PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Ejecutar las operaciones y procesos básicos en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

2022

OTASS
ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Ejecutar las operaciones y procesos básicos en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1
ESTÁNDAR DE COMPETENCIA 1 (EC1): EJECUTAR LAS OPERACIONES Y PROCESOS BÁSICOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, CONTROLANDO LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN QUE ASEGUREN LA CALIDAD DEL EFLUENTE FINAL, DE ACUERDO CON EL MANUAL DE OPERACIONES Y CUMPLIENDO LA NORMATIVIDAD VIGENTE.

Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS)
Director ejecutivo: Héctor Barreda Domínguez.
Calle Germán Schreiber 210, oficina 101,
San Isidro, Lima, Perú.
Teléfono: (+51) (1) 5002090.
otass@otass.gob.pe
www.otass.gob.pe

Con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza - SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II
Responsable: Ingmar Obermann - Director de Área Ciudades Sostenibles

Contenido
Ing. Jimmy Castillo Becerra

Coordinación, revisión y edición de contenido
Julio Venero Farfán, Pedro Chiroque Cruz y
Porfirio Corimanya Barrio de Mendoza

Corrección de estilo
Marita Obregón Rossi

Fotografías
©GIZ / Ing. Jimmy Castillo Becerra

Revisión técnica
Tito Abad Suárez y Julián Gonzales Chinquillo

Diseño y diagramación
Periférica
www.periferica.com.pe

Primera edición
Noviembre 2022.

Tiraje
250 ejemplares.

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N.° 2022-11002

Impresión
Vértice Consultores Gráficos SAC
Av. Boulevard 1040, ate

Se terminó de imprimir en noviembre del 2022 en Lima, Perú.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación, siempre y cuando se cite la fuente.

GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Ejecutar las operaciones y procesos básicos en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DEERE
JOHN DEERE

CONTENIDO

PRÓLOGO 14
INTRODUCCIÓN 15
PROCESOS UNITARIOS PARA ELTRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 17

1. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MANUAL 18
1.1. OBJETIVOS GENERALES 19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 19
1.3. CONCEPTOS BÁSICOS 19
1.3.1. REJA O REJILLA 19
1.3.2. LUZ DE MALLA O APERTURA 19
1.3.3. CAUDAL 19
1.3.4. AFLUENTE 19
1.3.5. AGUA RESIDUAL 20
1.3.6. AGUAS PLUVIALES 20
1.3.7. DESARENADORES 20
1.3.8. PRETRATAMIENTO 20
1.3.9. COLOR 20
1.3.10. OLOR 20
1.4. PROCESO DE PRETRATAMIENTO 20
1.4.1. CÁMARA DE REJAS 21
1.4.2. DESARENADOR 21
1.4.3. CANAL PARSHALL 22
1.5. OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRETRATAMIENTO 23
1.5.1. LIMPIEZA DE REJAS 23
1.5.2. LIMPIEZA DEL DESARENADOR 24
1.5.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL 25
1.6. MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS 29
1.6.1. HERRAMIENTAS PARA EL RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS 30
1.7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 31
1.8. BIBLIOGRAFÍA 32

2. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE TRATAMIENTO PRIMARIO-SECUNDARIO 34
2.1. OBJETIVOS GENERALES 35
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 35
2.3. CONCEPTOS BÁSICOS 35
2.3.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5) 35
2.3.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) 35
2.3.3. ACEITES Y GRASAS 35
2.3.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) 35
2.3.5. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN 36
2.3.6. LAGUNA DE MADURACIÓN 36
2.3.7. LAGUNA FACULTATIVA 36

2.3.8. LAGUNA ANAEROBIA (LAGUNA DE SEDIMENTACIÓN) 36
2.3.9. TANQUE IMHOFF (TANQUE DE SEDIMENTACIÓN) 36
2.3.10. BACTERIAS 36
2.3.11. BLOOM DE ALGAS 37
2.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO BÁSICO 37
2.4.1. SISTEMA LAGUNAR ANAEROBIO-FACULTATIVO 37
2.4.2. TANQUE IMHOFF 37
2.4.3. FILTRO PERCOLADOR 38
2.5. OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA LAGUNAR 39
2.5.1. INSPECCIÓN SENSORIAL (OLORES Y COLORES) 39
2.5.2. CONTROL DE PARÁMETROS *IN SITU* 40
2.5.3. MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD DE LODOS 41
2.5.4. RETIRO DE NATAS Y SÓLIDOS FLOTANTES 41
2.6. OPERACIÓN BÁSICA DEL TANQUE IMHOFF 41
2.6.1. INSPECCIÓN DEL CAUDAL DE INGRESO 41
2.6.2. REMOCIÓN DIARIA DE ESPUMA DE LA ZONA DE VENTILACIÓN 42
2.6.3. DRENAJE DE LODOS 43
2.7. OPERACIÓN BÁSICA DEL FILTRO PERCOLADOR 43
2.7.1. ENSAYO DE SEDIMENTACIÓN A LA SALIDA DEL BIOFILTRO 43
2.7.2. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE LIMPIEZA 44
2.8. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 45
2.9. BIBLIOGRAFÍA 46

3. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES 48
3.1. OBJETIVOS GENERALES 49
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 49
3.3. CONCEPTOS BÁSICOS 49
3.3.1. CLORO SÓLIDO (HIPOCLORITO DE CALCIO) 49
3.3.2. CLORO LÍQUIDO 49
3.3.3. CÁMARA DE CONTACTO 49
3.3.4. TIEMPO DE CONTACTO 49
3.3.5. DEMANDA DE CLORO 50
3.3.6. CLORO RESIDUAL 50
3.3.7. CONCENTRACIÓN DE CLORO 50
3.4. PROCESO DE DESINFECCIÓN 50
3.4.1. ESTACIÓN DE CLORACIÓN 50
3.5. OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN 51
3.5.1. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CLORO (DOSIS DE CLORO) 51
3.5.2. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA PRODUCTOS NO GASEOSOS 53
3.5.3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN 54
3.5.4. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA 59
3.5.5. DESINFECCIÓN DE LA CÁMARA DE CONTACTO 59
3.6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 60
3.7. BIBLIOGRAFÍA 61

4. OPERAR Y CONTROLAR EL PROCESO BÁSICO DE TRATAMIENTO DE LODOS 62
4.1. OBJETIVOS GENERALES 63
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 63
4.3. CONCEPTOS BÁSICOS 63
4.3.1. LODO PRIMARIO 63
4.3.2. ESTABILIZACIÓN 64
4.3.3. CAL 64
4.3.4. AGENTES PATÓGENOS 64
4.3.5. BIOSÓLIDO 64
4.3.6. HUEVO DE HELMINTO 64
4.3.7. HIGIENIZACIÓN 64
4.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LODO 65
4.4.1. ESTACIÓN DE SECADO DE LODOS 65
4.4.2. ESTABILIZACIÓN DE LODOS 66
4.5. OPERACIÓNES BÁSICAS DE CONTROL DE LODOS 67
4.5.1. EXTRACCIÓN DE LODOS EN EL TANQUE IMHOFF 67
4.5.2. OPERACIÓN DEL LECHO DE SECADO 69
4.5.3. ESTABILIZACIÓN DE LODOS POR MEDIO DE ADICIÓN DE CAL 71
4.6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 72
4.7. BIBLIOGRAFÍA 73

5. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO 74
5.1. OBJETIVO GENERAL 75
5.2. TIPOS DE EPP INDIVIDUALES Y COLECTIVOS 75
5.3. EVALUACIÓN DE CONDICIONES INSEGURAS EN EL TRABAJO 77
5.4. RIESGOS Y DAÑOS 78
5.5. PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD 79
5.6. BIBLIOGRAFÍA 79

TABLAS

Tabla 1: Clasificación de rejas. 21
Tabla 2: k y m variables según el ancho de la garganta. 28
Tabla 3: Tipos de residuos sólidos. 29
Tabla 4: Límites máximos permisibles. 40
Tabla 5: Preparación de dosis de cloro. 52
Tabla 6: Metodología de preparación de soluciones de cloro. 53
Tabla 7: Metodología para el cálculo de la cantidad de cloro a dosificar. 54
Tabla 8: Relación sólidos volátiles-materia seca. 66
Tabla 9: Tipo de estabilización de lodos. 66
Tabla 10: Porcentajes de materia seca según el tipo de lodo. 71
Tabla 11: Evaluación de condiciones inseguras. 77
Tabla 12: Riesgos y daños. 79

FIGURAS

Figura 1: Flujo de proceso básico de planta de tratamiento de aguas residuales. 17
Figura 2: Cámara de rejas. 21
Figura 3: Desarenador. 22
Figura 4: Principio de sedimentación. 22
Figura 5: Canal Parshall. 23
Figura 6: Limpieza de rejas. 23
Figura 7: Limpieza de rejas. 24
Figura 8: Disposición de residuos sólidos. 24
Figura 9: Acondicionamiento de residuos sólidos. 24
Figura 10: Remoción de arenas. 25
Figura 11: Manejo de compuertas. 25
Figura 12: Tipo de vertederos. 25
Figura 13: Ecuaciones de cálculo. 26
Figura 14: Medición del caudal-vertedero rectangular. 26
Figura 15: Medición del caudal-canal Parshall. 27
Figura 16: Elección del punto para medir la profundidad (izquierda)-Componentes del canal Parshall (derecha). 27
Figura 17: Medición de profundidad. 28
Figura 18: Cálculo del caudal. 29
Figura 19: Disposición de residuos sólidos. 30
Figura 20: Herramientas para el recojo de residuos. 30
Figura 21: Sistema lagunar. 37
Figura 22: Componentes del tanque Imhoff. 38
Figura 23: Filtro percolador. 39
Figura 24: Coloración típica de las lagunas de oxidación. 39
Figura 25: Medición de parámetros in situ. 40
Figura 26: Malla red para el recojo de residuos. 41
Figura 27: Canal de entrada del tanque Imhoff. 42
Figura 28: Remoción de espumas de la zona de ventilación. 42
Figura 29: Descarga de lodos en el lecho de secado. 43
Figura 30: Ensayo de sedimentación de lodos. 44
Figura 31: Tanque de cloro gas-Cámara de contacto. 51
Figura 32: Medición de cloro residual libre. 52
Figura 33: Apertura de válvula (izquierda)-Regulador de la cantidad de cloro (derecha). 55
Figura 34: Bombas dosificadoras de solución de hipoclorito de calcio. 55
Figura 35: Accesorios, mangueras, válvulas. 56
Figura 36: Bomba dosificadora. 56
Figura 37: Válvula de pie-válvula de inyección. 56
Figura 38: Anillo retén, anillo de apriete, boquilla, junta (izquierda a derecha). 57
Figura 39: Instalación del anillo retén y anillo de apriete. 57
Figura 40: Instalación de la boquilla. 57
Figura 41: Instalación de la junta sobre la válvula. 58
Figura 42: Fijación de la válvula de pie y válvula de inyección. 58

Figura 43: Instalación de bomba dosificadora. 58
Figura 44: Cámara de contacto. 59
Figura 45: Tanque Imhoff- lechos de secado. 63
Figura 46: Componentes de un lecho de secado de lodos. 65
Figura 47: Descarga de lodos en los lechos de secado. 65
Figura 48: Reactor UASB- RAFA. 67
Figura 49: Apertura de válvula para el drenaje de lodos. 68
Figura 50: Válvula y sistema de distribución de lodos. 68
Figura 51: Descarga de lodo en el lecho de secado. 68
Figura 52: Distribución uniforme del lodo dentro del lecho de secado. 69
Figura 53: Mantenimiento del lecho de secado-retiro de arenas. 70
Figura 54: Retiro de malezas. 70
Figura 55: Estabilización alcalina-dosis de cal. 71
Figura 56: Equipos de protección personal: arnés, uniforme (izquierda); equipo de respiración autónoma (centro); casco y mascarilla (derecha). 76
Figura 57: Equipos de protección auditiva. 76
Figura 58: Falta de EPP para el retiro de sólidos. 77
Figura 59: Riesgo de caída-falta de baranda de seguridad y ausencia de EPP. 77
Figura 60: Limpieza de rejas sin el uso de herramientas. 78
Figura 61: Operación de bomba dosificadora de cloro-falta de EPP. 78
Figura 62: Examen de salud ocupacional. 79

HYUNDAI
HY50

PRÓLOGO

La Política Nacional de Saneamiento tiene como objetivo principal "alcanzar el acceso universal, sostenible y de calidad a los servicios de saneamiento". Para lograrlo, las empresas de servicios de saneamiento necesitan contar con personal calificado y competente para atender las exigencias y necesidades concretas que requiere su trabajo. El Estado aprobó que una de las principales funciones del Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) fuera "fortalecer las capacidades de las empresas prestadoras públicas de accionariado municipal".

Con este propósito, el OTASS prioriza fortalecer cada una de las competencias y capacidades del personal de las EPS mediante la Certificación de Competencias y la capacitación de cierre de brechas encontradas como resultado de las evaluaciones de Certificaciones de Competencias durante el periodo 2018-2019.

En ese marco, el OTASS, en un esfuerzo conjunto con la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza – SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II), han elaborado las siguientes guías de capacitación para contribuir al cierre de brechas del personal técnico operativo de las EPS con los perfiles ocupacionales de producción y distribución de agua potable, así como de recolección y tratamiento de aguas residuales.

A continuación, la guía de capacitación del perfil ocupacional de Tratamiento de Aguas Residuales está dividida en dos estándares de competencia, el primero contempla: "Ejecutar las operaciones y procesos básicos en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente", y el segundo: "Ejecutar las operaciones y procesos avanzados en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo al manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente".

Héctor Barreda Domínguez
Director ejecutivo del OTASS

INTRODUCCIÓN

La presente guía describe una serie de operaciones que se realizan durante las diferentes etapas de los procedimientos básicos aplicados para el tratamiento de aguas residuales domésticas. El objetivo principal de este documento es fortalecer la capacidad de los operarios en el manejo y operación de las diferentes estaciones. Asimismo, esta guía de capacitación brinda sólidos conocimientos teóricos que se complementan con cálculos básicos descritos con ejemplos, además de un registro fotográfico que ayuda a entender mejor las actividades de control. En el capítulo I "Operar y controlar los procesos de pretratamiento manual", se describen principalmente operaciones esenciales como son la limpieza de rejas, la extracción de arenas y la medición del caudal considerando una serie de vertederos y la canaleta Parshall. En el capítulo II "Operar y controlar los procesos básicos de tratamiento primario y secundario", se focalizan las actividades realizadas en un sistema lagunar que consta de lagunas anaerobias y facultativas. En tal sentido, se describen operaciones básicas como son el retiro de natas flotantes y la medición de parámetros in situ. En el capítulo III "Operar y controlar los procesos básicos de desinfección de aguas residuales", se describe principalmente el procedimiento para la preparación de soluciones de hipoclorito de calcio, así como la operación del sistema de cloro gas. La descripción de estas operaciones se complementa al mismo tiempo con ejemplos de cálculos básicos que necesariamente tendrán que ser acompañados de la supervisión de un monitor de campo. El capítulo IV "Operar y controlar el proceso básico de tratamiento de lodos", considera principalmente el proceso de estabilización de lodos mediante el cálculo de la cantidad de insumo químico, así como otras variables de operación. Finalmente, en el último capítulo V "Seguridad y salud en el trabajo", se consideran las condiciones seguras para realizar las diferentes operaciones dentro de cada estación de tratamiento.

PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) consta de una serie de unidades y componentes en donde se depuran total o parcialmente los contaminantes que contienen las aguas residuales o aguas servidas. Para lograr esto, se aplica una serie de procesos dispuestos en forma secuencial, así como variantes de estos que pueden ser aprovechados para lograr niveles de tratamiento específico de acuerdo con la normativa ambiental vigente.

El flujo de proceso básico de planta de tratamiento de aguas residuales que se verá en esta guía es el siguiente:

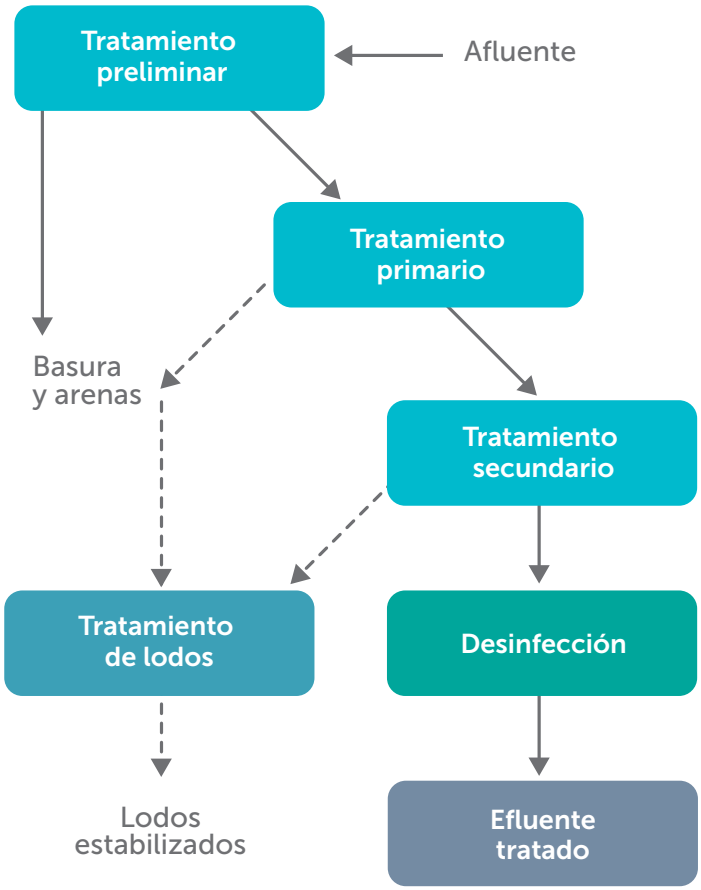


Figura 1: Flujo de proceso básico de planta de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: Adaptada de CEA Jalisco, 2013.

1 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MANUAL

1.	**OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MANUAL**	**18**
1.1.	OBJETIVOS GENERALES	19
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.3.	CONCEPTOS BÁSICOS	19
1.3.1.	REJA O REJILLA	19
1.3.2.	LUZ DE MALLA O APERTURA	19
1.3.3.	CAUDAL	19
1.3.4.	AFLUENTE	19
1.3.5.	AGUA RESIDUAL	20
1.3.6.	AGUAS PLUVIALES	20
1.3.7.	DESARENADORES	20
1.3.8.	PRETRATAMIENTO	20
1.3.9.	COLOR	20
1.3.10.	OLOR	20
1.4.	PROCESO DE PRETRATAMIENTO	20
1.4.1.	CÁMARA DE REJAS	21
1.4.2.	DESARENADOR	21
1.4.3.	CANAL PARSHALL	22
1.5.	OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRETRATAMIENTO	23
1.5.1.	LIMPIEZA DE REJAS	23
1.5.2.	LIMPIEZA DEL DESARENADOR	24
1.5.3.	MEDICIÓN DEL CAUDAL	25
1.6.	MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS	29
1.6.1.	HERRAMIENTAS PARA EL RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	30
1.7.	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	31
1.8.	BIBLIOGRAFÍA	32

1. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DE PRETRATAMIENTO MANUAL

1.1. OBJETIVOS GENERALES

- Operar de manera eficiente las unidades de pretratamiento y tratamiento primario.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los procedimientos para el retiro de arenas y sólidos gruesos durante la operación de las unidades de pretratamiento y tratamiento primario.
- Mostrar el método para la medición de caudal en la canaleta Parshall.

1.3. CONCEPTOS BÁSICOS

1.3.1. REJA O REJILLA

Las rejas están formadas por barrotes metálicos y se disponen transversalmente en el canal de entrada a la planta, antes del desarenador. Su función es retener los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos en el líquido.

1.3.2. LUZ DE MALLA O APERTURA

Es la distancia o espacio interior entre los alambres de una malla. Puede variar en el caso de un tamiz rotatorio desde 0.5 mm a 10 mm y en el caso de rejas desde 1 cm a 2 cm.

1.3.3. CAUDAL

Es la unidad de medida que se determina como el volumen de agua que se registra en unidad de tiempo. Se expresa en m^3/h, m^3/s, l/min, l/s.

1.3.4. AFLUENTE

Es el agua u otro líquido que ingresa a un sistema, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

1.3.5. AGUA RESIDUAL

Es el agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.

1.3.6. AGUAS PLUVIALES

Son las producidas simultánea o inmediatamente por cualquier forma de precipitación natural y como resultado del alcantarillado público. Se entiende por tal a todo conducto de aguas residuales construido o aceptado por la Municipalidad para el servicio general de la población.

1.3.7. DESARENADORES

Es la cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (arena y otros) por sedimentación.

1.3.8. PRETRATAMIENTO

Es el conjunto de operaciones que eliminan impurezas en suspensión, los sólidos, los coloides y los organismos vivos del agua bruta.

1.3.9. COLOR

Las aguas residuales domésticas presentan una coloración grisácea.

1.3.10. OLOR

Las aguas residuales en descomposición liberan sustancias fétidas, como el sulfuro de hidrógeno, amoníaco, dióxido de azufre, escatol, mercaptanos, aminas e índoles.

1.4. PROCESO DE PRETRATAMIENTO

El sistema de pretratamiento y tratamiento primario está compuesto por un sistema de rejas, un desarenador y el canal de distribución. Como parte final de este sistema, existe una estructura hidráulica denominada canal Parshall para la medición del caudal.

Los sólidos gruesos y finos, como las arenas del agua residual, son removidos al pasar por las rejas y el desarenador. Un mantenimiento frecuente reduce la limpieza de las lagunas por acumulación excesiva de sedimentos, además de proteger de posibles atoramientos en las unidades posteriores.

Finalmente, el agua pasa por el canal Parshall donde se mide y se registra el caudal para así llegar al canal que distribuye las aguas residuales en la laguna anaerobia. Es aquí en donde acaba la primera fase del pretratamiento.

1.4.1. CÁMARA DE REJAS

La rejilla es una construcción que consiste en una malla de barras de acero inoxidable inclinadas a 45°. Existen rejas según el tamaño de luz entre reja y reja que sirven para diferentes fines, como por ejemplo retener basura, plástico, madera, piedras, artículos de higiene, textiles. Es la primera instalación en una planta de tratamiento de agua residual (PTAR). El mantenimiento de la cámara de rejas debe ser permanente para evitar que el agua residual cruda pase por el *bypass* y afecte a las demás unidades de tratamiento. Además, para mejor resultado, se pueden instalar cribas graduales, gruesas y finas.

Figura 2:
Cámara de rejas. Fuente: Laguna de oxidación de San Pedro de Lloc, La Libertad.

	REJAS GRUESAS	REJAS SEMIFINAS	REJAS FINAS
Luz de malla en mm	20-100	8-20	<8

Tabla 1:
Clasificación de rejas. Fuente: Baumgart et al., 2011.

1.4.2. DESARENADOR

El desarenador es una instalación de dos canales rectangulares largos y estrechos por donde el agua residual fluye horizontalmente, el diseño está hecho según el caudal de ingreso: (Unidad Q = m^3/s [metro cúbico por segundo]). Su característica principal es la velocidad de flujo que equivale entre 0.2 m/s y 0.3 m/s y sirve para retener las partículas pesadas y las partículas de arena, las cuales, por el mismo peso que ejercen, sedimentan el fondo.

Figura 3:
Desarenador. Fuente: Desarenador de la planta de tratamiento de Chocope, La Libertad.

El principio físico para el cálculo y, al mismo tiempo poder corroborar la velocidad de flujo dentro del desarenador, se describe de la siguiente manera:

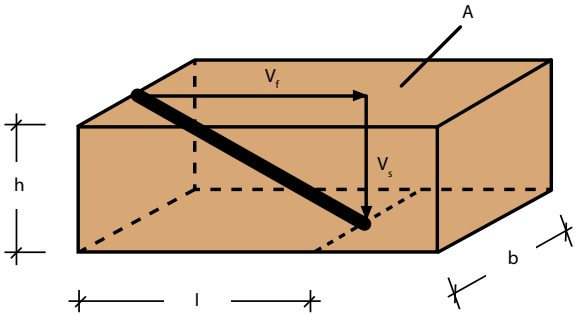


Figura 4:
Principio de sedimentación. Fuente: Baumgart et al., 2011.

Caudal (m^3/s) = Velocidad de flujo (m/s) x Área m^2

$$\text{Velocidad de flujo Vf} = \frac{\text{Caudal (Q)}}{\text{Área (b x h)}}$$

1.4.3. CANAL PARSHALL

El canal Parshall es un elemento primario de caudal con una amplia gama de aplicaciones para medir el caudal en canales abiertos. Puede ser usado para medir el flujo en ríos, canales de irrigación o de desagüe, salidas de alcantarillas, aguas residuales, vertidos de fábricas, etc. La medición del caudal se puede desarrollar mediante la lectura continua de un medidor colgante ultrasónico (ver figura 5) o mediante la lectura manual que involucra la aplicación de un método matemático (ver punto 1.5.3).

Figura 5:
Canal Parshall. Fuente: Canal Parshall de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Clara, Lima.

1.5. OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRETRATAMIENTO

Dentro de las operaciones más comunes se encuentra el retiro de residuos sólidos que se realiza de forma manual, principalmente, en las rejas y en el desarenador. Finalmente, la medición de caudal en el canal Parshall es una de las operaciones más comunes en los sistemas con tecnología convencional.

1.5.1. LIMPIEZA DE REJAS

La limpieza de las rejas es una operación de mantenimiento de gran importancia. Antes de empezar con la operación de la limpieza se ejecuta el siguiente procedimiento:

- √ Derivar las aguas residuales por el canal *bypass*.
- √ Levantar la reja y extraer los residuos sólidos con un rastrillo o palana. En lo posible registrar la cantidad de residuos sólidos.

Figura 6:
Limpieza de rejas. Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS Nicaragua).

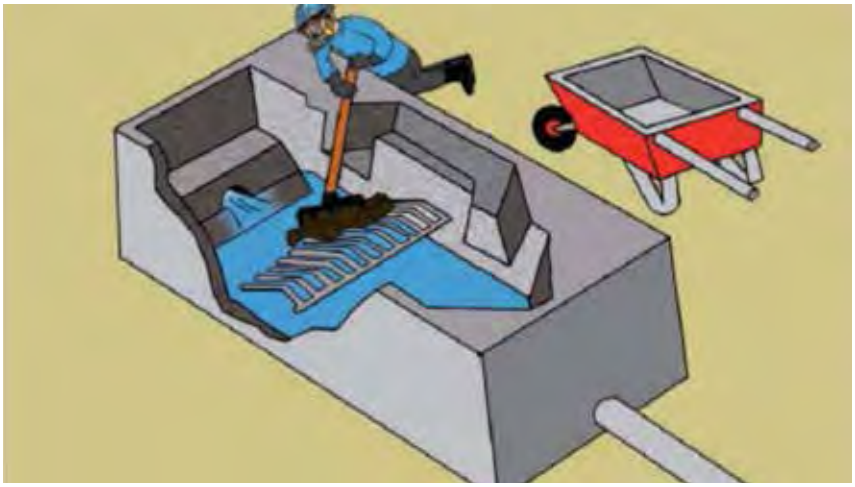


Figura 7:
Limpieza de rejas. Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

- √ Vierta el material recogido en un cilindro con pequeños agujeros en la base para que el agua termine de escurrir.
- √ Coloque los desechos en lugares apropiados de modo que no pongan en riesgo la salud de las personas o contaminen el ambiente (monorrellenos). En el mejor de los casos, la empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPS-RS) se encarga de la disposición final.
- √ Rocíe los desechos con cal antes de ser enterrados para evitar la presencia de roedores y malos olores.

Figura 8:
Disposición de residuos sólidos.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

Figura 9:
Acondicionamiento de residuos sólidos.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

1.5.2. LIMPIEZA DEL DESARENADOR

Para la operación de la limpieza, el operador tiene que realizar los siguientes pasos:

- √ Cerrar la compuerta de una línea del canal. En algunos casos donde no existan compuertas se tendrá que colocar una pantalla de madera (ver figura 11).
- √ Retirar de modo manual las arenas acumuladas en el fondo del sedimentador por medio del uso de palanas (figura 10). Existen desarenadores de limpieza hidráulica, con conexiones de descarga de sedimento a lechos de secados con sus respectivas válvulas de compuerta, para la descarga y cierre.

Figura 10:
Remoción de arenas.
Fuente:Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS Nicaragua).

Figura 11:
Manejo de compuertas.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

1.5.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL

Para la medición del caudal deberá de tomarse en cuenta el tipo y la forma geométrica de las estructuras hidráulicas ubicadas dentro de la planta de tratamiento de agua residual. Si bien el canal Parshall es una estructura convencional y comúnmente utilizada, también existe una serie de vertederos que se utilizan según las condiciones de operación presentes en los sistemas de tratamiento básico de agua residual.

Figura 12:
Tipo de vertederos. Fuente: Baumgart et al., 2011.

a) En el caso de vertederos triangulares o rectangulares (ver figura 12), la medición del caudal se efectúa aplicando cálculos básicos mediante las siguientes formulas:

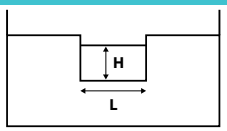
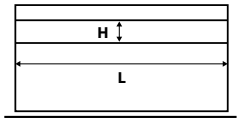
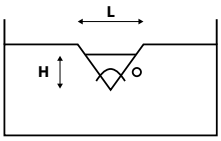
Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular con contradicción		**$Q= 3.3*L*H^{1,5}$** **Q= Caudal en m^3/s** **L= Longitud de cresta en m** **H= carga (tirante) en m**
Rectangular sin contradicción		**$Q= 1.83*L*H^{1,5}$** **Q= Caudal en m^3/s** **L= Longitud de cresta en m** **H= carga(tirante) en m**
Triangular		**Ø=90°** **$Q=1.4*H^{5/2}$** **Q= Caudal en m^3/s** **H= carga(tirante) en m** **Ø=60°** **$Q= 0.775*H^{1,5}$** **Q= Caudal en m^3/s** **H= carga(tirante) en m**

Figura 13:
Ecuaciones de cálculo. Fuente: MVCS (2010).

Ejemplo 1. *Medición del caudal en vertedero rectangular*

Datos: *L = 50 cm = 0.5 m*
H = 30 cm = 0.3 m

Reemplazando en la ecuación:

$$Q = 3.3*L*H^{1.5}$$
$$Q = 3.3*0.5*0.3^{1.5}$$
$$Q = 0.27\ m^3/s$$

Figura 14:
Medición del caudal-vertedero rectangular.
Fuente: Laguna de oxidación de San Pedro de Lloc, La Libertad.

b) En el caso de medir el caudal en el canal Parshall, este se puede registrar de forma automática mediante la lectura de un sensor colgante ultrasónico.

Figura 15:
Medición del caudal-canal Parshall.
Fuente: Canal Parshall de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Clara, Lima.

c) De manera similar en el canal Parshall, si la regla graduada se encuentra en malas condiciones, se puede medir el caudal mediante el siguiente procedimiento de cálculo que amerita el acompañamiento de un instructor de campo.

√ Identificar la garganta de la canaleta.
√ A 2/3 de la distancia de la sección convergente, medir la altura.

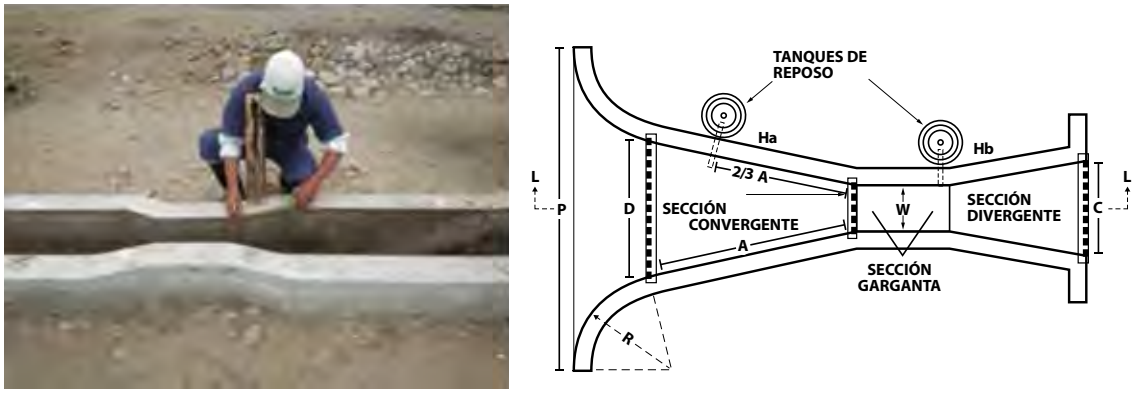


Figura 16:
Elección del punto para medir la profundidad (izquierda)-Componentes del canal Parshall (derecha).
Fuente: Laguna de oxidación de San Pedro de Lloc, La Libertad (foto izquierda). Fuente: MVCS (2010) (Imagen derecha).

√ Medir la profundidad del agua (h_0) en la zona de medición que circula y, al mismo tiempo, medir el ancho (w) de la garganta.

Figura 17:
Medición de profundidad. Fuente: Laguna de oxidación de San Pedro de Lloc, La Libertad.

√ Realizar el cálculo teniendo como referencia la siguiente tabla:

ANCHO DE LA GARGANTA DE PARSHALL (W)		k	m
PULGADAS, PIES	(m)		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.150	1.842	0.636
9"	0.229	1.486	0.633
1"	0.305	1.276	0.657
1 1/2"	0.406	0.966	0.650
2"	0.610	0.795	0.645
3"	0.915	0.608	0.639
4"	1.120	0.505	0.634
5"	1.525	0.436	0.630
6"	1.830	0.389	0.627
8"	2.440	0.324	0.623

Tabla 2:
k y m variables según el ancho de la garganta. Fuente: MVCS (2010).

$Q = (Ho/k)^{1/m}$
Q = caudal en m^3/s
H_0 = altura de agua en la zona de medición en metro [m]
k, m = constantes en función al ancho de garganta de la canaleta

Ejemplo 2. *Medición del caudal en el canal Parshall mediante método de cálculo*

Datos: $W = 91.5\ cm = 0.915\ m$
$H_0 = 20\ cm = 0.2\ m$

Reemplazando en la ecuación:

$$Q = (Ho/k)^{1/m}$$
$$Q = (0.2/0.608)^{1/0.639}$$
$$Q = 0.18\ m^3/s$$

Figura 18:
Cálculo del caudal. Fuente: Laguna de oxidación de San Pedro de Lloc, La Libertad.

1.6. MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos retirados de las rejillas se caracterizan mayormente por ser del tipo inorgánico, tales como pedazos de plástico, bolsas y otros tipos de restos, como telas. Por otro lado, en el desarenador predomina de manera mayoritaria la arena. Tal y como se describe en el punto 1.5.1 Limpieza de rejas, para la disposición de residuos sólidos de carácter orgánico, tales como cáscaras, lodo, papel higiénico e inorgánico, como las arenas, estos se deben recubrir con una capa de tierra de 0.1 a 0.3 m de espesor o cal, con el fin de eliminar los vectores y agentes patógenos de los materiales. Se aconseja excavar un lugar para enterrar dicho material poco a poco (monorrellenos), cubriéndolo diariamente con los materiales indicados. Para el caso de residuos inorgánicos, como plásticos, botellas, telas, etc., estos deben ser dispuestos en contenedores para finalmente ser enviados a un relleno municipal.

RESIDUOS COMUNES	REJAS	DESARENADOR
Residuos orgánicos	Restos de frutas, vegetales	Materia orgánica sedimentada
Residuos inorgánicos	Bolsas, botellas plásticas, caucho, telas	Arena

Tabla 3:
Tipos de residuos sólidos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 19:
Disposición de residuos sólidos. Fuente: Imagen del autor.

1.6.1. HERRAMIENTAS PARA EL RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las herramientas que se utilizan para el retiro de residuos de ambas unidades son rastrillo, trinches, palanas, carretillas.

Figura 20:
Herramientas para el recojo de residuos.
Fuente: https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1132180/pala-recta-68-cm

1.7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: **Año**

1) REGISTRO DEL CAUDAL

Fecha	Hora	Días de Operación						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Registro del caudal promedio (l/min)								

2) LIMPIEZA DE REJAS

Fecha	Hora	Días de Operación						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo

3) CONTROL DE INCIDENCIAS: MARCAR SI/NO

¿Se han presentado atoros en la entrada en las rejas?	**NO**		**SÍ**	
¿Se reportó variaciones de caudal durante el día?	**NO**		**SÍ**	
¿Se realizó la cuantificación de residuos sólidos?	**NO**		**SÍ**	
¿Presenta el afluente alguna característica atípica?	**NO**		**SÍ**	

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ _____

Lugar Firma

1.8. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) Oberhaching, Alemania: F.Hirthammer Verlag GmbH.
- Oficina de Medio Ambiente-Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento -MVCS (2010): Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Páginas 25-27, Lima.
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- Operación y Mantenimiento - Plantas de Tratamiento de Agua Residual (s.f.). http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/1380774506_1.%20Manual%20de%20O&M-PTAR_opt.pdf

2 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE TRATAMIENTO PRIMARIO-SECUNDARIO

2	OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE TRATAMIENTO PRIMARIO-SECUNDARIO	34
2.1	OBJETIVOS GENERALES	35
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
2.3	CONCEPTOS BÁSICOS	35
2.3.1	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	35
2.3.2	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	35
2.3.3	ACEITES Y GRASAS	35
2.3.4	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	35
2.3.5	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	36
2.3.6	LAGUNA DE MADURACIÓN	36
2.3.7	LAGUNA FACULTATIVA	36
2.3.8	LAGUNA ANAEROBIA (LAGUNA DE SEDIMENTACIÓN)	36
2.3.9	TANQUE IMHOFF (TANQUE DE SEDIMENTACIÓN)	36
2.3.10	BACTERIAS	36
2.3.11	BLOOM DE ALGAS	37
2.4	PROCESOS DE TRATAMIENTO BÁSICO	37
2.4.1	SISTEMA LAGUNAR ANAEROBIO-FACULTATIVO	37
2.4.2	TANQUE IMHOFF	37
2.4.3	FILTRO PERCOLADOR	38
2.5	OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA LAGUNAR	39
2.5.1	INSPECCIÓN SENSORIAL (OLORES Y COLORES)	39
2.5.2	CONTROL DE PARÁMETROS IN SITU	40
2.5.3	MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD DE LODOS	41
2.5.4	RETIRO DE NATAS Y SÓLIDOS FLOTANTES	41
2.6	OPERACIÓN BÁSICA DEL TANQUE IMHOFF	41
2.6.1	INSPECCIÓN DEL CAUDAL DE INGRESO	41
2.6.2	REMOCIÓN DIARIA DE ESPUMA DE LA ZONA DE VENTILACIÓN	42
2.6.3	DRENAJE DE LODOS	43
2.7	OPERACIÓN BÁSICA DEL FILTRO PERCOLADOR	43
2.7.1	ENSAYO DE SEDIMENTACIÓN A LA SALIDA DEL BIOFILTRO	43
2.7.2	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE LIMPIEZA	44
2.8	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	45
2.9	BIBLIOGRAFÍA	46

2. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE TRATAMIENTO PRIMARIO-SECUNDARIO

2.1. OBJETIVOS GENERALES

- Controlar los parámetros de operación y asegurar la calidad del efluente final.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer procedimientos para el buen mantenimiento y operación de un sistema lagunar.
- Realizar ajustes necesarios para el control de los procesos en las unidades de tratamiento secundario.

2.3. CONCEPTOS BÁSICOS

2.3.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5)

Es la cantidad de oxígeno, expresada en miligramos de oxígeno por litro, consumida en la oxidación bioquímica de la materia orgánica contenida en el agua durante un tiempo predeterminado, cinco días generalmente, y en condiciones de ensayo normalizadas: incubación en la oscuridad a 20 °C.

2.3.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Es la cantidad de oxígeno, expresada en miligramos de oxígeno por litro, consumida por la oxidación química de la materia orgánica del agua en un procedimiento normalizado, que es conveniente especificar en el resultado analítico.

2.3.3. ACEITES Y GRASAS

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

2.3.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento. Se mide en ppm, partes por millón.

2.3.5. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

Es un estanque construido en tierra, de profundidad reducida (menos de cinco metros), diseñado para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.), la materia orgánica del desecho y otros procesos naturales (submodelos hidráulicos y factores físicos, químicos y meteorológicos). La finalidad de este proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas (DBO_5, DQO, OD, algas, nutrientes, parásitos, entero bacterias, coliformes, etc.).

2.3.6. LAGUNA DE MADURACIÓN

Es una laguna de estabilización diseñada para tratar efluente secundario o agua residual previamente tratada por un sistema de lagunas (anaerobia-facultativa, aireada-facultativa o primaria-secundaria). Fue originalmente concebida para reducir la población bacteriana.

2.3.7. LAGUNA FACULTATIVA

Es una laguna de coloración verdosa cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una laguna facultativa primaria existe una simbiosis entre algas y bacterias, en presencia de oxígeno, en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia de los sólidos sedimentables.

2.3.8. LAGUNA ANAEROBIA (LAGUNA DE SEDIMENTACIÓN)

Estas se diseñan para el tratamiento de residuos líquidos con alto contenido de materia orgánica con ausencia de oxígeno, generalmente aguas residuales de industrias ubicadas en zonas rurales apartadas. Estas lagunas no cuentan con zonas aerobias, su profundidad oscila entre 5 y 10 metros y su tiempo de retención va de 20 a 50 días. Como consecuencia de la generación de malos olores, las lagunas anaerobias requieren ser cubiertas o aisladas de zonas pobladas.

2.3.9. TANQUE IMHOFF (TANQUE DE SEDIMENTACIÓN)

Un tanque Imhoff consiste en un tanque de dos compartimientos; dentro de este, la sedimentación tiene lugar en el compartimiento superior y la digestión y acumulación de lodos en el compartimiento inferior. Estas unidades no cuentan con unidades mecánicas que requieren mantenimiento; la operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano y en la inversión del flujo, dos veces al mes, para distribuir los sólidos de manera uniforme en los dos extremos del digestor, de acuerdo con el diseño, y retirarlos periódicamente al lecho de secado.

2.3.10. BACTERIAS

Grupo de organismos microscópicos unicelulares que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica.

2.3.11. BLOOM DE ALGAS

Una proliferación de algas es un incremento rápido de la población de algas en un sistema acuático. En general, se considera que las algas se encuentran en proliferación cuando su concentración es del orden de cientos de miles de células por mililitro. Estas proliferaciones pueden ser identificadas por la coloración de agua causada por la alta densidad de células pigmentadas (fucsia).

2.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO BÁSICO

2.4.1. SISTEMA LAGUNAR ANAEROBIO-FACULTATIVO

Es el sistema más comúnmente aplicado para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas ciudades y consta básicamente de un sistema de rejillas para la retención de sólidos y desarenadores para realizar la sedimentación de partículas inorgánicas de mayor densidad. Luego las aguas ingresan a las lagunas anaerobias las cuales básicamente realizan la función de sedimentadores de materia orgánica de baja densidad. Es aquí en donde también las bacterias anaeróbicas consumen la materia orgánica con el fin de reducir la concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual. Durante el tratamiento, las aguas residuales se transportan de la laguna anaerobia hacia las lagunas facultativas. Las lagunas facultativas operan en su estrato superior como lagunas aeróbicas, en su estrato inferior como lagunas anaerobias, y en el estrato intermedio, con la presencia de bacterias facultativas se crea un estrato particular llamado zona facultativa. Aquí es donde se acelera la degradación de materia orgánica. Finalmente, las aguas residuales se someten a una exposición de rayos UV proveniente de la radiación solar, con la finalidad de eliminar por insolación a los patógenos presentes en el agua residual. En algunos casos, se aplica solución de cloro o inyección de cloro gas para eliminar todo tipo de patógenos presentes antes de que las aguas residuales sean vertidas al cuerpo receptor.

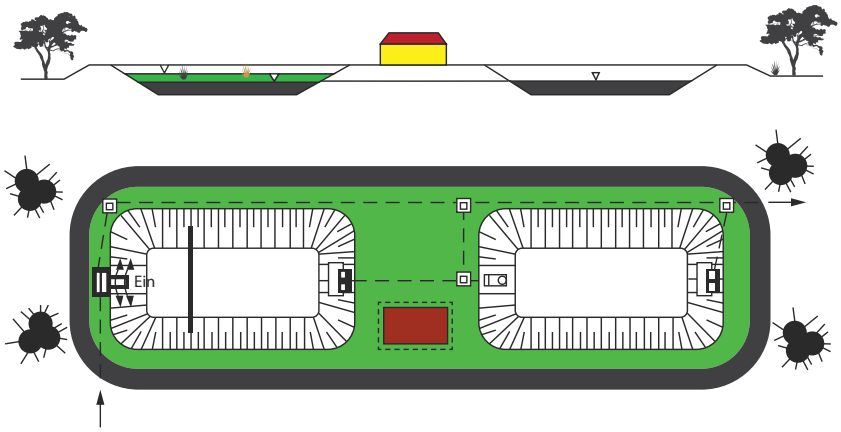


Figura 21:
Sistema lagunar. Fuente: Baumgart et al., 2011.

2.4.2. TANQUE IMHOFF

Estos tanques se utilizan como unidad para tratamiento de aguas residuales provenientes de zonas residenciales y demás zonas que cuentan con red de alcantarillado por gravedad o sistemas de recolección a presión con bombas trituradoras.

Un tanque Imhoff consiste en un tanque de dos compartimientos en el cual la sedimentación tiene lugar en el compartimiento superior y la digestión y acumulación de lodos en el compartimiento inferior.

Tal y como se aprecia en la figura 22, el tanque Imhoff está constituido por dos zonas: la cámara de sedimentación y la cámara de digestión de lodos. Por la cámara de sedimentación, en donde se acumulan las espumas, los sólidos pasan a través de una abertura ubicada en la parte inferior de esta cámara al compartimiento inferior para su digestión sin calentamiento.

En la cámara inferior se produce la digestión de los sólidos y es aquí por donde el lodo digerido se barre mecánicamente hasta una tubería central de drenaje, para finalmente ser transportado hacia un lecho de secado.

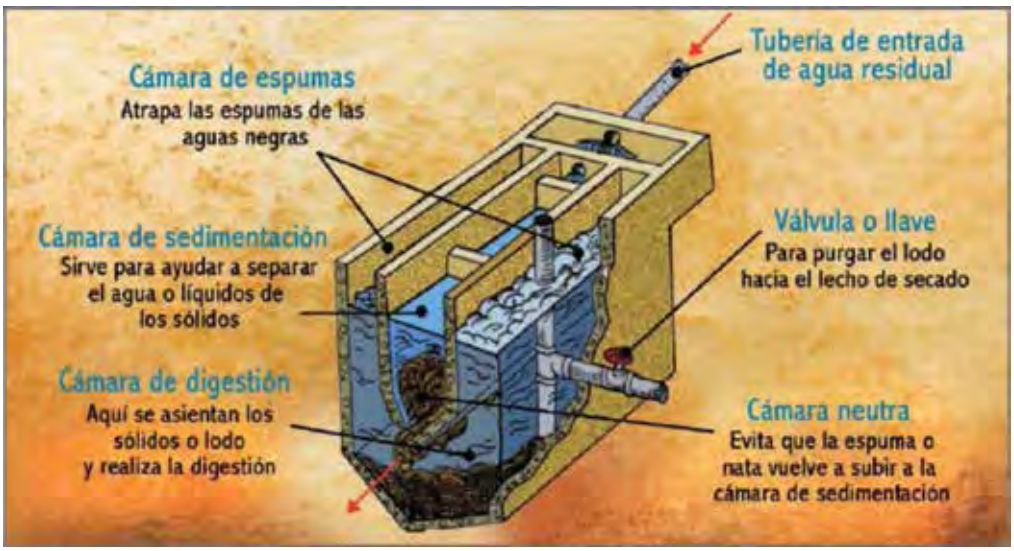


Figura 22:
Componentes del tanque Imhoff.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

2.4.3. FILTRO PERCOLADOR

En los procesos aerobios de películas de bacterias adheridas, los microorganismos responsables del tratamiento están adheridos en un medio fijo. Este medio fijo tiene la particularidad de ofrecer una gran área para el crecimiento de bacterias y otros macroorganismos responsables de la eliminación de nutrientes del agua residual. Operativamente, el agua residual se aplica a la superficie del filtro de forma intermitente con ayuda de uno o más distribuidores giratorios, y se filtra hacia abajo a través del lecho, en donde se recolecta y se descarga a través de un canal de vaciado. Una película biológica gelatinosa se forma en medio del filtro, absorbiéndose en ella los sólidos orgánicos finos suspendidos, coloidales y disueltos. En esta película ocurre la oxidación bioquímica de la materia orgánica, que llevan a cabo las bacterias aerobias. Eventualmente, la película se vuelve bastante gruesa a causa de la materia orgánica acumulada, y de vez en cuando se desprende y se descarga con el efluente.

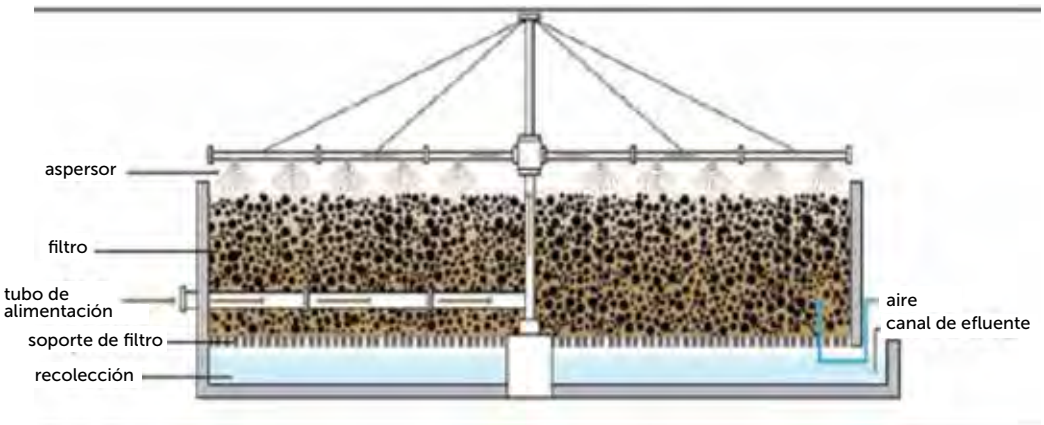


Figura 23:
Filtro percolador.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

2.5. OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA LAGUNAR

Los sistemas lagunares solo necesitan trabajos de operación sencillos. Sin embargo, es muy importante realizar estas labores para asegurar el buen funcionamiento del sistema de lagunas.

2.5.1. INSPECCIÓN SENSORIAL (OLORES Y COLORES)

La determinación de malos olores y colores es muy importante para conocer el nivel de funcionamiento de la laguna. Por ello el operador debe estar pendiente del cambio de olores y colores, si son extraños a los que deben existir normalmente en las lagunas facultativas. Por lo general, estas no deben presentar olores fuertes si están funcionando adecuadamente, el color del agua residual al ingreso de la laguna debe ser gris y a la salida debe tener un color verde brillante por la concentración de algas presentes.

Figura 24:
Coloración típica de las lagunas de oxidación. Fuente: Imágenes del autor.

2.5.2. CONTROL DE PARÁMETROS *IN SITU*

Un control de los parámetros de pH, oxígeno disuelto y conductividad, así como temperatura, brindan en líneas generales un alcance sobre las condiciones a las que el sistema lagunar está operando. Para realizar este control se pueden usar equipos con sondas de OD (oxígeno disuelto), pH, CE (conductividad eléctrica), las cuales deberán ser colocadas cuidadosamente en los respectivos puertos.

Figura 25:
Medición de parámetros in situ. Fuente: Imagen del autor.

Otros indicadores de buen funcionamiento son los siguientes:

- √ El agua presenta una coloración verde intensa y no presenta sólidos sedimentables.
- √ Hay presencia de oxígeno disuelto > 1 mg/l en la laguna.
- √ Hay presencia de fauna-aves (gaviotas, patos, patillos etc.).
- √ Se cumplen los límites máximos permisibles según el D. S. N° 003-2010-MINAM.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Tabla 4: Límites máximos permisibles. Fuente: Adaptado del D. S. N° 003-2010-MINAM.

2.5.3. MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD DE LODOS

Esta operación se efectúa al sumergir un palo suficientemente largo de aproximadamente 2.5 metros en la profundidad de la laguna. El palo debe tener un extremo revestido con tela blanca absorbente.

- √ Se introduce este en la laguna cuidando que permanezca en posición vertical hasta que alcance el fondo.
- √ Se retira y se mide la altura de la mancha del lodo que queda en la tela.
- √ Se debe efectuar cuadrículas con una lancha en la superficie de la laguna para poder estimar la profundidad media y el volumen de lodo.
- √ Se debe planificar una extracción de lodos de preferencia cuando exista una altura del manto de lodos de 0.5 metros, en otras palabras, cuando el volumen del lodo ocupe el 25% del volumen útil de la laguna.

2.5.4. RETIRO DE NATAS Y SÓLIDOS FLOTANTES

La remoción de natas y sólidos flotantes debe realizarse diariamente o cuando sea necesario para que no se extienda demasiado sobre el área superficial de las lagunas. Por lo general, la dirección del viento hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de las lagunas. El operador necesitará un desnatador para poder retirar las natas y otros sólidos.

Figura 26:
Malla red para el recojo de residuos. Fuente: Imágenes del autor.

2.6. OPERACIÓN BÁSICA DEL TANQUE IMHOFF

La operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano, la inspección del caudal de ingreso, así como el retiro periódico de los lodos hacia el lecho de secado.

2.6.1. INSPECCIÓN DEL CAUDAL DE INGRESO

En caso de que el tanque Imhoff disponga de más de un sedimentador, el caudal de ingreso debe dividirse en partes iguales en cada una de ellos. El ajuste en el reparto de los caudales se realiza por medio de la nivelación del fondo del canal de los vertederos de distribución o mediante el ajuste de la posición de las pantallas del repartidor del caudal.

Figura 27:
Canal de entrada del tanque Imhoff.
Fuente: Planta de tratamiento de aguas residuales de Chocope, La Libertad.

2.6.2. REMOCIÓN DIARIA DE ESPUMA DE LA ZONA DE VENTILACIÓN

Cuando la digestión de los lodos se cumple en forma normal, es muy pequeña la atención que se presta a la ventilación. Si la nata permanece húmeda, ella continuará digiriéndose en la zona de ventilación y progresivamente irá sedimentándose dentro del compartimiento de digestión. Un exceso de material flotante en estas zonas de ventilación puede producir olores ofensivos y, a la vez, cubrir su superficie con una pequeña capa de espuma lo que impide el escape de los gases. Para mantener estas condiciones bajo control, la capa de espuma debe ser rota o quebrada periódicamente. La rotura de la capa se puede ejecutar con chorros de agua proveniente de la zona de sedimentación o manualmente quebrando y sumergiendo la capa con ayuda del equipo recolector. Esta nata o espuma puede ser descargada a los lechos de secado o, en su defecto, ser enterrada o dispuesta en el relleno sanitario. Los residuos conformados por grasas y aceites deberán ser incinerados o dispuestos por enterramiento o en el relleno sanitario.

Figura 28:
Remoción de espumas de la zona de ventilación.
Fuente: Planta de tratamiento de aguas residuales de Chocope, La Libertad.

2.6.3. DRENAJE DE LODOS

Es deseable mantener el lodo el mayor tiempo posible en zona de digestión a fin de lograr una buena mineralización. Para esto, el nivel del lodo debe ser mantenido entre 0.5 y 1 metro por debajo de la ranura del sedimentador y en especial de su deflector. Es aconsejable que durante los meses de verano se drene la mayor cantidad posible de lodos para proveer capacidad de almacenamiento y mineralización de los lodos en época de invierno. Por ningún motivo debe drenarse la totalidad de lodos siendo razonable descargar no más de 15% de volumen total o la cantidad que puede ser aceptada por un lecho de secado. El drenaje de lodo debe ejecutarse lentamente para prevenir alteración en la capa de lodo fresco.

Figura 29:
Descarga de lodos en el lecho de secado.
Fuente: Planta de tratamiento de aguas residuales de Chocope, La Libertad.

2.7. OPERACIÓN BÁSICA DEL FILTRO PERCOLADOR

La operación de este biofiltro se basa principalmente en la realización de pruebas de sedimentación a la salida del filtro, así como actividades complementarias de limpieza y retiro de arbustos y biomasa adherida al material de relleno.

2.7.1. ENSAYO DE SEDIMENTACIÓN A LA SALIDA DEL BIOFILTRO

Este ensayo determina la cantidad de biopelículas removidas del material de relleno y gracias a este parámetro se puede evaluar el grado de colmatación-atoramiento que puede presentar el biofiltro. Esta prueba se desarrolla tomando en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1. Considerar un cono Imhoff y llenarlo con un litro de muestra.

Paso 2. Colocar los conos fuera del alcance de los rayos solares (T°< 25 °C).

Paso 3. Después de 50 o 110 minutos hacer girar los conos sobre su propio eje con el fin de facilitar que los sólidos adheridos a la pared del cono resbalen hacia el fondo.

Paso 4. Determinar el volumen sedimentado de biomasa en ml/l después de dos horas.

Figura 30:
Ensayo de sedimentación de lodos. Fuente: Planta piloto de tratamiento de agua residual en Senati, Piura.

2.7.2. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE LIMPIEZA

- √ Limpiar una vez por semana la superficie del filtro con el fin de remover la biomasa adherida al material de relleno.
- √ Revisión frecuente del estado de la superficie del medio filtrante, así como el retiro de basuras u otros sólidos presentes en la superficie.
- √ Inspección y limpieza diaria de los canales de distribución.
- √ Revisar las estructuras de concreto, estructuras metálicas para poder observar los puntos dañados y repararlos sin alterar las dimensiones.

2.8. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: **Año**

1) REMOCIÓN DE ESPUMAS - TANQUE IMHOFF

Fecha	Hora	Días de operación						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

2) MEDICIÓN DE PARÁMETROS - LAGUNA FACULTATIVA/ANAEROBIA

Fecha	Hora	pH		Oxígeno disuelto		Temperatura		Responsable
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	

3) CONTROL DE INCIDENCIAS: MARCAR SÍ/NO

¿Presenta la laguna anaerobia coloración fucsia?	**NO**		**SÍ**	
¿Presenta la laguna facultativa coloración verde?	**NO**		**SÍ**	
¿Se retiraron las espumas flotantes del tanque Imhoff?	**NO**		**SÍ**	
¿Se ha presentado algún tipo de atoro?	**NO**		**SÍ**	
¿Se midió la profundidad del manto de lodo?	**NO**		**SÍ**	

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ _____

Lugar Firma

2.9. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) Oberhaching, Alemania: F. Hirthammer Verlag GmbH.
- Ministerio del Ambiente (2010, 17 de marzo). Decreto Supremo N° 003-2010 por el cual se aprueban los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de agua residual doméstica o municipal. Registro 415675. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf
- Operación y Mantenimiento - Plantas de Tratamiento de Agua Residual (s.f.). http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/1380774506_1.%20Manual%20de%20O&M-PTAR_opt.pdf

MAX WGT 375
MAX WGT 170

3 OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

3.	**OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES**	**48**
3.1	OBJETIVOS GENERALES	49
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	49
3.3	CONCEPTOS BÁSICOS	49
3.3.1	CLORO SÓLIDO (HIPOCLORITO DE CALCIO)	49
3.3.2	CLORO LÍQUIDO	49
3.3.3	CÁMARA DE CONTACTO	49
3.3.4	TIEMPO DE CONTACTO	49
3.3.5	DEMANDA DE CLORO	50
3.3.6	CLORO RESIDUAL	50
3.3.7	CONCENTRACIÓN DE CLORO	50
3.4	PROCESO DE DESINFECCIÓN	50
3.4.1	ESTACIÓN DE CLORACIÓN	50
3.5	OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN	51
3.5.1	EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CLORO (DOSIS DE CLORO)	51
3.5.2	PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA PRODUCTOS NO GASEOSOS	53
3.5.3	CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	54
3.5.4	MEDICIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA	59
3.5.5	DESINFECCIÓN DE LA CÁMARA DE CONTACTO	59
3.6	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	60
3.7	BIBLIOGRAFÍA	61

3. OPERAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS BÁSICOS DE DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

3.1. OBJETIVOS GENERALES

- Describir los aspectos más relevantes referentes a la desinfección del agua residual.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Operar el sistema de dosificación de solución de hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio.
- Operar el sistema de inyección de cloro gas.

3.3. CONCEPTOS BÁSICOS

3.3.1. CLORO SÓLIDO (HIPOCLORITO DE CALCIO)

Es un producto granulado cuyo porcentaje de pureza o concentración varía entre 60% y 70%.

3.3.2. CLORO LÍQUIDO

Es el hipoclorito de sodio en su versión líquida de 8% o 10%, es de fácil aplicación pues se emplea directamente en la cámara de contacto.

3.3.3. CÁMARA DE CONTACTO

Es una unidad subdividida en diferentes compartimientos por donde circula el agua residual mezclada con el cloro.

3.3.4. TIEMPO DE CONTACTO

Es el tiempo en que el cloro está en contacto con el agua residual. Durante la desinfección del agua residual se debe tener un tiempo de contacto suficiente para que pueda ejercer su función desinfectante.

3.3.5. DEMANDA DE CLORO

Se denomina así a la cantidad de cloro que al entrar en contacto con el agua se consume, reaccionando con las sustancias presentes en ella y en la eliminación e inactivación de los microorganismos.

3.3.6. CLORO RESIDUAL

Es el cloro libre que queda disponible después de haber efectuado la desinfección del agua, es decir, la destrucción o inactivación de los microorganismos presentes.

3.3.7. CONCENTRACIÓN DE CLORO

La concentración de cloro se refiere a la cantidad de cloro en peso por volumen de agua y se mide principalmente en las siguientes unidades:

1 mg/L = indica que hay 1 mg de cloro en un litro de agua
1 ppm = 1 mg/L
En % en peso: 1% = indica que hay 10 000 ppm o 10 000 mg/l de cloro

Ejemplo 1

Si el hipoclorito de calcio es al 70%, quiere decir:
Que en un kilo de producto existe 0.7 kg de cloro activo, es decir 700 g de cloro.

Al mezclar 1 kg de hipoclorito de calcio en 1000 litros de agua, la concentración de cloro será:

$$\frac{700 \text{ g}}{1000 \text{ litros}} = \frac{700 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ litros}} = 700 \text{ mg/l}$$

Ejemplo 2

Si el hipoclorito de sodio (líquido) es al 5%, quiere decir:
Que en un litro de hipoclorito de sodio habrá 0.05 kg de cloro = 50 g de cloro activo

3.4. PROCESO DE DESINFECCIÓN

3.4.1. ESTACIÓN DE CLORACIÓN

Debido a la presencia de microorganismos patógenos en el agua residual, se da mucho énfasis en la desinfección como último proceso aplicado en el tratamiento básico de aguas residuales. La desinfección mata o inactiva microorganismos causantes de enfermedades y, por ello, es muy importante controlar a estos grupos de microorganismos, los cuales son bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes. Como sustancias viables para la desinfección, existe el cloro y los productos de la familia de este, como son el cloro gaseoso, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio. La estación de cloración comprende el ambiente en donde se

prepara y se regula la dosificación del insumo químico líquido o gaseoso, así como la cámara de contacto en donde el agua residual se combina con el cloro. Esta mezcla se distribuye por diferentes compartimientos internos de la cámara que tienen como objetivo retardar la velocidad de flujo de la mezcla. Para un buen proceso de desinfección del agua residual, se considera un tiempo de permanencia del agua en la cámara que varía desde los 20 a 30 minutos.

Figura 31:
Tanque de cloro gas-Cámara de contacto. Fuente: CEA Jalisco, 2013 (imagen izquierda).
Fuente: Planta de tratamiento de aguas residuales de Chocope, La Libertad (imagen derecha).

3.5. OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN

El método de desinfección con cloro y sus derivados se deberá implementar en tres pasos sucesivos, cada uno de los cuales variará en mayor o en menor grado según el producto que se va a utilizar.

3.5.1. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CLORO (DOSIS DE CLORO)

Una primera estimación de la dosis de cloro que se debe aplicar se puede calcular con un ensayo rápido de la demanda. Este método consiste en dosificar cantidades crecientes de cloro (por ejemplo entre 1 y 20 mg/l) en muestra de agua a tratar. Al final de 30 minutos se mide cada muestra, la concentración de cloro residual. La dosis de cloro se determina por la muestra que contiene la concentración de cloro residual más próxima a 5 mg/l.

Procedimiento para determinar la dosis de cloro en campo:

Paso 1: Preparar una solución de cloro al 5%. Para esto disolver 71 g de hipoclorito de calcio al 70% en 1 litro de agua.

Paso 2: En 4 baldes plásticos graduados añadir 10 litros de agua residual que va a ser desinfectada.

Paso 3: Agregar con una jeringa en cada balde diferentes volúmenes-alícuotas de solución de cloro al 5% según como se indica en la tabla 5.

VARIABLES	BALDE 1	BALDE 2	BALDE 3	BALDE 4
Concentración de cloro (mg/l)	12	10	15	20
Volumen a dosificar (ml)	2.4	2	3	4

Tabla 5:
Preparación de dosis de cloro. Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Medir la concentración de cloro residual después de 30 minutos.

Figura 32:
Medición de cloro residual libre. Fuente: Imagen del autor.

3.5.2. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA PRODUCTOS NO GASEOSOS

Las fórmulas que rigen la cantidad de agua de disolución requerida para obtener una solución de hipoclorito con una concentración de cloro activo que permita su fácil manejo y control para el dosificador son las siguientes:

METODOLOGÍA	INSUMO QUÍMICO	
	HIPOCLORITO DE SODIO	HIPOCLORITO DE CALCIO
DESCRIPCIÓN	Producto líquido comercializado en concentraciones variables de cloro activo con la presentación más común de 7.5%.	Producto comercializado en forma de sólido granular. El contenido de cloro activo es variable según su presentación, la concentración de 70% es una de las más comunes.
AGUA DE SOLUCIÓN REQUERIDA	Una vez establecida la concentración de cloro que se va a dosificar, se aplica la siguiente fórmula para obtener el volumen del agua de disolución (V_d) que será agregada a la solución matriz: $$Vd = \left(C0\ x \frac{V0}{Cf}\right) - V0$$ Donde: **C_0: Concentración inicial de la sol. matriz (g/l)** **V_0: Volumen de la sol. matriz (L)** **C_f: Concentración esperada de la solución diluida (g/l)** **V_d= Volumen disolución**	Definida la concentración final (Cf) a ser empleada, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (V_d) en litros, que será agregada a la masa de hipoclorito de calcio. $$Vd = \frac{\%\ x\ P}{Cf}$$ Donde: **%: Porcentaje de cloro activo en el producto** **V_d= Volumen disolución** **C_f: Concentración esperada de la solución diluida (g/l)** **P = Peso del producto**

Tabla 6:
Metodología de preparación de soluciones de cloro.

Ejemplo 3. *Hipoclorito de sodio*

Se tienen 40 litros de una solución de hipoclorito de sodio al 7.5% (0.075) y se requiere preparar con ella otra solución de concentración 2% (0.02). ¿Cuánto de agua se debe agregar?

$$Vd = \frac{0.075 \times 40}{0.02} - 40 = 110 \text{ litros}$$

Ejemplo 4. *Hipoclorito de calcio*

Si se dispone de 1.2 kg de hipoclorito de calcio al 70% (0.7) y se desea obtener una solución para dosificar con concentración de 2% (0.02). ¿Cuánto de agua se deberá usar?

$$Vd = \frac{0.7 \times 1.2}{0.02} = 42 \text{ litros}$$

3.5.3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

La calibración de la dosificación depende de tres factores:

- ✓ Las características físicas del producto a emplear: gaseoso, líquido o sólido.
- ✓ La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada en el extremo de la red.
- ✓ El caudal de agua a desinfectar.

Dado el caso en donde se utilicen cloradores para gas o bombas dosificadoras para solución líquida, es necesario regular estos sistemas de manera manual o automática. A continuación, se resume el método de calibración que deberá emplearse en función al dosificador.

METODOLOGÍA	DOSIFICADORES DE CLORO	
	CLORADORES PARA CLORO GASEOSO	BOMBA DOSIFICADORA DE SOLUCIÓN LÍQUIDA
DESCRIPCIÓN	Los cloradores de gas disponen de un rotámetro o dispositivo de medición que permite la calibración del equipo. Sin embargo, la mejor manera de determinar la tasa real de cloro gas es a través de la variación del peso de los cilindros. Por lo tanto, es obligatorio el uso de balanzas apropiadas que permiten determinar el consumo durante el tiempo.	Para determinar la cantidad de hipoclorito de solución, se emplea la misma ecuación utilizada para determinar la cantidad de agua de disolución.
FÓRMULA PARA CALCULAR LA DOSIS	$M = D\ X\ Q$ Donde: M (g Cl/h) = cantidad de cloro a dosificar D (g Cl/m^3) = dosis de cloro Q (m^3/h) = caudal del agua a tratar	$M = \frac{(D\ X\ Q)}{C}$ Donde: **M (l/h) = cantidad de cloro a dosificar** **D (mg/l) = dosis de cloro** **Q (l/h) = caudal del agua a tratar** **C (mg/l) = concentración de la solución**

Tabla 7:
Metodología para el cálculo de la cantidad de cloro a dosificar.
Fuente: CEA Jalisco, 2015.

Ejemplo 5. *Cloración con cloro gaseoso*

Si se establece la dosis de cloro de 4 g Cl/m^3 en una cámara de contacto de 1000 m^3/h se tendrá un gasto de

$$M = 4 \times 1000 = 4000\ g\ \frac{Cl}{h} = 4\ kg\ \frac{Cl}{h} = 96\ kg\ \frac{Cl}{d}$$

Figura 33:
Apertura de válvula (izquierda)-Regulador de la cantidad de cloro (derecha).
Fuente: Imágenes del autor.

En caso se utilicen cilindros de cloro gas de 1000 kg, se podrá atender el suministro bajo esta dosis de cloro durante 1000 / 96 = 10 días

Ejemplo 6. *Cloración con cloro líquido*

Desde una solución de hipoclorito al 2%, se requiere aplicar una dosis de cloro equivalente a 4 mg/l a un caudal de 10 000 l/h de agua residual. ¿Qué caudal de dosificación deberá producir la bomba de inyección?

Figura 34:
Bombas dosificadoras de solución de hipoclorito de calcio.
Fuente: Imagen del autor.

$$M = \frac{4\ \frac{mg}{l} \times 10000 l/h}{2 \times 10000\ mg/l} = 2 l/h$$

- En caso se usen bombas dosificadoras de solución de hipoclorito de sodio o de calcio, se presentan a continuación los pasos para su correcta instalación.

Paso 1: Reconocimiento de componentes

Figura 35:
Accesorios, mangueras, válvulas. Fuente: Imagen del autor.

Figura 36:
Bomba dosificadora. Fuente: Imagen del autor.

Figura 37:
Válvula de pie-válvula de inyección. Fuente: Imagen del autor.

Paso 2: Secuencia de accesorios para la instalación

Figura 38:
Anillo retén, anillo de apriete, boquilla, junta (izquierda a derecha). Fuente: Imagen del autor.

Paso 3: Deslice el anillo retén y el anillo de apriete sobre la manguera.

Figura 39:
Instalación del anillo retén y anillo de apriete. Fuente: Imagen del autor.

Paso 4: Pase el extremo de la manguera por la boquilla hasta llegar al tope.

Figura 40:
Instalación de la boquilla. Fuente: Imagen del autor.

Paso 5: Colocar la manguera con la boquilla y la junta sobre la válvula.

Figura 41:
Instalación de la junta sobre la válvula. Fuente: Imagen del autor.

Paso 6: Fije el anillo retén y presione al mismo tiempo la manguera.

Figura 42:
Fijación de la válvula de pie y válvula de inyección. Fuente: Imagen del autor.

Paso 7: Tirar de las mangueras para verificar su fijación.

Figura 43:
Instalación de bomba dosificadora. Fuente: Imagen del autor.

3.5.4. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El tiempo de contacto depende del volumen de la cámara de contacto y del flujo que existe dentro de esta cámara. Es importante procurar un flujo de mezcla completa que asegure mínimo un tiempo de contacto de 20 a 30 minutos. Bajo estas condiciones el tiempo de contacto (T) se calcula por:

$$T = \frac{\text{Volumen de la cámara de contacto (l)}}{\text{Caudal de agua que ingresa (l/s)}}$$

Figura 44:
Cámara de contacto.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad.

Ejemplo 7

La cloración se realiza en una cámara de cloración de 5000 litros de volumen. El caudal que ingresa a la cámara es 5 l/s. El tiempo de contacto se calculará de la siguiente manera:

$$t = \frac{5000\ l}{5\ l/s} = 1000\ sec. = 16.7\ min$$

3.5.5. DESINFECCIÓN DE LA CÁMARA DE CONTACTO

Para desinfectar la cámara de contacto se efectúan los siguientes pasos.

Paso 1: Preparar la solución para la desinfección: disolver 3 cucharas soperas de hipoclorito de calcio de 65-70% en 10 litros de agua.

Paso 2: Luego disolver bien, removiendo cuidadosamente por espacio de 5 minutos.

Paso 3: Con la solución preparada y un trapo frotar las paredes, piso y accesorios de la cámara húmeda.

a. Materiales

- √ Hipoclorito de calcio al 65-70%
- √ Un balde
- √ Una cuchara sopera
- √ Un trapo
- √ Guantes de jebe para el operador
- √ Una escobilla

3.6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: **Año**

1) CONTROL DE LA CLORACIÓN

Fecha	Hora	Cloración gas			Cloro líquido			
		Cantidad de cloro (g Cl/h)	Dosis de cloro (g Cl/m³)	Caudal (m³/h)	Concentración de la solución %	Dosis de cloro (mg/l)	Caudal de dosificación (l/h)	Caudal (m³/h)

2) CONTROL DE INCIDENCIAS: MARCAR SÍ/NO

¿Se han retirado las natas de la cámara de contacto?	**NO**		**SÍ**	
¿Dejo de dosificar la bomba de hipoclorito de sodio?	**NO**		**SÍ**	
¿Presento otro tipo de problemas la bomba dosificadora?	**NO**		**SÍ**	
¿Se limpiaron los accesorios de la bomba?	**NO**		**SÍ**	

3) OBSERVACIONES _____

_____

_____

_____ _____

Lugar Firma

3.7. BIBLIOGRAFÍA

- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.

4 OPERAR Y CONTROLAR EL PROCESO BÁSICO DE TRATAMIENTO DE LODOS

4.	**OPERAR Y CONTROLAR EL PROCESO BÁSICO DE TRATAMIENTO DE LODOS**	**62**
4.1	OBJETIVOS GENERALES	63
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	63
4.3	CONCEPTOS BÁSICOS	63
4.3.1	LODO PRIMARIO	63
4.3.2	ESTABILIZACIÓN	64
4.3.3	CAL	64
4.3.4	AGENTES PATÓGENOS	64
4.3.5	BIOSÓLIDO	64
4.3.6	HUEVO DE HELMINTO	64
4.3.7	HIGIENIZACIÓN	64
4.4	PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LODO	65
4.4.1	ESTACIÓN DE SECADO DE LODOS	65
4.4.2	ESTABILIZACIÓN DE LODOS	66
4.5	OPERACIÓNES BÁSICAS DE CONTROL DE LODOS	67
4.5.1	EXTRACCIÓN DE LODOS EN EL TANQUE IMHOFF	67
4.5.2	OPERACIÓN DEL LECHO DE SECADO	69
4.5.3	ESTABILIZACIÓN DE LODOS POR MEDIO DE ADICIÓN DE CAL	71
4.6	FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA	72
4.7	BIBLIOGRAFÍA	73

4. OPERAR Y CONTROLAR EL PROCESO BÁSICO DE TRATAMIENTO DE LODOS

4.1. OBJETIVOS GENERALES

- Describir los diferentes procedimientos para la extracción, el acondicionamiento y el tratamiento de lodos.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la operación de extracción de lodos en tratamientos básicos.
- Reducir el peso y volumen.
- Mejorar la higiene y modos de eliminación de los organismos patógenos.
- Describir el proceso de estabilización de lodos en los lechos de secado.

4.3. CONCEPTOS BÁSICOS

4.3.1. LODO PRIMARIO

Es el lodo que se encuentra en el fondo del tanque de sedimentación (tanque Imhoff) o laguna primaria. Este lodo contiene una gran cantidad de materia orgánica, vegetales, papel, se caracteriza por ser un fluido denso cuyo porcentaje de agua varía entre 93 y 97%.

Figura 45:
Tanque Imhoff- lechos de secado.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad.

4.3.2. ESTABILIZACIÓN

La estabilización es un proceso de acondicionamiento del lodo para evitar la descomposición de la materia orgánica contenida en los lodos, así mismo, disminuir la cantidad de microorganismos patógenos y evitar la atracción de moscas y otros vectores de enfermedades.

4.3.3. CAL

El hidróxido de calcio o cal hidratada es un químico natural que eleva hasta 12.4 el pH del agua; por esa razón, posee propiedades antimicrobianas, antiparasitarias, biocidas. La acción bacteriana de la cal ha sido relacionada con la liberación de iones hidroxilo, los cuales son radicales altamente reactivos y letales para la mayoría de las bacterias, virus, hongos y nematodos.

4.3.4. AGENTES PATÓGENOS

Son las bacterias, protozoarios, hongos, virus, huevos de helmintos en lodos o biosólidos capaces de provocar enfermedades y epidemias en el ser humano.

4.3.5. BIOSÓLIDO

Es el subproducto resultante de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten su reaprovechamiento como acondicionador del suelo. No son biosólidos las cenizas producto de la incineración de lodos.

4.3.6. HUEVO DE HELMINTO

Es el huevo proveniente del grupo de gusanos parásitos que afectan a la salud. Los huevos y larvas, cuyo tamaño oscila entre 10 µm y 100 µm, resisten condiciones ambientales desfavorables y pueden sobrevivir a tratamientos convencionales de desinfección de aguas residuales, aunque algunos huevos pueden ser removidos mediante procesos convencionales de tratamiento como sedimentación, filtración y lagunas de estabilización.

4.3.7. HIGIENIZACIÓN

Es el proceso de reducción de concentraciones de patógenos e indicadores de contaminación de origen fecal.

4.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LODO

4.4.1. ESTACIÓN DE SECADO DE LODOS

El lecho de secado es parte del tanque séptico e Imhoff debido a que en ambos casos se generan lodos en el fondo de su estructura, este fango deberá ser retirado seis veces al año, según sea el caso y conducido el lecho de secado. El lecho de secado consiste en colocar capas de arena y grava, en cuya superficie se almacenan los lodos y los líquidos que se van al fondo a través de una canaleta. Una vez seco el lodo, se retira y se utilizará para acondicionar los suelos.

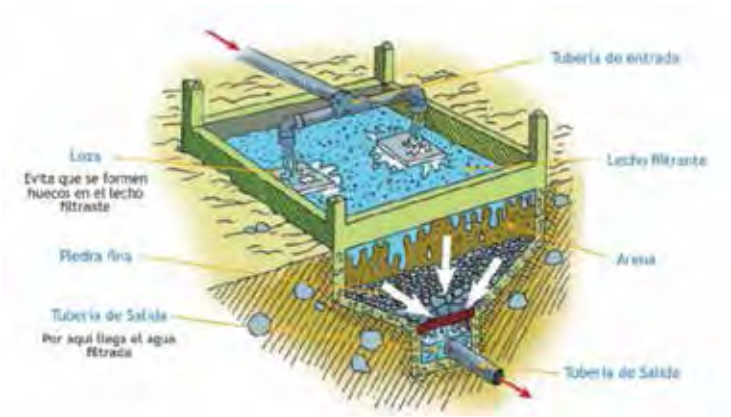


Figura 46:
Componentes de un lecho de secado de lodos.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

Los lechos de secado se encuentran conectados con las unidades de tratamiento primario, de tal manera que el lodo extraído se distribuya directamente en estas cámaras. El objetivo de este procedimiento es deshidratar el lodo de manera natural. Estas cámaras se someten a la exposición solar y al viento, lo que permite que la deshidratación sea continua.

Los lechos de secado son cámaras abiertas, en donde el lodo se deshidrata con un porcentaje por debajo del 70% de humedad. En el área se depositan los lodos para que sean secados con energía solar y con la ayuda de la infiltración del agua a través de la capa de arena y ladrillo que se ubica debajo de la deposición de los lodos.

Figura 47:
Descarga de lodos en los lechos de secado.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad.

4.4.2. ESTABILIZACIÓN DE LODOS

La estabilización de los lodos tiene el objetivo de reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables y reducir o eliminar su potencial de putrefacción. Los medios de estabilización más eficaces para alcanzar estos objetivos son la reducción biológica del contenido de materia volátil, la oxidación química de la materia volátil por medio de la adición de agentes químicos y la aplicación de calor para la desinfección o esterilización del lodo.

Se consideran lodos estabilizados o con reducción del potencial de atracción de vectores cuando la relación de sólidos volátiles (SV) a sólidos totales (ST) es menor o igual que 60% (0.6).

ESTABILIZACIÓN DE LODOS
Concentración de materia orgánica: Materia orgánica SV≤ 60% de materia seca (ST)

Tabla 8:
Relación sólidos volátiles-materia seca. Fuente: D. S. N° 015-2017-VIVIENDA.

CONCEPTO	TIPO DE ESTABLIZACIÓN		
	ESTABILIZACIÓN ALCALINA	DIGESTIÓN AEROBIA	DIGESTIÓN ANAEROBIA
Tamaño de planta	Plantas pequeñas (Q<50 l/s)	Plantas intermedias (Q= 10-200 l/s)	Plantas grandes (Q>200 l/s)
Otras consideraciones	Aplicación a los suelos ácidos		Minimizar la producción de lodos

Tabla 9:
Tipo de estabilización de lodos. Fuente: Adaptada de CEA Jalisco, 2013.

Las técnicas más recurridas son la estabilización con cal, la digestión anaerobia, la digestión aerobia y el compostaje.

a) Adición de cal

Se añade cal para elevar el pH hasta 12 por dos horas como mínimo. Se puede añadir cal apagada ($Ca(OH)_2$) o cal viva (CaO_2). Hay dos variaciones principales: fase líquida y fase sólida (se desaguan los lodos antes de la adición de cal). Esta tecnología se caracteriza por requerir bajos costos de inversión y por ser muy simple en su manejo.

b) Digestión anaerobia

El acrónimo UASB proviene del inglés *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*. El biodigestor UASB permite el flujo ascendente del afluente por una manta de lodo hasta el tope del reactor, donde hay un separador trifásico. Estos reactores presentan como característica una alta capacidad de retención de biomasa, lo que posibilita trabajar con bajo tiempo de retención hidráulica (de 4 a 72 horas). Los reactores UASB permiten la estabilidad en

situaciones de variaciones de las características del afluente y tienen la capacidad de soportar una alta carga orgánica volumétrica (0.5 a 8.0 kgSV.m-3.d- 1 o 2 a 32 kgDQOsoluble.m-3.d-1), especialmente en condiciones en que la materia orgánica está solubilizada.

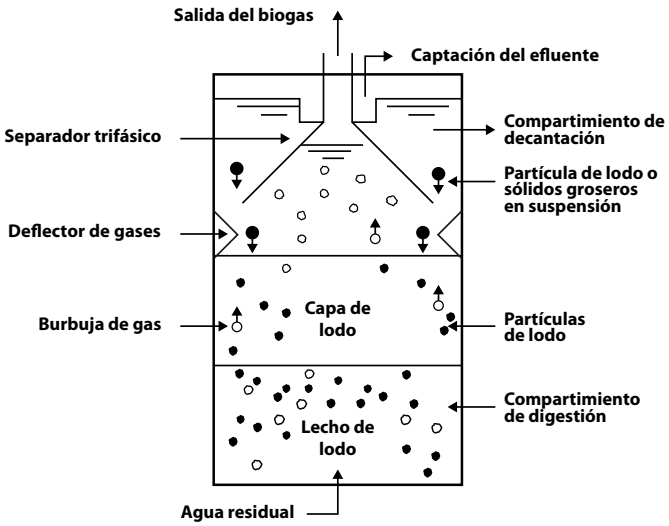


Figura 48:
Reactor UASB- RAFA. Fuente: CEA Jalisco, 2013.

c) Digestión aerobia-compostaje

Es un proceso aerobio para estabilizar la materia orgánica de los lodos que reduce significativamente la concentración de bacterias y huevos de helmintos. Generalmente requiere un agente de abultamiento (aserrín, paja, etc.) y de aireación. A una temperatura óptima de 55 °C se consigue una reducción de 2 a 4 log de huevos de helmintos.

4.5. OPERACIÓNES BÁSICAS DE CONTROL DE LODOS

Las principales operaciones que se describen en este capítulo se basan en la extracción de lodos del tanque Imhoff y el manejo de estos en los lechos de secado, así como la estabilización de lodos mediante la adición de cal.

4.5.1. EXTRACCIÓN DE LODOS EN EL TANQUE IMHOFF

La extracción de lodos de un tanque Imhoff es relativamente sencilla. Dado que el tanque tiene operativo el sistema de purga de lodos, el cual solo funciona bajo el principio de un diferencial, es necesario realizar los siguientes pasos:

- √ Determine el nivel de lodos usando una vara y programe el drenaje de lodos.
- √ Abra y regule la válvula de lodos y deje escurrir los lodos hacia el lecho de secado.
- √ Cierre la válvula una vez terminada la operación de extracción de lodos.
- √ Deje escurrir los lodos hacia los lechos de secado.

Figura 49:
Apertura de válvula para el drenaje de lodos.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad.

Figura 50:
Válvula y sistema de distribución de lodos.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad.

Figura 51:
Descarga de lodo en el lecho de secado.
Fuente: PTAR Chocope, La Libertad.

Recomendaciones

- √ Realice la descarga de lodos 30-45 cm antes de que su nivel llegue a la ranura de compartimiento de sedimentación.
- √ Descargue preferentemente pequeñas cantidades con frecuencias en lugar de grandes cantidades a la vez.
- √ Mantenga un 20% de lodos para acelerar la digestión de la materia orgánica.

Por otro lado, si la extracción de lodos se realiza por medio de bombas sumergibles en las cámaras de lodos, se procederá de la siguiente manera:

- √ La actividad deberá ser realizada como mínimo por dos operadores.
- √ Verificar el área de trabajo antes de iniciar la actividad, con el fin de asegurarse que no existan elementos que puedan dificultar la movilización en caso de una emergencia.

- √ El operador deberá bajar a las cámaras de bombas y de tuberías para abrir las válvulas y posteriormente encender las bombas (en los tableros de fuerza y control).
- √ Las bombas se encenderán por un tiempo de 10 a 15 min.
- √ El operador verificará, en el punto de descarga de la tubería, que se extrae lodo concentrado y no solo agua residual.

4.5.2. OPERACIÓN DEL LECHO DE SECADO

a. Los lodos extraídos del tanque Imhoff deben ser descargados en el lecho de secado, para ser esparcidos uniformemente y expuestos al sol.

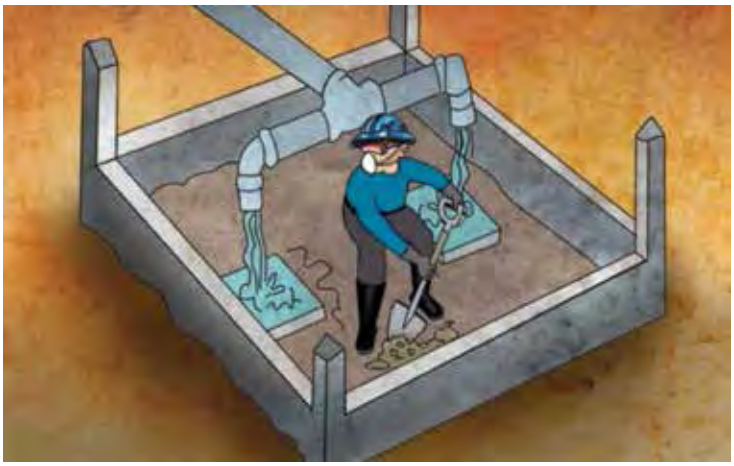


Figura 52:
Distribución uniforme del lodo dentro del lecho de secado.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

Recomendaciones

- √ No se debe colocar de ninguna manera el lodo húmedo sobre el seco. Previamente el lodo seco debe ser retirado del lecho de secado y ser reutilizado en la agricultura, siempre y cuando se espere como mínimo seis meses para evitar infecciones, y no deberá usarse en siembras de alimentos que puedan consumirse crudos.
- √ De no utilizarse como fertilizante, los lodos deberán ser rociados con cal en pequeña cantidad para asegurar la eliminación de los agentes patógenos como virus, bacterias y parásitos intestinales antes de su disposición final.

b. Si observamos que el agua de los lodos no filtra a través de las capas de arena del lecho de secado significa que está saturado, por tanto, se realizarán las siguientes tareas:

- √ El operador deberá previamente colocarse el equipo de protección personal (EPP), como son guantes, botas, mascarillas y una ropa de protección, que luego será desinfectado, asegurando la salud del operador.

- √ Se procederá con el retiro de la arena de la superficie, aproximadamente unos 2 cm, para que de esta manera se cuele el lodo. Luego, se deberá sacar la mitad del lecho filtrante.

Figura 53:
Mantenimiento del lecho de secado-retiro de arenas.
Fuente: Anónimo. Manual de operación y mantenimiento de PTAR.

- √ El material retirado se lavará y se dejará secar. Una vez seco se embolsará y guardará para su posterior reposición. Se deberá tener cuidado con el lavado, evitando el contacto directo con el cuerpo y manos, para no ser infectados.
- √ Posteriormente se repondrá el lecho filtrante con el material extraído, lavado y filtrado, para escarificar la superficie de arena con rastrillos o cualquier otro dispositivo antes de la adición del lodo. Esto reduce la compactación de la capa superficial de arena mejorando la capacidad de filtración.
- √ Abra la válvula de lodos y espere hasta que los lodos cambien de coloración o quede aproximadamente 20% de lodos.
- √ Por otro lado, se deberá evitar el crecimiento de plantas dentro del lecho de secado. Si los hubiera debemos sacarlas de raíz. También debemos cortar las malezas de los alrededores del lecho de secados, antes debe cerrarse la válvula de lodos.

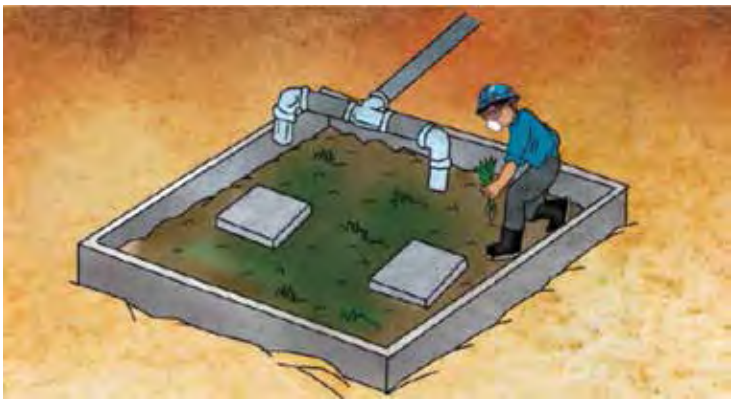


Figura 54:
Retiro de malezas. Fuente: Anónimo. Manual de operación
y mantenimiento de PTAR.

c. Luego de la descarga de lodo al lecho de secado, debe drenarse la tubería y luego lavarse con agua. Esto no solo previene la obturación de la tubería, sino que también evita la generación de malos olores o gases por la descomposición del lodo acumulado en la tubería de descarga.

4.5.3. ESTABILIZACIÓN DE LODOS POR MEDIO DE ADICIÓN DE CAL

Estabilización con cal: Procedimiento en el cual se agrega cal, viva o apagada, para lograr lo siguiente:

a) Elevar el pH por lo menos hasta 12 medido a 25 °C, sin añadir más materia alcalina y mantenerlo por 2 horas.
b) Mantener un pH de al menos 11.5 sin la adición de más materia alcalina durante otras 22 horas.

La adición de cal (estabilización) se realiza en una unidad de mezcla. Es importante reconocer que la cantidad de cal que se adiciona depende mucho del porcentaje de materia seca (MS) del lodo (los porcentajes de materia seca varían según la unidad de procedencia y las características del lodo).

PROCESO DE DEPURACIÓN	A	B	C
	MS g/hab. d	MS %	H_2O %
TRATAMIENTO PRIMARIO			
1. Lodo crudo (Tanque de Sedimentación)	45	2.5	97.5
2. Lodo espesado	30	10	90
LODO ACTIVADO			
1. Lodo crudo recirculado	35	0.7	99.3
2. Lodo aerobio estabilizado	50	2.5	97.5

Tabla 10.
Porcentajes de materia seca según el tipo de lodo.
Fuente: Adaptado de Baumgart et al., 2011.

Una vez identificada la procedencia del lodo y su porcentaje de materia seca se realiza la dosificación teniendo el esquema como referencia:

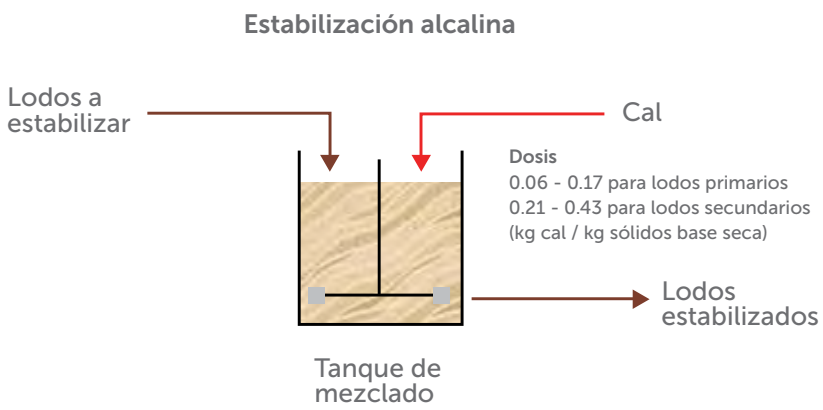


Figura 55:
Estabilización alcalina-dosis de cal. Fuente: CEA Jalisco, 2013.

Ejemplo 1. *Cálculo de la cantidad de cal a dosificar teniendo las siguientes consideraciones:*

Volumen de lodo: 2 m^3

Procedencia del lodo: Tanque Imhoff
Porcentaje MS: 2.5% (véase cuadro tabla 10)

2.5% = 25 g/l = 25 kg/m^3 x 2m^3 = 50 kg materia seca

Dosis de cal: 0.17 kg cal/kg MS
Cantidad de cal = 0.17 kg cal/ kg MS x 50 kg MS = 8.5 kg de cal

4.6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

Mes: **Año**

1) PURGA DE LODOS (TANQUE DE SEDIMENTACIÓN)

Fecha	Días de Operación						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

2) ESTABILIZACIÓN DE LODOS

Fecha	Hora	Volumen de lodo (m^3)	Porcentajes de Materia seca %	Dosis de Cal (kg Cal/Kg MS)	Cantidad de Cal (Kg)

3) CONTROL DE INCIDENCIAS: MARCAR SÍ/NO

¿El lodo primario se ha combinado con otro tipo de lodo?	**NO**		**SÍ**	
¿Presenta la tubería de descarga de los lodos algún tipo de atoro?	**NO**		**SÍ**	
¿La frecuencia de purga de lodo es la adecuada?	**NO**		**SÍ**	
¿Se ha realizado la disposición final de lodos?	**NO**		**SÍ**	

4) OBSERVACIONES _____

_____

_____

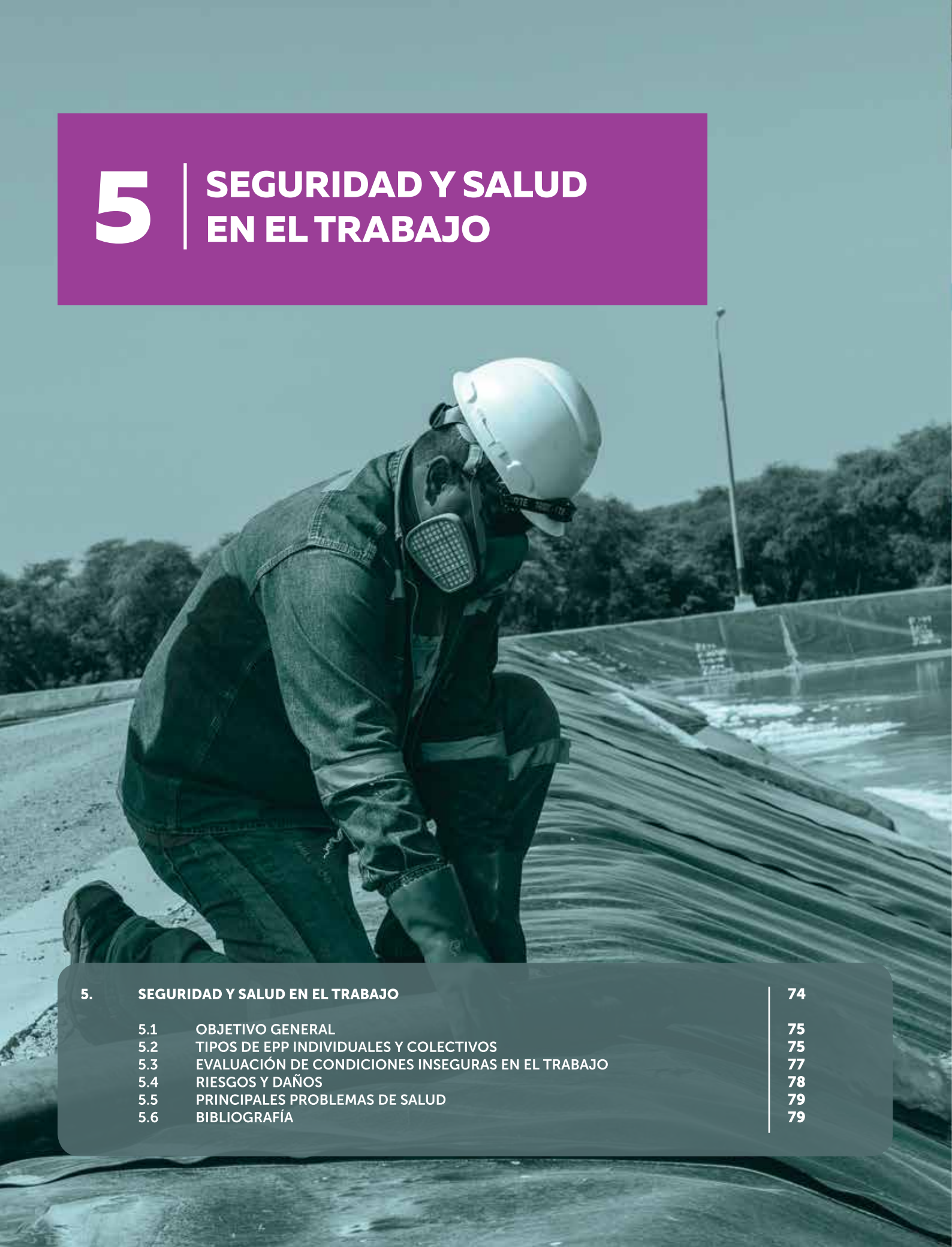
_____ _____

Lugar Firma

4.7. BIBLIOGRAFÍA

- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017, 22 de junio). Decreto Supremo N° 015-2017 por el cual se aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-015-2017-vivienda/
- Operación y Mantenimiento - Plantas de Tratamiento de Agua Residual (s.f.). http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/1380774506_1.%20Manual%20de%20O&M-PTAR_opt.pdf

5 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO



5.	**SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**	**74**
5.1	OBJETIVO GENERAL	**75**
5.2	TIPOS DE EPP INDIVIDUALES Y COLECTIVOS	**75**
5.3	EVALUACIÓN DE CONDICIONES INSEGURAS EN EL TRABAJO	**77**
5.4	RIESGOS Y DAÑOS	**78**
5.5	PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD	**79**
5.6	BIBLIOGRAFÍA	**79**

5. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

5.1. OBJETIVO GENERAL

El potencial riesgo a la salud que involucran los trabajos en el área del agua residual no puede ser dejado de lado. Controles médicos, vacunas, así como la disminución del riesgo por accidentes de trabajo y seguridad en el trabajo deben ser parte de las políticas de prevención que la entidad laboral debe implementar y practicar. El personal que labora en la PTAR debe estar consciente de las medidas de salubridad a seguir para poder disminuir el riesgo de contagio por microorganismos patógenos, e igualmente cumplir los protocolos al momento de realizar las diferentes actividades en las estaciones de tratamiento de agua residual.

5.2. TIPOS DE EPP INDIVIDUALES Y COLECTIVOS

Los equipos de protección personal son de uso obligatorio durante las actividades que se desarrollarán dentro de las plantas de tratamiento de agua residual. El uso de los equipos de protección personales evita el contacto de la persona con agentes patógenos, así también ofrecen protección contra el frío y los posibles riesgos químicos y mecánicos. El personal operario de una PTAR debe tener a disposición los siguientes materiales:

- √ Pantalón de seguridad
- √ Guantes de seguridad
- √ Casco de seguridad
- √ Mascarilla
- √ Máscara de protección de gas cloro
- √ Arnés de seguridad
- √ Lentes
- √ Zapatos de seguridad
- √ Protector auditivo
- √ Equipo de respiración autónoma

Figura 56:
Equipos de protección personal: arnés, uniforme (izquierda); equipo de respiración autónoma (centro); casco y mascarilla (derecha). Fuente: Baumgart et al., 2011.

Figura 57:
Equipos de protección auditiva. Fuente: Baumgart et al., 2011.

5.3. EVALUACIÓN DE CONDICIONES INSEGURAS EN EL TRABAJO

ÁREA	CONDICIONES INSEGURAS	ACCIÓN PREVENTIVA
Pretratamiento (rejas, desarenador, etc.)	**Retiro de residuos de forma manual sin el uso de herramientas.**	**Uso de herramientas como rastrillos, palanas, etc.**
Lagunas de oxidación	**Retiro de natas flotantes u otros trabajos de mantenimiento.**	**Construcción de cercos de seguridad.** **Uso de chaleco salvavidas.** **Uso de botes salvavidas.**
Cloración	**Preparación y dosificación de soluciones líquidas.** **Inyección de cloro gas.**	**Uso de EPP.** **Uso de máscaras de respiración.** **Uso de duchas de emergencia.**
Tratamiento de lodos	**Exposición directa con lodos crudos.**	**Uso de EPP.**

Tabla 11:
Evaluación de condiciones inseguras. Fuente: Adaptado de CEA Jalisco, 2013.

Figura 58:
Falta de EPP para el retiro de sólidos.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 59:
Riesgo de caída-falta de baranda de seguridad y ausencia de EPP. Fuente: Imagen del autor.

Figura 60:
Limpieza de rejas sin el uso de herramientas.
Fuente: Imagen del autor.

Figura 61:
Operación de bomba dosificadora de cloro-falta de EPP.
Fuente: Imagen del autor.

5.4. RIESGOS Y DAÑOS

RIESGO	ORIGEN	PREVENCIÓN
Infecciones	**Inhalación de patógenos:** • Contacto de patógenos con piel, ojos, boca	**Uso de equipo:** • Máscaras protectoras y lentes, guantes de látex, tapabocas desechables
Daño físico	**Caídas y resbalones:** • Movimiento de maquinarias • Levantar jalar o empujar de forma impropia • Ahogamiento	**Instalaciones adecuadas:** • Protecciones circundantes • Instalación de barandales **Utilización de equipo de seguridad:** • Fajas, arnés, chaleco salvavidas
Espacio confinado	• Acceso y salidas limitadas • Ventilación pobre • No apto para ser ocupado por trabajadores	• Utilización de arnés • Ventilación y medición de gases • Evitar estancias prolongadas • Uso de chaleco salvavidas
Espacio con deficiencia de oxígeno	• Reacciones químicas • Ventilación limitada • Alta temperatura, humedad	• Utilización de arnés • Ventilación y medición de gases • Evitar estancias prolongadas • Uso de chaleco salvavidas
Exposición a químicos y gases tóxicos	• Químicos • Reacciones químicas • Laboratorio • Carencia de ventilación	• Máscaras protectoras • Equipo de respiración autónoma • Guantes de látex
Fuego	• Almacenamiento inadecuado de materiales • Junto a una fuente de ignición	• Correcta ubicación de extintores • Evitar fuentes de ignición

Descargas eléctricas	• Equipo defectuoso • Aislamiento insuficiente • Corto circuito • Servicio no calificado	• Conectar a tierra todo equipo • Uso de guantes apropiados • Uso de botas dieléctricas • Un tapete de hule es un factor de seguridad
Ruidos	• Emitido por el equipo • Amplificación por espacio confinado	• Utilización de protectores auditivos • Evitar estancias prolongadas en el área

Tabla 12:
Riesgos y daños. Fuente: Adaptado de CEA Jalisco, 2013.

5.5. PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD

El agua residual doméstica contiene por encima de un millón de bacterias que en su mayoría no son dañinas para el hombre por cada mililitro de muestra. Los grupos más importantes de bacterias a nombrar son los siguientes:

- √ Bacterias patógenas: Estas pueden originar
  - √ Salmonella
  - √ Tétano
  - √ Tuberculosis

- √ Virus:
  - √ Poliomielitis
  - √ Gripe porcina
  - √ Hepatitis

  Se ha demostrado que el virus de HIV no se trasmite por medio del agua residual.

- √ Gusanos

Figura 62:
Examen de salud ocupacional. Fuente: Baumgart et al., 2011.

5.6. BIBLIOGRAFÍA

- Baumgart, H.-C., Fischer, M., Loy, H. (2011). Handbuch für Umwelttechnische Berufe. (9a ed.) Oberhaching, Alemania: F.Hirthammer Verlag GmbH.
- Marín Ocampo, A. Osés Pérez, M. (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados (tomo 1). Jalisco: Arturo Nelson Villarreal.

BANCO DE PREGUNTAS

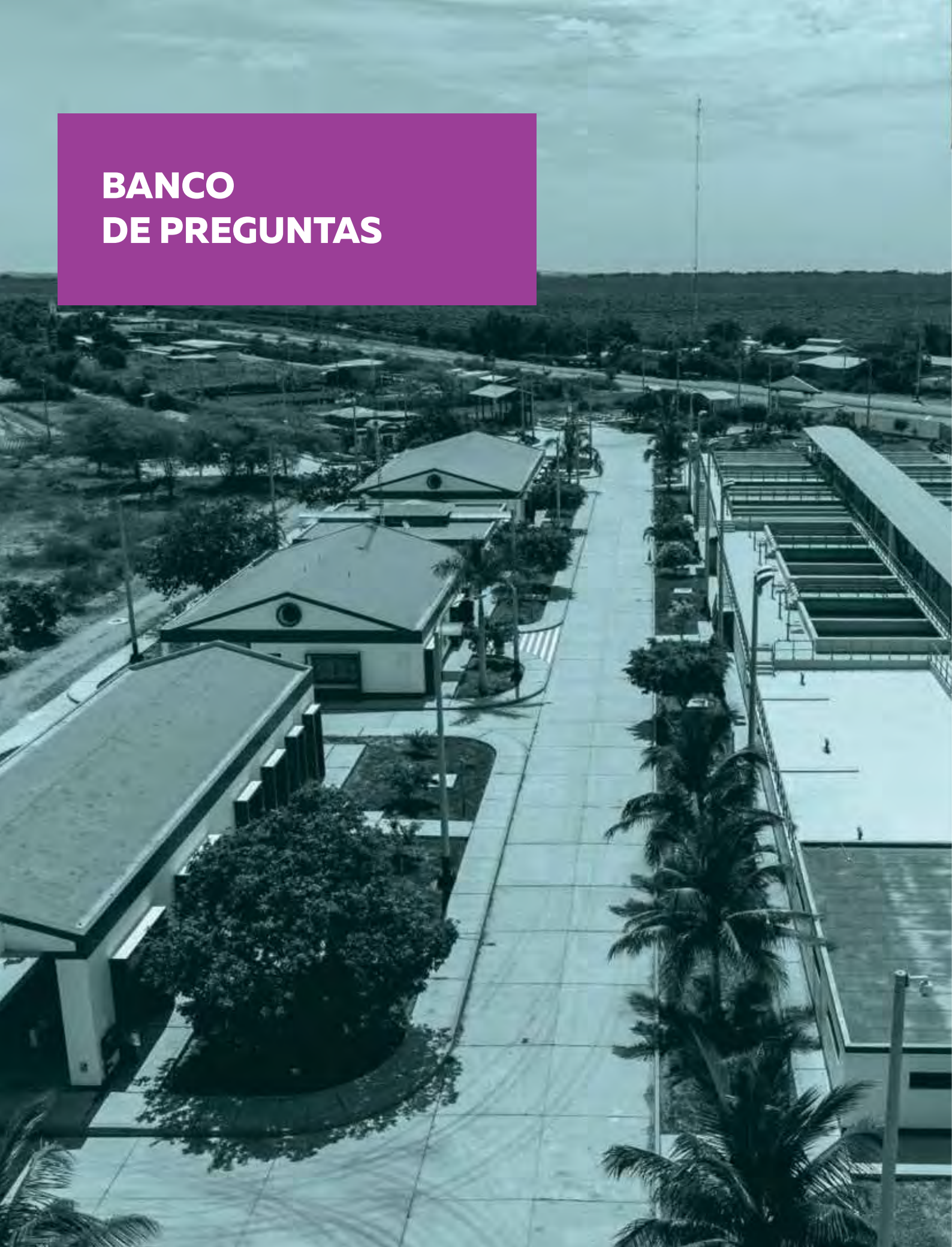
GUÍA DE CAPACITACIÓN EC1

Estándar de Competencia 1 (EC1): Ejecutar las operaciones y procesos básicos en el tratamiento de agua residual, controlando los parámetros de operación que aseguren la calidad del efluente final, de acuerdo con el manual de operaciones y cumpliendo la normatividad vigente.

PERFIL OCUPACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DEERE
JOHN DEERE

BANCO DE PREGUNTAS



BANCO DE PREGUNTAS TRATAMIENTO EC1

1. La velocidad de flujo en el desarenador para asegurar un buen proceso de sedimentación es:

a) 20 m/s
b) 10 m/s
c) 50 m/s
d) 20 a 30 cm/s

2. Para la limpieza del desarenador NO se debe considerar:

a) Guantes
b) Lentes
c) Herramientas
d) Sandalias

3. Señale la afirmación correcta

a) Rejas finas con luz de malla < 0.5 cm
b) Rejas gruesas con luz de malla de 1- 10 cm
c) Rejas semifinas con luz de malla de 0.8 cm a 1 cm
d) Rejas gruesas con luz de malla de 2 a 10 cm

4. Para realizar la disposición de residuos sólidos se recomienda:

a) Rociar estos con cal
b) Disponerlos a la entrada
c) Dejarlos al costado de las rejas
d) Fomentar la proliferación de plagas

5. Componentes de una canaleta Parshall

a) Sección convergente y sección divergente
b) Sección divergente y sección concéntrica
c) Sección garganta y sección central
d) Sección central

6. Datos para medir el caudal de forma matemática en la canaleta Parshall

a) Profundidad a los 2/3 de distancia de la garganta de la canaleta en sentido contrario al flujo
b) Ancho de la garganta
c) Profundidad a los 2/3 de distancia de la garganta de la canaleta en sentido al flujo
d) a y b

7. Tipos de vertederos más usados

a) Vertedero triangular
b) Vertedero circular
c) Vertedero piramidal
d) Vertedero cónico
e) Todas las anteriores

8. El proceso de biopelícula adherida se da en:

a) Laguna anaerobia
b) Laguna facultativa
c) Tanque Imhoff
d) Filtro percolador
e) Todas las anteriores

9. El filtro percolador es un proceso estrictamente

a) Facultativo
b) Anaerobio
c) Anóxico
d) Aerobio

10. Los parámetros de control para la operación de una laguna o filtro percolador son:

a) pH, T°
b) Viento
c) Sol
d) Calor

11. El bloom de algas se reconoce por:

a) Color gris del agua residual
b) Color marrón
c) Abundancia de aves
d) Color fucsia

12. La laguna anaerobia se caracteriza por:

a) Color fucsia y color gris
b) Niveles de oxígeno de 2 mg/l
c) Sin presencia de oxígeno disuelto
d) a y c

13. No es un indicador de un buen funcionamiento de las lagunas de oxidación

a) Coloración verde intenso del agua residual
b) Presencia de aves
c) Presencia de oxígeno disuelto > 1mg/l
d) Peces muertos

14. No es un parámetro(s) para evaluar la calidad del agua residual

a) Demanda química de oxígeno
b) Demanda bioquímica de oxígeno
c) Sólido suspendidos totales
d) Presencia de aves

15. En una laguna facultativa se distinguen dos zonas:

a) Zona anóxica- Zona anaerobia
b) Zona aerobia- Zona aerobia
c) Zona aerobia- Zona anaerobia
d) Zona aireada- Zona de generación de fotosíntesis

16. El tanque Imhoff está compuesto por:

a) Cámara de reposo
b) Cámara de ventilación
c) Cámara de sedimentación
d) Cámara de contacto

17. Operación básica en el tanque Imhoff

a) Retiro de aves
b) Purga de lodos
c) Desbroce
d) Retiro de hierba

18. En el filtro percolador se evalúa el grado de colmatación mediante:

a) Medición del pH
b) Medición del oxígeno disuelto
c) Análisis de sedimentabilidad de la biomasa
d) Inspección óptica

19. Señale la afirmación que NO es correcta

a) Retiro de natas flotantes- Lagunas de oxidación
b) Altura del manto de lodos- Filtro percolador
c) Medición de parámetros in situ-Laguna de oxidación
d) Purga de lodos-Tanque Imhoff

20. Unidad de expresión del parámetro oxígeno disuelto

a) ppm
b) p/v
c) g/l
d) mg/l

21. La medición del pH nos indica:

a) Concentración de oxígeno disuelto
b) Grado de acidez neutralidad o alcalinidad
c) Concentración de cloro residual
d) Concentración de algas verdes

22. Cuándo se debe planificar una extracción de lodos en una laguna:

a) Cuando presenten coloración fucsia
b) Cuando presenten coloración gris
c) Cuando el volumen del lodo ocupe el 25% del volumen total
d) Cuando la altura de lodo sea de 3 metros

23. El cono Imhoff sirve para:

a) Medir la turbiedad del agua residual
b) Observar larvas o gusanos
c) Evaluar la sedimentabilidad de lodos o biomasa
d) Observar residuos flotantes

24. Es una característica del ensayo en el cono Imhoff

a) Observar flóculos sedimentados en 30 minutos
b) Observar larvas que sedimentan en 2 horas
c) Medir volumen sedimentado de biomasa durante 2 horas
d) Observar material de relleno

25. El material de relleno comúnmente utilizado en un filtro percolador es:

a) Hormigón
b) Arena gruesa
c) Piedra caliza
d) Piedra pómez
e) Piedra volcánica

26. La temperatura ideal para un tratamiento biológico debería estar entre:

a) 0 °C-10 °C
b) 12 °C-15 °C
c) 20 ° C-30 °C
d) 40 °C-50 °C

27. La desinfección de aguas residuales se realiza con el fin de:

a) Eliminar el DBO5
b) Eliminar el DQO
c) Bajar la turbidez del agua residual
d) Eliminar microorganismos patógenos

28. Agente químico utilizado para la desinfección de aguas residuales

a) Soda cáustica
b) Hipoclorito de boro
c) Hipoclorito de calcio
d) Detergente comercial

29. Unidad en donde se realiza la desinfección

a) Filtro percolador
b) Laguna de oxidación
c) Cámara de contacto
d) Cámara de rejas

30. Proceso de desinfección utilizado en sistemas básicos de tratamiento

a) Cloración
b) Ultravioleta
c) Ozono
d) Ultrafiltración

31. Presentación comercial de hipoclorito de sodio

a) Sólido al 79%
b) Líquido viscoso al 40%
c) Líquido al 7.5, 8 o 10%
d) Sólido líquido al 15%

32. Presentación comercial de hipoclorito de calcio

a) Sólido al 79%
b) Líquido viscoso al 40%
c) Líquido al 7.5, 8 o 10%
d) Granulado entre 65%-70%

33. Qué reacción típica provoca el cloro en el humano

a) Estornudo
b) Picazón
c) Fuerte irritación de los ojos
d) Somnolencia

34. Según el D. S. 003-2010-MINAM, el LMP del parámetro de coliformes termotolerantes expresado en NMP/100 ml debe ser:

a) 100
b) 200
c) 500
d) 300
e) 10 000

35. Según el D. S. 003-2010-MINAM, el LMP del parámetro pH debe ser:

a) 4-5
b) 4.5-5.5
c) 5.5-6.5
d) 6.5-8.5

36. Según el D. S. 003-2010-MINAM, el LMP del parámetro DBO5 debe ser:

a) 200 mg/l
b) 250 mg/l
c) 130 mg/l
d) 150 mg/l
e) 100 mg/l

37. Tiempo de contacto mínimo para una desinfección:

a) 10-12 minutos
b) 15-17 minutos
c) 20-30 minutos
d) 25-28 minutos
e) 30-40 minutos

38. Para realizar la cloración mediante cloro líquido se necesita:

a) Rotámetro de flujo
b) Bomba de recirculación
c) Balanza
d) Bomba dosificadora

39. Identificar los componentes de una bomba dosificadora de cloro

a) Rotámetro-caudalímetro
b) Válvula de silla-Válvula de asiento
c) Válvula de pie-Válvula de asiento
d) Válvula de inyección- Válvula de pie

40. Si la bomba dosificadora está encendida pero no succiona, ¿que podría pasar?

a) Presencia de aire en la manguera de inyección
b) Colmatación de la válvula de pie
c) Suciedad en la manguera de succión
d) Mal ajuste del anillo reten
e) Todas las anteriores

41. Operación básica de una bomba para realizar una correcta dosificación

a) Calibración
b) Solución de cloro
c) Pesado
d) Limpieza

42. La unidad de la dosis de cloración se registra en:

a) g/kg
b) mg/m3
c) ppm
d) °C

43. El principio de extracción de lodos en un tanque Imhoff se da :

a) Por medio del funcionamiento de una bomba
b) Manualmente mediante el uso de palanas
c) Por rebose
d) Por apertura de válvula mediante un principio de diferencial de presiones

44. Opciones de reaprovechamiento de los lodos

a) Producción de carbón
b) Producción de abono orgánico
c) Generación de buenos olores
d) Producción de malos olores

45. Tecnología básica para el tratamiento básico de lodos

a) Lechos de secado
b) Secado por aireación forzada
c) Deshidratación por filtro prensa
d) Deshidratación en centrífuga

46. En el lecho de secado el proceso se realiza por medio de:

a) Fuego
b) Radiación solar
c) Rayos Gamma
d) Viento

47. Operaciones básicas para la extracción de lodos en el tanque Imhoff

a) Determine el nivel de lodos usando una vara y programe el drenaje de lodos.
b) Abra y regule la válvula de lodos y deje escurrir los lodos hacia el lecho de secado.
c) Cierre la válvula una vez terminado la operación de extracción de lodos.
d) Deje escurrir los lodos hacia los lechos de secado.
e) Todas las anteriores

48. El objetivo de la estabilización de lodos

a) Eliminar la presencia de patógenos
b) Eliminar materia orgánica
c) Reducir el potencial de ataque de aves
d) Producir olores agradables

49. Para lograr la estabilización química de los lodos se utiliza:

a) Hipoclorito de sodio
b) Hipoclorito de calcio
c) Fuego
d) Cal

50. De dónde provienen los lodos primarios

a) Laguna facultativa
b) Filtro percolador
c) Tanque Imhoff
d) Lodos activados

51. De qué unidad de proceso se extraen lodos secundarios

a) Laguna anaerobia
b) Rejas
c) Laguna facultativa
d) Trampa de grasas

52. Dosis de cal para lodos primarios (según la referencia de la guía)

a) 0.06-0.17 kg cal / kg MS
b) 0.2- 0.4 kg cal /kg MS
c) 0.3- 0.5 kg cal / kg MS
d) 1.2 -1.5 kg cal / kg MS

53. Corresponde a una actividad dentro de la operación del lecho de secado

a) Retiro de natas
b) Extracción de espumas
c) Retiro de malezas
d) Adición de cal

54. Corresponde a un peligro por la mala operación de las bombas dosificadoras de cloro

a) Explosión
b) Salpicadura de cloro
c) Calentamiento de la zona
d) Fuego

55. Para la operación y mantenimiento de lagunas de oxidación el operario debería contar con:

a) EPP-montacargas-chaleco salvavidas
b) EPP-bicicleta-chaleco salvavidas
c) EPP-bote-chaleco salvavidas
d) EPP-Desnatador

56. Condición de seguridad básica para el retiro de natas en un tanque Imhoff o sedimentador

a) Existencia de un respirador
b) Aireadores
c) Existencia de baranda de seguridad
d) Válvula de compuerta

57. Condición insegura en la cloración

a) Retiro de natas
b) Retiro de residuos sólidos
c) Retiro de lodos
d) Preparación de soluciones e inyección de cloro gas

58. Condición insegura en el pretratamiento

a) Retiro de natas
b) Retiro de residuos sólidos de forma manual sin uso de herramientas
c) Retiro de lodos
d) Preparación de soluciones e inyección de cloro gas sin EPP

59. No es un problema de salud que puede generar el contacto con agua residual

a) Salmonella
b) Hepatitis
c) Tétano
d) Diabetes

60. La abreviatura MS significa:

a) Masa suave
b) Material sólido
c) Materia sólida
d) Materia seca

SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. d
2. d
3. d
4. a
5. a
6. d
7. a
8. d
9. d
10. a
11. d
12. d

13. d
14. d
15. c
16. c
17. b
18. c
19. b
20. d
21. b
22. c
23. c
24. c
25. d
26. c
27. d
28. c
29. c
30. a
31. c
32. d
33. c
34. e
35. d
36. e
37. c
38. d
39. d
40. e
41. a
42. c
43. d
44. b
45. a
46. b
47. e
48. a
49. d
50. c
51. c
52. a
53. c
54. b
55. c
56. c
57. d
58. b
59. d
60. d

OTASS

ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Con el apoyo de:

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO