalla se estabilice y anotar la medida	

b) Método de tiras reactivas

PASO NO	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	EQUIPO
1	Preparar el agua en un vaso breaker de 20 o 50 ml	
2	Sumergir la tira reactiva en el recipiente que contiene la muestra de agua	
3	Sacar la tira reactiva y comparar con la escala de valores de pH	

5	Identificar la coloración de la escala que más se asemeje a la coloración de la tira reactiva y anotar el resultado	

Manejo de residuos: En el método de tiras reactivas se debe disponer de estas de acuerdo con el plan de manejo de residuos sólidos.

8.5. Determinación del Oxígeno disuelto en el agua

Alcance de la actividad a desarrollar: El método aplica para todas las muestras simples tomadas en la PTAR.

Descripción general de la actividad: Determinar la cantidad de Oxígeno disuelto (mg O2/L), presente en una muestra simple de agua mediante el método directo (medidor de oxígeno disuelto).

Requisitos: En caso de que se utilice el medidor de oxígeno disuelto, asegurarse de que este se encuentre debidamente calibrado.

Equipos y materiales:

- Electrodo
- Medidor de oxígeno disuelto

Seguridad: Considerar los lineamientos establecidos en el capítulo de “Seguridad e Higiene”

Desarrollo de la actividad:

PASO NO	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	EQUIPO
1	Calibrar el equipo conforme lo establecido por el proveedor. Preparar el electrodo y conectarlo al medidor digital	
2	Sumergir el electrodo en la muestra y moverlo de arriba abajo hasta que no se observe burbujas en el electrodo.	
3	Presionar el botón "Read" y esperar a que el medidor muestre el resultado en la pantalla.	
5	Enjuagar con agua perfectamente limpia el electrodo una vez se haya terminado el análisis	

Manejo de residuos: En la prueba realizada en campo, después de efectuar la determinación, la muestra que se haya tomado se regresa al cuerpo de agua muestreado.

8.6. Determinación de solidos sedimentables o prueba de sedimentación

Alcance de la actividad a desarrollar: Es una medida de la cantidad de sólidos que pueden ser eliminados en el tratamiento de un reactor de lodos activados

Descripción general de la actividad: El análisis de sólidos sedimentables presente en una muestra de agua indica la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado.

Condiciones preoperatorias: No aplica

Equipos y materiales:

- Cono de Imhoff de 1 L y graduado en ml.
- Soporte para el cono.
- Varilla.

Seguridad: Considerar los lineamientos establecidos en el capítulo de "Seguridad e Higiene"

Desarrollo de la actividad:

PASO NO	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	EQUIPO
1	Colocarse el equipo de protección	
2	Con el cono Imhoff tomar una muestra del licor del reactor hasta la marca de 1 litro del cono	
3	Colocar el cono Imhoff en su base y dejarlo reposar durante 30 minutos.	
5	Transcurridos los 30 minutos, se remueve suavemente las paredes con una varilla para facilitar la sedimentación de los sólidos adheridos a las paredes del mismo	
6	Mantener en reposo 15 minutos y registrar el volumen de sólidos s e d i me n t a d o s e n e l c o n o e n m l / l	

Manejo de residuos: En la prueba realizada en campo, después de efectuar la determinación, la muestra que se haya tomado se regresa al cuerpo de agua muestreado.

9. PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

9.1. Composición y características de las aguas residuales

9.1.1. Aguas residuales

A las aguas residuales también se les llama **aguas servidas**, **fecales** o **cloacales**. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín*cloaca*, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. El término **aguas negras** también es equivalente debido a la coloración oscura que presentan.

Las cuatro fuentes de aguas residuales son: Aguas domesticas o urbanas, aguas residuales industriales, aguas de usos agrícolas y a aguas pluviales. Aunque la mayor parte de las aguas servidas (cerca del 90%) provienen del uso doméstico e industrial, las de usos agrícolas y pluviales urbanas están adquiriendo cada día mayor importancia, debido a que los escurrimientos de fertilizantes (fosfatos) y pesticidas representan los principales causantes del envejecimiento de lagos y pantanos proceso llamado eutroficación.

9.1.2. Características de las aguas residuales

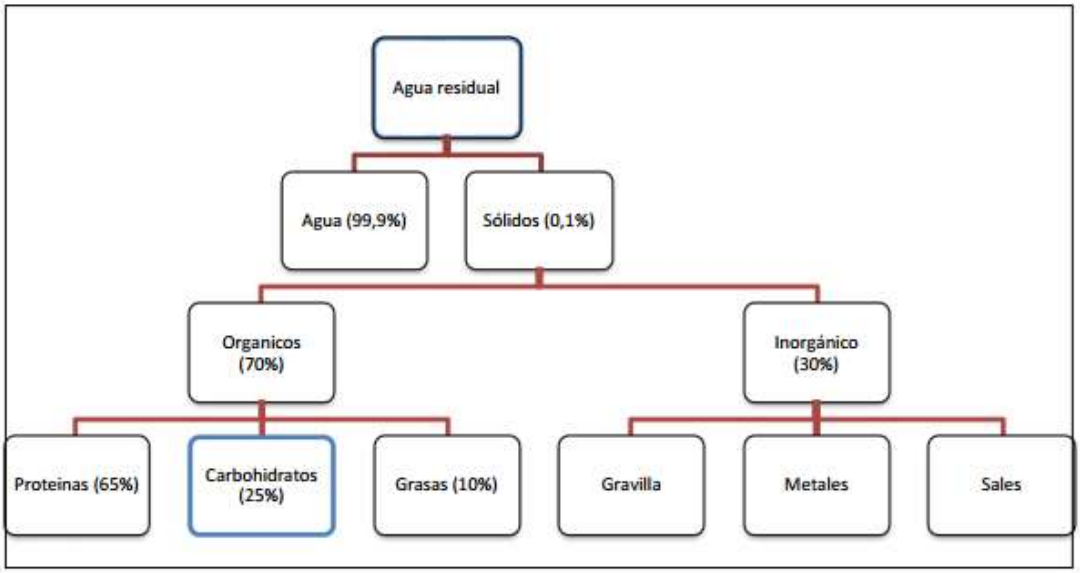
El agua residual fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro. La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20 °C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones.

9.1.3. Composición de las aguas residuales

Las aguas servidas están formadas por un 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y solución como se presenta en el gráfico 1. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos.

- Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por Nitrógeno, Fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como Arsénico, Cianuro, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio, Plomo y Zinc.
- Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir, los que contienen Nitrógeno en su molécula son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones.
- La concentración de materiales orgánicos en el agua se determina a través de la DBO5, la cual mide material orgánico carbonáceo principalmente, mientras que la DBO_{20} mide material orgánico carbonáceo y nitrogenado.

Figura 1- 1. Composición del agua residual doméstica

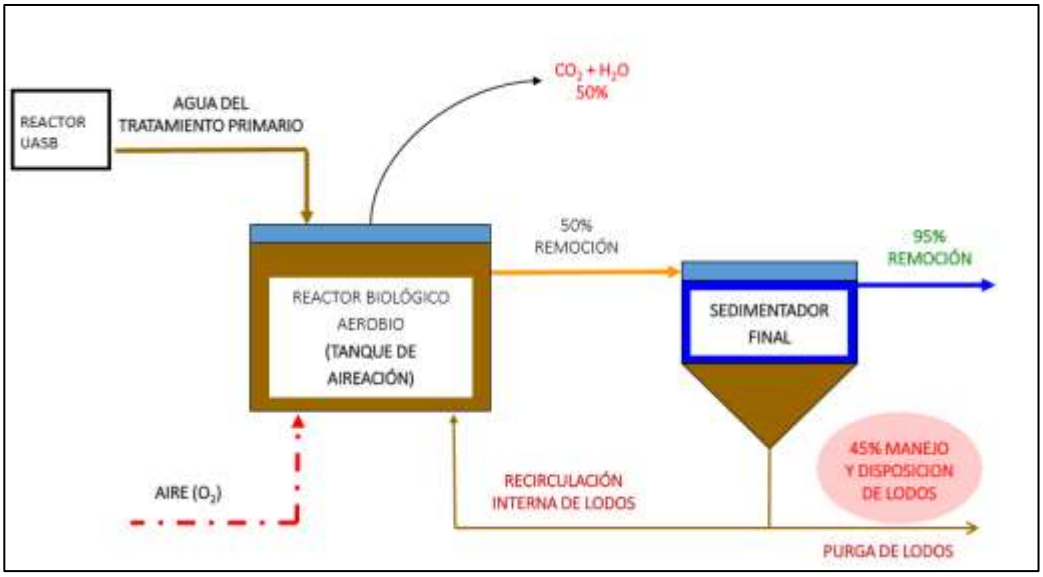


Fuente: Romero, J., J. (2002)

9.2. Esquema de tratamiento de la PTAR domésticas

La figura 1-2 presenta el esquema de tratamiento proyectado en la PTAR para el área del Centro Poblado Tobia Chica.

Figura 1- 2. Esquema de tratamiento PTAR doméstica



Fuente: Presente estudio

9.3. Diagrama de flujo de procesos y balance de masas de cargas contaminantes en el sistema de tratamiento

La figura 1-2 presenta el diagrama de flujo de procesos y el balance de masas de cargas contaminantes del sistema de tratamiento seleccionado para el manejo de aguas residuales domésticas del área del Centro Poblado Tobia Chica.

9.4. Procesos de tratamientos

Aliviadero de crecidas: Una vez establecido el caudal de diseño del sistema centralizado escogido, se hace necesaria la construcción de aliviaderos de crecidas calculados para alcanzar un grado de dilución deseados.

Pretratamientos: Con el pretratamiento se pretende separar del agua residual, tanto por operaciones físicas naturales como por operaciones mecánicas, la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos, sellado de superficie, toxicidad para la microbiota, etc.).

Tratamiento primario: En el tratamiento primario para la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica es un reactor UASB Conocido también como UASB (por sus siglas en inglés: *Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket*) y, en español como RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente), es un tanque cerrado que tiene dos zonas características: la de digestión (en la parte baja) y la de sedimentación (en la parte superior).

Tratamiento secundario: Tiene como objetivo eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica seguido de sedimentación. Este proceso biológico es un proceso natural controlado en el cual participan los microorganismos presentes en el agua residual, y que se desarrollan en un reactor o cuba de aireación, más los que se desarrollan, en menor medida en el decantador secundario. Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión y estado coloidal produciendo en su degradación anhídrido carbónico y agua, originándose una biomasa bacteriana que precipita en el decantador secundario. Así, el agua queda limpia a cambio de producirse unos lodos para los que hay que buscar un medio de eliminarlos.

El objetivo de un tratamiento secundario es remover la DBO soluble que escapa de un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos suspendidos. Estas remociones se efectúan fundamentalmente por medio de procesos biológicos. Los microorganismos del reactor aireado pueden estar en suspensión en el agua (procesos de crecimiento suspendido o lodos activados), adheridos a un medio de suspensión (procesos de crecimiento adherido) o distribuidos en un sistema mixto (procesos de crecimiento mixto).

Los procesos biológicos, o secundarios, se emplean para convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Los procesos biológicos son eficientes en remoción de sustancias orgánicas que presentan tamaño coloidal e inferior. Un tratamiento secundario típico remueve aproximadamente 85% de la DBO y los SS, aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo, metales pesados ni organismos patógenos.

Para el caso de la PTAR doméstica del presente proyecto se utilizó el proceso de crecimiento suspendido por un reactor de lodos activados

Finalmente, en el decantador secundario, hay un flujo tranquilo de agua, de forma que la biomasa, es decir, los flóculos bacterianos producidos en el reactor, sedimentan. El sedimento que se produce y que, como se dijo, está formado fundamentalmente por bacterias, se denomina fango o lodo activo. El sobrenadante del sedimentador es conducido a una cámara de recolección en donde por medio de un vertedero rectangular se recircula el 50% del efluente a la estación de bombeo del filtro percolador y el 50% es conducido por el emisario final al vertimiento ubicado sobre el río Tobia.

Tratamiento de lodos: Los sedimentos que se generan en las etapas primaria y secundaria se denominan lodos. Estos lodos contienen gran cantidad de agua (99%), microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos. La composición de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas se muestra en el cuadro 1-5, observándose que sus características varían en función del proceso que les da origen.

Cuadro 1- 5. Composición de lodos generados de acuerdo al tipo de tratamiento

PARÁMETROS	**LODOS PRIMARIOS**	**LODOS SECUNDARIOS (MEZCLA)**	**LODOS DIGERIDOS**
pH	5.5-6.5	6.5-7.5	6.8-7-6
Contenido de agua (%)	92-96	97.5-98	94-97
SSV (%SS)	70-80	80-90	55-65
Grasas (%SS)	12-14	3-5	4-12
Proteínas (%SS)	4-14	20-30	10-20
Carbohidratos (%SS)	8-10	6-8	5-8

PARÁMETROS	LODOS PRIMARIOS	LODOS SECUNDARIOS (MEZCLA)	LODOS DIGERIDOS
Nitrógeno (%SS)	2-5	1-6	3-7
Fósforo (%SS)	0.5-1.5	1.5-2.5	0.5-1.5
Bacterias patógenas	103-105	100-1000	10-100
Metales pesados	0.2-2	0.2-2	0.2-2

Fuente: Romero, J., J. (2002

Tipos de lodos: Lodo primario: El lodo primario es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. Esto ocurre después de las pantallas y desarenado y consiste en productos no disueltos de las aguas residuales. La composición del lodo depende de las características del área de recogida de las aguas. Generalmente contiene una gran cantidad de material orgánica, vegetales, frutas, papel, etc. en un estadio inicial de descomposición. La consistencia se caracteriza por ser un fluido denso con un porcentaje en agua que varía entre 92 % y 96 %. El contenido de agua es función también de la dotación de agua potable que se distribuye en el barrio o ciudad.

Lodo secundario: en el proceso de tratamiento, es conveniente alcanzar una vida del lodo constante, para lograrlo, la biomasa en exceso debe de eliminarse de la planta biológica de tratamiento de lodo. El lodo secundario es rico en lodo activo.

Lodo terciario: Lodo terciario se produce a través de procesos de tratamiento posteriores, con adición de agentes floculantes.

Lodo activo: La eliminación de la materia orgánica disuelta y los nutrientes de las aguas residuales tiene lugar durante el tratamiento biológico del agua, por un complejo proceso donde interactúan distintos tipos de bacterias y microorganismos, que requieren oxígeno para vivir, crecer y multiplicarse y consumen materia orgánica. El lodo resultante se llama lodo activo. Este lodo, generalmente, está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta además de partes minerales y orgánicas absorbida y almacenada.

El comportamiento de sedimentación de los flóculos de los lodos activos es de gran importancia para el funcionamiento de la planta de tratamiento biológico. Los flóculos deben ser removidos, para separar la biomasa del agua limpia, y el volumen requerido de lodo activo puede ser bombeado de nuevo en el tanque de aireación.

Lodo activo de retorno: El lodo activo de retorno que proviene del tanque de aireación biológica al clarificador final. Los flóculos de lodo activo sedimentan al fondo y pueden separarse del agua limpia residual. La mayoría del lodo

que se lleva de nuevo a tanque de aireación e llama lodo activo de retorno. Fango o lodo digerido: Fango digerido tienen lugar en los procesos de digestión aeróbica. Tiene color negro y olor a tierra. La proporción de materia orgánica está entre el 45% al 60%

Tratamiento de lodos: En la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica, se empleará los siguientes procesos para el tratamiento de los lodos generados en las unidades de tratamiento primario y secundario.

- Lechos de Secado: Consiste en el retiro del agua del lodo reduciendo así su contenido de humedad hasta alcanzar aproximadamente el 85% de humedad. Son comunes las técnicas de secado sobre lechos, filtración al vacío, centrifugación, filtración a presión, vibración sónica o mecánica. Tiene como objetivo el proceso de secado de lodos, reducir los costos de transporte hasta el sitio de disposición final, manejar fácilmente el lodo y aumentar el valor calórico para su incineración.

10. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES, EQUIPOS Y PROCESOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

10.1. Especificaciones generales de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas

10.1.1. Localización del proyecto

El Centro Poblado Tobia Chica del municipio cuenta con una población actual de 661 habitantes (PSMV Centro Poblado Tobia Chica año 2015), los cuales cuentan con servicio de agua potable y alcantarillado, con una cobertura del 92%, el agua residual doméstica es conducida a una planta de tratamiento de aguas residuales situada a menos de 30 metros del centro poblado (ver cuadro 1-6)

Cuadro 1- 6. Población por área de prestación de servicios por descarga sanitaria

Descripción	Vertimiento 1	TOTAL
Área de servicios	92%	100%

Actual	661	718
Corto plazo	776	714
Mediano Plazo	802	872
Largo plazo	975	1050

El área de servicios se proyecta a 25 años igual ya que corresponde a un Centro Poblado, la población incrementa debido a la densidad de viviendas actuales en el Centro Poblado, dado que el proyecto comprende una optimización de unidades se trabaja con una población actual con 100% de cobertura en el sistema de alcantarillado.

10.1.2. Condiciones generales de diseño

Las condiciones generales de diseño de la planta de tratamiento se presentan en el cuadro 1-7.

Cuadro 1- 7. Condiciones hidráulicas y de tratabilidad para la alternativa de tratamiento seleccionada

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES
Población 2019 a 2029	P2019 a 2029	718-1050
Caudal máximo mensual	Q (L/s)	0,92
	Q (m^3/d)	79,48
DBO esperada en efluente	DBO (g/m^3)	42.0
Temperatura del agua en los tanques	T (°C)	13
	T (°k)	286
DBO, Demanda biológica de oxigeno	DBO (mg/l)	295

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES
DBOs, Demanda biológica de oxigeno soluble	DBOs (mg/l)	206.5
DQO, Demanda química de oxigeno	DQO (mg/l)	572
DQOs, Demanda química de oxigeno soluble	DQOs (mg/l)	400.4
DQOrs, Demanda química de oxigeno rápidamente biodegradable	DQOrs (mg/l)	120
SST, Solidos suspendidos totales	SST, (mg/l)	353
SSV, Solidos suspendidos volátiles	SSV (mg/l)	282.4
NKT, nitrógeno Khejdal total	NKT (mg/l)	44.4
NH4-N	NH4-N	25
Pt	Pt	8
Alcalinidad total	Alcalinidad total	100
Relación (DQO_b/DBO)	(DQOb/DBO)	1.6

Fuente: Presente estudio

10.2. Inventario general de unidades y equipos de la PTAR

El cuadro 1-8 presenta un inventario general de las unidades y equipos que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Cuadro 1- 8. Inventario general de unidades que conforman la PTAR Centro Poblado Tobia Chica

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Pozo inspección de inicio	Recolectar y unificar caudales del sistema de alcantarillado	Estructura construida en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Aliviadero	Separar caudal de ingreso a la PTAR y caudal de excesos	Estructura construida en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018

Canal de cribado	Retención de solidos	Estructura construida en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Canal desarenador	Retención de arenas	Estructura construida en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Pozo bombeo PTAR	Bombeo a unidades de tratamiento	Estructura optimizada, se adiciona un equipo de bombeo y una red de descarga en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Reactores UASB	Tratamiento anaerobio	Estructuras existentes
Reactor de lodos activados	Tratamiento aerobio	Estructura optimizada, se aplica epoxipoliamida como impermeabilizantes, se instalan equipos de y redes de aireación, se construye lámina de retención de flotantes en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Sedimentador secundario	Tratamiento final	Estructura optimizada, se construye pasamuros en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018

Cámara de contacto de cloro	Desinfección	Estructura construida, incluye sistema de dosificación de cloro, en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Pozo de recirculación de lodos	Complemento a reactor de lodos activados	Estructura construida, incluye sistema de bombeo de lodos, en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Lechos de secado de lodos	Deshidratación de lodos	Estructura existente
Pozo de inspección final	Confluye agua tratada y excesos para dirigir al emisario final	Estructura construida, en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018
Emisario final	Red que conduce agua tratada al vertimiento sobre el río Tobia	Estructura construida, incluye cabezal de descarga, en desarrollo del contrato de obra No. 001 de 2018

Fuente: Presente estudio

10.3. Descripción del proceso de operación de la planta de tratamiento

La planta de aguas residuales tendrá que funcionar en todos los escenarios incluyendo las condiciones de caudal diurno durante una tormenta, y bajo diferentes condiciones de carga. De acuerdo con ello, la planta de tratamiento de agua residual para el Centro Poblado Tobía Chica propuesta es de tipo modular para tratar las aguas residuales domésticas generadas por los habitantes de la zona, que corresponde a una población estimada de 728 habitantes, que generarán un caudal medio diario de aguas residuales de 0,9 l/s y un caudal máximo mensual de 1,56 l/s.

En el diseño de las obras de entrada del flujo a la planta de tratamiento se han tenido en cuenta no sólo las variaciones de caudal que se presentan normalmente a lo largo de un día típico, sino también las variaciones que ocurren debido al tipo del sistema de alcantarillado que existe que es combinado. La combinación de un tratamiento primario mediante procesos anaerobios seguido de un tratamiento secundario con reactor de lodos activados, se considera la mejor alternativa para el tratamiento de las aguas residuales del Centro Poblado, no solo por la confiabilidad en términos de las eficiencias esperadas, sino también por factores económicos, de operación, mantenimiento, control e impacto ambiental.

Todas las unidades de procesos tendrán un tipo de control manual y algunas como las estaciones de bombeo el proceso será automático, pero el proceso entero requerirá de la operación por un equipo de operadores capacitados, personal de mantenimiento. Además, el personal de apoyo adicional que se requiere para el transporte de los lodos, la seguridad del sitio y otras tareas de día a día. Es importante recordar que debido a que el proceso involucra como tratamiento secundario un reactor de lodos activados que desarrolla procesos aerobios el funcionamiento de la planta debe ser constante, las veinticuatro horas del día sin interrupciones. Los trabajos a ejecutar normalmente durante el día, le llevan una dedicación aproximada de 8 horas/día, como máximo, este tiempo se incrementa cuando se deben realizar operaciones de mantenimiento más profundas.

El proceso general de tratamiento comienza con una estructura de alivio de crecidas inicialmente que permite el mantenimiento de la PTAR o atender eventos de fuerza mayor que requieran cerrar el paso de agua hacia la planta. El aliviadero permite garantizar que no ingrese a la PTAR las aguas de excesos en épocas de lluvias y sean conducidas de forma independiente hacia la red de excesos de caudal. El agua de excesos es conducida desde el aliviadero por una red de diámetro 6 pulgadas para unirse con la red de agua tratada en el pozo de inspección y finalmente conducida hasta el río Tobía a través de una red de 12.

Una vez el caudal de agua residual es controlado por el aliviadero, el afluente ingreso a las estructuras de tratamiento preliminares compuesto por un canal de aproximación y cribado en donde los elementos flotantes como plásticos, trozos de madera y ramas, entre otros, deben ser retirados. El cribado se conoce también como desbaste y se hace, mediante la instalación de una rejilla, este cribado es de tipo manual.

Una vez el agua pasa por el canal de desbaste y se retiran los sólidos de mayor tamaño, el agua se conduce hasta el desarenador en donde se realiza un proceso la separación gravitacional de sólidos minerales (arena), de esta unidad el agua es conducida hacia el pozo de bombeo de la PTAR, de donde es conducida hacia una cámara de división de caudales en donde se divide hacia dos reactores UASB, de donde el agua es conducida al reactor de lodos activados y de hay pasa al sedimentador secundario de donde es conducida por el emisario final hacia el río Tobía.

En el reactor UASB las aguas residuales entran en el reactor por la parte superior es conducida por medio de mangueras hacia la parte inferior del UASB para comenzar el tratamiento de abajo hacia arriba. Pasando por un manto de lodos suspendido, el cual permite la digestión anaerobia del sustrato presente en las aguas residuales, tratándolas al ir atravesándola. La capa de lodos está formada por gránulos (pequeñas agrupaciones) de microbios (0.5 a 2 mm de diámetro), microorganismos que por su propio peso se resisten a ser arrastrados por el flujo ascendente. Los microorganismos en la capa de lodos degradan los compuestos orgánicos. Como resultado se liberan gases (metano y bióxido de Carbono). Las burbujas ascendentes mezclan los lodos sin necesidad de piezas mecánicas. Las paredes inclinadas vuelcan el material que alcanza la superficie del tanque. El efluente clarificado es extraído de la parte superior del tanque en un área por encima de las paredes inclinadas.

Después de varias semanas de uso, se forman gránulos más grandes de lodos que, a su vez, actúan como filtros de partículas más pequeñas al ir subiendo el efluente por la capa de lodos. Dado el régimen ascendente, los organismos que forman los gránulos son acumulados, mientras que los demás son arrastrados por el flujo.

El gas que asciende hacia la superficie es recolectado en un domo y puede ser usado como fuente de energía (biogás). Se debe mantener una velocidad ascendente de 0.6 a 0.9 m/h para mantener la capa de lodos en suspensión.

Una vez se cumple este proceso el efluente es conducido al reactor de lodos activados en donde se llevará a cabo la digestión aeróbica de la carga orgánica. Esta reacción biológica requerirá de la inyección de aire, para lo cual se dispondrá de una batería de difusores de membrana fina, estratégicamente ubicados en el fondo del reactor, alimentados por sopladores capaces de otorgar un caudal máximo de aire.

Luego, el licor mezclado ingresará al sedimentador secundario, el cual permitirá que los lodos mezclados en el reactor decanten y el clarificado o efluente del sedimentador secundario es conducido por el emisario final al río Tobia Los lodos generados en el reactor UASB y en el sedimentador serán enviados a los lechos de secados para realizar el proceso de deshidratación son sacados de forma manual para continuar un proceso de compostaje.

10.4. Condiciones y requerimientos de operación de la PTAR

En el caso de determinadas aguas las proporciones de dichos elementos no están equilibradas, para que pueda darse el desarrollo bacteriano y exista depuración biológica, estas condiciones y los siguientes requerimientos deben tenerse en cuenta en la operación de la PTAR.

10.4.1. Aportación de Oxígeno

Como hemos visto, para el desarrollo de las reacciones biológicas es necesario un medio aerobio, es decir, con Oxígeno suficiente que permita el desarrollo y la respiración de los microorganismos aerobios.

10.4.2. Temperatura

A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad con que los microorganismos degradan la materia orgánica, pero a partir de los 37°C, dichos organismos mueren. Nuestras temperaturas son ideales para el desarrollo óptimo de los procesos de depuración biológica.

10.4.3. Salinidad

El contenido en sales disueltas no suele ser problemático para el desarrollo bacteriano en el proceso de fangos activos hasta concentraciones de 3 a 4 g/L. En los procesos de cultivos fijos (lechos bacterianos), la influencia es aún menor, no afectando valores que no superen los 15 g/L. Sin embargo, existen multitud de grupos bacterianos capaces de vivir en aguas saladas, de forma que, si el sistema de depuración se le da tiempo de adaptación, pueden desarrollarse bastante bien dichos grupos microbianos a concentraciones salinas superiores.

10.4.4. Tóxicos o inhibidores

Existen una serie de sustancias orgánicas e inorgánicas que, a ciertas concentraciones, inhiben o impiden los procesos biológicos. Este tipo de sustancias, entre las que se encuentran los metales pesados, ejercen un efecto perjudicial sobre los microorganismos encargados de depurar el agua y por tanto, no deben de entrar en las plantas depuradoras con el agua residual, o si entran deben de hacerlo en concentraciones muy bajas.

Todos estos factores mencionados son de gran importancia, y deben de ser controlados si queremos obtener un rendimiento eficaz de depuración por parte de los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica del agua residual.

10.4.5. Parámetros de control

Existen una serie de variables que hay que controlar para asegurarnos de que el proceso de fangos activos funciona bien. Entre estas variables se encuentran:

La calidad exigida al efluente: La calidad que las autoridades exijan al agua de salida, va a determinar tanto el funcionamiento del proceso como el control del mismo. Si se requiere un alto grado de tratamiento, el proceso deberá estar muy controlado y probablemente se requiera de un tratamiento adicional. Dicha calidad deberá ser determinada a través de las analíticas realizadas por el laboratorio.

Características del agua residual a tratar: Los caudales y características del afluente, se encuentran fuera del campo de actuación del operador, siendo competencia del laboratorio y de las autoridades municipales que controlan los residuos que se vierten en el sistema colector.

Cantidad de microorganismos activos que se necesitan en el tratamiento: La proporción entre la cantidad de microorganismos activos y el alimento disponible, es un parámetro decisivo en el control del proceso. Si esta proporción no es equilibrada, aparecerán serios problemas en planta. El número de organismos aumenta también al aumentar la carga de materia orgánica (alimento) y el tiempo de permanencia en la cuba de aireación (edad del fango). El operador deberá eliminar el exceso de microorganismos (fangos en exceso o purga de fangos) para mantener el número óptimo de trabajadores para el tratamiento eficaz de las aguas.

Por otra parte, es fundamental proceder a una recirculación de fangos desde el decantador hasta la cuba de aireación, para mantener una concentración de organismos suficiente, ya que si no se irían eliminando y se acabaría con un lavado del tanque. El fango del decantador debe extraerse tan pronto como se forme la manta de fangos, ya que, de permanecer en él, pueden darse fenómenos que hagan que el fango flote. El sistema de bombeo de fangos, por tanto, debe encontrarse en condiciones óptimas para actuar cuando se le necesite. Para conocer la concentración de microorganismos del licor de mezcla y de los fangos de recirculación, se determinará el nivel de sólidos volátiles en ambos.

Nivel de Oxígeno disuelto: El Oxígeno que se aporte a la cuba de aireación debe de ser suficiente para que, los microorganismos puedan respirar y se pueda oxidar la materia orgánica. La relación cantidad de Oxígeno /

cantidad de alimento debe estar regulada y mantenerse estable. Una descompensación en un sentido o en otro, puede dar lugar a una aparición de organismos filamentosos que tienden a flotar en el decantador secundario, alterando totalmente la separación sólido-líquido y tendiendo a ser lavados con el efluente. El nivel de Oxígeno disuelto suele medirse con sensores que dan información inmediata de las cantidades de Oxígeno en cuba, a partir de esta información los sistemas de agitación y de aireación se ponen en marcha o se paran. La agitación debe de estar bien controlada, para que el Oxígeno y el alimento se distribuyan homogéneamente por toda la cuba.

Tiempo de retención: Para que se pueda dar el proceso de oxidación biológica, es necesario que los microorganismos permanezcan un tiempo de contacto suficiente con las aguas residuales. Este tiempo de retención es uno de los parámetros que hay que tener en cuenta para operar las cubas.

Índice volumétrico de lodos: Se define como el volumen en ml ocupado por un gramo de sólidos en suspensión del licor de mezcla, tras una sedimentación de 30 minutos en una probeta de 1000 ml. Por lo tanto, tomamos 1 litro de licor mezcla y lo ponemos a sedimentar durante 30 minutos, apuntamos el volumen que ocupa el fango y hacemos la relación:

IVF = ml sólidos sedimentables * 1000 / ppm de SSLM

Este valor nos da el comportamiento de los fangos en el decantador. Si el valor es menor de 100 implica fangos con desarrollo de organismos que sedimentan bien y por tanto buena separación sólido- líquido. Si el valor es superior, se han desarrollado organismos filamentosos con mala sedimentación, lo que nos lleva a una descompensación en el funcionamiento del sistema.

11. PROCESOS DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

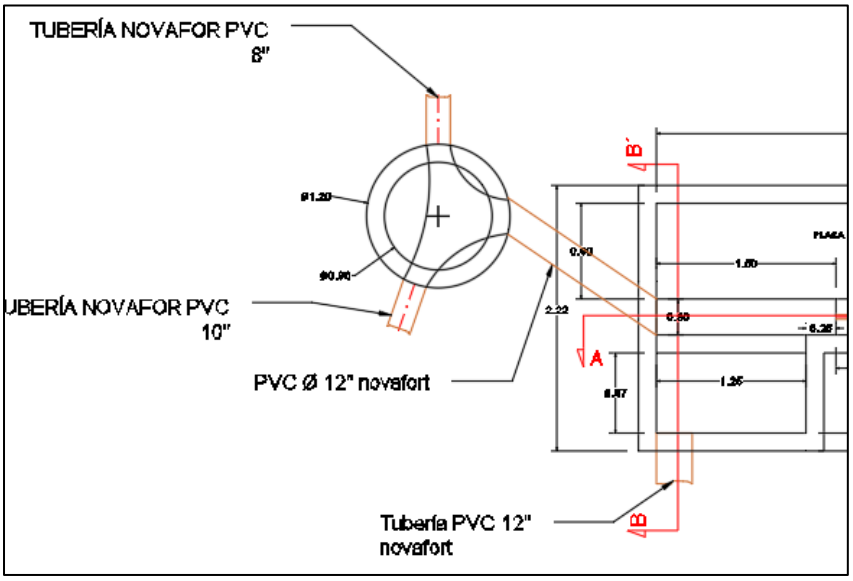
11.1. Aliviadero

El vertedero hidráulico o aliviadero es una estructura hidráulica destinada a propiciar el pase, libre o controlado, del agua hacia la planta de tratamiento de aguas residuales. Para la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica se diseña para un caudal máximo horario de 2,04 l/s, un caudal de excesos de 6,12 l/s. El ingreso del agua a tratar es por tubería Novafort de 12 pulgadas, la red de excesos es igualmente Novafort de 12" y se conduce al pozo de inspección. El sistema de conducción a la siguiente unidad es por orificio. Las tareas de operación a realizar en este canal son de frecuencia diaria y son las siguientes:

- Vigilar el nivel de agua residual diariamente
- Realizar el lavado y limpieza de paredes del canal
- Realizar la remoción de elementos sólidos que puedan interferir el funcionamiento del vertedero
- Verificar que no se presenten obstrucciones en la entrada o salida

- En la unidad se encuentra dispuesto un mecanismo manual que permite el ingreso del agua a la PTAR o dirigirla hacia la red de excesos, para realizar lavados o mantenimientos. El sistema debe permanecer normalmente abierto, en caso de requerirse el operario deberá proceder a quitar poner el dispositivo en el orificio sumergido y realizar los procedimientos que requiera, para volver al estado de funcionamiento normal (figura 1-5)

Figura 1- 3. Esquema aliviadero



Fuente: Presente estudio

Figura 1- 4. Figura operación ingreso agua a la PTAR

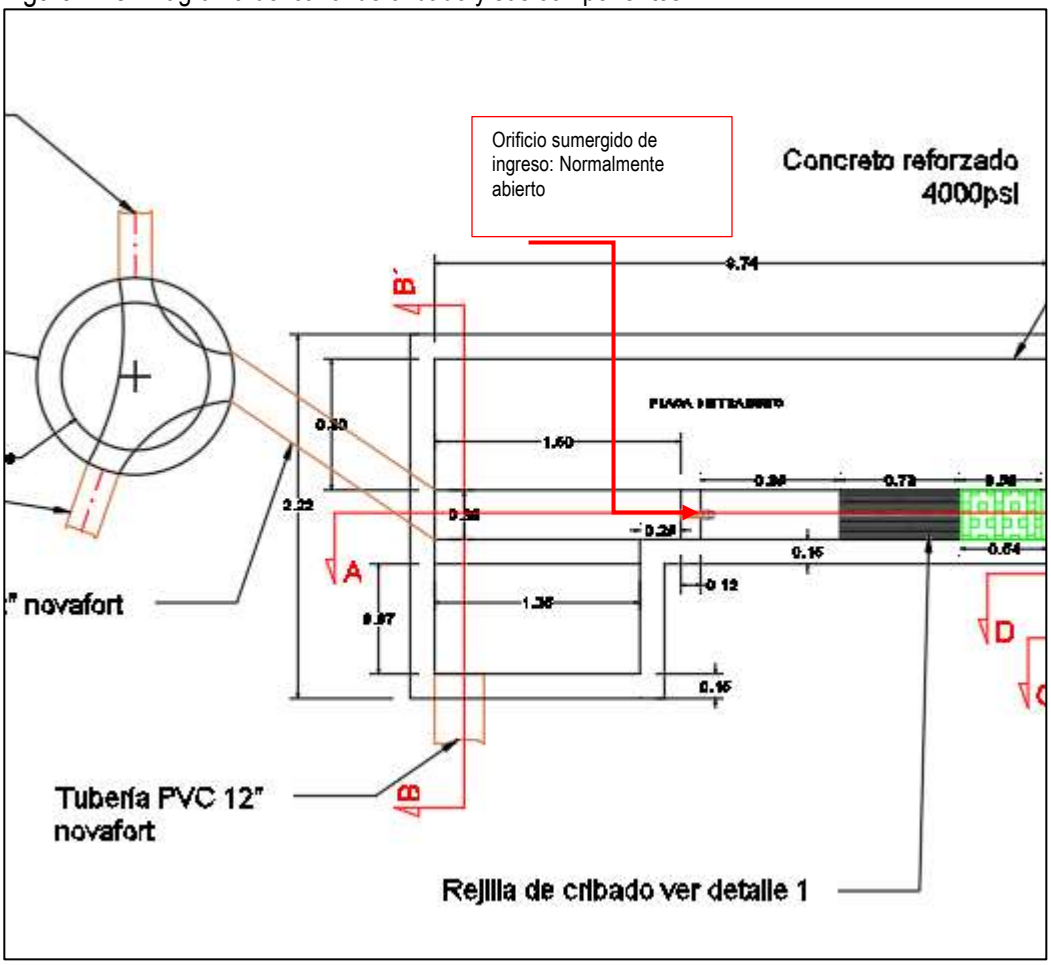
	
Estado de funcionamiento normal	**Estado de funcionamiento para contingencias o mantenimientos**

Fuente: Presente estudio

11.2. Canal de aproximación y cribado

El agua residual se conduce a un canal de cribado en donde existe una reja para retención de sólidos de tipo manual. La figura 1-6 presenta el diagrama del canal de cribado y sus componentes, el cuadro 1-9 presenta las operaciones a realizar en la unidad y la frecuencia.

Figura 1- 5. Diagrama del canal de cribado y sus componentes



Fuente: Presente estudio

Cuadro 1- 9. Operaciones a realizar en la unidad de cribado y frecuencia.

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Canal (paredes y piso)	Canal (paredes y piso)	N.A	Limpieza de paredes y verificar el nivel del agua	Una vez por día

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Orificio sumergido de ingreso	O1	Normalmente abierto	Funcionamiento: Un ciclo de apertura y cierre	Verificar estado mínimo una vez al día
Reja de sólidos	Reja de soólidos	N.A.	Remover sólidos gruesos	Dos veces por día
Canastilla de recolección	Canastilla de recolección	N.A.	Mover y trasladar residuos sólidos a sitio de disposición, lavado	Dos veces por día
Placa de tránsito	Placa de tránsito	N.A.	Barrer, lavar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	N.A.	Limpiar	Una vez al día
Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	N.A.	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día

N.A.: No aplica Fuente: El constructor, 2019



Recolección de sólidos canal de cribado



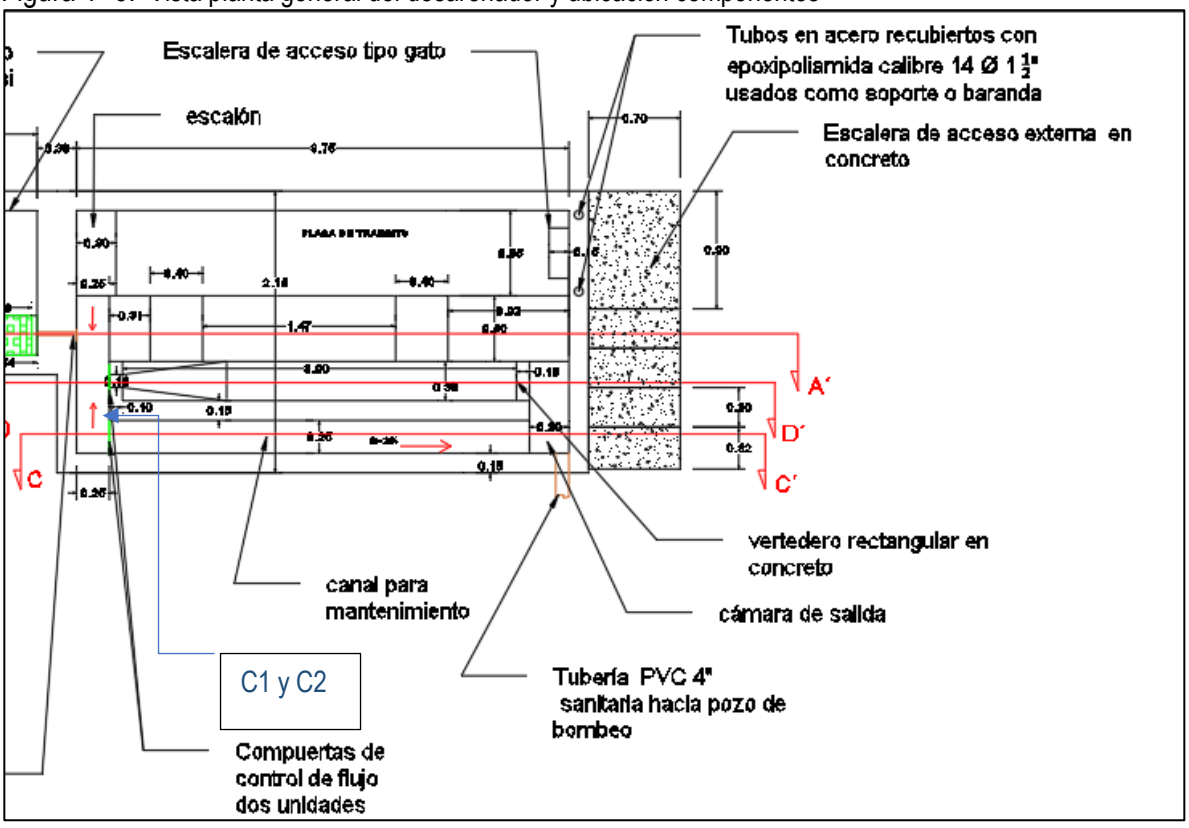
Depósito de sólidos en canastilla de escurrido

11.3. Desarenador

Es una unidad destinada a retener la arena y otros detritos minerales pesados que se encuentran en las aguas residuales domésticas como arena, cáscaras de huevo, guijarros, pedazos de ladrillo, partículas metálicas, carbón, etc. Parte de estos materiales son transportados por el alcantarillado a partir de fenómenos de escorrentía superficial, principalmente en épocas de lluvia.

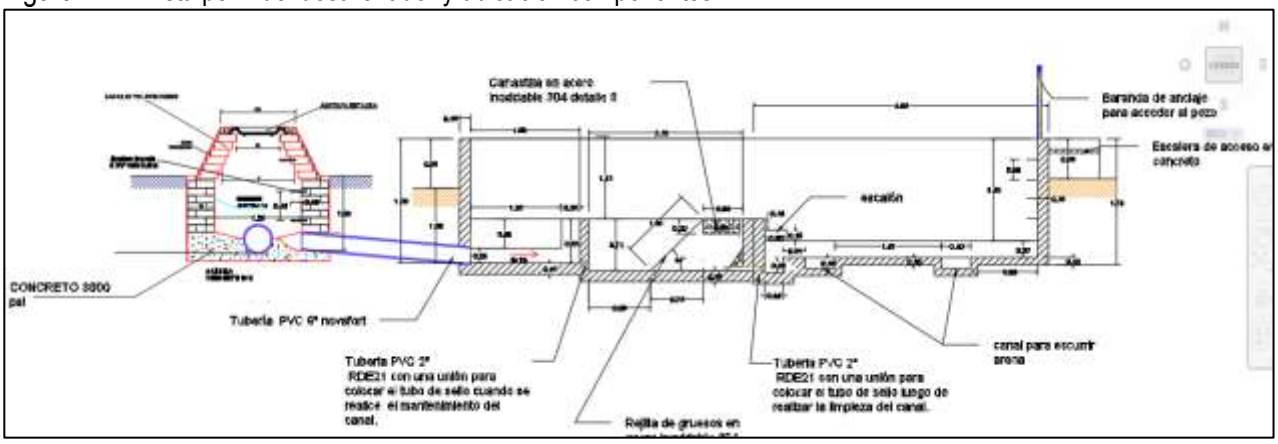
Las cámaras desarenadoras están diseñadas para que en el fondo de las cámaras quede un espacio más que suficiente para el almacenamiento de arenas y sedimentos, los cuales regularmente son extraídos, secados en lechos de secado y entregados al sistema público de aseo para ser llevados al relleno sanitario. Las figuras 1-7 y 1-8 presenta el diagrama del desarenador y sus componentes, el cuadro 1-8 presenta las operaciones a realizar en la unidad y la frecuencia.

Figura 1- 6. Vista planta general del desarenador y ubicación componentes



Fuente: Presente estudio

Figura 1- 7. Vista perfil del desarenador y ubicación componentes



Fuente: Presente estudio

Cuadro 1- 10. Operaciones a realizar en el desarenador y la frecuencia.

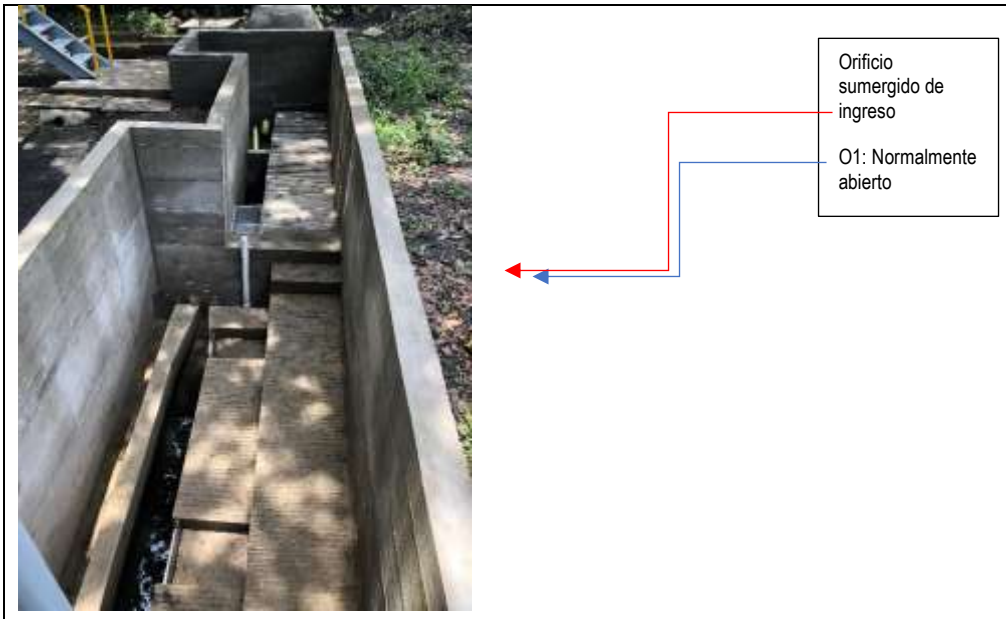
COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Estructura desarenador	Desarenador	N.A	Vigilar el nivel de agua residual	Diario
Orificio sumergido de ingreso	O1 (Caudal de diseño de la PTAR)	Normalmente abierto	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
	O2 (Caudales extremos)	Normalmente cerrado	Quitar el dispositivo de sellado y verificar funcionamiento	Una vez por día (cuando este en operación)
Compuertas de control de flujo	C1 (ingreso canal desarenador)	Normalmente abierto	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
	C2 (ingreso canal de mantenimiento)	Normalmente cerrado	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
Pantalla deflectora	Placa deflectora	N.A.	Limpieza	Una vez por semana
Caja de arenas	Caja de arenas	N.A.	Drenaje de sedimentos	Una vez por semana

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Placa de tránsito	Placa de tránsito	N.A.	Barrer, lavar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día
Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	N.A.	Limpiar	Una vez al día
Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	N.A.	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día

Fuente: Presente estudio

La Limpieza del desarenador es manual se deben lavar paredes, purgar tuberías de desagüe, para interrumpir el paso al canal desarenador y hacer mantenimiento se empleará las compuertas de control de flujo instaladas (C1 o C2), según la unidad que se requiera para mantenimiento.

- Medición periódica del lecho de arena acumulado.
- Aislamiento del desarenador en el momento en que la arena ocupe 2/3 del volumen.
- Drenaje de arenas: Se debe realizar de forma manual con pala y realizar el depósito en las canastillas de escurrimiento
- Estimación de la cantidad de arena removida para los registros en las fichas de operación.
- Lavado del desarenador para ser utilizado nuevamente.
- Analizar una muestra de la arena removida en términos de sólidos volátiles. Adopción de medidas de corrección para las muestras que presenten alto contenido de estos.
- Verificación de la cantidad de arena en las unidades subsecuentes.
- Remoción de la arena, si fuera el caso, retenida en las demás unidades de tratamiento.

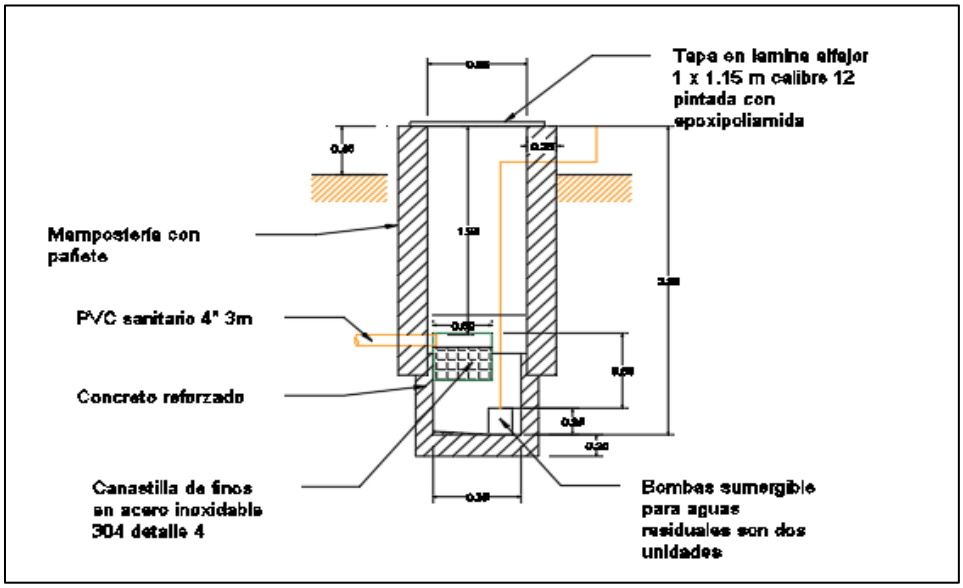


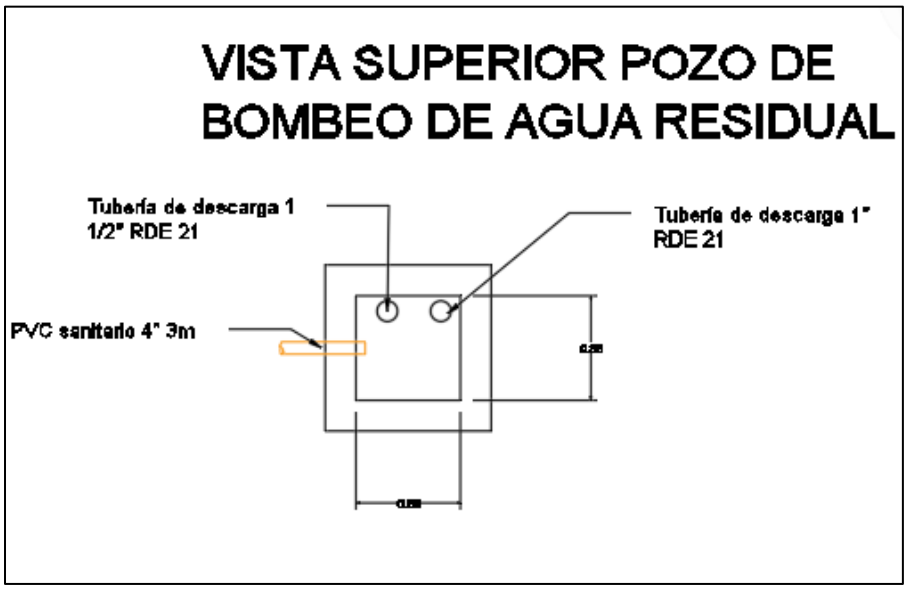
Operación ingreso de agua al canal desarenador

11.4. Estación de bombeo del caudal hacia la PTAR (estación de bombeo uno)

La estación de bombeo se hace necesaria debido a la diferencia de cotas entre el desarenador y el UASB. Es la primera estación de bombeo y se denominada en el proyecto “Estación de bombeo PTAR”. El caudal de aguas residuales llega desde el desarenador, la estación de bombeo consta de un pozo de bombeo, en donde se instalaron dos bombas trabajando alternada con el caudal máximo horario. La figura 1-9 presenta el diagrama de la estación de bombeo y el cuadro 1-9 presenta las operaciones a realizar en la unidad y la frecuencia.

Figura 1- 8. Diagrama de la estación de bombeo a la PTAR y sus componentes





N.A.: No aplica Fuente: Presente estudio

El agua residual proveniente del desarenador ingresa por una red que conduce desde el desarenador hasta el pozo de bombeo en diámetro de 12 pulgadas, el agua es impulsada por dos bombas en de donde se conducen por una red de descarga de 1 ½" y 1" (esto a que el proceso constructivo se ha realizado en fases

Cuadro 1- 11. Operaciones a realizar en la estación de bombeo a la PTAR y frecuencia

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Estructura Pozo de bombeo	Pozo de bombeo	N.A	Vigilar el nivel de agua residual Revisar la presencia de material sólidos	Diario
Bombas sumergibles	B1, B2,	En operación	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
			Verificar las conexiones Calibrar la altura de los flotadores (1,46 metros)	Una vez por día
Válvula cheque	VC2,	Normalmente cerrado	Verificar el funcionamiento, esta válvula se acciona con la carga hidráulica	Una vez por día el operario debe verificar el funcionamiento
Canastilla de retención de sólidos	Retención de sólidos	NA	Se debe extraer manualmente dos veces por día y vaciar en los lechos de secado, verificar unidades componentes, lavar e instalar según proceso	Dos veces por día
Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	N.A.	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día

Fuente: El consultor, 2016

	
Ubicaciones bombas, redes y canastillas en pozo de bombeo PTAR	Extracción canastilla de retención para limpieza y lavado

11.4.1. Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles o de transferencia son los equipos que se encarga de impulsar el agua residual doméstica almacenada en el pozo de bombeo hacia los reactores UASB. Las bombas instaladas son tipo sumergible, las cuales deben tener un motor sellado a la carcasa y el conjunto se sumerge en el líquido a bombear. La ventaja de este tipo de bombas es que pueden proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido. Para la correcta operación de este equipo se debe contar con la información del fabricante, las instrucciones de empleo de los equipos instalados se presentan en el anexo 1, como son rangos de temperatura de funcionamiento, presiones, densidad máxima del líquido bombeado, caudal, profundidad máxima de inmersión, etc.

La instalación de las bombas se debe realizó sobre el piso del pozo, la tubería de impulsión es PVC presión de 1 y 1 1/2", sobre la tubería de la bomba se realizó la instalación de un cheque vertical de 1 1/2", para evitar el reflujo del líquido del colector de desagüe. El control de caudal de las bombas de transferencia, se hace por medio de los orificios sumergidos de ingreso al desarenador. Para la instalación de las bombas de transferencia se siguieron las recomendaciones de la ficha técnica en cuanto a inspección preliminar, instalación y conexiones eléctricas (anexo 1). Durante el período de garantía de la operación de nuevos equipos, la recomendación del fabricante debe seguirse estrictamente para mantener la garantía del equipo.

Sistema de arranque y detención de la bomba de transferencia

El caudal de diseño para los equipos de bombeo es de 0,9 l/s y considerando los intervalos de encendido y apagado de los equipos se establece un tiempo de bombeo de 20 horas de trabajo diario, razón por la cual se establece como caudal de diseño 1,42 l/s, para cada equipo de bombeo. La metodología empleada para el dimensionamiento de los equipos de bombeo es la empleada para el cálculo de las bombas del caudal de excesos, razón por la cual se presenta la tabla resumen del dimensionamiento. El sistema de arranque y detención o parada de las bombas de transferencia ubicado en el pozo de bombeo son controlados automáticamente por dos flotadores que se activan y envían la señal al LOGO ubicado en el tablero de control. En el pozo de bombeo se instalarán dos flotadores así:

Flotador (1) tanque bajo Bomba 1

Flotador (2) tanque bajo Bomba 2

Bombeo de agua residual al sistema de tratamiento de aguas residuales

Función: regulación del caudal de aguas residuales que es tratado en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Posicionamiento de Orificios:

- Modo normal de operación: Orificio (O 1) abierto
- Contingencia: en caso de contingencia se empleará el orificio (O2) en el ingreso del desarenador

Paralización o no operación de la bomba sumergible: Cuando por diferentes motivos sea preciso paralizar el funcionamiento de la bomba sumergible, deberá ser cumplida la siguiente secuencia:

- Desactivar la bomba en el tablero de control.
- Reactivar al momento de haber terminado la operación.

Operación alternativa: En caso de alguna anomalía constatada en el sistema de bombeo se debe estudiar otra alternativa antes de hacer una paralización total del sistema.

- En el caso simple, de paralización de una bomba, es necesario hacer un programa de contingencia.
- En caso de falta de energía eléctrica, se debe accionar la planta de generación de energía eléctrica y restablecer el servicio.
- Se debe describir y listar los equipos que deben ser reestablecidos.

Rutinas en la operación de la bomba sumergible: Sin tener carácter limitante, el operador de la PTAR deberá observar lo siguiente:

- Realizar los trabajos de limpieza y mantenimiento de las obras civiles del área circundante.
- Verificar el estado de la tubería de impulsión
- Verificar si hay fugas en las conexiones del transmisor y de los medidores de caudales.
- Verificar si la alimentación eléctrica esta normal, si hubiera irregularidad, llamar al equipo de mantenimiento.
- Realizar informes de rutina y de casos excepcionales
- Solicitar mantenimiento preventivo

Localización de problemas de operación: En la mayoría de los casos, las dificultades operativas son externas a la bomba y deben investigarse cuidadosamente las siguientes causas antes de iniciar las reparaciones:

No se entrega agua

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

Se entregan cantidades anormalmente pequeñas

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

Presión insuficiente

- Velocidad demasiado baja. Podría ser causada por voltaje bajo o características de corriente eléctrica diferentes a las indicadas en la placa de datos del motor.
- El aire en el agua hará que la bomba produzca un ruido de crujido.
- Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

Operación Intermitente

- Sello de agua taponado (por lo tanto, una caja de empaquetadura con fuga).
- Aire, gas o vapor en el líquido.

La bomba sobrecarga el motor

- Velocidad demasiado alta.
- Cabeza de presión inferior a la nominal, por lo tanto, se bombea demasiada agua. (Esto es válido para las bombas de velocidad especifica baja).
- Defectos mecánicos: cajas de empaquetadura demasiado apretada, eje torcido, elemento giratorio se pega.
- Fricción debida a material extraño en la bomba entre los anillos de la carcasa y el impulsor.

La bomba vibra

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

11.4.2. Flotadores de control de niveles

El flotador 1, ubicado en el pozo de bombeo de tipo tanque bajo, es el encargado de enviar la señal a la bomba para que se arranque o pare. Cuando el pozo este por debajo del nivel de ubicación del flotador, este se desactiva y envía la señal al PLC ubicado en el tablero de control eléctrico de la PTAR para que la bomba pare.

Como rutina normal los flotadores no requieren ningún tipo de operación, solamente es importante revisar diariamente dos cosas:

- Las conexiones eléctricas o accionamiento de estos.
- Verificar y calibrar la altura de los flotadores

11.5. Reactor UASB

11.5.1. Funcionamiento

Conocido también como UASB (por sus siglas en inglés: *Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket*) y, en español como RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente), es un tanque cerrado que tiene dos zonas características: la de digestión (en la parte baja) y la de sedimentación (en la parte superior). En el reactor anaerobio de flujo ascendente, el agua residual a tratar es conducida desde la parte superior del reactor (tanque) hacia el fondo del mismo por medio de un sistema de mangueras. El afluente fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodos (microorganismos anaerobios) llevándose a cabo de esta forma el tratamiento del agua residual. El biogás producido en condiciones anaerobias (principalmente metano y dióxido de carbono) genera una circulación interior (mezclado).

El biogás, el lodo y el líquido tratado ascienden a la parte superior del reactor, en donde entran en contacto con deflectores que permiten la separación del biogás y la sedimentación del lodo. El biogás es capturado en la campaña de recolección que se encuentran en la parte superior del reactor. El líquido tratado (efluente) sale por la parte superior. La geometría del UASB, corresponde a un tanque rectangular (ver figura 1-9), en el que se podrá observar en la zona superior del reactor, el sedimentador, los vertedores y el sistema de recolección de gas. En cuanto al material de construcción, el reactor estaba ya construido. La forma rectangular presenta facilidades para la distribución del afluente en el fondo del reactor y la modulación del sistema.

Figura 1- 9. Zonas de operación del reactor UASB





Fuente: Presente estudio

Teniendo en cuenta la importancia del proceso que realiza el reactor UASB, en este manual se explica primero la bioquímica del proceso anaerobio, dirigida esta sección a profesional encargado de la operación a fin de que tenga en cuenta los puntos clave que debe controlar en campo con el operador.

11.5.2. Bioquímica del proceso anaerobio

La materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular, nitratos y sulfatos es convertida a metano y bióxido de carbono por la combinación de la actividad de cinco diferentes grupos de microorganismos. En el proceso intervienen microorganismos facultativos y anaerobios estrictos. Generalmente las bacterias son incapaces de alimentarse de material orgánico particulado, por lo que los biopolímeros (proteínas, carbohidratos y lípidos) son inicialmente hidrolizados por enzimas extracelulares a compuestos más simples (azúcares, aminoácidos y ácidos grasos). Estos a su vez son utilizados como sustrato por organismos fermentadores (azúcares y aminoácidos) y por oxidadores anaerobios (ácidos grasos superiores). Los productos de estas reacciones son acetato, hidrógeno, biomasa y productos intermedios como el propionato y butirato. Por su parte, estos últimos son degradados hasta

acetato e hidrógeno por un grupo de bacterias conocidas como OHPA (bacterias acetogénicas productoras obligadas de hidrógeno, por sus siglas en inglés) las cuales deben existir en relación sintrófica con las metanogénicas que utilizan hidrógeno.

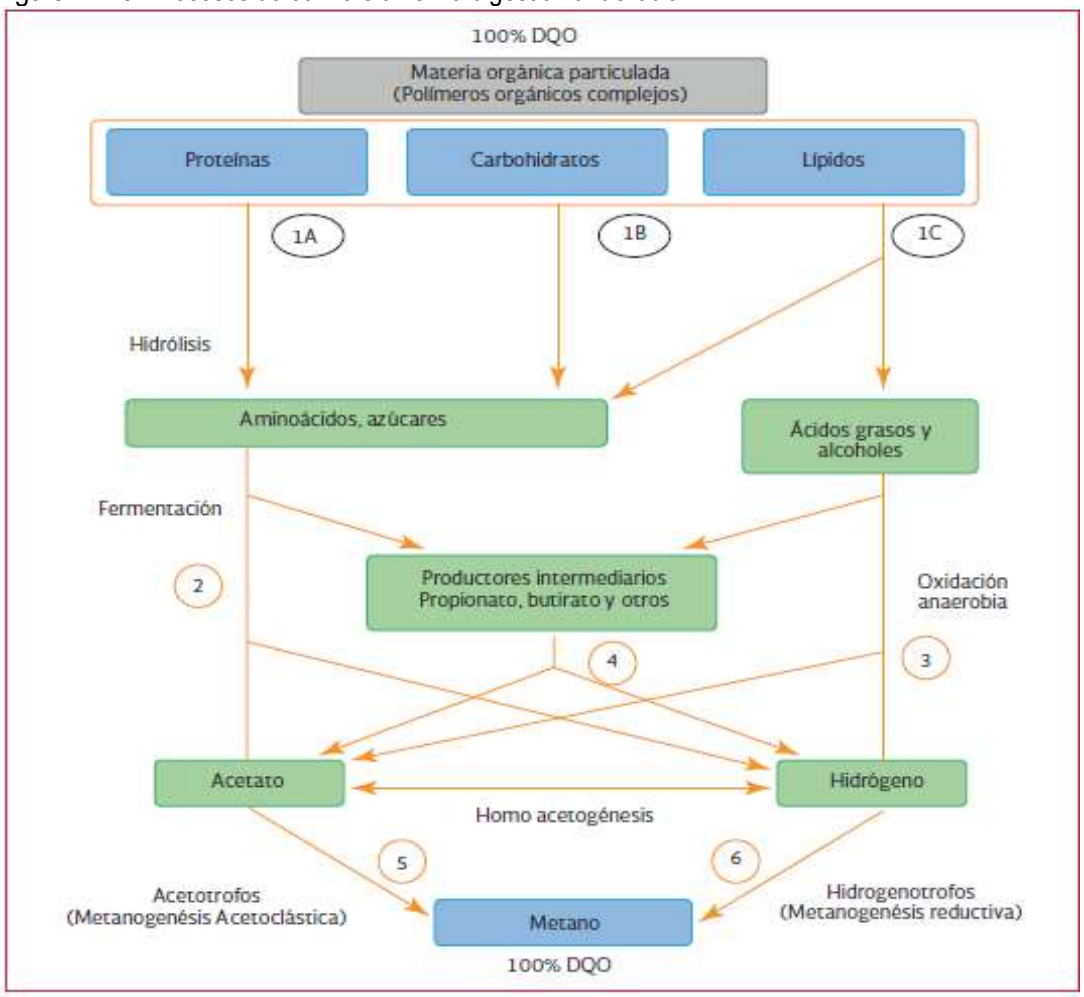
Seis procesos de conversión son identificados en la digestión anaerobia (Gujer y Zehnder, 1983). Este proceso se presenta en la figura 18-11. Los procesos de conversión son:

- Hidrólisis de biopolímeros (proteínas, carbohidratos y lípidos)
- Fermentación de aminoácidos y azúcares
- Oxidación β-anaerobia de ácidos grasos de cadena larga y alcoholes
- Oxidación anaerobia de productos intermedios, como ácidos volátiles (excepto acetato)
- Conversión de acetato a metano.

La digestión anaerobia puede ser considerada como un ecosistema donde varios grupos de microorganismos trabajan literativamente en la conversión de la materia orgánica hasta los productos finales, semejante a metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, agua y amonio, además de la formación de células bacterianas nuevas (Chernicharo de Lemos, 2007). El consorcio microbiano activo en el tratamiento anaerobio realiza un proceso complejo envolviendo muchas clases de bacterias y varios pasos intermedios. Sí el sustrato consiste de compuestos orgánicos complejos, estos deberían ser primero hidrolizados a orgánicos simples, después estos son fermentados a ácidos volátiles por la acidogénesis. Los ácidos volátiles de más de dos carbonos se convierten luego en acetato de metilo y el gas H2 se convierten una CH4 por los microorganismos metanógenicos.

La degradación de la materia orgánica por vía anaerobia se realiza en tres etapas: hidrólisis, fermentación (conocida como acidogénesis) y metanogénesis. La etapa inicial depende de la composición del agua residual a tratar. En la hidrólisis (primera etapa), la materia particulada (proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos) es convertida a compuestos solubles que pueden ser hidrolizados a simples monómeros (monosacáridos, aminoácidos, purinas y pirimidinas y ácidos grasos).

Figura 1- 10. Procesos de conversión en la digestión anaerobia



Fuente: www.conagua.gob.mx

En la fermentación (segunda etapa) o acidogénesis, los compuestos solubles (sirven de aceptores y donadores de electrones) son degradados a acetato, hidrógeno, dióxido de carbono, propionato y butirato; éstos dos últimos son fermentados para producir hidrógeno, dióxido de carbono y acetato. El tercer paso corresponde la metanogénesis, en la que intervienen un grupo de microorganismos conocidos como metanogénicos, los cuales a su vez se subdividen en dos grupos; uno denominado metanogénicos acetoclásticos, los que llevan a cabo la conversión del acetato en metano y dióxido de carbono. El segundo grupo de bacterias llamadas metanogénicas hidrogenófilas; usando el hidrógeno como donador de electrón y el dióxido de carbono como aceptor de electrón. Dentro del proceso anaerobio bacterias como las acetogénicas también oxidan el nitrógeno y forman ácido acético, el cual será convertido a metano en una menor proporción.

En el proceso anaerobio intervienen una gran cantidad de microorganismos de diferentes especies, siendo los principales grupos de bacterias: (a) las bacterias fermentativas, (b) las bacterias acetogénicas que producen hidrógeno, (c) las bacterias acetogénicas que consumen hidrógeno, (d) la reducción de dióxido de carbono metanógenos, y (e) los metanógenos aceticlásticos. En la figura 1-11 se presentan las reacciones que median. El cuadro 1-12 presenta algunas características de las fases microbiológicas de la biomasa.

Cuadro 1- 12. Características de las fases microbiológicas de la biomasa (Adaptado de Hutñan, et al., 1999y Bitton, 2005)

CARACTERÍSTICA	FASE HIDRÓLISIS	FASE ACIDOGÉNICA	FASE METANOGÉNICA
Tipo de bacteria	Bacterias hidrolíticas (celulasas, proteasas y lipasas)	Organismos acetogénicos y organismos productores de hidrógeno (Clostridium)	Organismos metanogénicos (metanógenos hidrogenotróficos y metanógenos acetotróficos)
Velocidad de reproducción	Depende del contenido del sustrato	Reproducción muy rápida (alta tasa reproductiva	Reproducción lenta (baja tasa reproductiva
Elementos inhibidores	pH, tamaño de partículas, metales pesados dentro del sustrato	Poco sensibles a los cambios de acidez y temperatura	Muy sensibles a los cambios de acidez y temperatura
Productos	Aminoácidos, azúcares, ácidos grasos, alcoholes	Propionato, butirato, acetato, dióxido de carbono e hidrógeno	Principales productos finales: Metano, dióxido de carbono e hidrógeno

Fuente: www.conagua.gob.mx

11.5.3. Control de factores que afectan el proceso

El buen funcionamiento del proceso anaerobio puede ser afectado por algunos constituyentes del agua residual, como son: compuestos tóxicos —por ejemplo, metales pesados, sulfuro, oxígeno, el cual puede ser introducido en el sistema de distribución del afluente (Cervantes, 2007)—, la concentración de la materia orgánica, la temperatura, el pH y los nutrientes. Cuando las variaciones de carga orgánica son muy significativas pueden usarse: tanques de igualación previos al reactor, recirculación del efluente al proceso anaerobio o varios reactores operando en paralelo.

En el caso de la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica, se identificó altas variaciones de carga orgánica, razón por la cual se diseñaron dos trenes de tratamiento trabajando en paralelo. El cuadro 1-13 presenta los factores a controlar y la forma de control en el reactor UASB.

Cuadro 1- 13.Factores a controlar y la forma de control en el reactor UASB

FACTOR DE CONTROL	RANGO DE DISEÑO	EFECTO EN EL REACTOR	FRECUENCIA Y TIPO DE CONTROL
Temperatura de operación	13-17°C	A bajas temperaturas, las tasas de reacción son más bajas y se requiere más tiempo de retención de sólidos, mayor volumen del reactor y cargas orgánicas más bajas.	Diario, registro en la planilla, es necesario realizarlo en el periodo de arranque de la PTAR
Potencial de hidrógeno	Alrededor de 7	Un valor de pH fuera del intervalo de 6.5 - 7.5 puede ocasionar la muerte de la mayoría de las bacterias metanogénicas	Diario, registro en la planilla, es necesario realizarlo en el periodo de arranque de la PTAR. Aplicar correctivos
Los nutrientes (nitrógeno y fósforo),	C, N y P DQO:N:P 300:5:1, en arranque y 600:5:1 en operación estable	son esenciales para el crecimiento biológico; también son necesarias cantidades traza de otros elementos, como el hierro	Control de nutrientes se recomienda una vez al mes en el proceso de arranque,
Alcalinidad total	1500 a 5 000 mg/L de $CaCO3$	Reducir el efecto de la producción excesiva de acidez en el reactor, provocada por la elevada concentración de ácidos grasos volátiles o por alto contenido de $CO2$.	Diario. Corrección de PH

Sólidos totales y volátiles	8 por ciento de sólidos volátiles por día	Hacer un balance de sólidos en el reactor anaerobio permite determinar la eficiencia de operación del proceso	Control de nutrientes se recomienda una vez al mes en el proceso de arranque
Ácidos grasos volátiles	AGV es de 50 a 300 mg/L	Un incremento en la producción de estos puede ocasionar desequilibrio de los reactores anaerobios ya que el pH se reduce a valores muy ácidos.	Control de nutrientes se recomienda una vez al mes en el proceso de arranque
Nitrógeno amoniacal	% NH3 % NH4 0,09 y 99,1	inhibe el proceso anaerobio	Control de nutrientes se recomienda una vez al mes en el proceso de arranque
Producción de natas y espumas	Ocurren durante el arranque, cuando hay una sobrecarga o cuando se desestabiliza el reactor.	Las espumas en el digestor pueden originarse por: concentración alta de grasas, inadecuado mezclado, excesivo mezclado, porcentaje alto de sólidos de desecho, sólidos espesados por flotación de aire disuelto, grandes fluctuaciones de temperatura en el reactor, contenido alto de dióxido de carbono, alta alcalinidad, baja concentración de sólidos en el afluente, contenido alto de sólidos en el afluente.	Durante el arranque se debe controlar diariamente los parámetros que pueden originar la generación

Volumen de operación	Lodos menor al 30% del volumen del reactor	Un exceso de lodos en el reactor reduce el tiempo de residencia hidráulica, lo que genera una menor eficiencia de remoción a la esperada. Por otra parte, si el volumen del lodo excede 30 por ciento del volumen del reactor, se genera una pérdida en la velocidad de sedimentación del lodo, lo que ocasiona un lodo floculento que flotará en el reactor, saldrá por el efluente y generará una disminución en la eficiencia de remoción del RAFA.	Control de lodos, drenaje y evaluación de lodos, el proceso se realiza cada 15 días

Fuente: Presente estudio

Nota 1. La cantidad de nutrientes debe ser determinada de acuerdo a los cálculos del profesional encargado (Nota 2) y debe ser aplicada en la cámara de recolección y distribución de caudales con el uso del sistema de bombeo de nutrientes

Nota 2: El contenido de fósforo de las bacterias es de aproximadamente 1/7 a 1/5 de los requerimientos de nitrógeno. Una forma simple para calcular los requerimientos de nitrógeno y fósforo es suponer que 10 por ciento de la DQO que se biodegrada es convertido en nuevas células bacterianas (rendimiento de crecimiento de 0.1 kg SSV/kg DQO removido) (Malina y Pohland, 1992).

11.5.4. Proceso de arranque del reactor UASB

El proceso de arranque debe realizarse por personal especializado. Durante el período de arranque del proceso debe permitirse que las partículas más voluminosas sean lavadas con el agua efluente con el fin de generar una presión de selección de biomasa, que mantenga internamente solo la que presente las mejores características de sedimentabilidad. El reactor debe arrancarse a plena capacidad por un mes, posteriormente se suspende la alimentación por una semana para permitir la digestión del material acumulado, y luego continuar el arranque con un caudal al 60% de la capacidad total. Posteriormente se hacen incrementos mensuales del 20% hasta llegar a plena capacidad.

No es necesario contar con semilla pues las aguas residuales municipales contienen los microorganismos necesarios. Sin embargo, en caso de contarse con semilla de un reactor que trate aguas residuales municipales esta puede usarse y acortará el periodo de arranque. El muestreo de los lodos del reactor debe hacerse a tres diferentes alturas y debe purgarse para mantener constante la cantidad de lodo en el reactor.

En este proceso se debe controlar la temperatura del agua o de los lodos en el interior del reactor, así como su volumen. Si algunos de los componentes del sistema varían de manera importante, se afecta el delicado equilibrio existente entre el consorcio bacteriano presente.

11.5.5. Procesos de operación de rutinas

El cuadro 1-14 presenta el cuadro de rutinas de operación en cada uno de los componentes del reactor UASB.

Cuadro 1- 14. Procesos de operación del reactor UASB

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Reactor UASB	UASB 1 y UASB 2	N.A	Vigilar el nivel de agua residual	Diario
Canal de recepción de caudales	Canal de recepción de caudales UASB 1 Y UASB 2	N.A	Vigilar el estado de los vertederos triangulares	Diario
Manguera de distribución de caudal	UASB 1 y UASB 2	N.C.	Verificar obstrucciones	Una vez por día
Campanas colectoras de gas	Campanas colectoras de gas UASB 1 y UASB 2	N.A.	Limpieza	Una vez por día
			Verificar salida del gas	Una vez por día
Sistema extracción de flotantes	Sistema extracción de flotantes UASB 1 y 2	N.A.	Extraer flotantes	Según rutina
			Muestreo de lodos	Una vez al mes
Quemador de gas	Quemador de Gas	N.A	Verificar funcionamiento	Diario

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Manhole de acceso al reactor UASB	Manhole UASB 1 y 2	Cerrado	Verificar hermeticidad	Diario
Unidad extracción de lodos	Unidad extracción de lodos UASB 1 Y 2	Cerrada	Verificar funcionamiento	Diario
			Drenaje de lodos	Una vez cada quince días
Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	N.A.	Limpiar	Una vez al día
Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	N.A.	Limpiar y dejar libre de obstáculos	Una vez al día

Fuente: Presente estudio





11.6. Reactor de lodos activados

El objetivo último del método de lodos activados es hacer más eficiente el proceso natural de degradación biológica de la materia orgánica. El proceso se lleva a cabo en tres etapas: Aireación, sedimentación y recirculación de lodos y retiro de lodo de exceso.

11.6.1. Procesos a controlar en el reactor de lodos activados y sedimentador secundario

Dentro de los factores que afectan el proceso de lodos activados están:

La concentración del agua residual: la materia orgánica que contiene el agua residual, actúa como fuente de alimento para los microorganismos, en un sistema de lodos activados; por lo tanto un cambio significativo en las características del agua (por ejemplo carga de demanda bioquímica de oxígeno DBO5 o demanda química de oxígeno DQO) afecta el crecimiento de los microorganismos en el sistema de tratamiento. Si la carga de DBO5 se incrementa significativamente, entonces habrá demasiado alimento para los microorganismos, este exceso de alimento se reflejará en un rápido incremento de la población, este efecto genera un lodo "joven" caracterizado por un crecimiento disperso y como resultado una pobre sedimentación en el sedimentador secundario, además algunos organismos saldrán a través del efluente, causando un incremento en la DBO5. Por otra parte, si la carga de DBO5 disminuye en forma considerable, no habrá suficiente alimento, la tasa de crecimiento puede disminuir, en este caso una sedimentación del lodo no arrastra material fino coloidal, dando como resultado un aumento en la concentración de sólidos suspendidos en el efluente de la planta.

Valores típicos de DBO5 y DQO, para un agua residual doméstica, en un efluente de reactor de lodos activados son 15-30 mg/l de DBO5 y 50-100 mg/l de DQO. Esto no significa que un agua residual con

una DBO5 de 100 mg/L tenga una DQO de 200 mg/L. La relación entre las dos variará en función del origen del agua residual.

Nutrientes: Los nutrientes normalmente están presentes en cantidades suficientes en el agua residual de origen doméstico, sin embargo, en algunos casos es necesario agregar estos nutrientes a un agua sobre todo en el arranque de la planta, para proveer suficiente nitrógeno (N) y fósforo (P). En la mayoría de los casos, el N se agrega

como amonio y P como ácido fosfórico. Las bacterias requieren nitrógeno para producir protoplasma, es decir otras bacterias y el fósforo para generar químicos (enzimas) que necesitan para romper compuestos orgánicos presentes en el agua residual. Una regla usual es 1 Kg P: 5 Kg N: 100 Kg DBO5.

Tiempo de retención: El tiempo de retención hidráulico en el tanque de aireación, o el tiempo que las bacterias están en contacto con el agua residual, es un factor importante de diseño y operación. Se debe tener suficiente tiempo para que las bacterias asimilen la materia orgánica que contiene el agua residual. Si el tiempo de retención es muy corto no se removerá toda la materia orgánica y la DBO del efluente será alta.

PH: Debe mantenerse un rango apropiado de pH en el tanque de aireación, para que el sistema funcione adecuadamente. Las bacterias, en el proceso de lodos activados, pueden sobrevivir en un rango de pH de 5.0 a 10.0, sin embargo, el rango óptimo es de 6.5 a 8.5. A un pH bajo, la población predominante pueden ser los hongos, dando como resultado una eficiencia baja. Por otra parte, a un pH alto, los nutrientes tal como el fósforo, empezará a precipitar y no podrá estar disponible para los microorganismos.

11.6.2. Métodos y técnicas para el control del proceso

El objetivo principal de la operación del reactor de lodos activados, es mantener a un nivel adecuado, los parámetros requeridos en el efluente del sistema de tratamiento. Para conservar estos niveles y así tener una operación efectiva, se debe:

- Mantener un adecuado número de microorganismos.
- Mantener buenas propiedades de sedimentación.
- Suministrar el aire adecuado al tanque de aireación.
- Remover el lodo del sedimentador en tiempo y cantidad adecuada.

El control del proceso consiste en saber qué hacer con el lodo, por ejemplo: Si queremos establecer y mantener un balance efectivo de microorganismos (biomasa o sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado SSVLM), se pueden hacer cambios en el retorno de lodo (Qr) y/o en el lodo a desechar (Qw). Para decidir qué cambios se pueden hacer en Qr y Qw, se selecciona uno o más de los siguientes métodos de control del proceso:

- Mantener en forma constante, el número de sólidos suspendidos en el sistema.
- Relación alimento/microorganismos (F/M).

- Tiempo medio de retención celular (TMRC).
- Microbiología.
- Prueba de sedimentación, IVL (Índice Volumétrico de Lodos).
- Velocidad de consumo de oxígeno.

Para obtener la información necesaria, se requiere realizar algunas pruebas y análisis siguientes:

- D.B.O. o D.Q.O.
- Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).
- Prueba de sedimentación de lodo e índice volumétrico de lodo (IVL).
- Examen microscópico.
- Consumo de oxígeno.
- Manto de lodos (sólidos sedimentables).
- Oxígeno disuelto (OD).

La DBO y/o DQO y los SST en el influente y efluente, indican cómo funciona la planta. Los SSV en el licor mezclado indican el contenido de sólidos orgánicos o biomasa, los SSF es el contenido de sólidos inorgánicos y los SST es la suma de ambos, es decir SST = SSV + SSF. Los resultados de SST y SSV en el lodo de recirculación (Qr), así como la profundidad del manto de lodo en la prueba de sedimentación, son necesarias para determinar cambios que se pudieran requerir en el Qr o en el Qw. Los resultados en el lodo de desecho y el total de sólidos en el sistema, así como los SSV en el efluente del secundario, son necesarios para calcular la cantidad de lodo que deberá desecharse (Qw). El número de pruebas a realizar, dependerá del equipo disponible, capacitación del operario y características del agua a tratar.

Sólidos en el sistema de tratamiento. La materia suspendida en el licor mezclado está compuesta de sólidos volátiles u orgánicos y sólidos inorgánicos o sólidos fijos. Además los sólidos volátiles están constituidos de materia orgánica viva y no viva. Nos interesa saber cuántos microorganismos son activos en el tanque de aireación. Sin embargo, la materia orgánica viva es difícil de cuantificar, por lo tanto, la concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSVLM), comúnmente es considerada como materia orgánica viva. Recordemos que una parte de la cantidad medida es materia orgánica no viva, que son los sólidos suspendidos fijos.

Midiendo los SSTLM es aún una estimación menos precisa de la materia orgánica viva que al determinar los SSVLM, aunque comúnmente entre un 70 y un 80% de los SST son volátiles y el porcentaje restante son fijos. Para el control de proceso, se usa principalmente los sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado, sin embargo, si no se cuenta con el equipo necesario para determinar los SSVSM, se puede utilizar la información de los SSTLM para operar la planta, sin perder de vista que los datos de SSTLM son una estimación menos precisa de los microorganismos que hay en el sistema.

Relación alimento/microorganismos (F/M): Para una operación conveniente del sistema de lodos activados, es necesario que los microorganismos tengan la cantidad adecuada de alimento, poco o demasiado alimento causa problemas de sedimentación en el clarificador. Este método consiste en determinar el mejor medio ambiente para la cantidad de microorganismos por kilogramo de alimento (DBO). (F/M) (F = Food y M = Microorganismo), los microorganismos se miden como SSVLM y el alimento se mide como DBO o DQO, sin embargo, se debe usar uno u otro consistentemente.

Los datos necesarios para calcular la relación F/M son:

- Concentración de DBO (mg/l) en el flujo de agua residual que entra al tanque de aeración.
- Q (flujo, m3/día) del afluente o efluente.
- Total de sólidos volátiles SSVT, Kg, en el tanque de aeración.

Para determinar la relación F/M expresada como gramos de DBO por gramos de SSVLM, se usa la siguiente fórmula:

F/M = ((DBO (mg/l) x (Q, m3/día)) / 1000 * TS, Kg.

Los rangos típicos para un proceso convencional de lodos activados son:

0.15 - 0.7 Kg. DQO / Kg SSVLM en el aireador.

0. 1 - 0.5 Kg DBO / Kg SSVLM en el aireador.

Los rangos típicos para un proceso de aeración extendida son: Menos de 0.2 kg. DQO / Kg SSVLM en aeración. 0.05 a 0.1 kg. DBO /Kg SSVLM en aeración.

Se deben considerar las características particulares del agua residual y a través de la experiencia y experimentación, determinar la mejor relación F/M para la planta.

Tiempo Medio de Retención Celular (TMRC) o edad de lodos (c): El tiempo medio de retención celular (TMRC) se refiere al tiempo que el promedio de microorganismos permanecen en el proceso de tratamiento, otro término, algunas veces usado y que significa lo mismo, es: edad de lodo (c).

Para trabajar con este método, se deberá determinar el TMRC con el cual trabaja mejor la planta y tratar de mantener este valor. La ecuación para calcular el TMRC es:

TMRC = (Kg SSVLM en el tanque de aeración) / (Kg SSV en el lodo desechado/día) + (Kg SSV en el efluente / día).

- Para el cálculo del TMRC se usa generalmente los SSV, sin embargo, si es necesario, se puede usar los sólidos suspendidos totales SST. No mezclar los STLM y los SSVLM para cálculos.

- Un cálculo más exacto deberá incluir los sólidos en el clarificador secundario, sin embargo, generalmente, se considerarán solo los sólidos del tanque de aeración.

La edad del lodo o el TMRC será simplemente la cantidad total de sólidos en el sistema, dividida por la cantidad que salen del sistema cada día. Es decir, si se requieren ocho días para retirar una cantidad de lodo igual a la que hay en el sistema, entonces el lodo estará ocho días o tendrá una edad de lodo de ocho días.

Para una planta típica que maneja residuos domésticos por un proceso convencional de lodos activados, el rango del TMRC es de 5 a 15 días, para un proceso de aeración extendida, el TMRC llega a ser hasta de 40 días, la operación consiste en determinar el TMRC con el que mejor trabaja la planta y entonces tratar de mantenerlo.

Veamos cómo la relación F/M y el TMRC juntos, son factores importantes en el control del proceso de lodos activados.

La relación F/M y el TMRC están interrelacionados; cambiando uno, se controla el otro. Estos cambian incrementando o disminuyendo la cantidad de lodo de desecho, veamos qué pasa cuando estos métodos de control de proceso no están en el rango más efectivo.

Los siguientes indicios indican un TMRC muy corto o una F/M muy alta.

- El oxígeno disuelto (OD) en el aereador es bajo.

- El lodo es ligeramente café y de sedimentación lenta.

- La velocidad de respiración está arriba de lo normal.

- Hay espuma espesa blanca en el aereador.

Las condiciones que indican un TMRC muy alto y muy baja relación F/M, son las siguientes:

- El OD mínimo en el tanque de aeración es fácil de mantener.

- La sedimentación es rápida con alta compactación y sobrenadante turbio con finas partículas de materia.

- Tasa de respiración está abajo de lo normal.

- Los SS en el efluente muestran un incremento.

- Una densa y algunas veces grasosa capa de espuma de color canela café, cubre el tanque de aeración.

Pruebas de Sedimentabilidad (IVL): La formación del flóculo en el sedimentador secundario es una parte importante del proceso, brevemente veamos cómo se forma el flóculo: Existe algo de formación de este en el tanque de aeración, pero debido a la turbulencia y actividad de los microorganismos no hay sedimentación, una vez que el licor mezclado entra al sedimentador secundario, la turbulencia es mínima y la actividad de los microorganismos decrece. Aunque las bacterias individualmente son muy ligeras para sedimentar, ellas pueden ahora agruparse para formar un flóculo que es lo suficientemente pesado para sedimentar. (La velocidad de sedimentación dependerá de cuestiones como la edad del lodo, material atrapado en el flóculo y número de organismos filamentosos). Por otra parte, la velocidad de sedimentación del lodo, debe ser lenta para que todo el material sea atrapado en éste, un buen lodo es de color café chocolate claro.

Cuando hacemos la prueba de sedimentación, observamos el flóculo y la formación del manto de lodo, con la experiencia se puede juzgar rápidamente la calidad del lodo, los signos visuales que se deben observar son:

- Si el flóculo es: granular, compacto, esponjoso o ligero.

- Si el flóculo: sedimenta individualmente o primero forma un manto.

- Si el manto de lodo es:

- Rasgado y aterronado, o uniforme sobre la superficie.
- Sedimenta ligeramente.
- Captura la mayoría del material en el agua residual conforme se sedimenta.
- Si el lodo es de color café y el sobrenadante es de color oro claro.

Los resultados de la prueba de sedimentación, son usados para calcular el índice volumétrico del lodo (IVL), la información obtenida de la prueba de sedimentación se usa de la siguiente manera para calcular el IVL:

IVL = Volumen del lodo sedimentado en una probeta de 1 L, después de 30 min (ml/L) dividido por la concentración de SSTLM y este resultado multiplicado por 1000.

IVL = ((SSe) / (SSTLM)) * (1000),

Por ejemplo:

Si el volumen de lodo ocupado es 250 ml/L. y los SSTLM son 2,000 mg/L., entonces: IVL = (250 / 2000) *1000

IVL = 125

Este es el índice volumétrico de lodo que dará importante información de la operación del sistema. El rango usual del IVL es de 80-150, aunque algunas veces valores más altos pueden producir un buen efluente, debiendo obtener un lodo café y sobrenadante claro y sin olor.

Si la planta está trabajando eficientemente, hay que mantener el IVL al que esté, diariamente se deben registrar las lecturas del IVL y así notar cualquier cambio. Esos cambios son advertencias de problemas inminentes. Si el IVL se incrementa, esta sedimentación lenta indica:

- Una disminución de la edad del lodo.
- Presencia de organismos filamentosos.

En este caso, se tratará de incrementar el nivel de sólidos reduciendo la cantidad de lodo que se desecha. Si el IVL decrece:

- Se observan flóculos como pequeños puntos en el sobrenadante. Este pequeño flóculo queda arriba cuando el resto del lodo se ha sedimentado rápidamente, este es llamado algunas veces flóculo disperso. En este caso se deberá bajar la edad de lodo, retirando más de éste

11.6.3. Difusores de aire

Los difusores de aire están distribuidos sobre líneas de PVC presión equidistantes cada una, con el fin de cubrir toda el área del reactor de lodos activados, cada difusor es un disco de doce pulgadas de diámetro, tienen un flujo de diseño de 4,0 CFM, la membrana es fina con más de 6600 microorificios, el material es en EPDM que es un

caucho sintético el cual es moldeado especialmente para esta aplicación. La formulación del compuesto y la técnica de modelación son factores críticos para garantizar que la membrana conserve sus propiedades físicas por un largo periodo de tiempo, resista rupturas, retenga su forma aún después de años de uso continuo u operación cíclica, produzca burbujas finas y todo esto a una mínima pérdida de carga. Como condiciones generales de operación se debe observar lo siguiente:

- Las membranas no resisten la presencia de solventes, aceites, grasas o altas concentraciones de sales.
- Las membranas son resistentes a corrosión y fugas y están protegidos contra rayos UV, por tanto, se debe verificar el tipo de agua que se está vertiendo.
- Se debe verificar por inspección visual la distribución de aire de forma uniforme en el reactor, con esta inspección hay certeza del funcionamiento de los difusores.

11.6.4. Unidad de inyección de aire

Esta unidad está compuesta por el conjunto de sopladores y la red de inyección o aspiración de aire

Sopladores: para el sistema se instalaron dos sopladores de tipo industrial con una potencia de 1HP cada uno. La instalación es sobre un área homogénea y están anclados con tornillo galvanizado para evitar movimientos bruscos. Los equipos no requieren ninguna actividad de operación, simplemente se debe verificar el funcionamiento de los mismos diariamente y realizar limpieza exterior. Para el correcto funcionamiento se deben seguir las recomendaciones establecidas en el manual del usuario que se entrega en el anexo 2.

Precauciones al arranque

Haga inspección visual

- Que no haya daño en el transporte o instalación.
- Que la maquina este nivelada.
- Que los materiales de empaquetamiento y herramientas hayan sido removidos
- Que el filtro de entrada este en su sitio
- Que las almohadillas e aislamiento estén en su sitio
- Que la tubería esté conectada y bien soportada

- Que las guardas de seguridad estén en su sitio.

Verificación para que el sistema esté listo

Que el eje del soplador y del motor giren libremente

Que el sistema de tubería esté listo para entregar aire

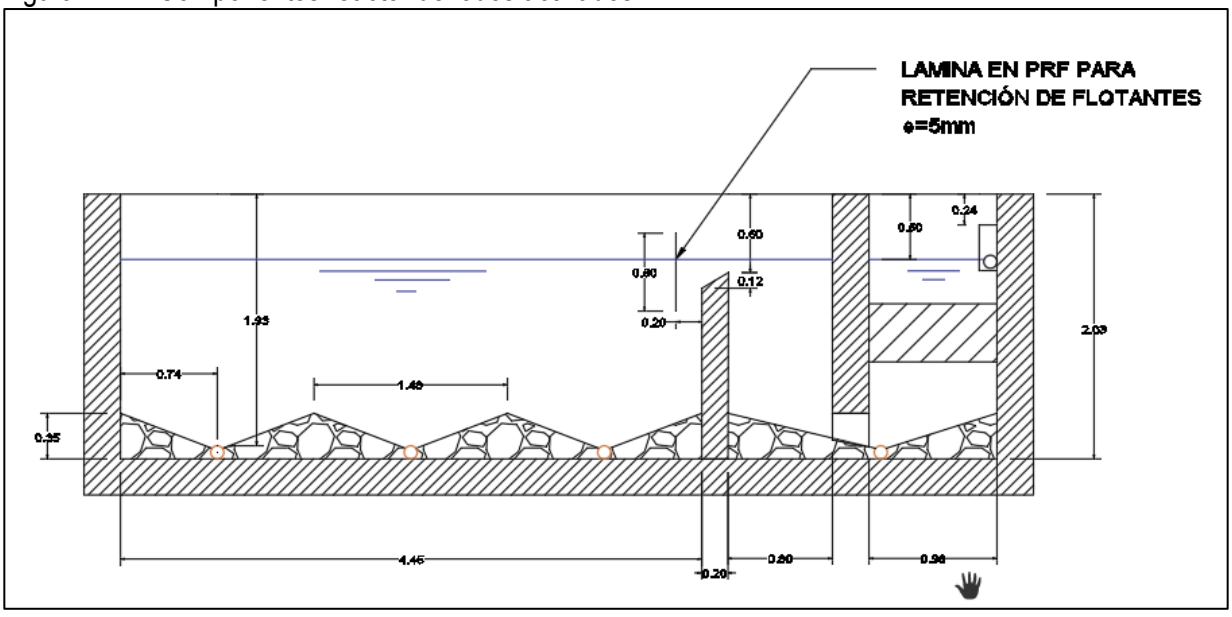
Que el panel de control este energizado

Que el motor y todos los accesorios eléctricos estén conectados estén correctamente alambrados.

Posicionamiento de válvulas para operación normal

- Las válvulas de control de aire a los difusores todas deben estar abiertas totalmente.
- La válvula de recirculación de lodos debe estar abierta en los tiempos de recirculación de lodos, 12 horas de operación. En caso de purga de lodos del reactor UASB la válvula de recirculación al reactor de lodos activados debe permanecer cerrada.
- El contenido de oxígeno disuelto debe ser controlado mediante medidores de oxígeno disuelto OT en cada reactor.

Figura 1- 11. Componentes reactor de lodos activados



Fuente: Presente estudio.





Vaciado del reactor

- Para el vaciado de los reactores, es necesario suspender el aporte de aire a los reactores biológicos.

11.6.5. Operación reactor de lodos activados

El cuadro 1-15 presenta los principales procesos a controlar y el cuadro 1-16 las actividades de operación a realizar en el reactor de lodos activados

Cuadro 1- 15. Control de procesos en el reactor de lodos activados

FACTOR DE	RANGO DE DISEÑO	EFECTO EN EL REACTOR	FRECUENCIA Y TIPO DE
Características del agua residual de	Caudal de diseño Carga de DBO5 168,5	Cambios en la estructura de la población bacteriana	Diario, registro en la planilla, es necesario realizarlo en el periodo de arranque de la PTAR
Temperatura	13-15°C	La temperatura afecta las tasas biológicas de reacción, las tasas de transporte de sustrato y la eficiencia	Diario, registro en la planilla, es necesario realizarlo en el periodo de arranque de la PTAR

Potencial de hidrógeno	Alrededor de 7	Un valor de pH fuera del intervalo de 6.5 - 7.5 puede ocasionar la muerte de la mayoría de las bacterias	Diario, registro en la planilla, es necesario realizarlo en el periodo de arranque de la
Concentración de materia orgánica en el afluente	Valores típicos de DBO5 y DQO, para un agua residual doméstica, en un efluente de reactor de lodos activados son 15-30 mg/l de DBO5 y 50-100 mg/l de DQO	La materia orgánica que contiene el agua residual, actúa como fuente de alimento para los microorganismos, en un sistema de lodos activados; por lo tanto, un cambio significativo en las características del agua afecta el crecimiento de microorganismos	Control diario
Nutrientes	Una regla usual es 1 Kg P: 5 Kg N: 100 Kg DBO5	Las bacterias requieren nitrógeno para producir protoplasma, es decir otras bacterias y el fósforo para generar químicos (enzimas) que necesitan	Control diario
Edad de lodos o tiempo de retención celular	Para una planta típica que maneja residuos domésticos por un proceso convencional de lodos activados, el rango	Hace referencia a la edad de lodo, ligado con el tiempo de retención de los microorganismos	Control semanal

Cuadro 1- 16. Operaciones a realizar en el reactor de lodos activados

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Estructura reactor de lodos activados	Lodos activados (LA) 1	N.A	Vigilar el nivel de agua	Diario
Red de ingreso al	Red de ingreso	En operación	Verificar el nivel de agua	Una vez por día
Línea distribución de aire	Línea distribución de aire (LA1)	En operación	Verificar el funcionamiento	Una vez por día
		Normalmente	Válvulas de control de aire	Una vez por día

COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	ESTADO	OPERACIÓN	FRECUENCIA
Sopladores	Sopladores LA 1 Y LA 2	En operación	Vigilar el funcionamiento, el funcionamiento de los sopladores se programa en el tablero de control eléctrico de acuerdo a las necesidades de oxigeno de	Una vez por día
Difusores	Sistema de difusores en LA 1 y LA2	En operación	Se debe verificar por inspección visual la distribución de aire de forma uniforme en el reactor, con esta inspección hay certeza del funcionamiento de los difusores	Una vez por día
Red de recirculación de lodos	Red de recirculación de lodos LA 1	Válvulas normalmente abiertas o cerradas	Para la recirculación de lodos la válvula PB3 VAL3 (válvula que controla el ingreso de lodo del sedimentador al pozo húmedo), la válvula PB3 VAL1 debe estar totalmente abierta (esta direcciona el flujo de recirculación de lodos al reactor de lodos activados), y la válvula PB3 VAL2 debe estar cerrada (esta conduce el flujo de	El tiempo de operación de la recirculación es de 12 horas.

11.7. Estación de bombeo de recirculación de lodos

Es una estructura en concreto que recoge los lodos generados en el sedimentador secundario para alimentar el reactor de lodos activados y mantener un manto de lodos optimo, los procesos son:

- Vigilar el nivel de lodos almacenado diariamente.
- Verificar el estado y funcionamiento de las bombas de transferencia
- Realizar el lavado y limpieza de paredes del pozo
- Realizar la remoción de elementos sólidos que puedan interferir el funcionamiento de las bombas transferencia
- Realizar la recirculación de lodos al reactor de lodos activados para lo cual las válvulas de purga de lodos del reactor UASB se den encontrar totalmente cerradas. El tiempo de operación de la recirculación es de 12 horas. Para la recirculación de lodos la válvula PB3 VAL3 (válvula que controla el ingreso de lodo del sedimentador al pozo húmedo), la válvula PB3 VAL1 debe estar totalmente abierta (esta direcciona el flujo de recirculación de lodos al reactor de lodos activados), y la válvula PB3 VAL2 debe estar cerrada (esta conduce el flujo de lodo al espesador de lodos).
- Para realizar la purga de lodos de exceso del reactor de lodos activos la válvula PB3 VAL1 debe estar cerrada. La válvula PB3 VAL2 debe estar abierta, igual que la válvula PB3 VAL3. El tiempo de purga de estos es de 17 min.
- Para realizar la purga de lodos del reactor UASB las válvulas de purga de lodos del reactor UASB deben estar abiertas, la válvula PB3 VAL1, PB3 VAL3 deben estar cerradas y la válvula PB3 VAL2 debe estar abierta.

11.8. Sedimentación secundaria

Para alcanzar los niveles adecuados de SST y DBO en el efluente se requiere una sedimentación posterior. Para la obtención de un efluente de buena calidad se diseñó el sedimentador con energía disipada en la entrada, pozo central de alimentación, pantallas con tasas de desbordamiento adecuadas y con canaletas lo suficientemente profundas.

La sedimentación de SST del efluente se ve afectada por la carga superficial del filtro, es decir, los kg DBO/m2 d, donde esta carga sería el análogo a la relación Alimento/Microorganismos (A/M) y, como en LA, la estabilidad y la sedimentación de los sólidos se mejora con una menor carga superficial orgánica en el caso del reactor de lodos activados.

Por esta razón, el régimen de distribución hidráulica en el reactor de lodos activados debe fomentar el desprendimiento continuo del exceso de biomasa. La DBO de un efluente con SST de un reactor de lodos activados puede ser alta. Esto particularmente ocurre cuando las cargas son altas, el clima es frío y cuando la respiración endógena disminuye en elreactor. Por lo que, el efecto de los SST en la DBO del efluente está en función de las condiciones de carga y del clima.

Las principales características de estas unidades son las siguientes:

- Alimentación mediante pilar y campana central
- Losa de fondo inclinada con tolva central para espesado y purga de lodos
- Salida perimetral del efluente, mediante vertedero dentado (sección triangular) provisto de deflector para evitar la salida de sólidos y flotantes.
- Tolva de grasas y espumas a nivel de superficie.
- Canal perimetral de recolección del efluente

Como rutinas de operación en el sedimentador se deben realizar las siguientes:

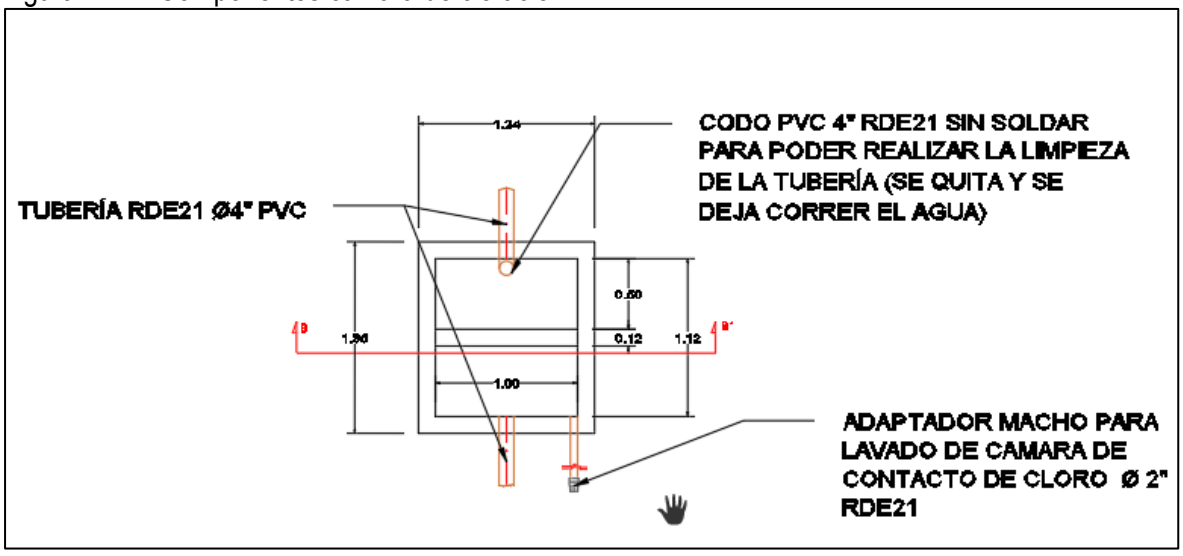
- En todo momento se deberá observar la ausencia de lodo escapando, así como la ocurrencia de flotantes y/o burbujeo desde el fondo del sedimentador; especial atención debe prestarse durante el horario de ocurrencia del caudal máximo, cuando la tasa de aplicación superficial de sólidos, así como la tasa hidráulica es máxima.
- Se debe realizar la observación visual de los aspectos antes detallados resulta crucial para la correcta operación de la unidad de sedimentación, así como para la obtención de un efluente de calidad aceptable.

- Usualmente conviene mantener la profundidad o espesor del manto de lodos en el entorno de 1 – 1.5m, es decir a unos 2 – 2.5m del nivel de agua sobre el perímetro de la unidad.
- En caso de se observará una tendencia al aumento del manto o bien presencia de flotantes o lodo escapando, se deberá aumentar la extracción de lodos desde las unidades, ya sea aumentando relación de recirculación para aumentar los SSVTA o bien aumentando el caudal de purga hacia la estación de bombeo de lodos.
- Debe señalarse que el valor finalmente necesario de la recirculación y/o caudal de purga, podrá apartarse más o menos del valor de proyecto en función de la sedimentabilidad y denitrificación del lodo, así como del estado observado en los reactores y sedimentadores.

11.9. Cámara de cloración

Antes de enviar el agua tratada se realiza un proceso de cloración en una unidad denominada cámara de cloración, en donde llega el agua proveniente del sedimentador, mediante un sistema de bombeo de cloración llega a esta cámara la solución de cloro para ser mezclada con el agua tratada y una vez desinfectada el agua es transportada hacia el pozo de inspección y de ahí al vertimiento final por el emisario de la PTAR al río Tobia. La figura 1- 13presenta los componentes de la cámara de cloración

Figura 1- 12. Componentes cámara de cloración



Fuente: Presente estudio

El anexo 3, presenta la ficha técnica del equipo dosificador

11.10. Condiciones de operación de los lechos de secado

Los lechos de secado son unidades que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para el que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %.

La operación de deshidratación o secado de lodos comienza con la descarga del lodo proveniente del espesador de lodos hasta 50 cm de espesor dentro del lecho. Este es distribuido sobre toda la superficie del lecho (arena): una vez depositado, la camada de agua que queda debajo del lodo comienza a drenar, hasta que la parte concentrada de sólidos se deposita sobre el lecho. No se deberá esparcir lodo en el lecho cuando este ya contenga una carga anterior en fase de secado, por lo cual se construyeron ocho unidades para que se alternen en el uso.

El operador deberá controlar que a través de la tubería de desagüe fluya el efluente percolado, acción que se puede verificar en el pozo de lixiviados, debido a que la mayor parte del agua libre puede removerse en menos de un día. Pasado este primer período de drenaje, el secado seguirá básicamente por medio de la evaporación. Se formará una camada cada vez más pobre en agua, con lo cual se observará una reducción del volumen, tanto en dirección vertical como horizontal. A partir de este momento, en la superficie se comenzará a ver la formación de grietas. Este proceso, sumado a la remoción manual con horqueta o rastrillo, permitirá acelerar el proceso de evaporación porque aumenta la superficie expuesta al aire.

El tiempo para el secado completo de lodo variará con las condiciones climáticas y meteorológicas imperantes al momento de llevar a cabo la extracción de lodos. Por tal razón, es aconsejable programar la extracción en épocas de altas temperaturas. Se prevé que el tiempo de secado pueda considerarse entre 10 y 30 días. Se estima que el secado del lodo permitirá reducir la humedad de 90 a 95%(contenida en lodo proveniente del espesador de lodos. El control operativo a llevar a cabo en el lecho de secado se centra en las siguientes actividades:

- Control de drenaje del fondo del lecho, consistente en una verificación visual del escurrimiento del líquido percolado hacia la red de desagüe que se conduce al pozo de lixiviados. En caso de que el escurrimiento sea mínimo o no se produzca, se concluirá que el medio filtrante (la cama de arena), se ha colmatado. Por consiguiente, el proceso de deshidratación se llevará a cabo sólo por evaporación, en cuyo caso el tiempo de secado será mayor

- Control de seguimiento y medida del descenso de la capa de lodo. El operador llevará un registro diario del nivel de descenso, a fin de determinar posteriormente el tiempo que demora el lodo en deshidratarse. Simultáneamente, se llevará un control de su composición en contenido de humedad, concentración de sólidos volátiles y calidad bacteriológica.

- La frecuencia de muestreo será la siguiente:

Contenido de humedad y concentración de sólidos volátiles. Cada dos días durante los primeros 10 días. Posteriormente, se aumentará la frecuencia a una vez por semana, hasta que se estabilice el porcentaje de humedad.

Calidad bacteriológica: una vez por semana.

Con los resultados obtenidos de estos seguimientos, se podrá determinar la frecuencia mínima de extracción de lodos del espesador de lodos para su posterior deshidratación.

- Finalmente, cuando el lodo haya alcanzado el porcentaje de humedad establecido por las pruebas de seguimiento, se retirará del lecho y se envía al sitio de compostaje o de acopio previamente asignado por el jefe de planta.

Manejo de los lodos deshidratados

Siguiendo los criterios del plan de gestión integral de residuos sólidos establecidos por la unidad de servicios públicos del municipio de Cómbita, para el área urbana, plan presentado y aprobado por la autoridad ambiental, el diseñador ha previsto el manejo final del lodo deshidratado mediante compostaje que es el proceso mediante el cual se desinfecta el lodo generando un producto similar al humus con uso posterior, preferiblemente como mejorador de suelos. Según Crites & Tchobanoglous, el proceso de compostaje es el siguiente:

- Mezclar el lodo deshidratado con madera o cortezas, para aumentar el contenido de sólidos, proveer carbono complementario e incrementar la porosidad.
- Se produce un calentamiento de lodo mezclado por acción de las bacterias hasta que los organismos patógenos se destruyen
- Se conforman pilas de 1 a 2 m de altura y de 2 a 5 m de ancho en la base. Si este es aerobio se realiza sobre bases impermeabilizadas, al aire libre, dando ventilación natural mediante volteo por paleo o con equipos, para dejar escapar la humedad. Se recomienda volteo 5 veces en quince (15) días y mantener una temperatura de 55 °C mantener las pilas durante 30 o 45 días en este proceso para obtener compost aerobio
- Tamizar para efectos de retirar los materiales adicionados al lodo

- Aplicación en el suelo: tiene como fin mejorar las condiciones del suelo para optimizar los fines agrícolas ya que la materia orgánica también contribuye a la capacidad de intercambio catiónico del suelo permitiéndole retener el potasio, el calcio y el magnesio.

11.11. Condiciones de operación de los equipos de control eléctrico

Los tableros de control constituyen el centro que recibe y ejecuta las órdenes que provienen de los controles. Su funcionamiento es el siguiente según diagrama de selectores en el tablero.

Selector de 3 posiciones (automático – off – manual**)**: sintonizan el trabajo automático de las motobombas recibiendo las señales procedentes de los controles. Permiten la alternación automática de las motobombas.

- En la posición de automático (aut): se recibe la señal de control correspondiente y prende la luz indicadora de operación de la motobomba.
- En la posición manual (Man): gobierna el trabajo manual de cada una de las motobombas; se utilizan para hacer pruebas y calibrar el equipo.
- En la posición Off: desenergiza el trabajo manual.

El proceso de operación consiste en verificar el funcionamiento diariamente y registrar en planillas de control.

12. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE OPERACIÓN EN LA PTAR

El cuadro 1-17 presenta un estimado de tiempo diario en los procesos de operación a realizar en cada unidad de tratamiento de la PTAR

Cuadro 1- 17. Estimación de tiempo diario en los procesos de operación a realizar en cada unidad de tratamiento de la PTAR

UNIDAD	**DURACIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN (minutos)**	**PERSONAL ENCARGADO**
PTAR (planeación procesos, retroalimentación)	60	Coordinador o jefe de planta
PTAR (control electromecánico)	45	Técnico electromecánico
Aliviadero	10	Operador planta
Canal de cribado	60	Operador planta
Desarenador	60	Operador planta
Estación de bombeo PTAR	60	Operador planta
UASB (1)	75	Operador planta
Filtro percolador (1)	60	Operador planta
Sedimentador secundario (1)	30	Operador planta
Estación de bombeo de lodos (1)	30	Operador planta
UASB (2)	75	Operador planta
Reactor de lodos activados (1)	60	Operador planta
Sedimentador secundario (1)	30	Operador planta
Cámara de contacto de cloro	30	Operador planta

UNIDAD	DURACIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN (minutos)	PERSONAL ENCARGADO
Estación de bombeo de lodos (1)	30	Operador planta
Lechos de secado de lodos	75	Operador planta
Otras unidades complementarias	20	Operador planta

Fuente: Presente estudio

Los tiempos estimados de operación en cada unidad incluyen además de las ya mencionadas en los numerales anteriores las siguientes:

- Barrido y recolección de residuos
- Disposición de sólidos
- Limpieza de unidades
- Actividades de rocería, corte de pasto (que se pueden programar de forma mensual)
- Actividades de mantenimiento preventivo (programadas periódicamente)

Total, tiempo estimado de operación según cargo:

- Jefe de planta: 60 minutos/día; 0,125 día
- Técnico electromecánico: 45 minuto; 0.09 día
- Operadores de planta: 735 minutos; 12,25 horas/día, lo que equivale a 1,53 operarios día

13. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA

Una de las actividades más importantes para que subsista y permanezca activa al 100% una planta de tratamiento, es que se realice el mantenimiento preventivo en tiempo y forma, por lo que es importante saber programar y desarrollar los procedimientos adecuados para su ejecución. El concepto **"Mantenimiento**" significa todas las actividades desarrolladas con el fin de conservar las instalaciones y equipos en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico.

Como objetivo básico, el mantenimiento procura contribuir por todos los medios disponibles, reducir en lo posible el costo de la operación de la planta y cumplir de manera adecuada con su objetivo técnico que trata de conservar en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todo el equipo, tanto maquinaria como estructuras, de tratamiento de agua residual. Existen dos tipos de mantenimientos: el preventivo (preferente) y el correctivo. El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paros forzados o imprevistos. Este sistema requiere de un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Consiste en elaborar un plan de inspección para los distintos equipos de la planta, a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades para descubrir y corregir deficiencias que puedan ser causa de daños más graves posteriormente.

De otra parte, el mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido un paro forzado o imprevisto, debido al funcionamiento inadecuado. Éste es el sistema más generalizado, debido a se requiere de menor conocimiento y organización. Cuando se hace mantenimiento preventivo dentro de un sistema correctivo, a éste se le llama "mantenimiento rutinario". Cuando se hace mantenimiento correctivo en un sistema preventivo, se le llama "corrección de falla". En la práctica, no es posible tener a los dos sistemas como procesos totalmente diferenciados.

13.1. Programas de mantenimiento

Para llevar a cabo cualquiera de los tipos de mantenimiento mencionados, modernamente se consideran diferentes estrategias. Puede ser una combinación de estas, la estrategia óptima para llevar a cabo la conservación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

- **Mantenimiento programado:** Las acciones llevadas a cabo mediante esta estrategia se realizan a intervalos regulares de tiempo. Este es el mejor tipo de mantenimiento, o también cuando los equipos se sacan de operación. Estas actividades requieren de sacar de funcionamiento al equipo y pueden ser bien planeadas en cuanto a los repuestos y el personal requerido, Sin embargo, este tipo de mantenimiento solo es efectivo cuando la falla es dependiente del tiempo de operación. Esto no es común en las plantas de tratamiento.

- **Mantenimiento predictivo:** El mantenimiento predictivo no es dependiente de la característica de la falla y es el más efectivo cuando el modo de falla es detectable por monitoreo de las condiciones de operación. Este se lleva a cabo en forma periódica y no requiere de la puesta fuera de operación de los equipos. Entre las técnicas usadas en esta estrategia están las inspecciones, la verificación de condiciones y el análisis de tendencias.

- **Operar hasta la falla:** Esta estrategia no requiere de planes por adelantado o de ninguna otra actividad más que de asegurar que, al momento de la falla, se contara con el personal, las herramientas y los repuestos necesarios para atender la emergencia en el menor tiempo posible. Desde todo punto de vista, ésta es la estrategia menos deseable si se emplea como la única a seguir.

- **Mantenimiento de oportunidad:** Esta es una manera efectiva de dar mantenimiento. Se hace uso de los tiempos de paro de los equipos debidos a otras estrategias empleadas o a paros en la operación de la planta. Se hace uso de los tiempos muertos. El esfuerzo que se debe aplicar a esta estrategia puede ser muy efectivo desde el punto de vista económico.

- **Rediseño por obsolescencia:** Ésta es la mejor alternativa cuando las fallas son demasiado frecuentes, y la reparación o los repuestos son muy costosos. Si se ejecuta bien, es una actividad de un solo tiempo; todas las demás son actividades repetitivas.

13.2. El plan de mantenimiento para la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica

De lo anterior se concluye que el desarrollo del plan de mantenimiento es el examinar las diferentes unidades de la planta, para obtener su importancia crítica en el proceso y su disponibilidad, y según se requiera, la probabilidad y el tipo de falla de cada una de las partes constituyente, seguido por la selección de las estrategias apropiadas.

Las actividades para llevar a cabo el plan de mantenimiento que se indican se pueden resumir en la siguiente lista:

- Determinación de las unidades críticas en el proceso. Con base el diagrama de flujo de la planta, se llevará a cabo un análisis de la función que la unidad desempeña en el proceso.
- Determinación de disponibilidad de las unidades. Haciendo uso del historial de mantenimiento que se disponga, se lleva a cabo un análisis de la confiablidad de la unidad.
- Determinación de las partes críticas y su modo de falla. Se debe utilizar aquí el historial de mantenimiento y la base de datos de confiabilidad disponibles, para ubicar cuales son los modos de falla de cada una de las partes de la unidad en estudio.
- Selección del procedimiento de acuerdo con el modo de falla, o mediante el uso de técnicas de monitoreo de las condiciones de operación, se procede a seleccionar la estrategia apropiada.
- Ensamblar el plan para toda la planta. Se procede a confeccionar el plan para cada una de las unidades dentro de las unidades dentro de las ventanas de producción, el cual puede perfectamente constar de una combinación de todas las estrategias. Se debe procurar una tendencia al mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento a desarrollar para la PTAR es de tipo preventivo y se establece entre etapas así: a corto plazo, largo plazo y planes inmediatos

La primera cubre la planeación a largo plazo de los requerimientos, esta planeación debe llevarse a cabo en los niveles gerenciales de la empresa y sus metas están a tres años de plazo, de acuerdo con las especificaciones técnicas solicitadas al contratista. La planeación a corto plazo, la segunda área, contiene planes que se desarrollan a un año de plazo aproximadamente esta recae bajo la responsabilidad directa del jefe de planta. La tercera área contiene los planes inmediatos para la actividad del mantenimiento. Esta actividad puede ser desarrollada por supervisor, los técnicos u operadores. Se incluye entre sus actividades una planificación diaria con el propósito de reducir el tiempo utilizado en traslados y otras actividades que no son el trabajo directo sobre los equipos o instalaciones. Sin una planificación día a día, se estaría dedicando realmente al trabajo tan solo un 25 por ciento de la fuerza laboral disponible. Este tema ya se trató en el numeral 18.11

Es muy importante notar que las tres áreas de planeación difieren enormemente en su tipo de desarrollo y en su nivel administrativo, sin embargo, todas deben llevarse a cabo de una manera muy coordinada. En el numeral 1.11 se identificar cada una de las unidades que componen el sistema de tratamiento en el cuadro 1-18 se presenta el plan de mantenimiento inmediato por cada unidad del sistema.

Cuadro 1- 18. Plan de mantenimiento a corto y largo plazo para la PTAR del Centro Poblado Tobia Chica

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
1	**ALIVIADERO**			
1.1	Canal (paredes y piso)	Canal (paredes y piso)	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas, nivelación de vertederos
1.2	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
1.4	Bafle retención flotantes	Bafle retención flotantes	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
2	**CANAL DE CRIBADO**			
2.1	Canal (paredes y piso)	Canal (paredes y piso)	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas, nivelación de vertederos
2.2	Reja de gruesos	Tamiz de gruesos	Revisión y ajuste de componentes	Revisión y ajuste de componentes
2.3	Canastilla de recolección	Canastilla de recolección	Revisión y ajuste de componentes	Revisión y ajuste de componentes
2.4	Placa de tránsito	Placa de tránsito	Revisión del estado	Revisión del estado
2.5	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
3	**DESARENADOR**			
3.1	Estructura desarenador	Desarenador	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
3.2	Compuerta de cierre	C1y C2	Revisión y ajuste de componentes	Revisión y si se requiere cambio de componentes
3.3	Caja de arenas	Caja de arenas	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
3.4	Placa de tránsito	Placa de tránsito	Revisión del estado	Revisión del estado
3.5	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
3.6	Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	Revisión y ajuste de componentes	Revisión del estado

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
4	**ESTACIÓN DE BOMBEO PTAR**			
4.1	Estructura Pozo de bombeo	Pozo de bombeo	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
4.2	Bombas sumergibles	B1, B2	Inspección regular dos veces al año en sitio	Revisión general en taller, revisión y cambio de flotadores
4.3.	Canastilla de sólidos	Revisión y ajuste de componentes	Revisión y si se requiere cambio de componentes	Revisión y ajuste de componentes
4.4	Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
5	**REACTORES UASB**			
5.1	Reactor UASB	UASB 1 y UASB 2	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
5.2	Canal de recepción de caudales	Canal de recepción de caudales UASB 1 Y UASB 2	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas, nivelación de vertederos
5.3	Manguera de distribución de caudal	UASB 1 y UASB 2	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas, revisión y cambio de anclajes
5.4	Campanas colectoras de gas	Campanas colectoras de gas UASB 1 y UASB 2	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas, revisión y cambio de anclajes

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
5.5	Sistema extracción de flotantes	Sistema extracción de flotantes UASB 1 y 2	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas, revisión y cambio de anclajes
5.6	Quemador de gas	Quemador de Gas	Inspección regular dos veces al año en sitio	Revisión general en taller, revisión y cambio de flotadores
5.7	Manhole de acceso al reactor UASB	Manhole UASB 1 y 2	Inspección regular dos veces al año en sitio	Revisión general en taller, revisión y cambio de flotadores
5.8	Unidad extracción de lodos	Unidad extracción de lodos UASB 1 Y 2	Inspección regular dos veces al año en sitio	Revisión general de las válvulas, desmonte estructura y revisión de anclajes
5.9	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
5.10	Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
6	**REACTOR DE LODOS ACTIVADOS**			
6.1	Estructura del reactor	Reactor 1	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
6.2	Sistema de aireación	Sopladores, red de aire, difusores	En operación	Verificar el funcionamiento
				Verificar estado

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
				Mantenimiento especializado anualmente
6.4	Sistema de drenaje	Sistema drenaje (FP 1) y (FP2)	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
6.5	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
6.6	Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
7	**SEDIMENTADOR SECUNDARIO**			
7.1	Tanque sedimentador	**Tanque sedimentador 1**	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
7.2	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
7.3	Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
8.	**ESTACIÓN DE BOMBEO DE LODOS**			
8.1.	Estructura pozo de bombeo	Pozo de bombeo	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
8.2	Bombas sumergibles	B1	Inspección regular dos veces al año en sitio	Revisión general en taller, revisión y cambio de flotadores
8.3	Placa de tránsito	Placa de tránsito	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
8.4	Baranda de seguridad	Baranda de seguridad	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
8.5	Escaleras de acceso	Escaleras de acceso	Revisión y ajuste de componentes	Pintar y cambio de anclajes si se requiere
9	**LECHOS DE SECADO DE LODOS**			
9.1	Lechos de secado de lodos	Lechos de secado de lodos	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
9..2	Lechos filtrantes	Lechos filtrantes	Inspección, determinar alto del lecho	Cambio de lechos
9.3	Válvulas tipo mariposa	VM1, VM2	Inspección regular dos veces al año en sitio, bajo condiciones de servicio normal (baja caída de presión, no arena, no fluidos abrasivos), corrosión o fluido de arena	Desmontar y reemplazar el vástago, el disco y la camisa que suelen ser la razón para reparar. No siempre se necesitan discos nuevos, pero Si hay que cambiar todos los sellos anulares o empaquetaduras junto con el vástago y los bujes del vástago si están gastados
10	**CAMARA DE CLORACIÓN**			
10.1	Pozo almacenamiento	Pozo almacenamiento	Lavado, verificación de fugas	Lavado, vaciado y verificación de fugas
10.2	Válvulas de drenaje	VD 1	Inspección regular dos veces al año en sitio, bajo	Desmontar y reemplazar el vástago, el disco y la

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
			condiciones de servicio normal (baja caída de presión, no arena, no fluidos abrasivos), corrosión o fluido de arena	camisa que suelen ser la razón para reparar.
10.3	Sistema de dosificación		Inspección regular dos veces al año en sitio, bajo condiciones de servicio normal	Revisión técnica especializada anual
11	**SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO**			
11.1	Tableros		Limpieza de polvo y/o la aplicación de algunos aerosoles especiales (lexite, nc, ss 25 de mat 57) Observar que no presente daños visibles o piezas flojas o sueltas. Reapretar todas las terminales Detectar si hay rastros de calentamiento. Si está presente algún rastro anotarlo y posteriormente desconectarlo y / o desarmarlo para definir la causa del calentamiento	Los elementos de potencia para conmutación (contactores para arranque de motores) desarmarlos y ver el estado de los platinos (contactos) así como limpiar el núcleo de la bobina de accionamiento, nunca lijar ni platinos ni núcleo, si los platinos están gastados es mejor cambiar el componente o los platinos. Verificar que los conductores de tierra estén

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
				bien apretados y que además tengan continuidad eléctrica con la estructura del tablero. Limpiar el gabinete con algún solvente noble para retirar polvo o rastros de humo (calentamiento) Si es necesario pintar el tablero. Energizar el tablero y poner a funcionar la maquina en condiciones normales, Regresa a las anotaciones y medir la corriente que circula por aquellos elementos que presentaban rastros de calentamiento, comparar sus características eléctricas con
12	**AREA ADMINISTRATIVA Y DE CONTROL**			
12.1	Almacén y maquinas	Almacén	Inspección general	Lavado, limpieza, pintura, revisión de estado de ventanas, puerta, chapas, mesón, etc

ITEM	COMPONENTE	IDENTIFICACIÓN	MANTENIMIENTO	
			CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
13	**ZONAS VERDES**			
13.1	Cerca perimetral	Cerca perimetral	Revisión y cambio de grapas	Revisión y cambio de grapas, tensado de alambre y cambio de postes según necesidad
13.2	Cerca viva	Cerca viva	Poda de mantenimiento, fertilización y resiembra	Poda de mantenimiento, fertilización y resiembra
13.3	Zonas verdes	Zonas verdes	Poda de mantenimiento, fertilización y resiembra	Poda de mantenimiento, fertilización y resiembra

Fuente: El constructor,2019

13.3. Personal y elementos requeridos para las actividades de operación y mantenimiento

Debe estar conformado por un área administrativa y otra de operación y mantenimiento. El estudio de diversas experiencias de otras plantas de tratamiento permite prever el siguiente personal:

13.3.1. Personal de operación y mantenimiento

Un jefe de planta, supervisor ó coordinador. (dos horas diarias). Tendrá a su cargo la planta de tratamiento, así como la coordinación de los operarios encargados de la operación y mantenimiento. Debe desarrollar entre otras las siguientes actividades:

- Elaborar un reglamento de trabajo en la PTAR.
- Elaborar una guía de funciones y responsabilidades.

- Diseñar una guía para el muestreo en las diferentes unidades y puntos, con tipos de muestreo, parámetros de control, horarios determinados, número de muestreos, etc.
- Coordinar el programa de muestreo y transporte de muestras de parámetros que por su especificidad no se puedan procesar en el laboratorio de la planta.
- Velar por la operación normal de la PTAR.
- Controlar el cumplimiento de las funciones, horarios y reglamento interno de trabajo.
- Diseñar los diferentes formularios y formatos para el registro y archivo de la información.
- Mantener en la planta, en un lugar visible para el personal con funciones operativas, la información sobre la misma como planos, manuales, memorias de diseño, además de bibliografía útil para el personal en lo que tiene que ver con soluciones a posibles problemas (documentos, catálogos, libros, revistas, etc.).
- Velar por la seguridad laboral del personal.
- Mantener actualizado el inventario de reactivos y equipos.
- Implementar un programa preventivo de mantenimiento continuo de las instalaciones, estructuras y equipos.
- Realizar reuniones periódicas con todo el personal a fin de estandarizar los procedimientos que se llevan a cabo en la planta.
- Capacitarse continuamente en el campo del tratamiento de las ARU, con el fin de realizar investigaciones, utilizando las instalaciones e información de la operación que conlleva a la optimización de la PTAR.
- **Un técnico electromecánico** (Una hora diaria), se estima este tiempo diario que debe ser programado sobre todo en el mantenimiento a corto y largo plazo de las unidades mecánicas y electricas
- **Dos operadores.** - (Jornada de 8 horas/día). Serán los encargados de realizar las tareas de control de la planta de tratamiento. Deberán tener conocimientos sobre mantenimiento y operación, para lo cual requerirán de cursos de capacitación.

Las responsabilidades que les serán asignadas son:

- Informar periódicamente al jefe sobre el funcionamiento y estado de las unidades en general.
- Realizar los controles necesarios para la normal operación de las plantas, entre ellos

- Medición de caudales o Controles fisicoquímicos: lectura de parámetros, toma de muestras de agua.
- Llevar a cabo los programas de mantenimiento físico de todas las unidades
- Mantenimiento de las unidades de tratamiento, fundamentalmente mantener los taludes libres de vegetación; limpiar las canaletas, vertederos, desarenador y cámara de rejas; remover grasas y materia orgánica flotante (con la frecuencia propuesta en los puntos posteriores); y mantener las áreas verdes.

13.3.2. Documentación requerida

La documentación disponible en todo momento en la planta deberá contar con los antecedentes propios del proyecto, a fin de conocer tanto las bases de diseño de la planta como también la ubicación de cada uno de los elementos del sistema. Como mínimo, es recomendable contar con lo siguiente:

- Memoria técnica del proyecto
- Un juego completo de los planos de construcción
- Especificaciones técnicas de construcción
- Formularios de registro de datos operacionales y de análisis de calidad (detallados más adelante)
- Una colección de referencias técnicas.
- Cuaderno de observaciones. En este cuaderno o bitácora, el operador anotará diariamente las lecturas efectuadas, así como los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos, medidos o analizados tanto en la planta como fuera de ella.
- Listas de inventario de refacciones y equipos de relevo
- Registros, fichas y hojas de mantenimiento

13.3.3. Requerimientos administrativos y de infraestructura

Administrativos

- Un escritorio
- Un mueble para conservar la documentación de la planta
- Un computador personal para el almacenamiento de los registros de control y emisión de documentos
- Una impresora para la edición de la documentación que se emita
- Un teléfono
- Material de escritorio
- Servicios higiénicos
- Servicio de cocina.

Equipo de trabajo

En una planta de tratamiento el equipo de trabajo se reduce a herramientas necesarias para mantenimiento. Es aconsejable que la planta cuente con el mínimo de herramientas de trabajo descritas en el cuadro 1-19 (el número de ellas variará conforme a las necesidades).

Cuadro 1- 19. Herramientas necesarias para el mantenimiento de la PTAR

HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS	CANTIDAD NECESARIA
Carretillas de mano	Una por cada 2 obreros
Pala	Una por cada obrero
Cuchara de 12" de diámetro de malla metálica, con asa metálica (tubería de fierro galvanizado de 1") de 2 m. de largo	Una por cada obrero

HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS	CANTIDAD NECESARIA
Caja de herramientas con martillo, alicate, clavos, llave de expansión ó expansiva, llave de tubo, etc.	Un juego por cada 2 obreros
Manguera para lavado de unidades de pretratamiento	Una
Rastrillo	Uno por cada obrero
Ph metro para medir en profundidad	Uno
Oxímetro para medir en profundidad	Uno
Comparador de pH con rango de 1 a 11	Uno
Termómetro para medición de temperatura en ºC (rango 0 – 100 ºC)	Dos

Fuente: El consultor,2016

14. SEGURIDAD E HIGIENE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Antes de hablar de seguridad en la planta de tratamiento de aguas residuales, es importante que el operador conozca algunos conceptos de seguridad y los riesgos que pudieran existir, por lo que se describen a continuación las definiciones básicas que se deben comprender.

14.1. Definiciones

Reglamento de seguridad: se debe seguir el reglamento de seguridad de la empresa

Centro de trabajo: Todo aquel lugar, cualquiera que sea su denominación, en el que se realicen actividades de producción, comercialización o de prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

Programa de seguridad e higiene: Documento en el que se describen las actividades, métodos, técnicas y condiciones de seguridad e higiene que deben observarse en el centro de trabajo, para la prevención de accidentes y enfermedades, mismo que contará en su caso, con manuales de procedimientos específicos.

Condiciones inseguras: Circunstancia física peligrosa en el medio en el que los trabajadores realizan sus labores (ambiente de trabajo) y se refiere al grado de inseguridad que pueden tener los locales, la maquinaria, los equipos y los puntos de operación.

Condiciones peligrosas: Son aquellas que pueden ocasionar un accidente o una enfermedad en el trabajo.

Riesgos potenciales: Es la posibilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

Actividades peligrosas: Conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo, que generan condiciones inseguras y sobre exposición a los agentes químicos capaces de provocar daños a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

Sustancias peligrosas: Aquellas que, por sus altos índices de inflamabilidad, ex- plosívidad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica, puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Sustancias tóxicas: Aquélla que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o la muerte.

14.2. Identificación y clasificación de riesgos en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

Una planta de tratamiento de aguas residuales presenta peligros, como resultado de la naturaleza del agua a tratar. Los riesgos que debe conocer y entender el operador y que pueden surgir, son:

- Los que causan daños físicos
- Las infecciones corporales
- La inhalación de gases nocivos

Los riesgos pueden ser controlados con prácticas de trabajo adecuadas, así como la selección de un proceso y equipo que minimice dichos riesgos. Para tener instalaciones seguras, los supervisores y trabajadores deben saber y entender lo siguiente:

- Las rutinas necesarias en la planta y los riesgos asociados.
- La ejecución de rutinas seguras.
- Las actividades que deben ser reportadas.
- La periodicidad de reportes.
- La forma en que los reportes deben ser hechos.
- El análisis de reportes en base a los objetivos.
- Los trabajadores deben conocer las áreas de mayor riesgo y las zonas de seguridad.

Las áreas de mayor riesgo y los peligros más frecuentes en una planta de tratamiento de aguas residuales son:

- Las atmósferas contaminadas
- El almacenamiento de agentes químicos y biológicos
- Los lugares de confinamiento
- El laboratorio
- La operación nocturna
- Los gases y vapores
- El manejo de materiales inflamables y explosivos
- El control de fuego

14.3. Responsabilidades para una operación segura

Con la finalidad de promover condiciones de seguridad e higiene dentro de la planta de tratamiento, tanto los encargados de la planta como los operadores, deben compartir responsabilidades para evitar accidentes. Dentro de las responsabilidades que se deben tomar en cuenta, se encuentran las siguientes:

- Conservar en condiciones de funcionamiento seguro las instalaciones y las áreas de trabajo.
- Realizar inspecciones visuales periódicas a las instalaciones y las áreas de trabajo.
- Mantener informado al encargado de la existencia de condiciones inseguras y corregir estas.
- Identificar todas las áreas susceptibles de riesgo.
- Establecer un programa de seguridad e higiene.
- Contar con equipo y materiales para contener las sustancias químicas peligrosas.
- Verificar el adecuado funcionamiento, el mantenimiento y la adecuada ubicación de dispositivos y equipos para el control de emergencias.
- Proporcionar y actualizar los manuales para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- Proporcionar y participar en el adiestramiento y capacitación para la prevención y control de accidentes (incendios, fugas de gas cloro, derrames, etc.).
- Cumplir con todas las medidas de seguridad para la prevención y control de accidentes.

14.4. Equipo y material de seguridad

Durante la operación de un sistema de tratamiento, el personal debe contar con el equipo y material para el desarrollo de sus actividades, tanto en la operación rutinaria como durante el mantenimiento. De igual forma, se debe contar con materiales que permitan atender las emergencias por derrames, los incendios. Se debe asegurar que los operadores cuenten con capacitación para el manejo adecuado de los equipos y materiales. Dentro del equipo básico de seguridad con que debe contar el operador de la planta, están los presentados en la figura 1-14.

Figura 1- 13. Equipo de seguridad industrial requerido en la PTAR



Fuente: Merchan, 1996

14.5. Higiene personal de los operadores

Las siguientes son recomendaciones para el bienestar de los trabajadores de su familia:

- Nunca se lleve a la boca ningún alimento o cualquier objeto sin antes lavarse muy bien las manos. Use suficiente agua y jabón.

- Absténgase de fumar mientras trabaja
- Al llegar a la planta los operadores deberán dejar en su casillero la ropa de calle y cambiarse con ropa de trabajo la cual debe ser proporcionada por la empresa. Al final de sus labores, antes vestirse nuevamente su ropa de calle y marchar a casa darse un baño meticuloso con abundante agua y jabón.
- No saque sus botas y ropa de trabajo fuera de las instalaciones de la planta ya que pueden portar microorganismos patógenos; tampoco visite las áreas de producción, sobre todo no lo lleve a casa.
- Siempre limpie su equipo personal después de usarlos, como son: los cinturones de seguridad, mascarillas guantes. etc. lo anterior permite que usted pueda reutilizarlo con confianza
- Mantenga sus uñas bien cortadas y limpias, las uñas son un excelente trasporte gérmenes (microorganismos patógenos)
- En los lugares mojados los pies deberán protegerse con botas de hule o con cubierta de hule para zapatos, como protección contra la humedad.
- Se recomienda el uso de vasos de papel para beber, así como la aplicación de la vacuna de tétanos a los operadores.

14.2. Precaución contra infecciones y enfermedades

- Atiéndase cualquier herida raspadura rápidamente cuando se trabaja con aguas residuales, la herida o raspadura más pequeña es potencialmente, peligrosa y se debe lavar cuidadosamente con agua y jabón aplicando inmediatamente después un desinfectante como puede ser una solución al 2% de tintura de yodo.
- Acuda a un médico para que le atienda heridas más graves.
- Asista a un entrenamiento de primeros auxilios.
- Todo el personal deberá aplicarse la vacuna contra el tétano. Es conveniente llevar un registro de las vacunas de todos los empleados.
- Adicionalmente, la planta deberá contar con botiquín de primeros auxilios y se procurará que la mayoría de los operadores reciban instrucciones de cómo utilizarlo.

14.3. Uso de herramientas manuales

El objetivo es proporcionar una guía para el uso seguro de las herramientas manuales.

- Utilizar las herramientas solo para el propósito para lo cual fueron diseñadas
- Utilizar las herramientas que estén en buenas condiciones. Las herramientas desgastadas o rotas deben reparasen o reemplazarse
- Siempre utilice el equipo de seguridad apropiado
- Almacenar las herramientas que no se estén usando de existir un almacén que incluya herramientas, cajas, canastillas de herramientas y cajones.
- No deje las herramientas en áreas elevadas o sobre techos debida a que pueden caer y lastimar a personas.
- No cargue en su bolsa o en su cinturón herramientas con punta o filo, sin que estén cubiertas o protegidas

BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, R. ¡996). Tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario curva de rodas de la ciudad de Medellín utilizando reactores UASB y filtros anaerobios FAFA. IV Seminario taller latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales. Bucaramanga. Págs. 579-580.

Benavidez, O. (1998). Arranque de un reactor U. A. S. B. para el tratamiento de aguas residuales de cervecería. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Ingeniería Química.

Borzacconi, L., López, I., Ohanian, M. y Viñas, M. (1996) Degradación anaerobia de lixiviado de relleno sanitario y postratamiento aerobio. IV Seminario taller latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales. Bucaramanga. Págs. 569-574.

Convenio de cooperación técnico científico Universidad del Valle, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC) y Universidad agrícola de Wageningen. (1989). Criterios de diseño para sistemas de tratamiento anaerobio, U. A. S. B. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Departamento de procesos químicos y biológicos, sección de saneamiento ambiental. Santiago de Cali.

Garcés, R., C. (2000). Determinación de las condiciones de operación de un reactor piloto U. A. S. B. en el tratamiento de aguas residuales de café soluble. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Ingeniería Química.

Giraldo G., G. (1995). Manual de análisis de aguas. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Departamento de ciencias.

Glynn, H., Heinke, G. (1996). Environmental Science and Engineering. Prentice Hall inc.

Lettinga, G; Van V., Hobma, S. De Zeeuw, W. y Klapwijk, A. (1980). Use of the upflow sludge blanket (UASB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnology and Bioengineering. Vol 22, N° 4, p 699-734.

Merchán, P., D. (1996). Arranque y operación de un reactor U. A. S. B. en la procesadora avícola de Risaralda. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Ingeniería Química.

Moreno, J., H. (2009). Optimización de diseño del sistema de alimentación de reactores U. A. S. B. Revista Memos de Investigación, No. 284. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes.

Peña, T., J. (2009). Diseño y montaje de un reactor anaerobio de tipo UASB para el tratamiento de las aguas residuales y pruebas piloto de lombricultivo para el tratamiento de residuos de café. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. T83 / P397 ej. 1.

Romero, R., J. (2002). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ruíz, I., Álvarez, J., y Soto, M. (1999). El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica. Universidad de La Coruña. Facultad de Ciencias. Págs. 51-55.

Tchobanoglous, G. y Burton, F. Mercalf & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3° ed. Editorial. Mc Graw Hill.(Interamericana de España)

www.ceres.udc.es/ Ingeniería del agua. Curso. Espesamiento de fangos de estaciones depuradoras de aguas residuales. Consultado enero 26 de 2017.

ANEXOS

- Revisión memorias de diseño
- Fichas técnicas equipos
- Planos